

KUNNOSSAPIDON HARJOITTELUALUSTA



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

HAMK Valkeakoski, Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma

2019

Janne Takala

Sähkö- ja automaatiotekniikan insinöörikoulutus
Valkeakoski

Tekijä	Janne Takala	Vuosi 2019
Työn nimi	Kunnossapidon harjoittelualusta	
Työn ohjaaja/t	Timo Väisänen	

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa prosessiteollisuuden yritykselle (Saint-Gobain Finland Oy) harjoittelualusta taajuusmuuttajien ja ohjelmoitavien logiikoiden konfigurointiin ja vianetsintään. Prosessiteollisuudessa kunnossapitotöitä ei yleensä päästä suorittamaan tuotannon aikana ja yksittäisten laitteiden ongelmat usein pysäyttävät koko tuotannon. Siksi on tärkeää saada vika paikallistettua ja korjattua nopeasti. Tässä työssä tuotetun alustan avulla on tarkoitus taata kaikille asentajille mahdollisuus kehittää ja ylläpitää taitojaan jatkuvasti kehittyvien komponenttien kanssa.

Tässä tutkielmassa on perehdytty erilaisten työssä käytettyjen sähköisten komponenttien toimintaan teorian tasolla. Teoriaosuuden jälkeen suunniteltu laitteisto komponentteineen on esitelty ja sen toimintaan ja toteutukseen on perehdytty.

Toteutuksen jälkeen harjoitusalueelta esiteltiin kunnossapidon henkilöstölle ja annettiin lyhyt opastus sen käyttöön. Jatkokehitysideoita on tiedossa ja niitä tullaan mahdollisesti toteuttamaan myöhemmin. Järjestelmää on jo päästy käyttämään suunniteltuun tarkoitukseen ja toivottavasti tulevaisuus tuo tullessaan lisää vastaavia mahdollisuuksia.

Avainsanat PLC, sähkömoottori, sähkösuunnittelu, taajuusmuuttaja

Sivut 52 sivua, joista liitteitä 21 sivua

Electrical and Automation Engineering
Valkeakoski

Author	Janne Takala	Year 2019
Subject	Training platform for a maintenance team	
Supervisors	Timo Väisänen	

ABSTRACT

The aim of this project was to design and produce a training platform for electricians at Saint-Gobain Finland Oy. The platform would be used to practice configuration of frequency converters (drives) and to learn the basics of troubleshooting programmable logics (PLCs). In process industry it is normally impossible to execute any maintenance tasks while the process is running. Also, even the slightest problem with one single machine might cause the whole process to stop. That is why it is important to localize and correct the problem as soon as possible to get the process running again. The produced training platform is to guarantee the possibility to train and improve the skills for every member of the maintenance team.

In this thesis, there is first an introduction to the basic electrical components, that were used in the training platform. After the theory part, the designed platform with its selected components and implemented functions is presented.

When the training platform had been set up and all the programming was finished, it was presented to the maintenance team with a short introduction. Already some ideas for further development were discussed and these will be implemented in the future. The platform has already proven its usefulness once, and hopefully it will offer lots of benefits in the future too.

Keywords Drives, electrical designing, frequency converters, induction motor, PLC

Pages 52 pages including appendices 21 pages

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	LÄHTÖTILANNE TYÖHÖN.....	1
3	KÄYTETTÄVÄT KOMPONENTIT	2
3.1	Taajuusmuuttajat	2
3.1.1	Taajuusmuuttajakäyttöjen hyödyt	3
3.1.2	Taajuusmuuttajan rakenne	4
3.1.3	Taajuusmuuttajan valinta.....	5
3.1.4	Taajuusmuuttajan käyttöönotto	7
3.2	Releet	8
3.3	Kontaktorit	10
3.4	Johdonsuojakatkaisijat	11
3.5	Moottorinsuojakatkaisijat	12
3.6	Sähkömoottorit	13
3.7	Ohjelmoitavat logiikat	17
3.8	Kytkenäkaapit- ja kotelot	19
3.9	Riviliittimet	21
4	SUUNNITTELU JA TOTEUTUS	22
4.1	Sähkösuunnittelu ja komponenttien valinnat.....	22
4.2	Logiikkakomponenttien valinnat.....	23
4.3	Kokoonpano	24
4.4	Logiikan ohjelmointi	26
4.5	Järjestelmän tarkastus	27
4.6	Käyttöönotto	27
5	JOHTOPÄÄTÖKSET	28
5.1	Jatkokehitys.....	28
5.2	Pohdinta	29
	LÄHTEET	30

Liitteet

Liite 1 Sähkökuvat

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä käsitellään harjoittelualustan suunnittelua ja toteuttamista sähkökunnossapidon tarpeisiin prosessiteollisuuden kohteessa. Harjoittelualustalla haluttiin saada kunnossapidon henkilöstölle mahdollisuus harjoitella vian etsintää ja taajuusmuuttajien konfigurointia häiritsemättä tuotantoa. Erillinen alusta tarvittiin, koska prosessi on jatkuvaa, eikä näin ollen tarjoa hetkiä, jolloin harjoittelu olisi mahdollista varsinaisella prosessilaitteistolla.

Työn tilaajana toimi Saint-Gobain Finland Oy:n Forssan tehtaan kunnossapito-osasto. Kyseisellä tehtaalla valmistetaan lasivillatuotteita lämmöneristykseen sekä akustiikkalevyiksi sisäkattojen pintamateriaaleiksi. Tuotanto lämmöneristelinjalla on jatkuvaa ja toimii keskeytymättömässä kolmivuorossa ja akustiikkalevyjä valmistavalla linjalla viikonloput seisten keskeytyvässä kolmivuorossa. Tuotantolaitteiston käyttöä harjoitteluun on siis käytännössä mahdotonta järjestää.

Saint-Gobain Finland Oy on osa ranskalaista Saint-Gobain konsernia, jolla on toimintaa yli kuudessakymmenessä maassa. Suomessa yritykseen kuuluu useita rakennusmateriaalien valmistajia (Isover, Gyproc, Weber, Ecophon ja PAM), jotka työllistävät yhteensä yli 600 henkilöä. Forssan tehtaalla toimivat Isoverin sekä Ecophonin tuotantolinjat, työllistäen kunnossapito ja logistiikka mukaan lukien noin sata henkilöä. (Saint-Gobain Finland Oy, n.d.)

2 LÄHTÖTILANNE TYÖHÖN

Kuten aiemmin mainittiin, tässä työssä suunniteltiin ja toteutettiin harjoittelualusta sähkökunnossapidon tarpeisiin. Taajuusmuuttajakäytöt ovat yleistyneet viime vuosina voimakkaasti teollisuuden parissa ja tekevät jo tuloaan myös kotielektroniikan piiriin. Aiemmin sähkömoottoreita on ohjattu käyntiin kontaktorien ja moottorinkäynnistimien avulla, mutta taajuusmuuttajien tuomien etujen vuoksi niitä käytetään teollisuudessa suuressa osassa moottorin ohjauksia. Taajuusmuuttajien käytössä on kuitenkin paljon sellaista, jota ei kontaktoriohjauksen kohdalla ole tarvinnut huomioida. Taajuusmuuttajat tulee aina konfiguroida kyseiseen kohteeseen ja kyseiselle moottorille sopivaksi. Konfigurointi pitää suorittaa, kun taajuusmuuttaja otetaan käyttöön, sen ominaisuuksia halutaan muuttaa tai ohjattava moottori vaihdetaan. Käyttöönottovaiheessa konfiguroinnin suorittaa yleensä laitteen toimittaja, joten kokemusta ei kerry asentajille. Prosessiteollisuudessa tuotannonaikainen harjoittelu käytössä olevilla taajuusmuuttajilla ei ole mahdollista, joten kunnollista varmuutta ja

osaamispohjaa on vaikea saada kunnossapitoasentajille. Taajuusmuuttajan hajoaminen on kuitenkin melko harvinaista, joten sitäkään kautta kokemusta asennuksesta ja konfiguroinnista ei pääse kertymään. Kuitenkin ongelmatilanteessa on tärkeää saada vika paikallistettua ja korjattua mahdollisimman nopeasti. Linjan pysähtyminen voi aiheuttaa tuhansien eurojen tappiot jokaiselta seisontatunnilta.

Edellä kuvaillun ongelman vuoksi kehitettiin työssä esitelty harjoittelualusta, joka on täysin erillinen prosessista. Alustasta haluttiin siirrettävä, jotta se voidaan mahdollisesti joskus liittää linja-automaatioon osana harjoittelua. Harjoittelualustan avulla asentajille haluttiin luoda mahdollisuus ohjelmoida taajuusmuuttajia erilaisilla asetuksilla ja seurata niiden käyttäytymistä. Tavoitteena on, että vikatilanteessa taajuusmuuttajan valikoissa siirtyminen ja asetusten muuttaminen olisi jo ennestään selvää, eikä aikaa kuluisi ohjekirjojen tutkimiseen.

Taajuusmuuttajia ohjaamaan haluttiin liittää myös logiikka, jonka avulla asentajat voivat harjoitella myös vian etsintää linjalaitteiden osalta. Automaatio näyttelee nykypäivänä niin suurta osaa laitteiden ohjaamisessa, että vian etsintä täysin mekaanisia vikoja lukuun ottamatta alkaa lähes aina vikatilanteen paikallistamisesta ohjelmakoodin avulla. Siksi vianetsinnässä automaatio-ohjelmiston ymmärtäminen alkaa olla yhtä tärkeää, kuin taito lukea sähkökuvia.

3 KÄYTETTÄVÄT KOMPONENTIT

3.1 Taajuusmuuttajat

Taajuusmuuttajat ovat nykypäivänä yleisiä komponentteja teollisuudessa. Lähes kaikkia sähkömoottoreita tuotantoprosesseissa ohjataan taajuusmuuttajan kautta. Sen avulla moottorin pyörimisnopeutta voidaan ohjata portaattomasti, jonka lisäksi se tarjoaa muita ominaisuuksia esimerkiksi moottorin tietojen tutkimiseen. Taajuusmuuttajan ja sähkömoottorin yhdistelmää kutsutaan taajuusmuuttajakäytöksi. Tässä kappaleessa tarkastellaan tarkemmin taajuusmuuttajien ominaisuuksia. Kuvassa 1 on esitetty Siemens Sinamics G120C -taajuusmuuttaja.

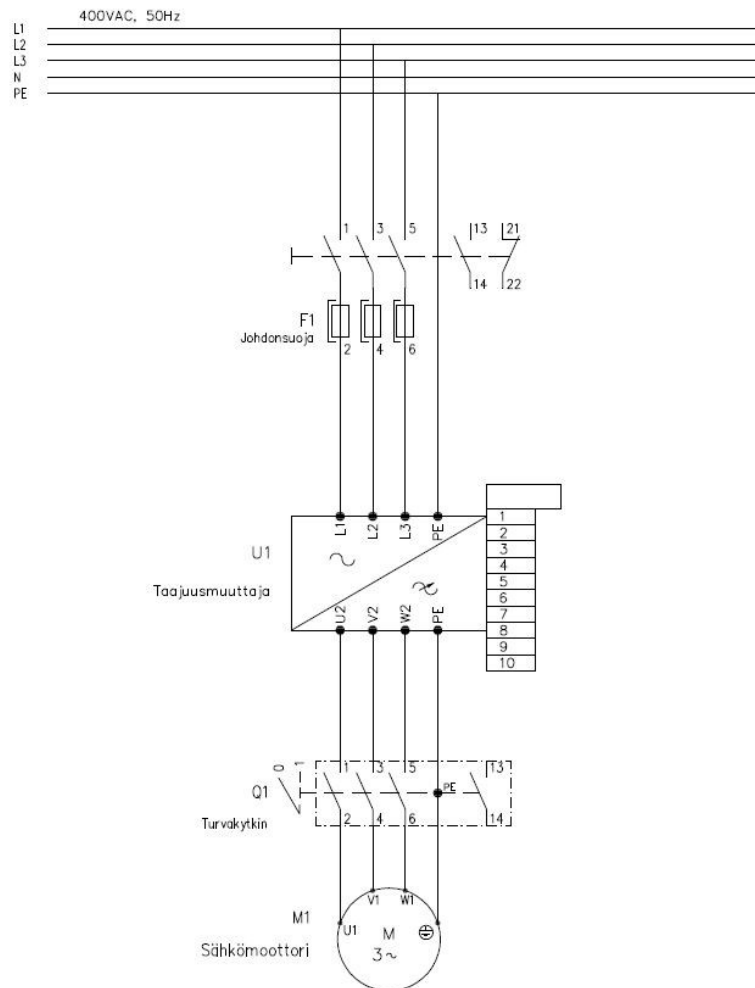


Kuva 1. Siemens Sinamics G120C. (Siemens, n.d.a)

3.1.1 Taajuusmuuttajakäyttöjen hyödyt

Taajuusmuuttajan käytön yksi tärkeimmistä syistä on sen aikaansaama energian säästö. Monissa sovelluksissa esimerkiksi puhallinta tai pumppua on aiemmin ohjattu sähkömoottorilla, joka käy jatkuvasti täydellä teholla. Virtauksen säätö on sitten suoritettu virtausta kuristamalla, jolloin energiaa on hukattu painehäviön muodossa. Taajuusmuuttajan avulla virtausta voidaan säätää moottorin kierroslukua säätämällä, jolloin ylimääräisiä kuristuksia putkissa ei tarvita. Koska virtauksen säädössä moottorin kierrosnopeuden pudotus on verrannollinen tehon kulutuksen kolmanteen potenssiin, voivat saavutetut säästöt olla huomattavan suuria (Partanen, 2011, s. 13). Toisaalta myös kuljetinkäytöissä taajuusmuuttajilla saavutetaan helposti toteutettavat ja automatisoitavat nopeuksien säädöt. Myös moottorien käynnistykset ja pysäytykset voidaan suorittaa säädettävien ramppien avulla, jolloin ne ovat vähemmän haitallisia moottoreille ja niihin kytketyille laitteille, joka puolestaan pidentää niiden käyttöikä. Erillisiä moottorin käynnistimiä ei siis tarvita lainkaan.

Taajuusmuuttaja toimii osaltaan myös suojalaitteena moottorille, sillä sen avulla on mahdollista valvoa ylikuormitus- tai jumitilanteita. Sen vuoksi taajuusmuuttajakäytöissä ei ole välttämätöntä käyttää moottorinsuojakatkaisijoita, vaan pelkät johdonsuojakatkaisijat oikosulkusuojaukseen ovat riittävät. Myöskään kontaktoria moottorin käyntiin ohjaukseen ei tarvita, sillä käynnistyskäsky voidaan antaa suoraan taajuusmuuttajalle. Lisäksi taajuusmuuttajan häiriötilanteiden kuittaaminen voidaan yleensä toteuttaa ulkoisella ohjauksella. Taajuusmuuttajakäytön tyypillinen kytkentäkuva on esitetty kuvassa 2.



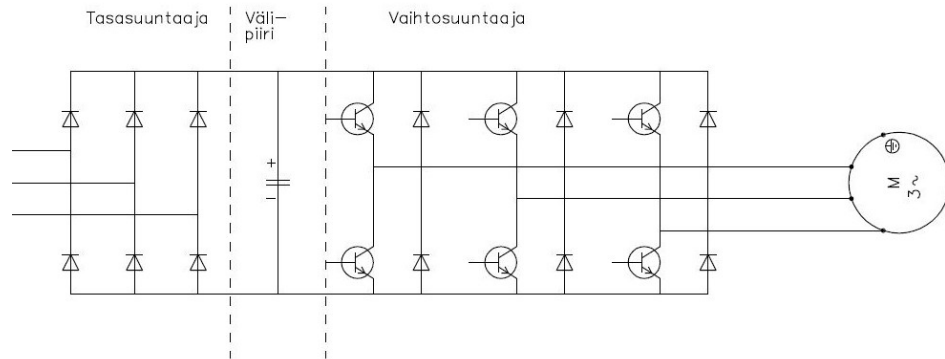
Kuva 2. Taajuusmuuttajakäytön tyypillinen kytkentä.

3.1.2 Taajuusmuuttajan rakenne

Taajuusmuuttajan rakenne koostuu neljästä osasta, jotka ovat tasasuuntaaja, välipiiri, vaihtosuuntaaja sekä ohjauspiiri. Suuntaajissa käytettävät komponentit ovat tehopuolijohteita, joista tärkeimpiä ovat piidiodit, teho-transistorit, tyristorit sekä IGBT-tehopuolijohteet. Suuntaajissa voidaan ajatella komponenttien toimivan kytkimien tavoin, jolloin piiri saadaan avattua ja suljettua ohjauspiirin määräämällä tavalla. Käytettyjen komponenttien tulisi olla mahdollisimman hyvälaatuisia ja aina joko johtavassa (ei jännitehäviötä) tai johtamattomassa (ei vuotovirtaa) tilassa, jotta hyötysuhde saadaan mahdollisimman korkeaksi. (Hietalahti, 2013a, s. 177)

Tasasuuntaajassa verkosta otettava kolmivaiheinen vaihtojännite muutetaan diodisillan tai tyristoriverkkosillan avulla tasajännitteeksi. Koska näin muodostettu tasajännite on aaltoilevaa, tarvitaan taajuusmuuttajaan myös välipiiri. Se toteutetaan kondensaattorin avulla, joka toimii samalla myös energiavarastona vaihtosuuntaajalle. Vaihtosuuntaaja puolestaan muodostaa tasajännitteestä halutun taajuista vaihtojännitettä. Muodostukseen voidaan käyttää pulssinleveysmodulaatiota (PWM). Siinä

vakiosuuruista tasajännitettä sopivasti katkomalla muodostetaan mahdollisimman paljon siniaaltoa muistuttava syöttöjännite. Vaihtosuuntaaja voidaan toteuttaa IGBT-transistorien ja nolladiodien avulla, joiden ohjaus suoritetaan mikroprosessorin avulla riittävän tarkan ja nopean katkomisen aikaansaamiseksi. Taajuusmuuttajan sisäisen kytkennän malli on esitetty kuvassa 3. (Hietalahti, 2013a, ss. 190-192)



Kuva 3. Taajuusmuuttajan sisäinen kytkentä.

Joissain tilanteissa moottorin liike saattaa jatkua vielä syötön katkaisemisen jälkeen, jos esimerkiksi moottori ohjaa raskasta laskeutuvaa taakkaa. Jos halutaan, että liike pysähtyy välittömästi syötön katkettua, on käytettävä tehostettua jarrutusta. Taajuusmuuttajan avulla on mahdollista ohjata jarrua päälle ja pois käynnistys- ja pysäytyskäskyjen mukaan. Tilanteessa, jossa moottori pyörii nopeammin kuin taajuusmuuttajan syöttämä taajuus edellyttäisi, muuttuu moottori generaattoriksi, joka syöttää tehoa taajuusmuuttajan välipiiriin. Jos tätä energiaa ei voida syöttää sähköverkkoon (yleensä ei voida), on välipiiriin kytkettävä jarruvastus, johon taajuusmuuttaja ohjaa energian välipiirin havaittua jännitteen nousun. Jarruvastuksessa liike-energia muuttuu lämmöksi, joka pitää ottaa huomioon järjestelmää suunniteltaessa. Mikäli jarruvastus sijaitsee esimerkiksi keskuksessa, saattaa keskuksen lämpötila nousta liian korkeaksi, jolloin on huoledittava riittävästä jäähdytyksestä. (Hietalahti, 2013a, s. 197)

3.1.3 Taajuusmuuttajan valinta

Taajuusmuuttajaa valittaessa on ensin tiedettävä ohjattavan moottorin tiedot. Moottorin teho ja verkkojännitteen suuruus määrittävät käytetyn mallin melko pitkälle. Kuormituksesta riippuen voidaan joutua valitsemaan astetta suurempi taajuusmuuttaja, kuin moottorin nimellisteho vaatisi. Tarkoitukseen hieman ylisuuren taajuusmuuttajan valinnalla ei ole toiminnan kannalta haittaa, mutta taloudellisesti se ei ole kannattava vaihtoehto. Eri valmistajilla on omat valintataulukonsa tai ohjelmistonsa, jonka avulla oikean taajuusmuuttajan voi valita. Kuvassa 4 on esitetty VACON 100-mallin valintataulukko.

Tehoalue 380-500 V / VACON® 100 INDUSTRIAL, VACON® 100 FLOW

Verkköjännite 380-500 V, 50-60 Hz	Moduulitaajuusmuuttaja	Kaapitettu taajuusmuuttaja	Pieni ylikuormitus -INDUSTRIAL, -FLOW			Suuri ylikuormitus -INDUSTRIAL			Maksimivirta Is (2s) [A]	Kokoluokka
			Kuormitetavuus		Moottorin akseliteho	Kuormitetavuus		Moottorin akseliteho		
			40 °C jatkuva virta I _{load} [A]	400 V syöttöteho 40 °C LO [kW]	480 V NEMA / NEC teho 40 °C LO [HP]	50 °C jatkuva virta I _{load} [A]	400 V syöttöteho 50 °C HO [kW]	480 V NEMA / NEC teho 50 °C HO [HP]		
VACON 0100-3L-0003-5-xxxx			3,4	1,1	1,5	2,6	0,75	1	5,2	MR4
VACON 0100-3L-0004-5-xxxx			4,8	1,5	2	3,4	1,1	1,5	6,8	
VACON 0100-3L-0005-5-xxxx			5,6	2,2	3	4,3	1,5	2	8,6	
VACON 0100-3L-0008-5-xxxx			8	3	4	5,6	2,2	3	11,2	
VACON 0100-3L-0009-5-xxxx			9,6	4	5	8	3	4	16	MR5
VACON 0100-3L-0012-5-xxxx			12	5,5	7,5	9,6	4	5	19,2	
VACON 0100-3L-0016-5-xxxx			16	7,5	10	12	5,5	7,5	24	
VACON 0100-3L-0023-5-xxxx			23	11	15	16	7,5	10	32	
VACON 0100-3L-0031-5-xxxx			31	15	20	23	11	15	46	MR6
VACON 0100-3L-0038-5-xxxx			38	18,5	25	31	15	20	62	
VACON 0100-3L-0046-5-xxxx			46	22	30	38	18,5	25	76	
VACON 0100-3L-0061-5-xxxx			61	30	40	46	22	30	92	
VACON 0100-3L-0072-5-xxxx			72	37	50	61	30	40	122	MR7
VACON 0100-3L-0087-5-xxxx			87	45	60	72	37	50	144	
VACON 0100-3L-0105-5-xxxx			105	55	75	87	45	60	174	
VACON 0100-3L-0140-5-xxxx	*	-ED	140	75	100	105	55	75	210	
VACON 0100-3L-0170-5-xxxx	*	-ED	170	90	125	140	75	100	280	MR8
VACON 0100-3L-0205-5-xxxx	*	-ED	205	110	150	170	90	125	340	
VACON 0100-3L-0261-5-xxxx	*	-ED	261	132	200	205	110	150	410	
VACON 0100-3L-0310-5-xxxx	*	-ED	310	160	250	251	132	200	502	
VACON 0100-3L-0385-5-xxxx	**	-ED	385	200	300	310	160	250	620	MR9
VACON 0100-3L-0460-5-xxxx	**	-ED	460	250	350	385	200	300	770	
VACON 0100-3L-0520-5-xxxx	**	-ED	520	250	450	460	250	350	920	
VACON 0100-3L-0590-5-xxxx	**	-ED	590	315	500	520	250	450	1040	
VACON 0100-3L-0650-5-xxxx	**	-ED	650	355	500	590	315	500	1180	MR10
VACON 0100-3L-0730-5-xxxx	**	-ED	730	400	600	650	355	500	1300	
VACON 0100-3L-0820-5-xxxx	**	-ED	820	450	700	730	400	600	1460	
VACON 0100-3L-0920-5-xxxx	**	-ED	920	500	800	820	450	700	1640	
VACON 0100-3L-1040-5-xxxx	**	-ED	1040	560	900	920	500	800	1840	MR12
VACON 0100-3L-1180-5-xxxx	**	-ED	1180	630	1000	920	500	800	1840	

Kuva 4. Vacon 100 valintataulukko. (Danfoss Drives, 2016)

Moottorin ominaisuuksien lisäksi taajuusmuuttajan valintaan vaikuttavat muut halutut ominaisuudet. Pumppu- ja puhallinohjauksille on usein omat taajuusmuuttajansa. Lisäksi taajuusmuuttajan kytkentä ulkopuoliseen ohjaukseen on yksi kriteereistä. Eri väyläohjauksille on yleensä omat mallinsa tai ne vaativat erilliset lisäkortit taajuusmuuttajaan. Väyläohjausta ei ole pakko käyttää, vaan ohjaus voi tapahtua suoraan taajuusmuuttajan tulo- ja lähtöliitännöiden kautta. Taajuusmuuttajassa voi olla myös sisäinen jännitelähde ohjauspiirejä varten. Joistakin taajuusmuuttajista löytyy myös turvatoimintoja, joilla ne saadaan kytkettyä turvalliseen tilaan ulkoisella ohjauksella. Myös näyttöpaneelissa on eroja, mutta ne ovat yleensä irrotettavia ja päivitettävissä myöhemminkin. Mitä parempi (ja kalliimpi) näyttö on kyseessä, sitä paremmin ja helpommin taajuusmuuttaja on yleensä konfiguroitavissa ja enemmän tietoja on luettavissa suoraan näytöltä. Uusimmissa taajuusmuuttajissa konfigurointi voidaan suorittaa jo myös älypuhelimien näytön avulla. Kuvassa 5 on esitetty vertailun vuoksi Siemensin Intelligent Opertaion Panel (IOP) ja Basic Operation Panel (BOP).



Kuva 5. Siemens IOP ja BOP paneelit. (Siemens, n.d.b)

Taajuusmuuttajan valintaan voi vaikuttaa myös haluttu IP-luokitus. Usein pienemmät taajuusmuuttajat asennetaan sähkökeskuksen sisälle, jolloin IP-luokituksella ei ole välttämättä merkitystä. Suuremmat taajuusmuuttajat sen sijaan voidaan asentaa seinälle tai lattia-asennuksena, jolloin on varmistuttava siitä, että IP-luokitus on kyseiseen tilaan riittävä.

3.1.4 Taajuusmuuttajan käyttöönotto

Taajuusmuuttajia asennettaessa on kiinnitettävä huomiota EMC-suojaukseen. EMC (Electromagnetic compatibility) tarkoittaa sähkömagneettista yhteensopivuutta, jonka mukaan laite ei saa aiheuttaa muita laitteita häiritsevää sähkömagneettista kenttää ja lisäksi laitteen on pystyttävä toimimaan raja-arvot täyttävässä ympäristössä. Taajuusmuuttajissa häiriöitä aiheuttaa tehokomponenttien ja ohjauselektronikan nopeat kytkennät. (ABB Industry Oy, 2000, s. 8)

Taajuusmuuttajan kaapelointia tehtäessä on käytettävä EMC-suojattuja kaapeleita, jotka estävät häiriöiden johtumisen ja säteilyn muihin laitteisiin. Taajuusmuuttajan ja moottorin välillä on käytettävä EMC-suojattua moottorikaapelia (esimerkiksi EMCMK), jonka suojavaippa on kytkettävä maadoitusliittimiin sekä taajuusmuuttajan että moottorin päässä. Taajuusmuuttajaan kytkettyjen ohjauskaapeli (esimerkiksi JAMAK) on oltava kierrettyjä suojavaipallisia kaapeleita, joiden suojavaipat kytketään maadoitusliittimiin vain joko keskuksen tai taajuusmuuttajan päässä. Lisäksi läpivienneissä on käytettävä erityisiä EMC-läpivientiholkkeja. Häiriöiden vähentämiseksi syöttävään verkkoon päin, voidaan käyttää myös EMC-suodatinta taajuusmuuttajan syötön puolella. (Partanen, 2011, ss. 17-18)

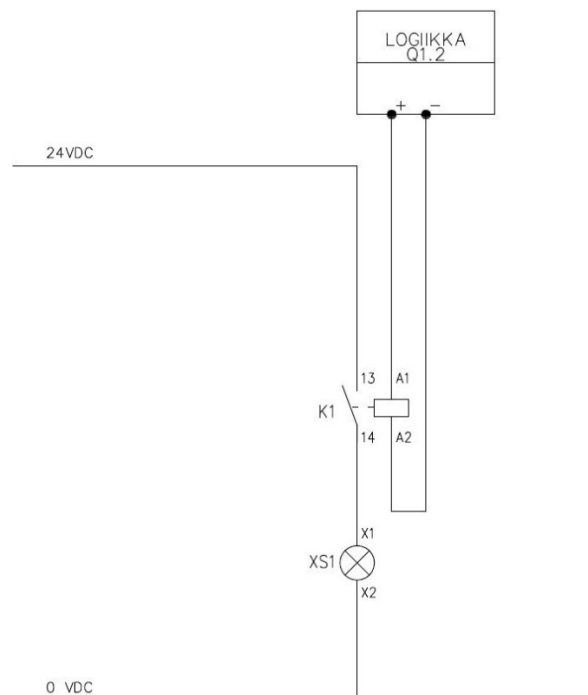
Taajuusmuuttajan käyttöönotossa on aluksi asetettava tiedot ohjattavasta moottorista. Näitä ovat tiedot moottorin nimellisestä nopeudesta, taajuudesta, jännitteestä ja tehosta. Vaihtoehtoisesti taajuusmuuttaja voi

suorittaa identifiointiajon moottorille, jossa se tunnistaa moottorin parametrit ja luo niiden avulla sähkökoneen sijaiskytkennän mukaisen mallin moottorin ohjaamiseksi. Identifiointiajo voidaan suorittaa offline-tilassa, jolloin moottoriin ei ole kytketty kuormaa. Tällöin saadaan parametrit ohjausta varten hitausmassaa lukuun ottamatta. Online-identifiointi voidaan suorittaa, kun moottori on jo kytketty todelliseen käyttökohteeseensa. Sen avulla saadaan tarkemmat tiedot ohjausta varten, mutta sitä ei ole aina mahdollista suorittaa. (Hietalahti, 2013a, s. 196)

Nykyaikaisissa taajuusmuuttajissa parametreja voi olla jopa satoja, joista osalla on suurempi ja osalla pienempi merkitys toiminnan kannalta. Jos taajuusmuuttajaan on rakennettu esimerkiksi oma asiakaskohtainen ohjelma, voi tärkeitä parametreja olla niin paljon, että käsin kopiaaminen toiseen taajuusmuuttajaan olisi erittäin työlästä. Tällöin on mahdollista suorittaa parametrinti myös kopiaamalla asetukset esimerkiksi PC-pohjaisten ohjelmistojen avulla toisesta taajuusmuuttajasta. Myös muistikortteja ja näyttöpaneeleita on mahdollista käyttää kopiointiin joissakin taajuusmuuttajissa.

3.2 Releet

Releitä käytetään sähköisten laitteiden käyntiin ohjaamiseen ohjauspiirien puolella. Esimerkiksi logiikkakortilta voidaan haluta ohjata laitetta, jonka virrankulutus on niin suuri, että logiikalta saatava virta ei riitä sen ohjaukseen. Tällöin väliin kytketään rele, joka saa ohjausvirtansa logiikalta, mutta varsinainen käyttöjännite tulee muualta. Ohjausperiaate on esitetty kuvassa 6.



Kuva 6. Releen ohjausperiaate lampua ohjattaessa.

Releen toiminta voi perustua mekaaniseen kytkentään tai puolijohdepiirillä toteutettuun. Mekaaninen rele on toteutettu niin, että käämiin kytketään virta, joka synnyttää sähkömagneettisen kentän. Syntynyt magneetikenttä vetää releen kärjet yhteen ja näin sulkee virtapiirin. Virran katketta kelalta, kärjet vapautuvat jousivoiman avulla ja virtapiiri aukeaa. Puolijohdereleissä sama on toteutettu tehopuolijohdekomponenttien avulla. Puolijohdepiirin etuna on se, että se ei sisällä liikkuvia osia, eivätkä esimerkiksi releen kärjet voi näin ollen hitsautua kiinni. Myös kytkentä tapahtuu nopeammin kuin mekaanisessa releessä. Toisaalta mekaanisia releitä voidaan käyttää virtapiirien erottamiseen toisistaan sähköisesti, johon puolijohderele ei ole hyväksytty (Hietalahti, 2013b, s. 169).

Releitä on saatavilla myös erityyppisinä. Edellä esitelty rele on sulkeutuvaa tyyppiä (NO, normally open), eli jännitteettömässä tilassa virtapiiri on auki. Avautuvassa releessä (NC, normally closed) virtapiiri on jännitteettömässä tilassa suljettu. Näiden lisäksi releen tyyppi voi olla vaihtava (CO, change over), jolloin kelan jännitteen päälle- ja poiskytkentä valitsee kahden releeseen kytketyn virtapiirin välillä.

Aikareleillä voidaan ohjata laitteita esimerkiksi päälle halutuksi ajaksi aina painalluksesta (päästöhidastettu). Tällöin rele on suljetussa tilassa vielä halutun ajan kelan virran katkeamisen jälkeen. Vetohidastetussa releessä kytkentä puolestaan sulkeutuu vasta halutun ajan kuluttua jännitteen kytkemisen jälkeen. Askelrele taas vaihtaa kytkennän tilaansa aina kun ohjausvirta kytketään päälle. Tila ei muutu ohjausvirran katketessa.

Myös erityyppisiä suojareleitä esimerkiksi moottoreiden suojaukseen on olemassa (ylikuormitusreleet). Niiden toiminta perustuu bi-metalliliuskoihin, joissa kaksi eri materiaalia olevaa liuskaa on kiinnitetty toisiinsa. Syötettävän moottorin virta kulkee näiden liuskojen lävitse lämmittäen niitä. Liuskojen lämmitessä niiden pituus muuttuu eri suhteessa ja näin ollen liuska alkaa taipumaan. Kun moottorin virta on riittävän suuri tarpeeksi pitkään, liuskat lämpenevät niin paljon, että niiden kaareutuminen avaa virtapiirin. (Hietalahti, 2013b, s. 165)

Ylikuormitusreleet voivat olla myös elektronisia ja niiden toiminta perustuu virran mittaukseen ja sen avulla kuormituksen määrittämiseen laskeamalla. Elektronisten releiden etuna on, että niiden parametrit voidaan määrittää sovellukseen sopiviksi, jolloin samaa relettä voidaan käyttää eri tehoisilla moottoreilla. (Hietalahti, 2013b, s. 167)

Nykypäivänä ylikuormitusreleet on usein korvattu moottorinsuojakytkimillä, jotka sisältävät ylikuormitussuojan lisäksi myös oikosulkusuojauksen. Samalla niitä voidaan käyttää myös kytkiminä moottorin paikallisojaukseen.

Releet asennetaan yleensä DIN-kiskoon ja niillä voi olla erillinen pohjamo-
duuli, johon rele sitten painetaan. Näin viallisen releen vaihtaminen on

tarvittaessa nopeaa ja helppoa, kun johtoja ei tarvitse kytkeä uudelleen. Nykyaikaisissa releissä on myös merkkivalot releen diagnosointia varten. Kuvassa 7 on esitetty Omronin G2R- sarjan mekaaniseen toimintaan perustuva rele.



Kuva 7. Omron G2R-sarjan mekaaninen rele. (Omron, n.d.)

3.3 Kontaktorit

Kontaktorit ovat toiminnaltaan samantyyppisiä kuin kytkevät releet, mutta niitä käytetään yleensä päävirtapiireissä. Käytettävät virrat ja jännitteet ovat tyypillisesti suurempia kuin releiden kanssa. Kontaktoreita käytetään yleisesti esimerkiksi sähkömoottoreiden päälle ja pois ohjaamiseen. Ohjausjännite tuodaan kelalle, joka vetää ja tyypillisesti tällöin sulkee koskettimet. Kontaktori voi olla myös avautuva, jolloin piiri avautuu kelan vetäessä, mutta niiden käyttö on harvinaisempaa. Kontaktoreissa on usein myös apukoskettimia (sulkeutuvia ja/tai avautuvia), joita käytetään esimerkiksi kontaktorin tilaa ilmaisemaan. Niitä voidaan käyttää myös ristiin kytkemällä kahden kontaktorin välillä niin, että molemmat kontaktorit eivät voi olla kytkeytyneenä samanaikaisesti (esimerkiksi suunnanvaihtokytkentä).

Kontaktorin valintaan vaikuttavat sen ohjaaman laitteen ominaisuudet sekä ohjausjännitteen tyyppi. Ohjausjännite voi olla tasa- tai vaihtosähköä ja se on otettava huomioon kontaktoria valitessa. Ohjattavan kohteen suurin tehon kulutus määrittelee kontaktorin koon. Ylisuuren kontaktorin valinnasta ei ole haittaa toiminnallisesti, mutta suurissa kokoonpanoissa se alkaa näkyä kustannuksissa. Lisäksi valinnassa on otettava huomioon, montaako vaihetta ohjataan, sekä suurin sallittu jännite ja virta. Joissakin sovelluksissa voi olla myös tärkeää huomioida kytkentä- ja katkaisuaajat. Kontaktorien valintaan on yleensä valmistajilla omat taulukot, joista sopiva

kontaktori on valittavissa ohjattavan kohteen perusteella. Kontaktorit ovat yleensä asennettavissa DIN-kiskoihin. Kuvassa 8 on esitetty Schneiderin valmistama kontaktori apukärjillä varustettuna.



Kuva 8. Schneider Electricin kontaktori. (Schneider Electric, n.d.)

3.4 Johdonsuojakatkaisijat

Johdonsuojat suojaavat nimensä mukaisesti syötettävää johdinta. Johdonsuojan nimellisarvo on valittava aina pienemmäksi kuin syötettävän johtimen suurin sallittu virta. Johdonsuojakatkaisijassa on yleensä yhdistettynä kaksi eri suojamekanismia. Toinen suojaa oikosulkuvirroilta eli tilanteelta, jolloin virta nousee nopeasti korkeaksi. Tällöin laukaisu tapahtuu magneettisen laukaisijan avulla. Toinen suojamekanismi suojaa piiriä ylikuormituksesta, jolloin lähellä toimintarajaa oleva virta on kuormittanut piiriä pidempään ja laukaisee lämpösuojamekanismin. Lämpösuojamekanismin toiminta perustuu bi-metalliliuskoihin, kuten ylikuormitusreleen kappaleessa on kerrottu.

Johdonsuojakatkaisijoita löytyy nykypäivänä lähes kaikista uusista keskuksesta myös kotiloissa korvaamassa vanhat tulppasulakkeet. Niiden etuna perinteisiin tulppasulakkeisiin nähden on pienempi koko, sekä uudelleen virittämisen mahdollisuus, jolloin sulakkeen vaihdoilta säästytään. Johdonsuojakatkaisijat ovat yleensä asennettavissa DIN-kiskoihin. Kuvassa 9 esitetty Schneiderin 3-vaiheinen johdonsuojakatkaisija, jossa yhden vaiheen ylikuormitus laukaisee kaikki vaiheet.



Kuva 9. Schneider Electricin johdonsuojakatkaisija. (Schneider Electric, n.d.)

3.5 Moottorinsuojakatkaisijat

Moottorinsuojakatkaisijan toiminta on hyvin samanlaista kuin johdonsuojakatkaisijan. Se suojaa moottoria ylikuormitustilanteelta, jossa moottori joutuu suuren rasituksen kohteeksi pidemmän aikaa, sekä myös oikosuluilta, joten erillistä johdonsuojakatkaisijaa ei välttämättä tarvitse käyttää. Tämä säästää rahaa komponenteissa sekä tilaa keskuksessa. Moottorinsuojakatkaisija voi suojata moottoria myös pelkältä oikosululta, mutta niiden käyttö on harvinaisempaa. (Hietalahti, 2013b, s. 162)

Moottorinsuojakatkaisijoissa on usein myös apukärkiä, tai niitä voidaan lisätä niihin lisämoduulien muodossa. Niiden avulla voidaan seurata moottorinsuojakatkaisijan tilaa ja antaa esimerkiksi ulkoinen hälytys suojan lauetessa. Myös moottorinsuojan etälaukaisu tai alijännitelaukaisu on mahdollista toteuttaa lisämoduulien avulla. Moottorinsuojakatkaisijaa voidaan käyttää myös moottorin käyntiin/seis - ohjaukseen paikallisesti. Moottorinsuojakatkaisijat voidaan tyypillisesti asentaa DIN-kiskoihin.

Moottorinsuoja tulisi aina valita moottorin nimellistehon ja käyttöjännitteen perusteella, jotta suojaus olisi toimiva. Eri valmistajilta löytyvät yleensä valmiit taulukot tai sovellukset, joiden avulla valinta on helppo suorittaa. Valintakriteereihin voi vaikuttaa myös katkaisijoiden hallintalaitteiden tyyppi, joka voi perustua painonappeihin, kääntökytkimeen tai vipuun. Kuvassa 10 on esitetty Schneiderin kääntökytkimellä varustettu moottorinsuojakatkaisija GV2P-sarjasta.

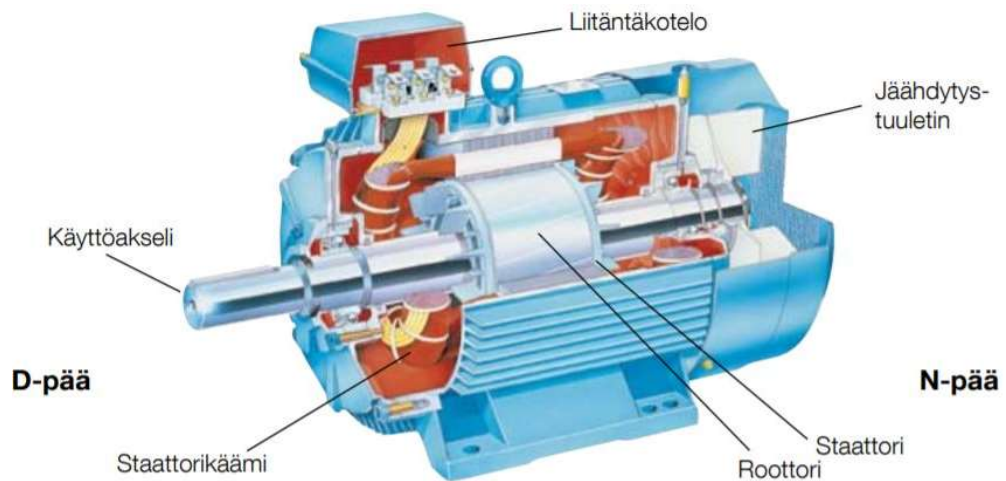


Kuva 10. Schneider Electricin moottorinsuojakatkaisija. (Schneider Electric, n.d.)

3.6 Sähkömoottorit

Sähkömoottoreita tarvitaan, kun sähköistä energiaa halutaan muuttaa liike-energiaksi. Mikäli halutaan muuttaa liike-energiaa sähköiseksi energiaksi (esimerkiksi tuulivoimala), puhutaan generaattorista. Usein sama laite voi toimia sekä sähkömoottorina että generaattorina. Teollisuudessa yleisin käytetty sähkömoottori on kolmivaiheinen oikosulkumoottori (epätahrikone). Syynä suureen suosioon ovat sen saatavuus useille eri teholuokille, jonka lisäksi yksinkertaisuutensa ja kestävyytensä vuoksi se on myös edullinen vaihtoehto.

Kolmivaiheisen sähkömoottorin pääosat ovat staattori ja roottori. Staattori sijaitsee moottorin rungossa ja sen urissa kulkee staattorikäänitys, joihin sähkövirta kytkentäkotelon kautta johdetaan. Staattorin sisällä on molemmista päistään laakeroitu pyörivä osa, roottori, jonka urissa on myös käänitys. Staattorin ja roottorin väliin jää ilmarako, jotta roottori pääsee vapaasti pyörimään. Sähkömoottorissa D-pääksi kutsutaan päätä, johon kuorma kytketään ja N-pääksi päätä, jossa tyypillisesti sijaitsee moottoria roottorin pyörimisellä jäähdyttävä tuuletin. Moottorin rakenne on esitetty kuvassa 11.



Kuva 11. Induktiomoottorin rakennekuva. (ABB Oy, 2011, s. 5)

Staattorille syötetty jännite saa aikaan pyörivän staattorikentän, joka indusoi lähdejännitteen roottorisauvoihin ja sitä myöden roottorivirran. Staattorikentän ja roottorivirran vaikutuksesta syntyy voima, joka pyrkii saattamaan roottorin pyörimään. Mikäli syntyvä vääntömomentti on suurempi kuin liikettä vastustava kuormamomentti, alkaa roottori pyöriä. Pyörimisnopeuden kasvaessa pyörivän staattorikentän ja roottorisauvojen pyörimisnopeus lähestyy toisiaan, jonka seurauksena roottorikäämin lähdejännite ja virta pienenevät. Samalla myös roottorin sähköinen vääntömomentti pienenee, kunnes pyörimisnopeus kasvaa niin suureksi, että moottorin vääntömomentti ja kuorman aiheuttava momentti ovat yhtä suuret. (Hietalahti, 2013b, s. 34)





































Sähkömoottorin ominaispyörimisnopeuden määrittää staattorin käämityksen rakenne sekä sähköverkon taajuus. Staattorin kehällä voi olla rakenteesta riippuen yksi tai useampi napapari. Mitä useampi napapari kehällä on, sitä hitaampi on pyörimisnopeus. Staattorikentän pyörimisnopeus määräytyy kaavan 1 avulla, jossa f on syöttävän verkon taajuus ja p napaparien määrä.

$$n_s = \frac{f}{p} \quad (1)$$

Taajuusmuuttajakäytöllä pyörimisnopeutta voidaan siis säätää syöttävää taajuutta muuttamalla. Roottorin pyörimisnopeus ei ole kuitenkaan täsmälleen sama kuin staattorikentän, vaan se on jättämän verran sitä hitaampi. Tyypillisesti jättämä on täydellä kuormalla 2-5% (Hietalahti, 2013b, s. 35).

Sähkömoottoria sovellukseen valitessa, on tiedettävä haluttu moottorin perusnopeus. Joskus moottorin ja ohjattavan kohteen väliin on lisättävä vielä vaihteisto, jotta nopeus saadaan sopivaksi. Lisäksi on tiedettävä, kuinka tehokas moottori sovellukseen tarvitaan. Yleensä kohteen mekaaniset ominaisuudet määrittävät tiedot, joiden perusteella tarvittava teho

ja momentti ovat laskettavissa. Moottorin koko kannattaa valita mieluummin hieman yläkanttiin. Myös moottorin asennusasento pitää ottaa huomioon valinnassa, sekä asennetaanko moottori laippa- vai runkokiinnityksellä. Kuvassa 12 on esitetty mahdollisia asennustapoja IM-koodeineen.

Foot-mounted motor						Product code pos. 12
Code I / code II						A: foot-mounted, term. box top R: foot-mounted, term. box RHS L: foot-mounted, term. box LHS
						
IM B3	IM V5	IM V6	IM B6	IM B7	IM B8	
IM 1001	IM 1011	IM 1031	IM 1051	IM 1061	IM 1071	
Flange-mounted motor, large flange						Product code pos. 12
Code I / code II						B: flange mounted, large flange
						
IM B5	IM V1	IM V3	*)	*)	*)	
IM 3001	IM 3011	IM 3031	IM 3051	IM 3061	IM 3071	
Flange-mounted motor, small flange						Product code pos. 12
Code I / code II						C: flange mounted, small flange
						
IM B14	IM V18	IM V19	*)	*)	*)	
IM 3601	IM 3611	IM 3631	IM 3651	IM 3661	IM 3671	
Foot- and flange-mounted motor with feet, large flange						Product code pos. 12
Code I / code II						H: foot/flange-mounted, term. box top S: foot/flange-mounted, term. box RHS T: foot/flange-mounted, term. box LHS
						
IM B35	IM V15	IM V35	*)	*)	*)	
IM 2001	IM 2011	IM 2031	IM 2051	IM 2061	IM 2071	
Foot- and flange-mounted motor with feet, small flange						Product code pos. 12
Code I / code II						J: foot/flange-mounted, small flange
						
IM B34	IM V17	IM 2131	IM 2151	IM 2161	IM 2171	
IM 2101	IM 2111	IM 2131	IM 2151	IM 2161	IM 2171	
Foot-mounted motor, shaft with free extensions						Product code pos. 12
Code I / code II						
						
IM 1002	IM 1012	IM 1032	IM 1052	IM 1062	IM 1072	

*) Not stated in IEC 60034-7.

Note: If the motor is mounted shaft upwards, take measures to prevent water or any other liquid from running down the shaft into the motor.

Kuva 12. Sähkömoottoreiden asennustapoja. (ABB, 2018, s. 7)

Myös moottorin käyttötapa on otettava huomioon sitä valitessa. Eri käytöt vaativat erilaisia käyttötapoja moottoreille. Esimerkiksi linjakuljettimilla tai puhaltimilla käyttö on tyypillisesti jatkuvaa. Joissakin sovelluksissa käyttö voi olla satunnaista tai joillakin säännöllistä jaksoittain niin, että moottori pysäytetään ja käynnistetään useita kertoja minuutissa. Moottorit on jaoteltu luokkiin käyttötapojen perusteella, jotta oikea moottori kohteeseen olisi helposti valittavissa niin, että sille taataan mahdollisimman pitkä käyttöikä. Normaalit käyttötavat ovat:

- S1: Jatkuva käyttö
- S2: Lyhytaikainen käyttö
- S3: Ajoittainen käyttö, käynnistys ei vaikuta lämpenemiseen
- S4: Ajoittainen käyttö, käynnistys vaikuttaa lämpenemiseen
- S5: Ajoittainen käyttö, käynnistys ja jarrutus vaikuttavat lämpenemiseen
- S6: Jatkuva käyttö, ajoittaiset kuormitusjaksot
- S7: Keskeytymätön käyttö käynnistyksineen ja jarrutuksineen
- S8: Keskeytymätön käyttö ja napavaihto
- S9: Käyttö vaihtelevalla kuormalla ja nopeudella

Joillakin käyttötavoilla moottorin tiedoissa ilmoitetaan lisäksi lisätietoja käytöstä. Esimerkiksi ajoittaisessa käytössä voidaan ilmoittaa jaksojen määrä tunnissa ja käyntijakson suhde koko jakson pituuteen. (Hietalahti, 2013b, s. 20)

Sähkömoottorin käynnistys suoraan täyteen vauhtiin saattaa aiheuttaa suurissa sovelluksissa korkean virta-arvon, jota syöttävä piiri ei kestä. Siksi käynnistyksessä on otettava huomioon eri vaihtoehdot, joilla se voidaan toteuttaa. Kevyiden kuormien kanssa ei yleensä ole ongelmaa ja ne voidaan käynnistää suoralla käytöllä. Raskaampien kuormien kanssa voi virta käynnistyksessä nousta niin korkeaksi, että se aiheuttaa jännitteen alenemaa verkossa, joka puolestaan voi häiritä muita verkon laitteita. Korkea virta voi myös vahingoittaa moottoria tai sen aikaansaama suuri momentti moottoriin kytkettyjä laitteita. Tällaisessa tapauksessa voidaan tehdä tähti-kolmio-käynnistys, jossa kolmioon kytketty moottori kytketään ensin tähti-kytkennällä pyörimään. Tähti-kytkentä ei kytke heti täyttä tehoa moottorille, jolloin virta pysyy käynnistyessä pienempänä. Kun moottori saavuttaa pyörimisnopeutensa, tehdään muutos kolmio-kytkentään, jolloin moottori saa täyden tehonsa ja toimii pienemmällä virralla. Myös tässä tapauksessa käynnistysvirta on suurempi kuin normaalitilanteessa, mutta erot ovat huomattavasti pienemmät. (Hietalahti, 2013a, ss. 148-149)

Moottorin pehmokäynnistimellä saadaan myös käynnistysvirta rajoitettua pienemmäksi. Pehmokäynnistin käynnistää moottorin jännitettä säätämällä niin, että aluksi syöttävä jännite on verkon jännitettä pienempi ja se nostetaan halutun ajan kuluessa täydeksi jännitteeksi. Pehmokäynnistimellä voidaan myös suorittaa pysähdys hallitummin. Taajuusmuuttajakäytöllä moottorin käynnistys on myös säädettävissä niin, että kiihdytys ja pysäytys tapahtuvat halutulla rampilla.

Jos käytössä olevan moottorin tietoja halutaan tutkia, selviävät ne moottorin tyyppikilvestä. Sen avulla voidaan hankkia esimerkiksi korvaava moottori hajonneen tilalle. Kuvassa 13 on esitetty esimerkki eräästä tyyppikilvestä.

ABB							
CE IE2 IEC60034-1							
3- Motor M2BAX 160MLA 4 IMB3/IM1001 2015							
3030389-1							
No. 3G1P194700429 Ins. cl. F IP 55							
V	Hz	kW	r/min	A	cos φ	Duty	
690	Y	50	11	14.77	13.0	0.79	S1
400	D	50	11	14.77	22.4	0.79	S1
660	Y	50	11	14.74	13.2	0.82	S1
380	D	50	11	14.74	22.7	0.82	S1
440	D	60	11	17.78	18.7	0.81	S1
460	D	60	11	17.77	19.1	0.83	S1
IE2-50Hz-89.8%(100%)-89.9%(75%)-89.2%(50%) / IE2-60Hz-91.0%(100%)							
Product code 3GBA162410-ADC							
6209-2Z/C3 6209-2Z/C3 134 kg							

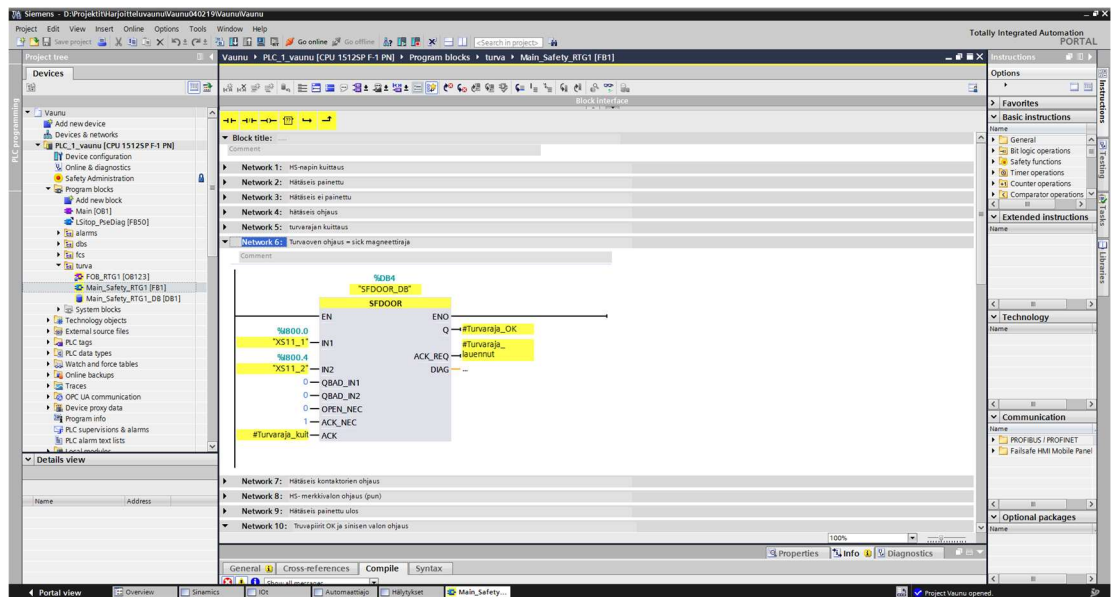
Kuva 13. Esimerkki moottorikilvestä. (ABB, 2018, s. 15)

Kuvasta on tulkittavissa moottorin käyttöjännite tähti- ja kolmiokytkennässä, nimellisteho, kierrosnopeus, nimellisvirta, hyötysuhde ja käyttötapa. Myös IP-luokitus, moottorin paino ja muita tunnistetietoja on ilmoitettu.

3.7 Ohjelmoitavat logiikat

Ohjelmoitavat logiikat (Programmable Logic Controller eli PLC) ovat nykypäivänä yleisiä jo pienemmissäkin tuotantoalan yrityksissä. Ennen logiikoiden aikakautta, automaatiojärjestelmiä on ohjattu erilaisten relekytkentöjen avulla. Vieläkin joissain tapauksissa pienet automatisoinnit voidaan toteuttaa releiden avulla, mutta logiikoiden hinnat alkavat olla jo niin alhaisia, että relekytkentöjä ei juuri käytetä. Logiikoiden etuna releisiin nähden on järjestelmän helpompi muuteltavuus. Laitteiden toimintaa voidaan helposti muokata ohjelmallisesti, jolloin aina ei tarvitse asentaa uusia laitteita. Lisäksi nykyaikaiset automaatiojärjestelmät ovat niin laajoja, että niiden suunnittelu ja toteuttaminen reletekniikalla olisi erittäin hankalaa. Ohjelmoitavilla logiikoilla on myös niiden laskentatehon vuoksi paljon mahdollisuuksia, joita releet eivät tarjoa.

Ohjelmoitavia logiikoita on saatavilla nykypäivänä useilta eri valmistajilta. Näistä tunnetuimpia ovat esimerkiksi Siemens, Beckhoff, Omron ja ABB. Ohjelmoitava logiikka on itseasiassa pieni tietokone, joka suorittaa sille annetut käskyt. Ohjelmointi tapahtuu kunkin logiikkavalmistajan omien sovellusten avulla, tai yksinkertaisemmissa järjestelmissä jopa suoraan logiikan pieneltä näytöltä (esimerkiksi Siemens LOGO!). Tässä työssä käytetty TIA Portal ohjelmointiympäristö on esitetty kuvassa 14.



Kuva 14. Siemens Tia Portal -ohjelmointiympäristö.

Usein logiikkaan tarvitaan älyn sisältävän PLC:n lisäksi myös lisäkortteja tai -moduuleita. Nämä kortit sisältävät laitteiston ohjaukseen tarvittavia tuloja ja lähtöjä (analogisia ja digitaalisia), sekä mahdollisesti väyläliittäntöjä muihin logiikoihin. Nykyaikaiset moduulit koostuvat pohjamoдуulistista sekä varsinaisesta älyn sisältävästä moduulistista. Johdotus suoritetaan pohjamoдуulin ja näin viallinen älymoduuli on vaihdettavissa ilman johdotukseen koskemista. Useat logiikkakomponentit ovat asennettavissa DIN-kiskoihin.

Logiikkakokoonpanon käyttäjärajapintana toimii nykypäivänä usein kosketusnäyttö. Sen ohjelmointi tapahtuu myöskin logiikkavalmistajan ohjelmiston avulla. Näytöllä voidaan esittää kaikki tarvittavat tiedot laitteiston tilasta ja suorittaa halutut ohjaustoiminnot sen avulla. Myös perinteisiä painonappeja ja merkkivaloja voidaan käyttää logiikoiden ohjaamiseen varsinkin pienissä järjestelmissä. Näyttöpaneelin etuna on kuitenkin sen parempi visualisointi ja helpompi muokattavuus laitteen muuttuessa. Logiikkakokoonpanot voidaan liittää myös osaksi isompaa tuotantolaitteistoa, jolloin niiden ohjaaminen voidaan suorittaa jonkin rajapinnan kautta suuremman automaatiojärjestelmän avulla. Esimerkkikuva logiikka kokoonpanosta on esitetty kuvassa 15.



Kuva 15. Siemens ET 200 SP -sarjan logiikka. (Siemens, n.d.c)

3.8 Kytkentäkaapit- ja kotelot

Oli kyseessä sitten pieni muutaman johtimen kytkentä tai suuri, jopa tuhansia kytkentöjä sisältävä järjestelmä, on kytkennät lähes poikkeuksetta suoritettava kytkentäkaapissa tai ainakin jossakin muussa suljetussa kytkentäkotelossa. Syitä tähän ovat laitteiston ja henkilöstön suojaukset. On pystyttävä varmistumaan, että pölyä ja kosteutta ei pääse kytkentöihin, koska ne voivat aiheuttaa ongelmia kytkennöissä tai pahimmassa tapauksessa oikosulkuja. Samalla kotelointi suojaa käyttöhenkilökuntaa sähköiskuilta estämällä vapaan pääsyn liitännöihin. Myös valokaaren sattuessa suljettu keskus rajaa vahingot pienemmälle alueelle ja valokaaren aiheuttaman räjähdysen suuntaa voidaan hieman hallita. Poikkeuksena kytkentäkaapeissa tehtäville kytkennöille ovat kytkennät, joita on mahdotonta tai vaikeaa suorittaa sellaisessa. Tällaisia ovat esimerkiksi muuntamot, joissa kytkennät ovat niin suuria, että niitä on mahdotonta asentaa kaappeihin. Tällöin asennukset suoritetaan sähkötilassa, johon vai sähköalan ammattilaisilla on pääsy.

Kytkentäkaappien valmistusmateriaaleina käytetään yleensä terästä tai lasikuituvahvisteista polyesterimuovia, mutta myös muita valmistusmateriaaleja, kuten ruostumaton teräs, on käytössä. (Rittal, n.d.)

Teräs on melko edullinen ja erittäin kestävä materiaali keskusten valmistukseen, ja se tarjoaa myös kohtalaisen suojan valokaaritulanteissa. Muoviseoksista valmistettuja kotelointia käytetään pääasiassa pienemmissä

kytkennöissä, joissa oikosulkuvirrattakin ovat tyypillisesti pienempiä. Materiaalista riippumatta kotelot tarjoavat IP-luokituksia väliltä IP 55 ja IP 66. Tähän vaikuttavat osaltaan koteloon tehdyt läpiviennit ja niiden luokitukset. Läpiviennit voidaan tehdä kumisen laipan lävitse, joka tiivistää liitokset. Sen etuna on läpiviennin tekemisen helppous, mutta se ei tarjoa kaapeleille vedonpoistoa. Muovisen tai metallisen laipan läpivientejä varten on porattava laippaan reikiä ja käytettävä niissä halutun IP-luokituksen takaavia holkkitiivisteitä. Niiden asentaminen on hieman työläämpää kuin kumisen laipan tapauksessa, mutta ne tarjoavat samalla vedonpoiston kaapeleille. Metallisia vedonpoistajia käytettäessä voidaan parantaa EMC-suojausta käyttämällä erityisiä EMC-vedonpoistajia. Kuvassa 16 on esitetty muovinen holkkitiiviste.



Kuva 16. Muovinen holkkitiiviste. (Ahlseil, n.d.)

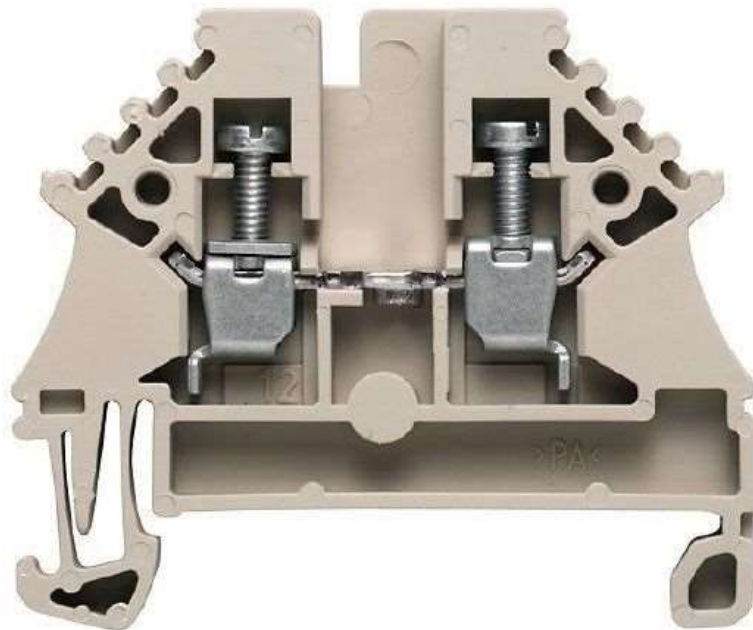
Kytchentäkaapin koko määräytyy yleensä siihen kasattavan järjestelmän koon perusteella. Kaappi tai kotelo voidaan siis valita vasta kun sähkökuvat ovat valmiina ja käytettävät komponentit on valittu. Joskus kaapin valintaan voi koon sijasta vaikuttaa myös kaapin asennuspaikka. Jos esimerkiksi järjestelmä on pieni, mutta kaappia ei ole mahdollista asentaa seinälle, voidaan valita suurempi lattia-asenteinen kaappi, vaikka ylimääräistä tilaa jääkin. Joka tapauksessa, keskusta valitessa se kannattaa mitoittaa niin, että ylimääräistä tilaa jää reilusti tuleville laajennuksillekin.

Yleensä kytkentäkaapeissa on sekä käyttöjännitteitä (400VAC) sekä ohjausvirtapuolen komponentteja (24 VDC). Jos mahdollista, on järkevää suunnitella komponenttien sijoitukset niin, että ne ovat erillään toisistaan. Tällöin minimoidaan suurempien jännitteiden kulkeminen ohjauskaapeleiden rinnalla häiriöiden kytkeytymisen estämiseksi. Voi olla myös mahdollista, että käyttöhenkilökunta joudutaan opastamaan kuittaamaan jokin häiriö keskuksen sisältä, jolloin on hyvä, että sähköisesti vaarallisiin komponentteihin vahingossa koskeminen saadaan estettyä. Joka tapauksessa keskuksen kytkennät on suoritettava niin, että tahaton koskeminen jännitteellisiin osiin on estetty. Myös tarvittavat kuittaukset on pyrittävä järjestämään niin, että ne voidaan suorittaa keskuksen ovesta tai ohjauspaneelistä.

Koska sähkökeskuksissa suoritetaan jossain vaiheessa myös vianhakua, on ainakin suuremmat keskuksat hyvä varustaa myös kiinteällä valolla, joka syttyy, kun kaapin ovi avataan. Nykypäivänä myös suojaerotusmuuntajan perään asetettu pistorasia on hyödyllinen, koska vianhakua suoritetaan paljon esimerkiksi logiikkaan kytkettävän ohjelmointitietokoneen avulla.

3.9 Riviliittimet

Riviliittimiä käytetään sähkökeskuksissa kytkentöjen tekemiseen joko keskuksen sisäisesti, tai yhdistämällä ulkoa tulevat johtimet keskuksen komponentteihin. Riviliittimiä on saatavilla useita eri kokoja, joiden valinnassa on otettava huomioon käytettävän johtimen paksuus. Riviliittimiä on myös useita eri malleja, esimerkiksi joihinkin voidaan kytkeä useampi kuin yksi pari tai kytkentä voi olla avattavissa ilman johtimien irrotusta. Usein riviliittimet ovat myös ketjutettavissa, joka on kätevää esimerkiksi jännitteen jakamista varten. Liitäntä riviliittimiin voi tapahtua esimerkiksi ruuvi- tai jousiliittimillä ja liitettävässä johtimessa on usein suositeltavaa käyttää johdinholkkia. Riviliittimet asennetaan keskuksissa DIN-kiskoihin. Riviliittimiin on myös merkittävässä tunnukset, jotta niiden tunnistaminen keskuksista olisi mahdollista. Kuvassa 17 on esitetty yksi esimerkki riviliittimestä.



Kuva 17. Weidmüller riviliitin. (SLO verkkokauppa, n.d.)

4 SUUNNITTELU JA TOTEUTUS

4.1 Sähkösuunnittelu ja komponenttien valinnat

Opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda harjoittelualusta kunnossapidon asentajille, jossa olisi mukana kaksi eri taajuusmuuttajaa, ohjelmoitava logiikka sekä antureita ja ohjattavia laitteita (sähkömoottorit). Suunnittelu-työ alkoi sillä, että istuttiin alas keskustelemaan halutuista toiminnoista ja käytettävistä laitteista. Lähtökohtana päädyttiin käyttämään pääasiassa jo varastosta löytyviä tuotteita tai vaihtoehtoisesti yrityksen sähköasennus-standardissa määritellyjä tuotemerkkejä ja -malleja. Laitteistoon liitettävät anturit ovatkin kaikki sellaisia, jotka löytyivät jo valmiina varastosta. Lähestulkoon kaikki muut komponentit sen sijaan jouduttiin tilaamaan työtä varten, mutta ne ovat sellaisia, että niitä voidaan tarvittaessa käyttää va-raosina tuotannossa.

Tärkeimpiä komponentteja, jotka vaunuun asennettiin, olivat taajuusmuuttajat. Vaunuun valittiin käytettäväksi kaksi yleisintä mallia, joita yrityk-sessä käytetään. Nämä olivat Vaconin 100 - sarja sekä Siemensin Si-namics G120C – sarja. Jotta vaunu pysyisi siirrettävän kokoisena, valittiin käyttöön molemmista sarjoista pienimmät taajuusmuuttajat, joita yrityk-sessä on muutenkin käytössä. Toimintaperiaate on näissä kuitenkin sama koosta riippumatta, joten parametroiden harjoittelu onnistuu hyvin myös näillä. Myös moottoreiksi valittiin näin ollen pienimmät varastosta löyty-vät.

Sähkösuunnittelussa vaikeuksia aiheutti aluksi halutun kokoonpanon eri-koisuus, eli yhden moottorin ohjaus kahdella eri taajuusmuuttajalla. Tämä piti saada toteutettua niin, että missään tilanteessa molemmat taajuusmuuttajat eivät ole kytkettynä lähdestään moottoriin samaan aikaan. Sa-malla haluttiin kuitenkin pitää molemmat taajuusmuuttajat jännitteellisinä jatkuvasti, joten ohjauksen valinta oli toteutettava taajuusmuuttajien ja moottorin väliin. Ohjaus oli tarkoitus toteuttaa kontaktorien avulla, jotka asennettaisiin taajuusmuuttajien ja moottorin väliin, ja joita ohjattaisiin lo-giikan avulla niin, että ne eivät olisi samaan aikaan vetävinä. Varmis-tukseksi väliin olisi vielä asennettu mekaanisesti toimiva valintakytkin, jol-loin logiikan tilasta riippumatta ei olisi saatu kytkettyä jännitettä taajuusmuuttajien lähtöpuolelle. Vielä kytkentöjen viime hetkellä päädyttiin kui-tenkin muutokseen, jossa molemmat taajuusmuuttajat saisivat omat moottorit ohjattavikseen. Näin kytkentöjä saatiin selkeytettyä ja saatiin ai-kaan myös mahdollisuus ohjata molempia taajuusmuuttajia samanaikai-sesti. Aiemmin taajuusmuuttajien ja moottorin välissä olleet kontaktorit jätettiin kytkentään taajuusmuuttajien etupuolelle tuomaan lisää ominai-suuksia laitteistoon, vaikka varsinaista tarvetta niillä siinä ei ollutkaan. Taa-juusmuuttajia syöttäviin johtoihin asennettiin myös moottorinsuojakatkai-sijat yrityksemme sähkösuunnittelustandardien mukaan, vaikka taajuusmuuttajan tapauksessa johdonsuojakatkaisijat olisivat riittävät. Säh-kösuunnitelmat on esitetty liitteessä 1.

Järjestelmään toteutettiin myös hätäseis-piiri katkaisemaan keskukseen syötettävä jännite kahden sarjaan asennetun kontaktorin avulla. Jännitteettömäksi tekemiseen riittää siis, että toinen kontaktoreista avautuu. Syöttöjännite 24 VDC:n muuntajalle pysyy kuitenkin päällä hätä-seis-piirin laukeamisesta huolimatta, jolloin logiikan avulla voidaan seurata toimintaa näissäkin tilanteissa. Järjestelmä saadaan täysin jännitteettömäksi lukittavalla turvakytkimellä tai irrottamalla syöttävä kaapeli pistorasiastaan. Syötettävä jännite järjestelmään saadaan 3x16A:n voimavirtapistorasista. Järjestelmään valitut sähkökomponentit on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Käytetyt sähkökomponentit.

Tunnus	Nimi	Valmistaja	Tyyppi
F01	Acti9 iC60N johdonsuojak. 3P C	Schneider Electric	A9F04316
F05	Acti9 iC60N johdonsuojak. 3P C	Schneider Electric	A9F04306
F06	Acti9 iC60N johdonsuojak. 1P C	Schneider Electric	A9F04106
F10	TeSys moott.suojak. 1,0-1,6A	Schneider Electric	GV2ME063
F10	TeSys apuk. 1av+1su jousil.	Schneider Electric	GVAN113
F20	TeSys moott.suojak. 1,0-1,6A	Schneider Electric	GV2ME063
F20	TeSys apuk. 1av+1su jousil.	Schneider Electric	GVAN113
G01	QUINT POWER -teholähde	Phoenix Contact	QUINT4-PS/3AC/24DC/20
K01	TeSys kontaktori 18A/AC3 kela	Schneider Electric	LC1D18BD
K02	TeSys kontaktori 18A/AC3 kela	Schneider Electric	LC1D18BD
K10	TeSys kontaktori 9A, 24VDC jo	Schneider Electric	LC1D093BD
K20	TeSys kontaktori 9A, 24VDC jo	Schneider Electric	LC1D093BD
Q01	VÄÄNTÖKYTKIN 690V, 3-nap.,	ABB	OT40FT3
Q01	VÄÄNNIN /OT 16...OT 40FT,	ABB	OHBS2PJ

4.2 Logiikkakomponenttien valinnat

Logiikkakomponentteja valitessa tarkoituksena oli aluksi käyttää Siemen- sin S-300 sarjan logiikkaa ja siihen sopivia komponentteja. Alkuvaiheessa tehtiin kuitenkin muutos tähän, ja päivitettiin suunnitelma sisältämään ET 200 SP -logiikan, joka sisältää myös turvatoiminnot. Samalla muutos tarkoitti myös ohjelmointiympäristön muutosta Step 7 -ohjelmistosta TIA- maailman (Totally Integrated Automation) pariin. Yhtenä sysäyksenä päätöksen tekemiselle oli juuri hankittu pakkauslinja, joka oli ensimmäinen TIA-sarjan komponenteilla toteutettu laitteisto yrityksessä. Tulevaisuus ohjanee tuleviakin hankintoja uudemman sukupolven laitteistojen puolelle, joten oli loogista ohjata päätös tähän suuntaan.

Logiikkakomponenteista tärkein eli CPU, määrittää aika pitkälle muiden komponenttien tyypit ja mallit. Ohjauksia varten haluttiin sekä digitaalisia että analogisia lähtöjä ja tuloja. Lisäksi turvapiirien ohjaukseen lisättiin turvaluokituksen sisältävät tulo- ja lähtömoduulit. Taajuusmuuttajien kanssa haluttiin harjoitella myös eri kenttäväylien kanssa, joten myös Profibus-liitännän tarjoama moduuli valittiin kokoonpanoon. Profinet-liitäntä saadaan toteutettua CPU:n liitännästä, mutta myös sitä varten lisättiin oma kommunikointimoduuli, jolla liitäntä esimerkiksi ulkopuoliseen järjestelmään onnistuu. Järjestelmään haluttiin myös valmius Modbus-liitännäisille

laitteille, joita varten liitettiin vielä oma moduuli. Tässä vaiheessa alustaan ei kuitenkaan vielä Modbus-laitteita kytketty.

Järjestelmän ohjaus toteutettiin pääosin kosketusnäyttöpaneelin avulla, mutta myös joitakin painonappeja lisättiin, jotta logiikan tuloille ja lähdöille saatiin enemmän käyttöä. Ohjauspaneelina toimi Siemensin Comfort sarjan 9-tuumainen paneeli. Logiikkakomponenttien valinnat on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Käytetyt logiikkakomponentit.

Tunnus	Nimi	Valmistaja	Tyyppi
CPU01	CPU 1512SP F-1 PN	Siemens	6ES7512-1SK01-0AB0
	Memory card, 24 MB	Siemens	6ES7954-8LF03-0AA0
CP01	CP 1542SP-1	Siemens	6GK7542-6UX00-0XE0
	BusAdapter 2xRJ45	Siemens	6ES7193-6AR00-0AA0
DI01	DI 8x24VDC ST	Siemens	6ES7131-6BF01-0BA0
DI02	DI 8x24VDC ST	Siemens	6ES7131-6BF01-0BA0
DQ01	DQ 16x24VDC/0.5A ST	Siemens	6ES7132-6BH01-0BA0
DQ02	DQ 16x24VDC/0.5A ST	Siemens	6ES7132-6BH01-0BA0
AI01	AI 4xI 2-/4-wire ST	Siemens	6ES7134-6GD00-0BA1
AQ01	AQ 4xU/I ST	Siemens	6ES7135-6HD00-0BA1
FDI01	F-DI 8x24VDC HF	Siemens	6ES7136-6BA00-0CA0
FDQ01	F-DQ 4x24VDC/2A PM HF	Siemens	6ES7136-6DB00-0CA0
CM01	CM DP module	Siemens	6ES7545-5DA00-0AB0
CM02	CM PtP module	Siemens	6ES7137-6AA00-0BA0
Pohja	BU type A0, 16 push-in, 10 AUX, 2 infeed term.	Siemens	6ES7193-6BP20-0BA0
Pohja	BU type A0, 16 push-in, 10 AUX, 2 infeed term.	Siemens	6ES7193-6BP20-0BA0
Pohja	BU type A0, 16 push-in, 10 AUX, 2 infeed term.	Siemens	6ES7193-6BP20-0BA0
Pohja	BU type A0, 16 push-in, 10 AUX, 2 infeed term.	Siemens	6ES7193-6BP20-0BA0
Pohja	BU type A0, 16 push-in, 10 AUX, 2 infeed term.	Siemens	6ES7193-6BP20-0BA0
Pohja	BU type A0, 16 push-in, 10 AUX, 2 infeed term.	Siemens	6ES7193-6BP20-0BA0
Pohja	BU type A0, 16 push-in, 10 AUX, 2 infeed term.	Siemens	6ES7193-6BP20-0DA0
Pohja	BU type A0, 16 push-in, 10 AUX, 2 infeed term.	Siemens	6ES7193-6BP20-0DA0
Pohja	BU type A0, 16 push-in, 10 AUX, 2 infeed term.	Siemens	6ES7193-6BP20-0DA0
XT01	SCALANCE XB008	Siemens	6GK5008-0BA00-1AB2
OP01	TP900 Comfort	Siemens	6AV2124-0JC01-0AX0
	SIMATIC HMI SD memory card, 2 GB	Siemens	6AV2181-8XP00-0AX0
F11	SITOP PSE200U 24V/4x3A	Siemens	6EP1961-2BA31
F12	SITOP PSE200U 24V/4x3A	Siemens	6EP1961-2BA31

4.3 Kokoonpano

Järjestelmää suunniteltaessa oli valittavan alustan kriteerinä siirrettävyys. Siksi kokoonpanon kohteeksi valikoitui renkailla ja työkalulevyllä varustettu pöytä. Sähkökeskus ja sen ulkopuoliset komponentit kiinnitettiin työkalulevyyn ja sähkömoottorit sijoitettiin pöydän alatasolle.

Sähkökeskus valittiin Rittalin kuvastosta vaunuun sopivaksi. Komponentit ja johdotukset sopivat juuri ja juuri keskukseen, mutta siirrettävyyden vuoksi suurempi keskus ei olisi kokoonpanoon sopinut. Keskuksen kanteen asennettiin painonapit ja hätäseis-painike sekä logiikan näyttöpaneeli. Keskuksen sisäiset johdotukset tehtiin käyttämällä tummansinisiä MKEM-johtimia 24 voltin piireille ja mustia johtimia käyttöjännitteen puolella. Ohjausten johdotukset taajuusmuuttajille suoritettiin käyttämällä häiriösuo- jattua JAMAK-kaapelia sekä Profinet- ja Profibus-kaapeleita. Jännitteen

syöttöön taajuusmuuttajille ja moottoreille käytettiin häiriösuojattua kaapelia (YSLYCY) keskukselta asti, vaikka riittävää olisi ollut käyttää sitä taajuusmuuttajan ja moottorin välisissä kytkennöissä. Moottoreiksi valittiin pienimmät yrityksessä käytössä olevat (0,37kW), jotta saimme myös taajuusmuuttajat ja muut komponentit pysymään mahdollisimman pieninä.

Taajuusmuuttajien ja moottoreiden väliin asennettiin EMC-luokitellut turvakytkimet, joiden tilatieto ohjattiin logiikalle tai suoraan taajuusmuuttajalle ulkoisen vian tuloon. Tämä on ollut yleinen tapa prosessissa, joten se haluttiin tuoda myös harjoittelualustaan.

Kokoonpanossa ohjaavina komponentteina toimivat näyttöpaneelin lisäksi siis painonapit, jotka ovat varustettu valoilla. Valoja ohjataan logiikan avulla järjestelmän tilan mukaan. Paljon tuloja ja lähtöjä on yhdistetty taajuusmuuttajiin, koska niiden ohjausta myös ilman kenttäväyliä haluttiin demonstroida. Tämä toteutettiin, vaikka kenttäväyliä käytetään lähes kaikissa yrityksen taajuusmuuttajissa.

Muita kytkettyjä komponentteja ovat induktiivinen anturi, magneettinen turvaraja sekä analogiseen virtaviestiin perustuva painelähetin. Niiden avulla toteutettiin erilaisia ohjaustilanteita järjestelmälle. Kokoonpanon loput komponentit on esitetty taulukossa 3 ja kuva valmiista kokoonpanosta kuvassa 18.

Taulukko 3. Järjestelmän muut komponentit.

Tunnus	Nimi	Valmistaja	Tyyppi
HS01	Hätä-/seis painike	Schneider Electric	XB5AS8442
PB01	VALOPAINIKE, SIN., LED 24 V,	Schneider Electric	XB5AW36B5
PB02	VALOPAINIKE, KEL., LED 24 V,	Schneider Electric	XB5AW35B5
PB10	VALOPAINIKE, VALK., LED 24 V,	Schneider Electric	XB5AW31B5
PB20	VALOPAINIKE, VALK., LED 24 V,	Schneider Electric	XB5AW31B5
PB30	PAINIKE, MUSTA, NO	Schneider Electric	XB5AA21
Q10	Turvakytkin väännin EMC	Katko	KUM 325U 1.V / EMC
Q20	Turvakytkin väännin EMC	Katko	KUM 325U 1.V / EMC
XS03	24 V LED MERKKIVALO, PUN.	Schneider Electric	XB5AVB4
XS04	24 V LED MERKKIVALO, VIHREÄ	Schneider Electric	XB5AVB3
MO10	Sähkömoottori AI 400/690V	ABB Motors	MT71B14-4 0,37 kW 1400
MO20	Sähkömoottori AI 400/690V	ABB Motors	M2AA71B B3 0,37 kW 1500
U10	Taajuusmuuttaja 5,5kW	Vacon	Vacon 100 DPAP
U20	Taajuusmuuttaja 0,55kW	Siemens	Sinamics G120C PN

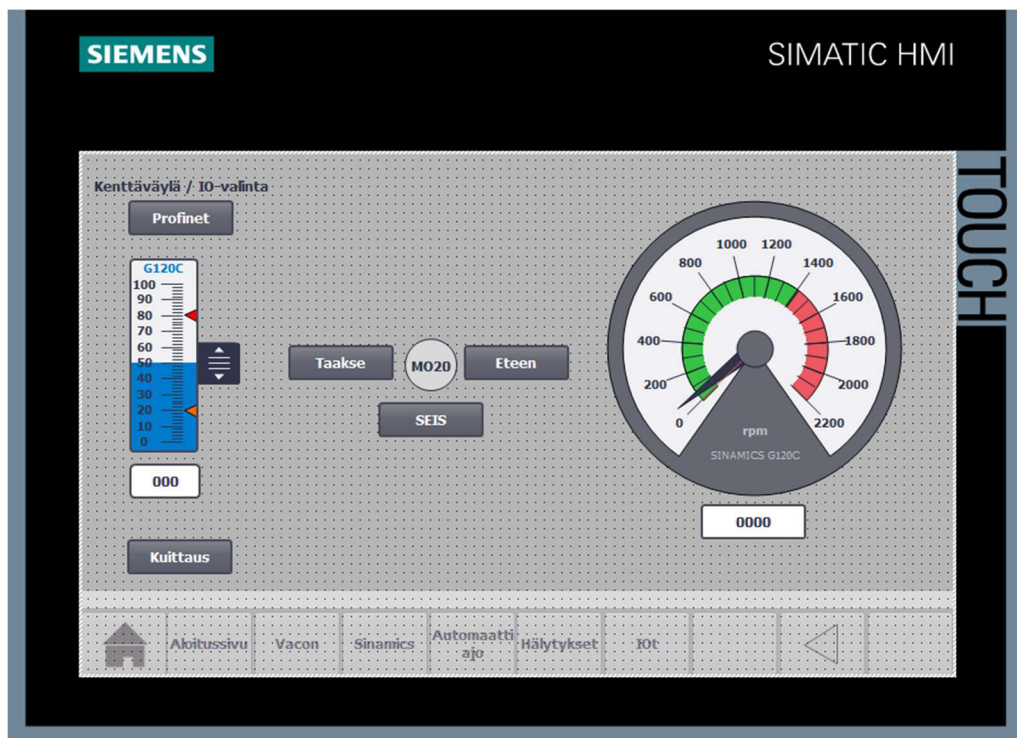


Kuva 18. Valmis harjoittelualusta.

4.4 Logiikan ohjelmointi

Jotta alustalla olisi joku lähtökohta, josta siihen pääsisi tutustumaan, suunniteltiin siihen yksinkertainen ohjaus moottoreille. Tarkoituksena oli, että ohjaukset toteutettaisiin sekä digitaalisten että analogisten tulojen ja lähtöjen avulla, sekä näiden lisäksi myös kenttäväylien kautta. Siemensin taajuusmuuttajassa oli vakiona myös turvatoiminnot sisältävä safety-puoli, joka myös haluttiin ottaa mukaan ohjelmointiin. Turvatoimintojen avulla on mahdollista saattaa taajuusmuuttaja turvalliseen tilaan esimerkiksi hätäseis-painikkeen tai ovirajan avaamisen myötä. Tällöin taajuusmuuttaja voidaan jättää jännitteelliseksi ja silti luotettavasti estää moottorin käynnistyminen. Vaconin taajuusmuuttajassa tätä toimintoa ei ollut, joten turvapiirin laukeaminen ohjattiin katkaisemaan syöttö taajuusmuuttajalta. Turvatoiminnot eivät ole tarkoitettu laitteille tehtäviä huoltoja varten, vaan huoltotoimissa laitteet on aina kuitenkin tehtävä jännitteettömiksi turvakytkinten avulla.

Käyttöliittymään luotiin omat ohjaussivut molemmille taajuusmuuttajakäytölle, joista on mahdollista valita, onko käytössä väylä- vai I/O-ohjaus, ja ohjata moottoria eteen ja taakse sekä säätää ja seurata moottorin nopeutta. Siemensin ohjaussivu on esitetty kuvassa 19.



Kuva 19. Siemensin ohjauspaneelin ohjaussivu.

Järjestelmään ohjelmoitiin myös pieni automaattiajo, jossa moottoreita ohjataan eri tavoin sekvenssin eri vaiheissa. Sekvenssissä siirrytään askeleesta toiseen aina, kun induktioanturi tunnistaa kohteen. Muita digitaalisia tuloja käytetään lähinnä painonappien tunnistamiseen sekä lähtöjä niiden merkkivalojen ohjaamiseen. Myös muutamia häiriöviestejä luotiin, jotka ilmaantuvat erilaisten tilanteiden myötä (esimerkiksi hätäseis-painikkeen painalluksesta).

4.5 Järjestelmän tarkastus

Kun kytkennät oltiin saatu valmiiksi, suoritettiin järjestelmälle käyttöönottotarkastus. Johdotusten vastaavuus kuviin nähden todettiin käyttöjännitteen puolella testerin avulla ja lisäksi suoritettiin eristysvastusmittaukset ja suojajohdinten jatkuvuusmittaukset siihen soveltuvan laitteiston avulla.

4.6 Käyttöönotto

Kun tarkastukset oli tehty, kytkettiin järjestelmään virrat ja aloitettiin konfigurointi ja testaaminen. Taajuusmuuttajille asetettiin moottorien parametrit, joka Siemensin tapauksessa onnistui helposti tietokoneen avulla Profinet-väylän kautta TIA Portal-ohjelmistolla. Myös Vacon olisi mahdollista konfiguroida tietokoneen avulla, mutta kyseistä ohjelmistoa ei nyt ollut saatavilla, joten sen konfigurointi hoidettiin operointipaneelin kautta. Moottorien perusparametrien ja muiden tarvittavien asetusten määrittelyjen jälkeen taajuusmuuttajille suoritettiin vielä identifiointiajot, jossa ne automaattisesti tunnistivat loput moottorin parametrit. Tämän jälkeen

järjestelmä oli testauskunnossa ja pari seuraavaa päivää kuluikin logiikkakoodin ja näyttöjen hiomisessa toimivaan kuntoon. Eniten ongelmia aiheuttivat turvatoimintojen toimintaan saaminen, sillä nämä olivat ennalta lähes täysin tuntemattomia ominaisuuksia. Myös väyläohjausten kanssa oli aluksi pieniä ongelmia, mutta lopulta ohjaus saatiin toimimaan.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

5.1 Jatkokehitys

Jotta harjoittelualustasta saataisiin suurin hyöty irti, tulee sitä myös kehittää erilaisilla toiminnoilla jatkossa. Sen avulla on hyvä harjoitella uusien laitteiden käyttöönottoa, koska ongelmat eivät häiritse tuotantoa. Tulevaisuutta varten on jo ainakin muutama kohta suunniteltuna.

Kokoonpanoon lisätyn Modbus-moduulin avulla on tarkoitus harjoitella sähkömittausta. Tehtaalla on jo käytössä sähkönkulutuksen mittausta, jossa Modbus-liitäntä on käytössä. Modbus on kuitenkin vierasta tekniikka yrityksen henkilöstölle, joten muutosten ja lisäysten tekeminen siihen on haastavaa.

Lisättäviä kohteita ovat myös turvapuolen komponentit, kuten turvarele. Turvalaitteiden oikea konfigurointi on äärimmäisen tärkeää henkilö- ja laiteturvallisuuden vuoksi, mutta myös tuotannon sujuvuuden kannalta. Väärin konfiguroidut turvalaitteet voivat aiheuttaa tahattomia pysähdyksiä, joilta halutaan välttyä. Siksi niihin perehtyminen on tärkeää ja harjoittelualustan avulla mahdollista järjestää.

Yrityksessä panostetaan vahvasti turvallisuuteen. Siksi kaikille laitteille on olemassa tai tekeillä turvalukitusohjeet, joiden mukaan laite on lukittava, jos sille tehdään huoltoa tai puhdistustoimenpiteitä. Usein huoltoa suoritettaessa olisi kuitenkin hyödyllistä, että logiikkapuoli järjestelmästä voisi olla toiminnassa esimerkiksi valosilmien ja muiden antureiden tilojen seuraamiseksi. Siksi yrityksen uusissa laitteissa onkin erillinen LOTO-kytkin (Lock Out, Tag Out), joka katkaisee laitteesta käyttöjännitteen, mutta jättää 24 voltin puolen toimintaan. Varsinainenkin turvakytkin on silti olemassa, joten tarpeen mukaan kaikki virrat ovat katkaistavissa. Myös harjoittelualustaan on vielä tarkoitus lisätä LOTO-kytkin turvakytkimen lisäksi.

Todennäköisesti alustaan tullaan lisäämään myös komponentteja logiikkapuolelle, sillä jo nyt kaikki digitaaliset tulo-liitännät tulivat käyttöön. Logiikkakomponenttien lisääminen ja poisto on myös hyvää harjoittelua, jotta selviää mitä muutoksia ohjelmistoon on sellaisen jälkeen tehtävä.

5.2 Pohdinta

Tämä opinnäytetyö tarjosi tekijälle, jolla ei ollut aiempaa kokemusta sähköalalta, erittäin kattavan harjoittelupaketin. Kun sähkösuunnittelun komponenttien valinnasta lähtien sai tehdä itse, joutui asioihin paneutumaan perusteellisesti. Myös logiikkakomponenttien valinnat ja logiikkaohjelman suunnittelu alusta asti itse, oli asia, joka toisaalta oli vaativaa, mutta myös antoisaa. Aiempi kokemus pienten muutosten tekemiseen olemassa oleviin kohteisiin auttoi tässä suuresti.

Vaikka työ elikin jonkin verran tekemisen aikana, siinä päästiin melko pitkälle niihin tavoitteisiin, joita sille oltiin asetettu. Vaconin taajuusmuuttajan liittäminen väylään jäi kuitenkin vielä toistaiseksi tekemättä sopivien komponenttien puutteen vuoksi. Se tullaan kuitenkin tekemään, kunhan tarvikkeet siihen saadaan hankittua.

Tällä hetkellä järjestelmän käyttöä ei ole vielä suuremmin koulutettu asentajille, vaan se on ollut vapaasti tutustuttavissa ja testailtavissa. Tarkoituksena on laatia käyttöön pieni ohjeistus, sekä mahdollisesti pieni harjoitus ohjeineen, jossa opastetaan logiikan ohjelmointiin alusta alkaen tekemällä pienimuotoinen ohjaus käyttöliittymineen järjestelmälle.

Vaikka alusta on ollut valmiina vasta hetken, on siitä ollut jo hyötyä. Erään sähkömoottorin hajotessa tuotantolinjalta, pääsivät asentajat harjoittelemaan taajuusmuuttajan identifiointiajon ennakkoon järjestelmän avulla, joten moottorin vaihdossa tuotannossa se kävi helposti ja nopeasti. Toivottavasti järjestelmä tarjoaa vastaavaa hyötyä myös tulevaisuudessa.

LÄHTEET

ABB. (2018). Low voltage general performance motors. Haettu 9. tammikuuta 2019 osoitteesta

<https://library.e.abb.com/public/00389a1977844886b7e3e7560a6c22bf/9AKK105789%20EN%2006-2018%20General%20Perf.pdf>

ABB Industry Oy. (6. marraskuu 2000). ABB tekninen opas nro 3. Haettu 9. tammikuuta 2019 osoitteesta

https://library.e.abb.com/public/bb3f0dff646d5948c1256d2800411386/TechnicalGuideNo_3FI.pdf

ABB Oy. (2011). ABB Pehmökäynnistin opas. Haettu 9. tammikuuta 2019 osoitteesta

https://library.e.abb.com/public/d11f99611045fef8c125796e00473a8a/OPAS%20Pehmokaynnistys%201FI12_01.pdf

Ahlsell. (n.d.). Muovinen holkkitiiviste. Haettu 9. tammikuuta 2019 osoitteesta

<https://www.ahlsell.fi/34/sahko/asennustuotteet/17-tiivistystarvikkeet/holkkitiivisteet-lapp/holkkitiivisteet-muovi-skintop/sf1749501/>

Danfoss Drives. (2016). *Vacon 100 taajuusmuuttajat säästävät energiaa ja parantavat prosessin ohjausta*, 14. Haettu 7. tammikuuta 2019 osoitteesta

<http://danfoss.ipapercms.dk/Drives/DD/Global/SalesPromotion/Brochures/ProductBrochures/FI/VACON100/#/>

Hietalahti, L. (2013a). *Sähkövoimatekniikan perusteet*. Tampere: Amk-Kustannus Oy Tammertekniikka.

Hietalahti, L. (2013b). *Teollisuuden sähkökäytöt*. Tampere: Amk-Kustannus Oy Tammertekniikka.

Omron. (n.d.). G2R-sarjan rele. Haettu 9. tammikuuta 2019 osoitteesta

<https://industrial.omron.fi/fi/products/g2rs>

Partanen, J.-P. (2011). *Taajuusmuuttajakäytön hyödyt käytössä olevissa ilmanvaihtokoneissa*. Opinnäytetyö, Mikkelin ammattikorkeakoulu, Sähkötekniikan koulutusohjelma. Haettu 27. joulukuuta 2018 osoitteesta

<http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201105127639>

Rittal. (n.d.). Kytkenäkaapit. Haettu 20. joulukuuta 2018 osoitteesta

[https://www.rittal.com/fi-fi-product/list.action?categoryPath=/PG0001/PG0002SCHRANK1/PG0021SCHRANK1](https://www.rittal.com/fi-fi/product/list.action?categoryPath=/PG0001/PG0002SCHRANK1/PG0021SCHRANK1)
20.12.2018

Saint-Gobain Finland Oy. (n.d.). Saint-Gobin Suomessa. Haettu 2. maaliskuuta 2019 osoitteesta <https://www.saint-gobain.fi/suomessa>

Schneider Electric. (n.d.). A9F03302 Acti9 iC60N johdonsuojakatkaisija. Haettu 9. tammikuuta 2019 osoitteesta <https://www.se.com/fi/fi/product/A9F03302/acti9-ic60n-johdonsuojakatkaisija-3p-b-2a-6ka/?range=7556-acti-9-ic60-johdonsuojakatkaisija&node=166307662-pienikokoiset-katkaisijat&parent-category-id=1600&parent-subcategory-id=1605>

Schneider Electric. (n.d.). GV2P10 - TeSys GV2 moottorinsuojakatkaisija. Haettu 9. tammikuuta 2019 osoitteesta <https://www.se.com/fi/fi/product/GV2P10/tesys-gv2-moottorinsuojakatkaisija-4-6,3a,-2,2kw-400v,-100ka-400v,-v%C3%A4%C3%A4nnin/?range=684-tesys-gv2&node=166481491-ylikuormitus-ja-oikosulku-moottorinsuojakatkaisija>

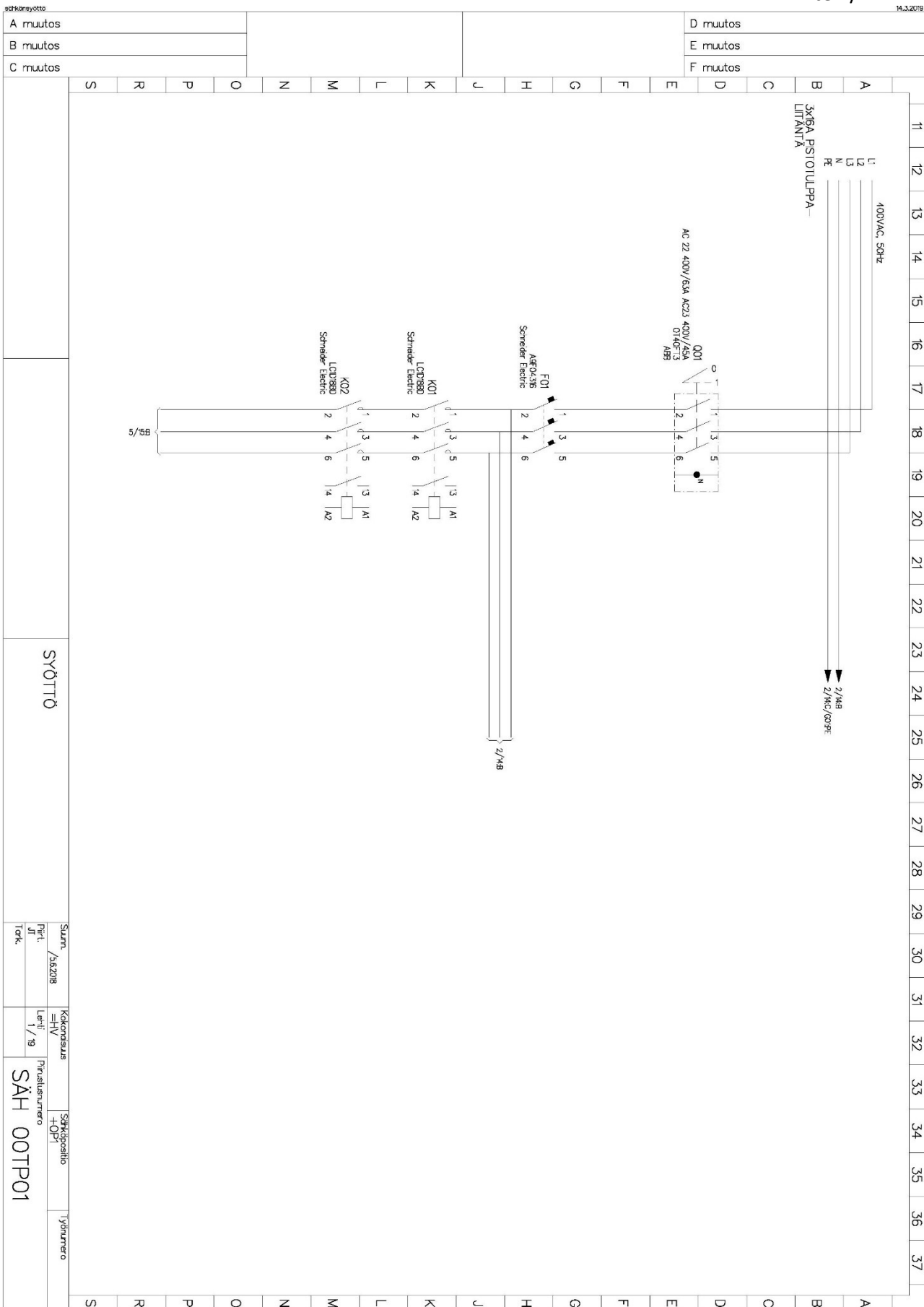
Schneider Electric. (n.d.). LC1D12BD TeSys kontaktori. Haettu 9. tammikuuta 2019 osoitteesta <https://www.se.com/fi/fi/product/LC1D12BD/tesys-kontaktori-12a-5%2C5kw-400v%2C-25a-ac1%2C-3s-ja-1s%2B1a-24vdc-5%2C4w/?range=664-tesys-d&node=5641467731-kontaktorit&filter=business-1-teollisuusautomaatio&parent-category-id=3000&parent-subcategory-id=3010>

Siemens. (n.d.a). Sinamics G120C. Haettu 7. tammikuuta 2019 osoitteesta <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/se/Catalog/Product/6SL3210-1KE15-8AP2>

Siemens. (n.d.b). Haettu 7. tammikuuta 2019 osoitteesta <http://www.siemens.com>

Siemens. (n.d.c). Overview - PLCs. Haettu 7. maaliskuuta 2019 osoitteesta <https://w3.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/distributed-controller/et200sp-based/Pages/default.aspx>

SLO verkkokauppa. (n.d.). Weidmüller Riviliitin 500V 0.13...4 mm² - 102370 WDU 2.5N. Haettu 2. maaliskuuta 2019 osoitteesta <https://verkkokauppa.slo.fi/fi/riviliitin-500v-0-13-4-mm2-102370-wdu-2-5n-1970003>



A muutos
B muutos
C muutos

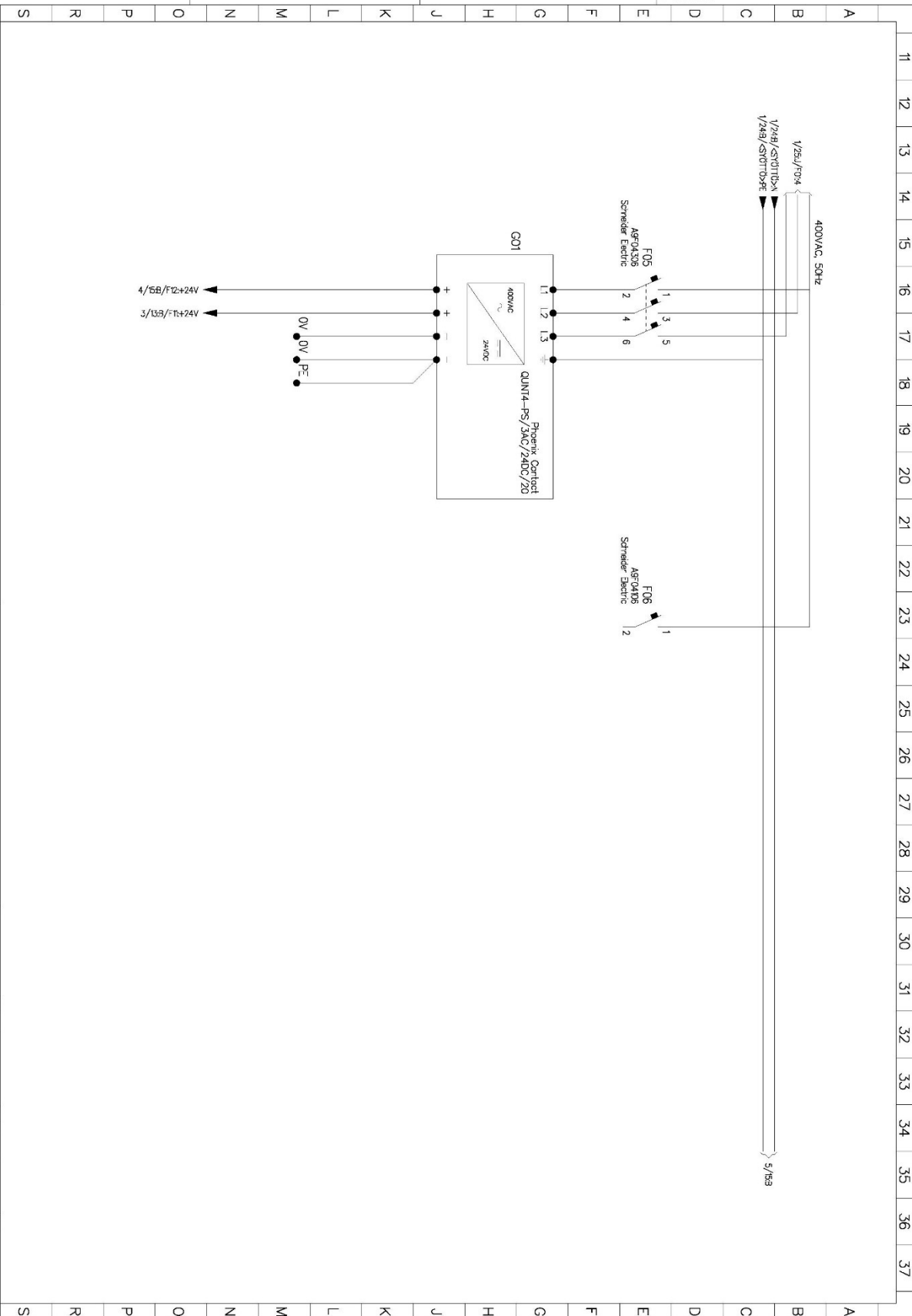
D muutos
E muutos
F muutos

SYÖTTÖ

Siuna	/s.6.2018	Käsitte	=HV	Sähköpostio	+OP1	Yönumero
Pp:n		Lehti	1 / 9	Pinotusnumero		
JT						
Tp:n						

SÄH OOTPO1

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



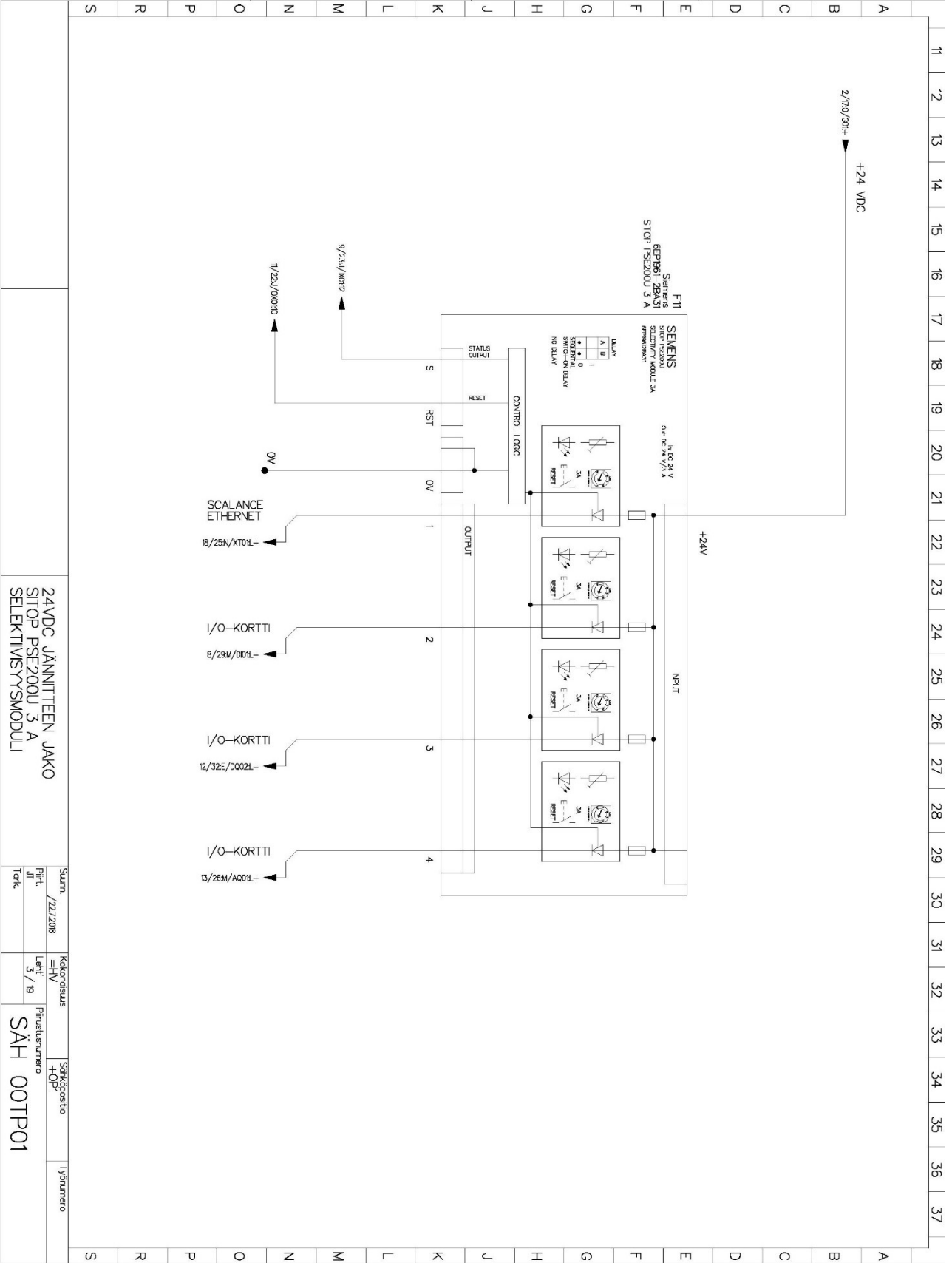
24VDC JÄNNITTEEN JAKO

Suunn. /21/2018
Prt. JT
Teh.

Käyttöolosuhteus
=HV
Lent. 2 / 18

Sähköpostiosoite
+OP1
yhteyshenkilö
SÄH OOTP01

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



24VDC JÄNNITTEEN JAKO
STOP PSE200U 3 A
SELEKTIVISYYSMODULI

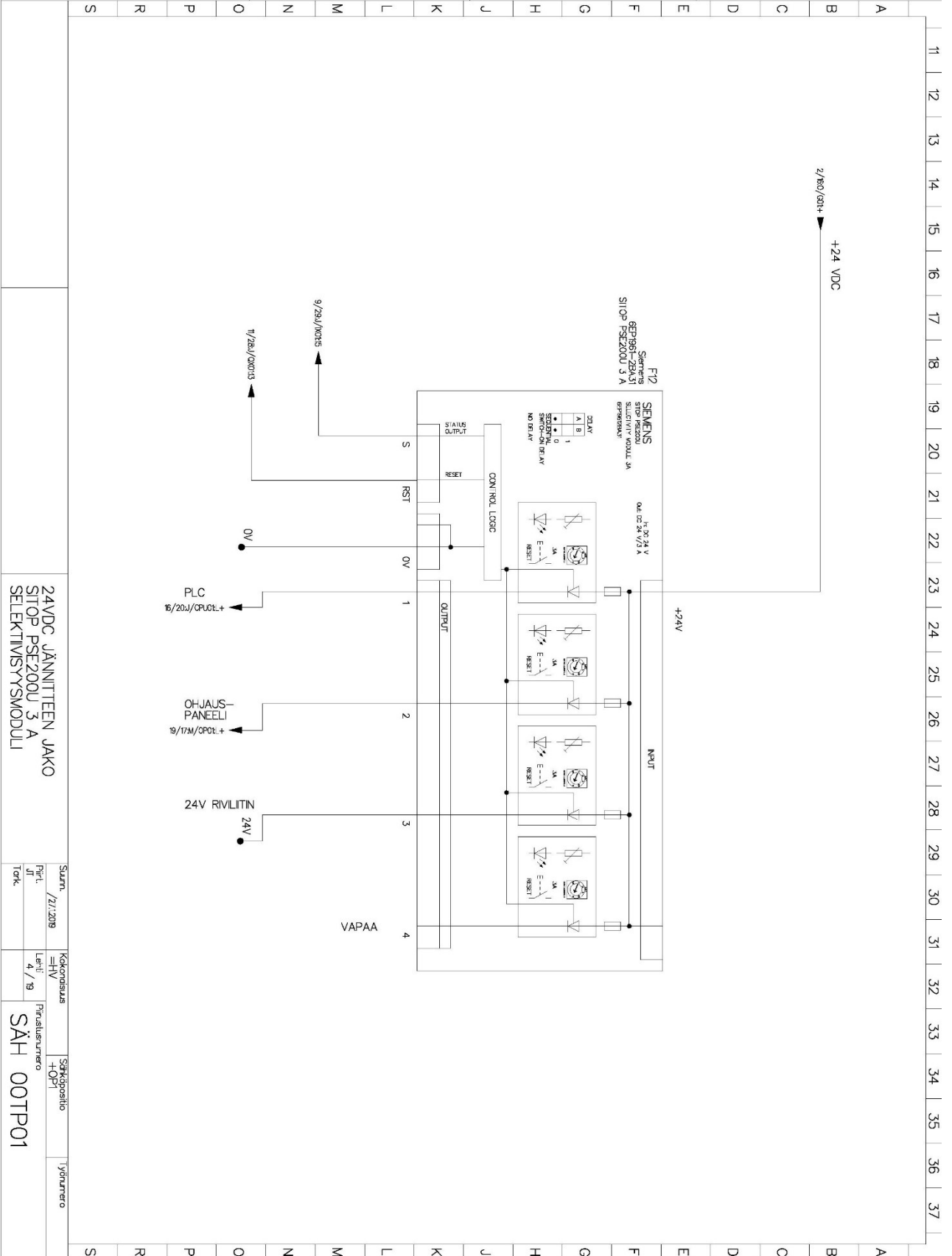
Suunn.	/22/2018
Piir.	JT
Tark.	

Käköisuus	=HV
Leri:	3 / 19

Sähköosasto
+OP1
Pilausnumero
SÄH OOTPO1

Yönumero

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



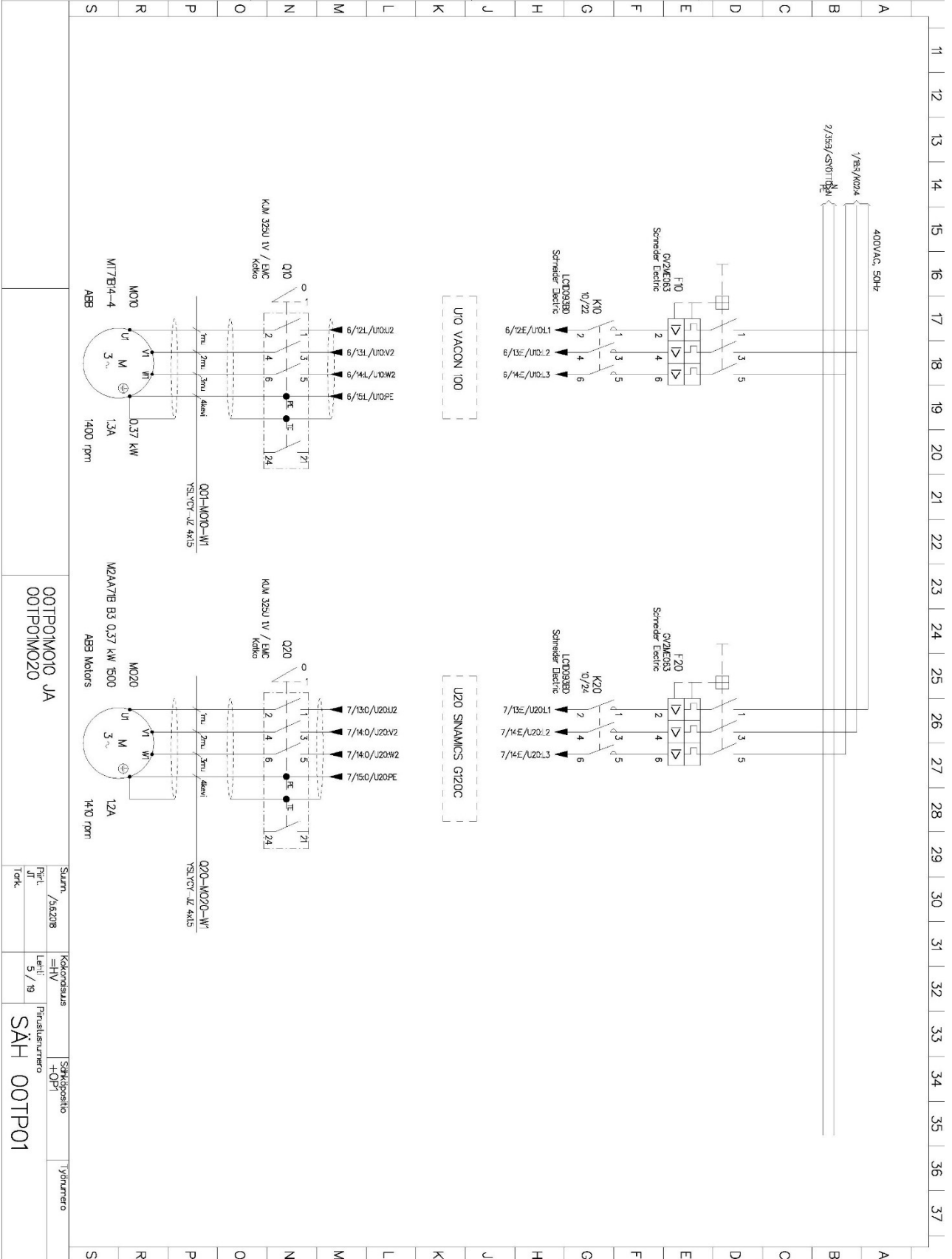
24VDC JÄNNITTEEN JAKO
SITOP PSE200U 3 A
SELEKTIVISYYSMODULI

Suunn. /21.2019
Prlt. JT
Tchk.

Käsittelemis
=HV
Laitte 4 / 19
Pilausnumero
SÄH OOTP01

Sähköpostio
+OP1
Yönumero

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



00TP0MOTO JA
00TP0MOTO

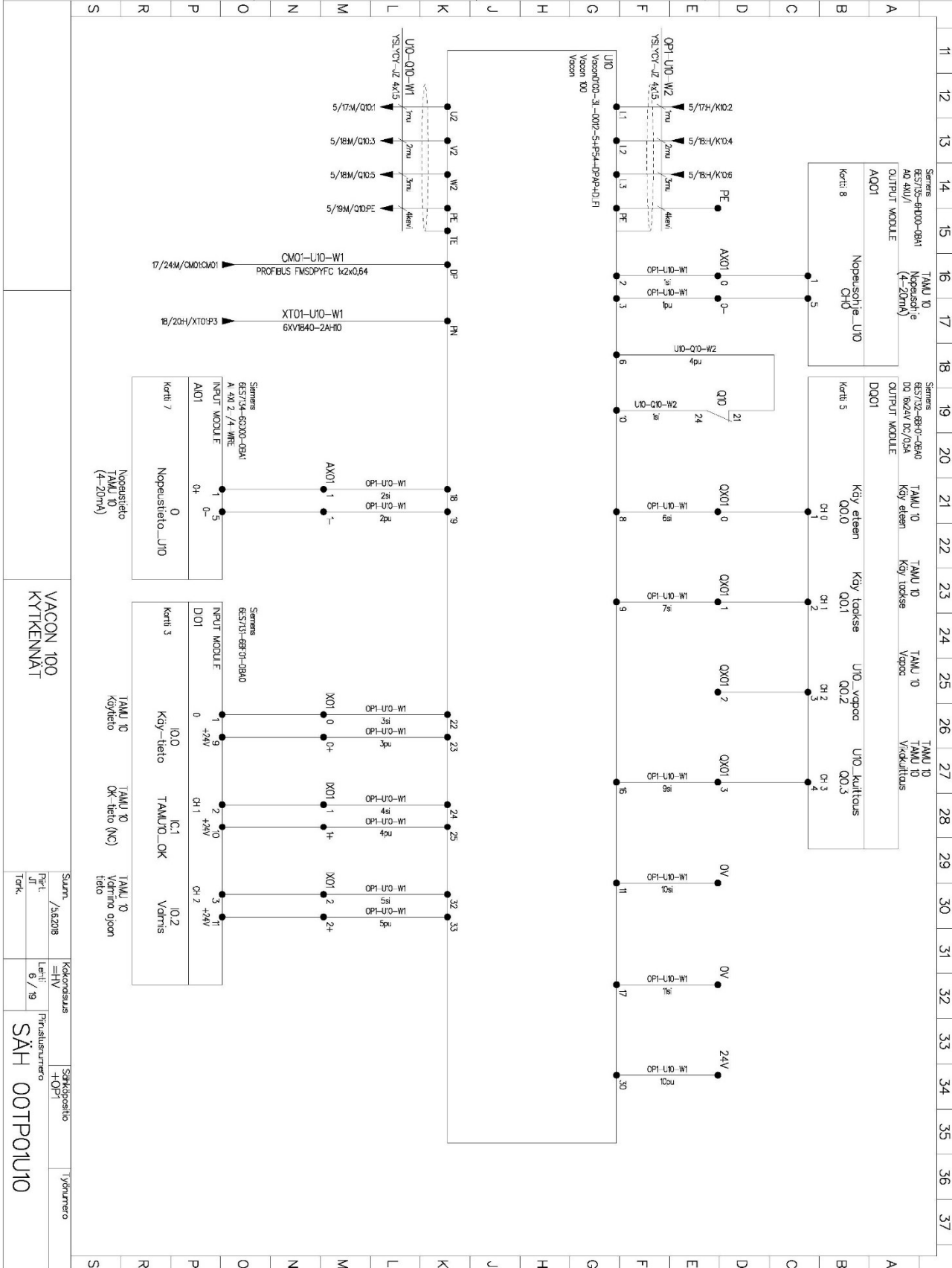
Suunn. /s.6.2018
Pp/lt. JT
Tpk.

Käkönsuus =HV
Lent. 5 / 19

Sähkökopiote +OP1
Päätösnumero
SÄH 00TP01

Yönnunero

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



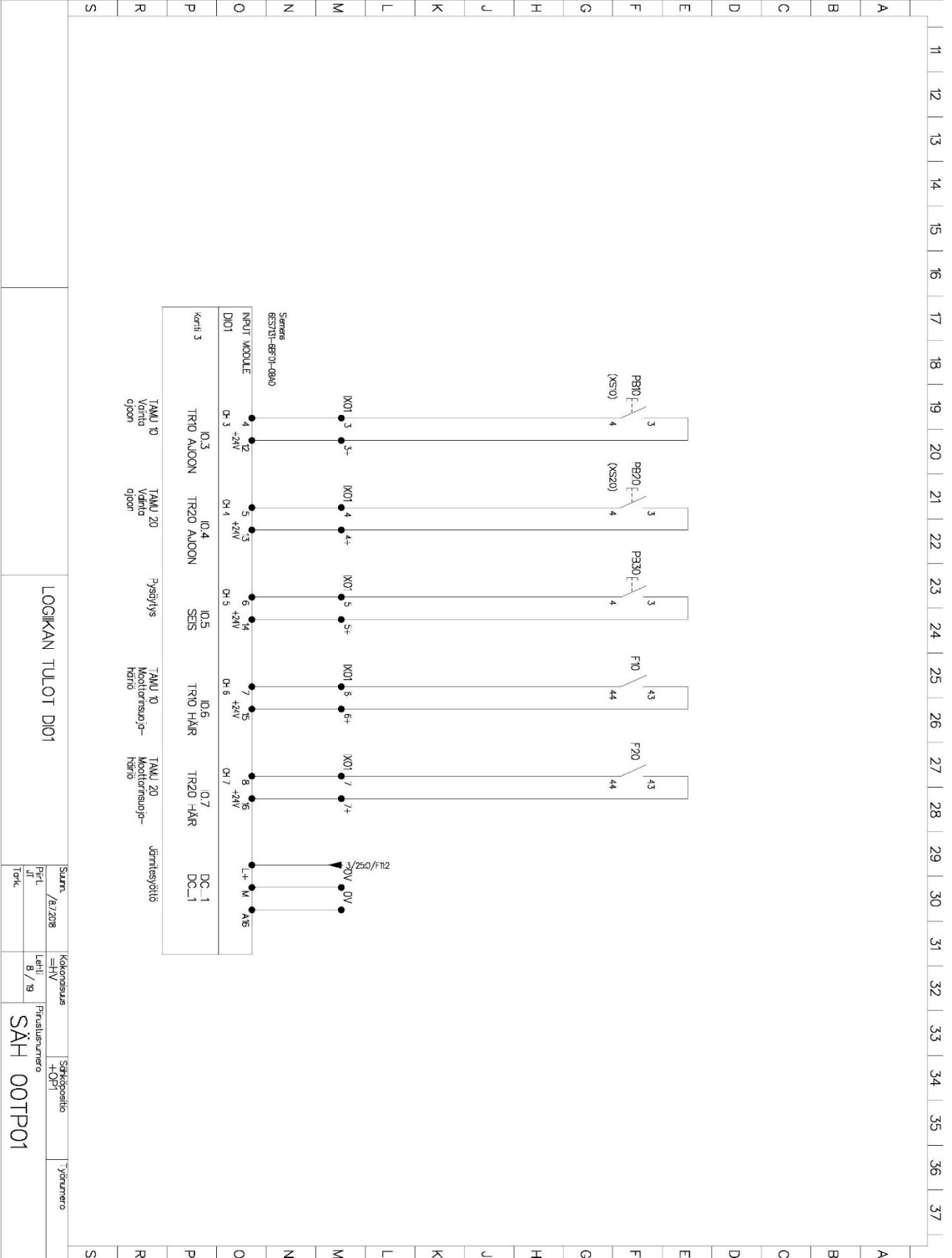
VACON 100
KYTKENNÄT

Suunn. /16.2018
Pirtti JT
Tark.

Käyttösuunn. =HV
Lentti 6/19
Pilausnumero
SÄH OOTPOU10

Sähköpiirros
+OP1
Yönnunero

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

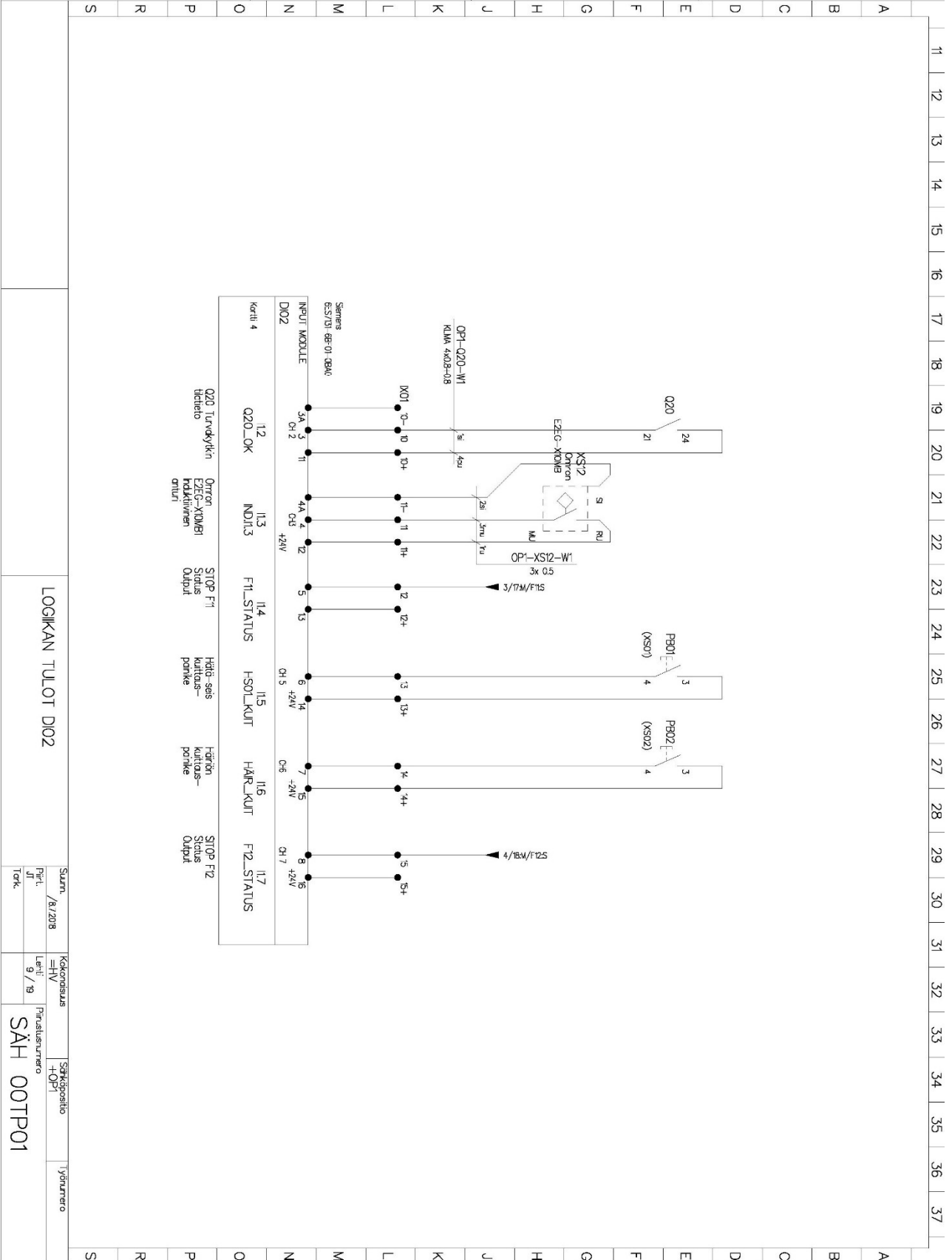


LOGIKKAN TULOT DI01

Suunn. / 8/2018	Käsittelemä	Sähköpiirros	Työnnumero
Piir. JT	Lehti 8 / 19	+OP1	
Tekn.	Piirustuksen numero		

SÄH OOTP01

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



LOGIKKAN TULOT DIO2

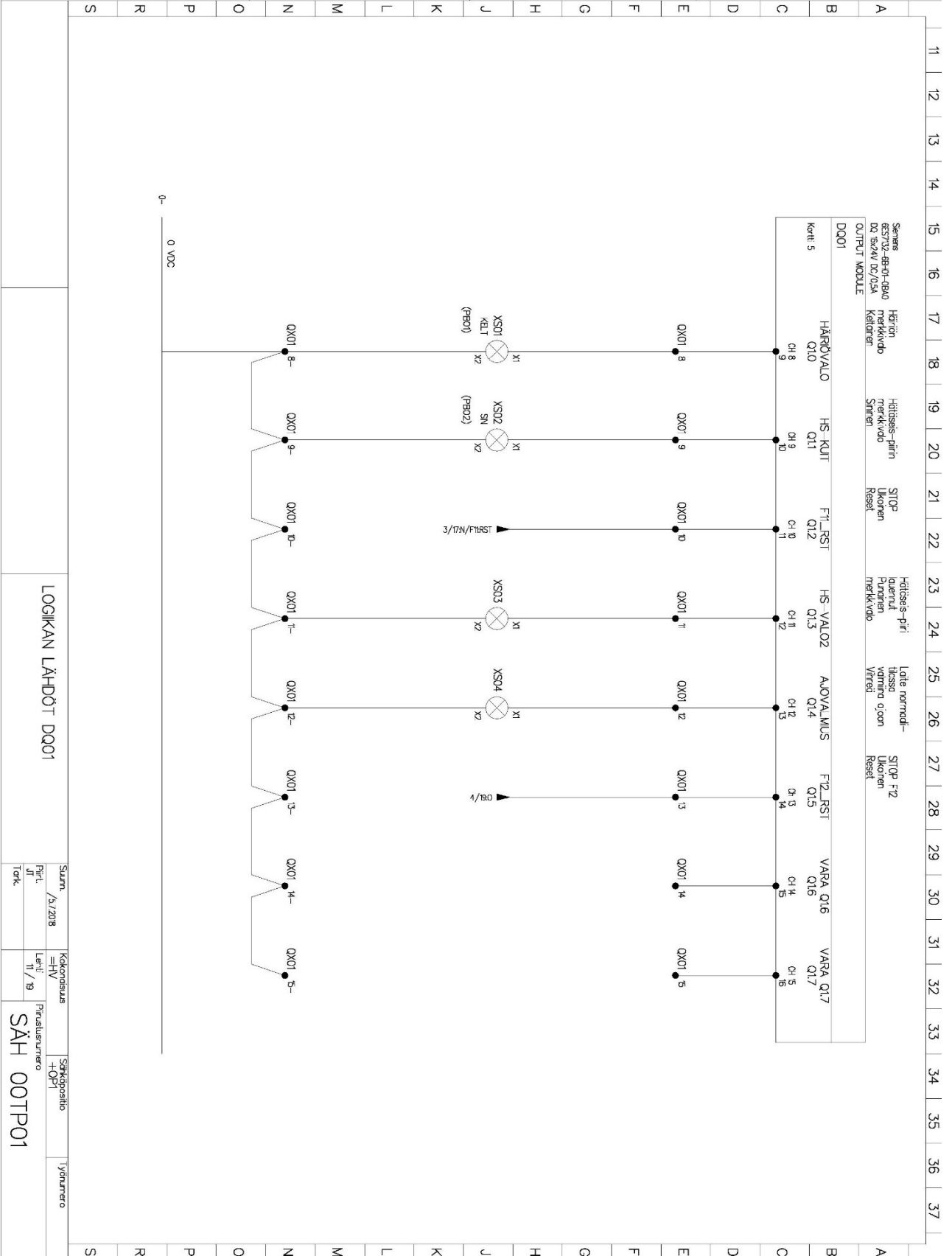
Suunn. / 8/2018
Pitk. JT
Tark.

Käyttöaika
=HV
Laitte 9 / 19

SÄH OOTPO1

Sähköpostite +OP1
Yhteydennumero

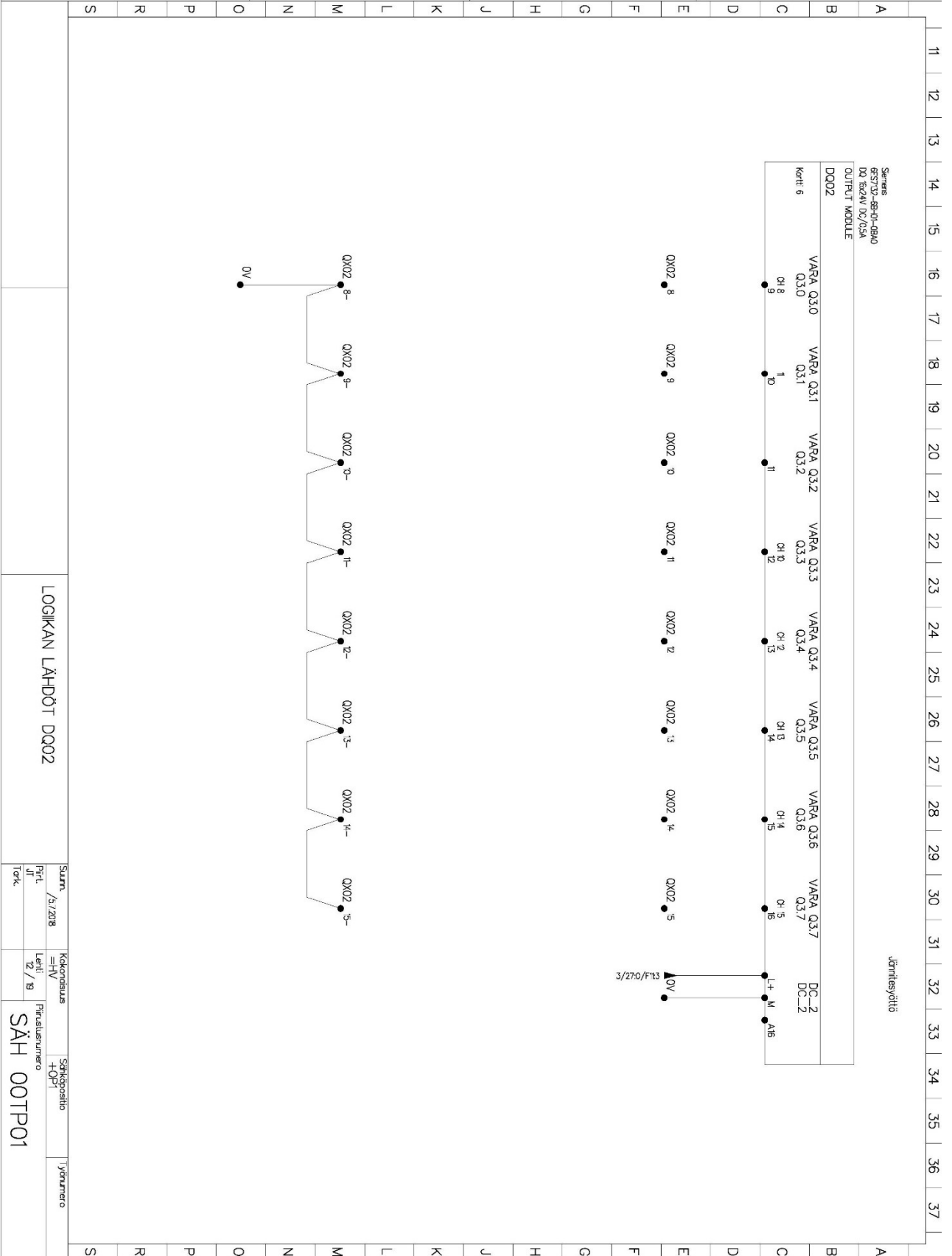
A muutos	D muutos
B muutos	E muutos
C muutos	F muutos



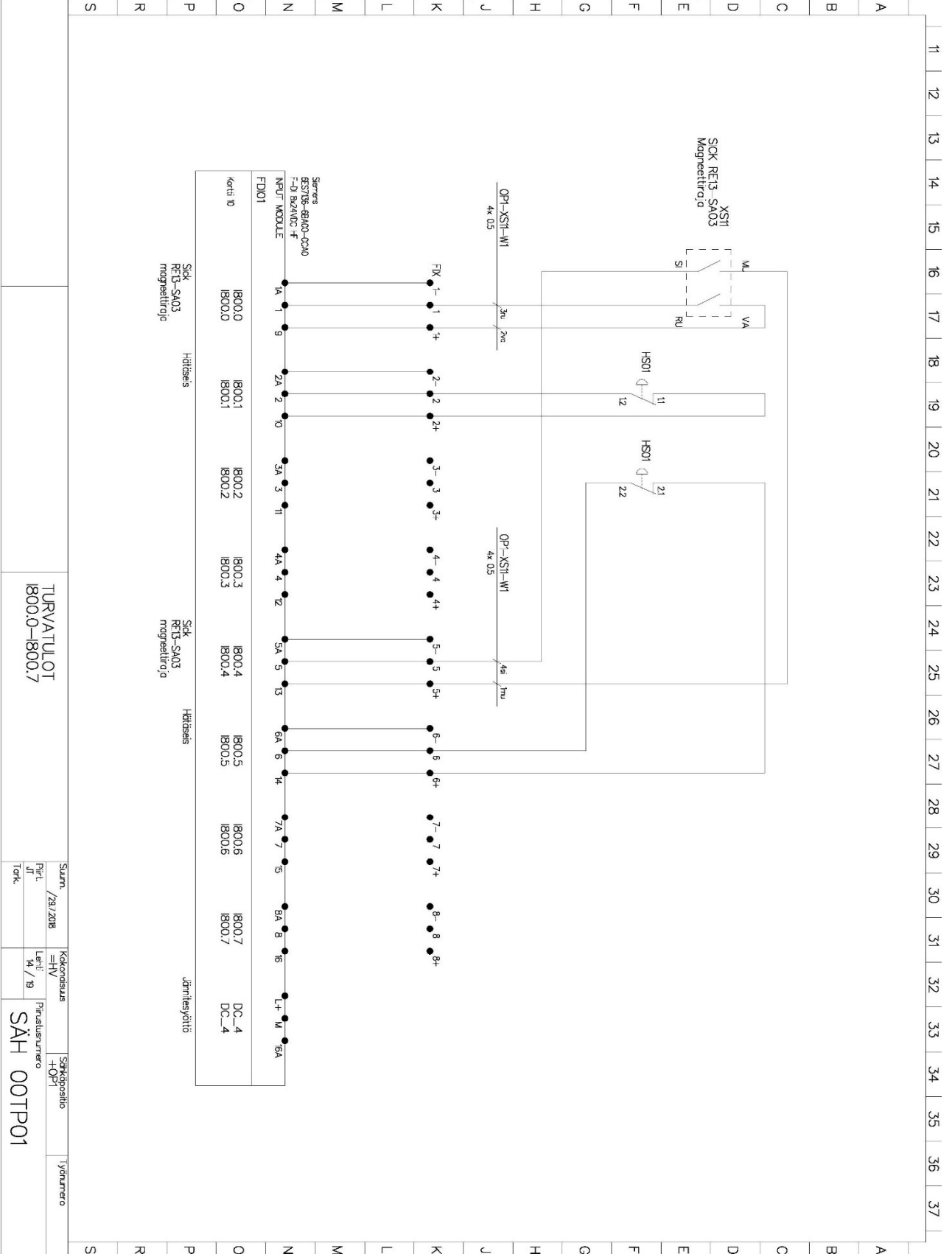
LOGIIKAN LÄHDÖT DQ01

Siirtäminen / 3/7/2018	Käsitteily / 3/7/2018	Yhteyshenkilö
Proj. / JT	Lehti / 11 / 19	Projektiluettelo
Tekijä		
SÄH OOTPO1		

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



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

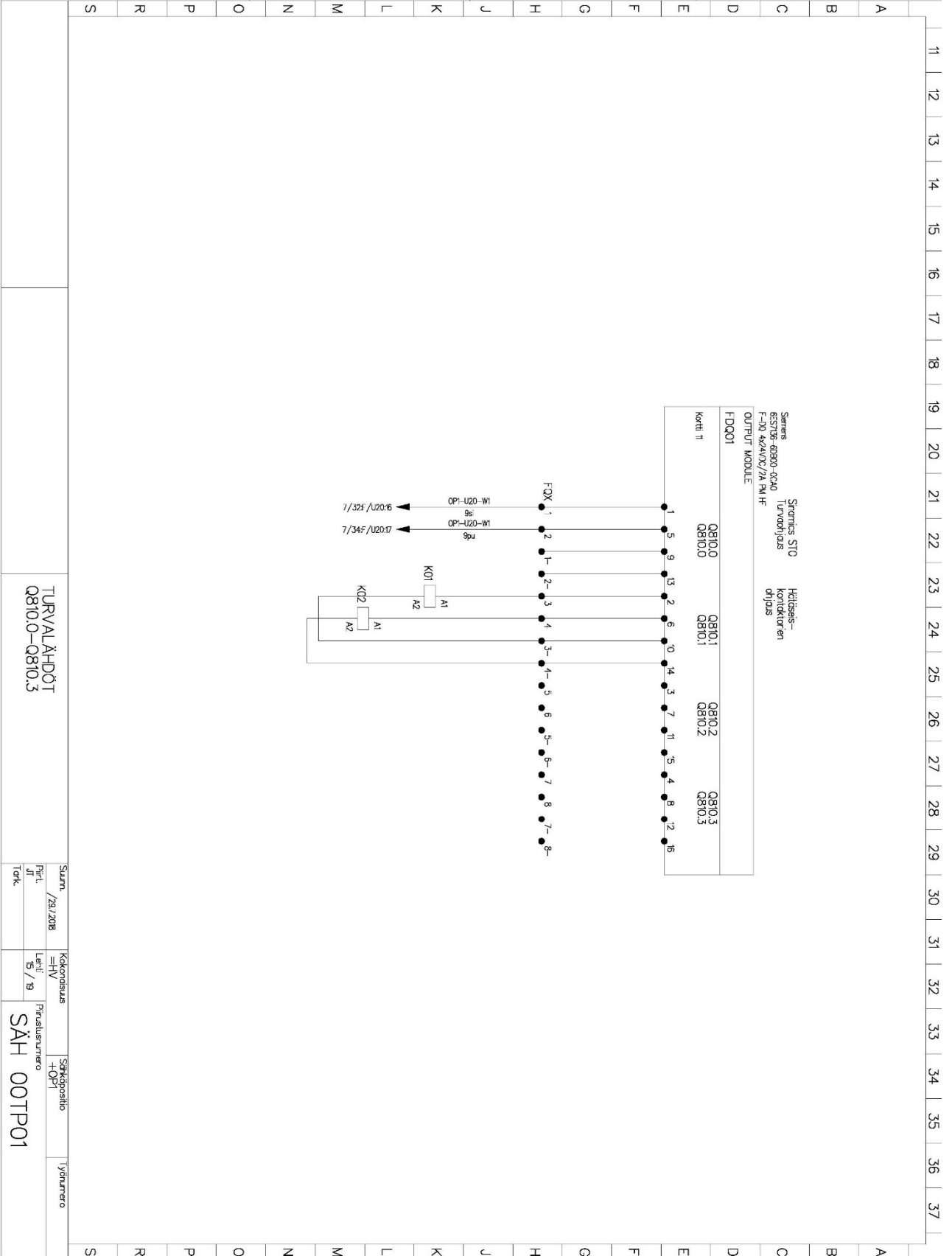


TURVATUOT
1800.0-1800.7

SÄH OOTP01

Suunn.	Käsitteily	Sähkösysteemi	Yhteyshenkilö
Proj.	Asennus	OP1	
JT	14 / 19		
Tark.			

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



TURVALÄHDÖT
Q810.0-Q810.3

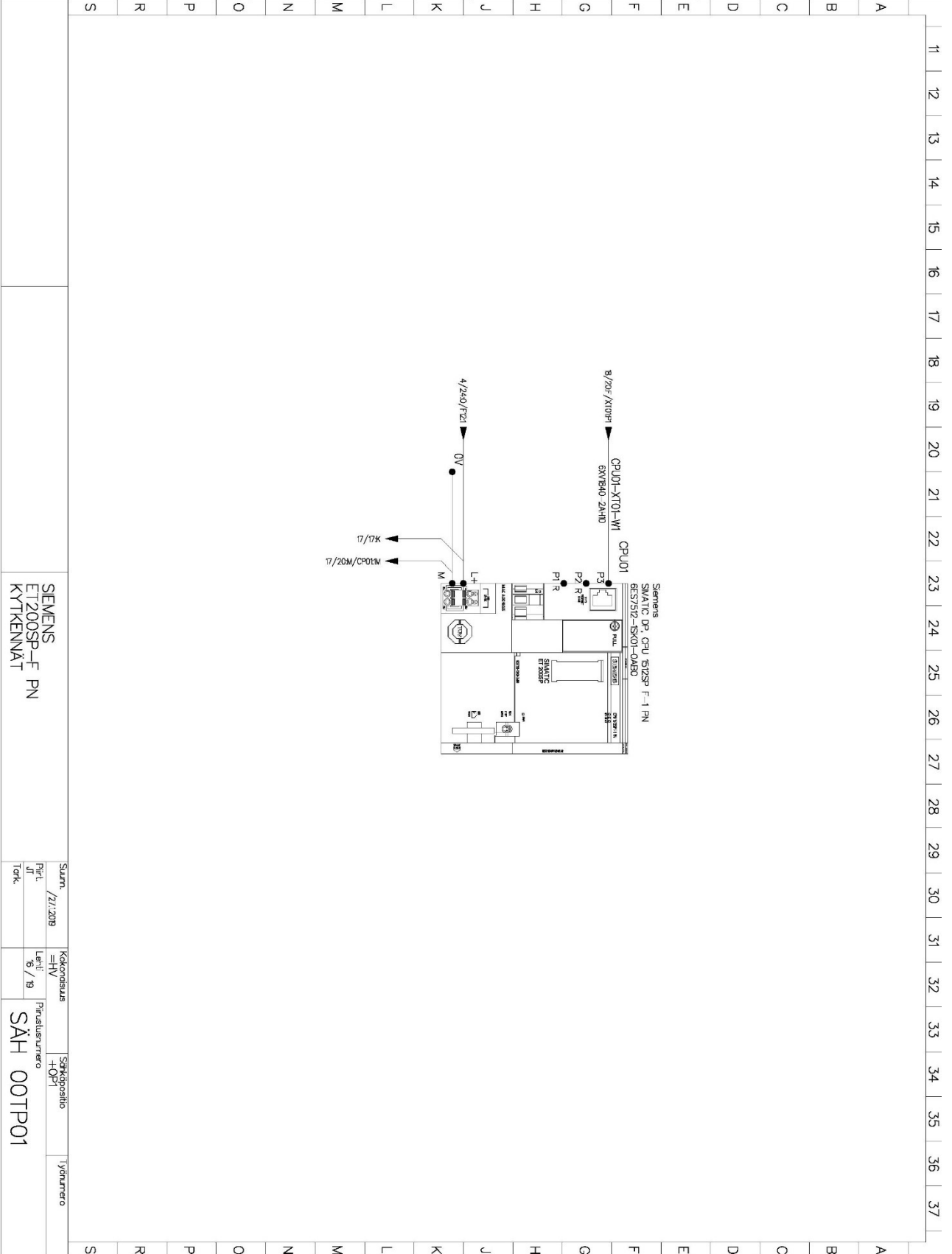
Suunn. /28/2018
Pjrt. JT
Tark.

Käsittelemis
=HV
Lent. 15 / 19

Sähköpostio
+OP1
Päätösnumero
SÄH OOTPO1

Työnumero

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



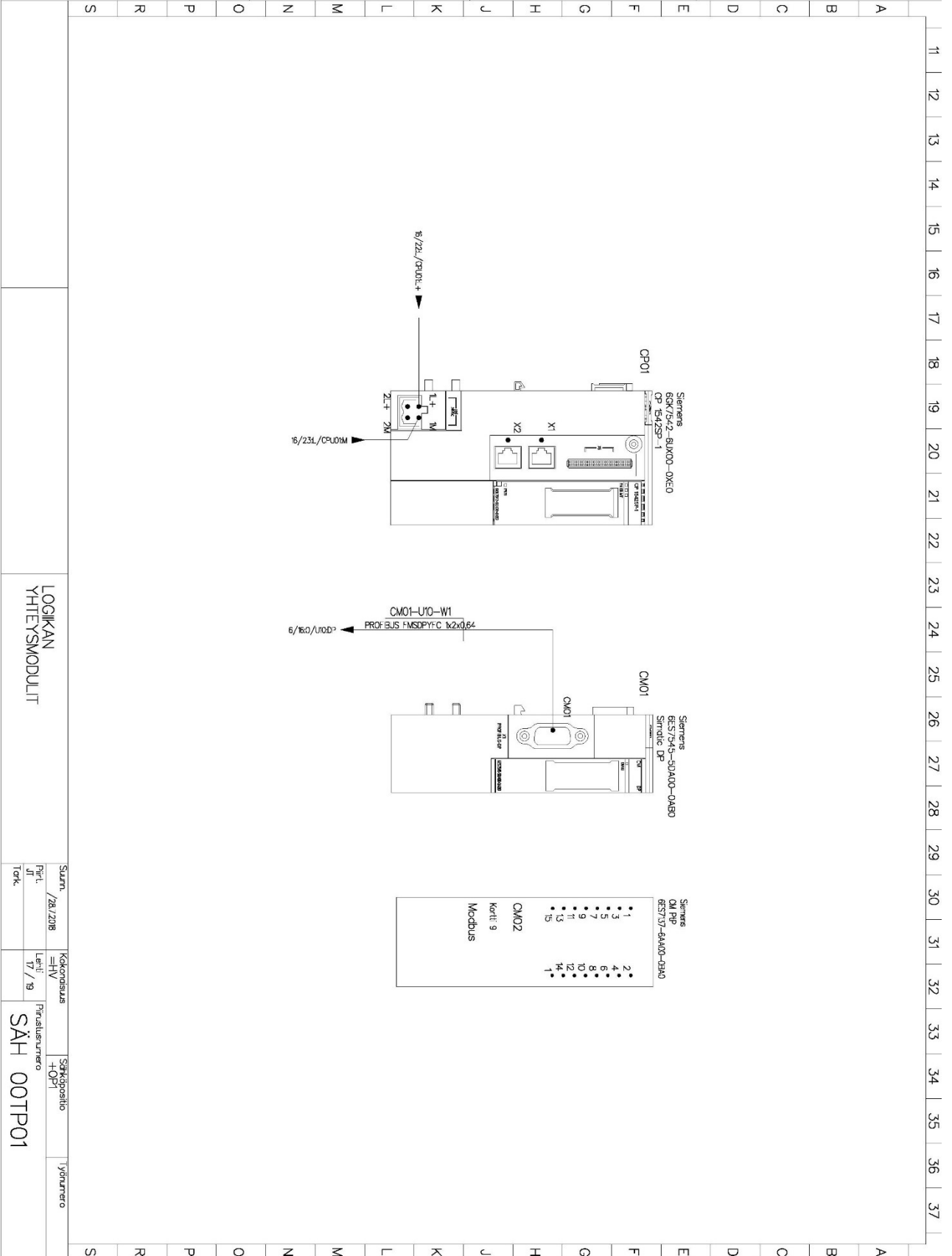
SIEMENS
ET200SP-F PN
KYTKENNÄT

Suunn. /21.2019
Prt. JT
Tpk.

Käyttöaika
=HV
Lent. 5 / 9

Sähköpostio
+OP1
Yönumero
SÄH OOTP01

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



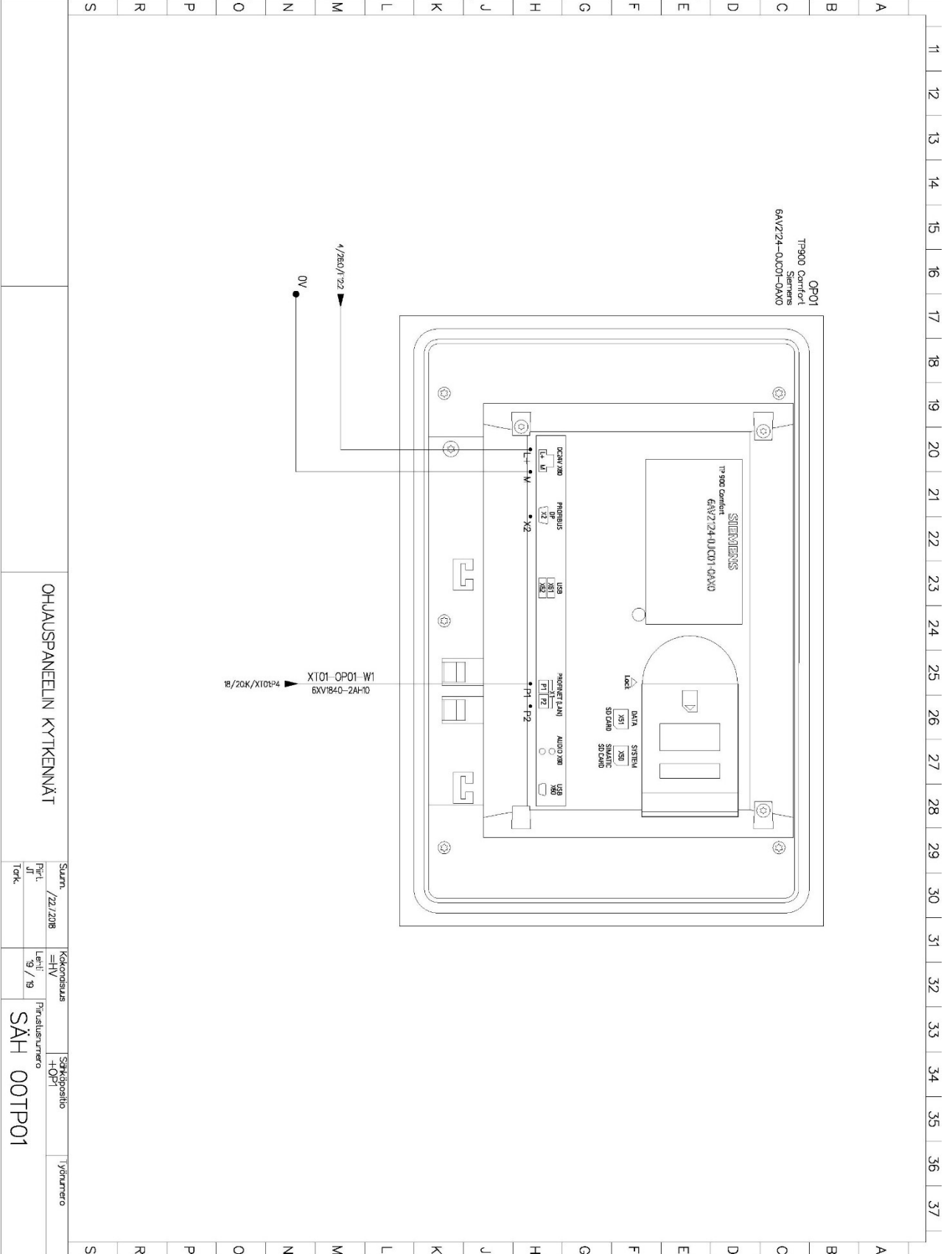
LOGIIKAN
YHTEYSMODULIT

Suurn. /28./2018
Pp:lt. JT
Tpk.

Käyttösuojus =HV
Laitte: 17 / 19
Päätösnumero
SÄH 00TP01

Sähköpostioite +OP1
Yönnumero

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



OHAUSPANEELIN KYTKENNÄT

Suunn. /22/2018
Prl. JT
Tpk.

Käsitönsuunn. =HV
Lent. 9/19

Sähkötönsuunn. +OP1
Pintaalustan numero
SÄH OOTP01

Työnumero

