

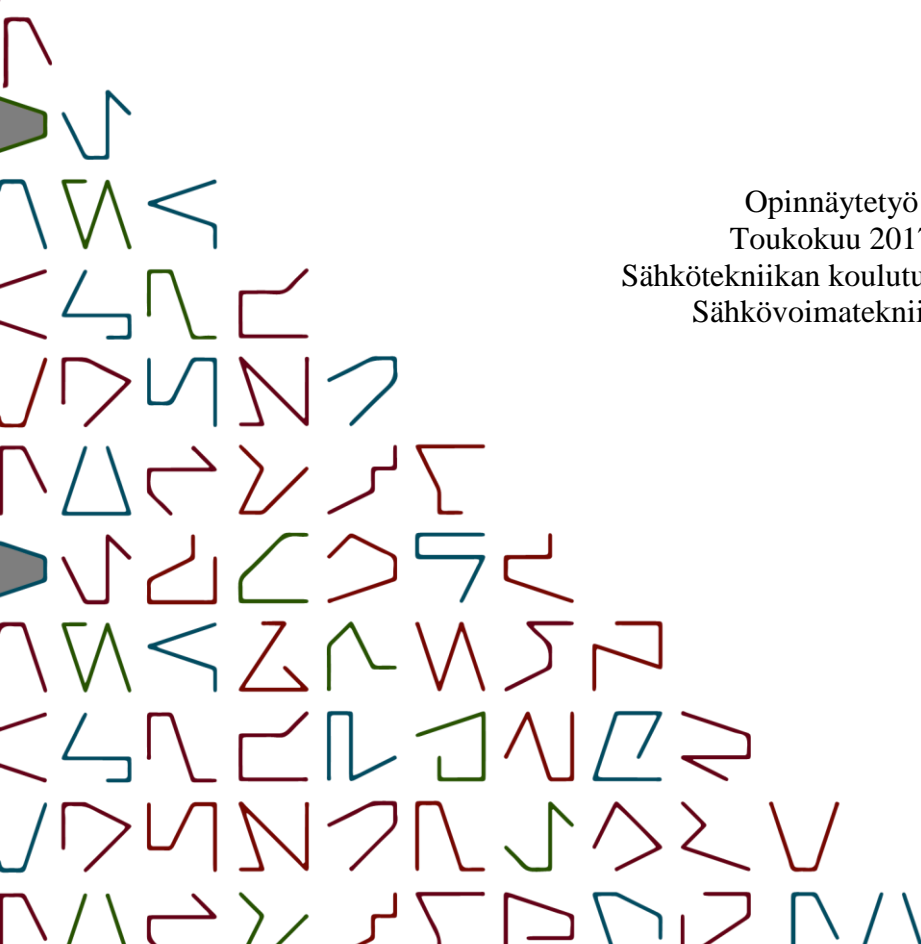


TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

HYDRAULISEN TESTILAITTEEN SÄHKÖIS- TYS

Jussi Alanko

Opinnäytetyö
Toukokuu 2017
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Sähkövoimatekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Sähkövoimatekniikka

Alanko Jussi
Hydraulisen testilaitteen sähköistys

Opinnäytetyö 30 sivua, joista liitteitä 5 sivua
Toukokuu 2017

Tässä opinnäytetyössä suunniteltiin ja toteutettiin sähköistys, hydrauliseen testilaitteistoon. Työn tavoitteita olivat: toimivan päävirta-, ohjausvirta-, sekä turvapiirin suunnittelu, asennus ja testaus. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Pirkkalassa sijaitseva BuWo Oy, joka rakensi laitetta asiakkaalleen.

Työn aikana toteutettiin myös tarvittava dokumentointi, joka sisältää: huolto- ja korjaussuunnitelman, varaosalistan, sähkökuvat sekä yksinkertaiset käyttöohjeet. Opinnäytetyössä käsiteltiin sähkölaitestandardin (SFS-EN 60204-1) mukaisesti koneiden todentaminen sekä muut koneen suunnitteluun ja markkinoille saattamiseen liittyvät osuudet.

Asiasanat: dokumentointi, suunnittelu, testaus, hydraulikka, sähkölaitteet

ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences
Electrical engineering
Power engineering

JUSSI ALANKO

Planning and installing electrics for hydraulic testing machine

Bachelor's thesis 30 pages, appendices 5 pages
May 2015

Meaning of this thesis was to plan and install electrics to a hydraulic testing machine. The main goals were planning, installing and testing of the main, control and safety circuits. The principal of the thesis was BuWo Oy in Pirkkala, Finland. This business is making this machine to their customer.

The documents also contain maintenance and repair plan, spare part list, electrical plans and simple user's manual that were written during the thesis project. Guiding of this thesis was Standard SFS-EN 60204-1 Safety of machinery, electrical equipment of machines. Especially during the planning, documentation and getting the machine to the market.

Key words: planning, documentation, testing, hydraulics, electrical machine

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	YRITYKSEN ESITTELY.....	6
3	LAITTEEN ESITTELY.....	7
4	LAITTEISTON SUUNNITTELU JA TOTEUTUS.....	9
4.1	Laitteen suunnittelua ohjaavat standardit.....	9
4.2	Moottorin pääpiirikaavio.....	9
4.3	Moottorin ohjaus- ja turvapiiri.....	12
4.4	Antureiden ja venttiilien sähköistys.....	14
4.5	Sähkökaapin valinta ja komponenttien sijoituksen suunnittelu.....	16
4.6	Kaapeleiden ja johtimien valinta.....	18
5	DOKUMENTOINTI.....	21
6	MARKKINOILLE SAATTAMINEN.....	22
7	KEHITTÄMISIDEAT.....	23
8	POHDINTA.....	24
	LÄHTEET.....	25
	LIITTEET.....	26
	Liite 1. Hydrauliiikkakaavio.....	26
	Liite 2. Hydrauliikkakaavion osaluettelo.....	27
	Liite 3. Esimerkki käyttöohjeista.....	28
	Liite 4. Logiikan kytkentäkaavio.....	29
	Liite 5. Moottorin pää-, ohjaus- sekä turvapiirikaavio.....	30

1 JOHDANTO

Tässä työssä käsitellään sähköistä suunnittelua ja asennusta hydrauliseen testilaitteistoon. Kyseinen laitteisto valmistetaan BuWo Oy:n toimesta heidän asiakkaalle automaattisten kytkinlaitteiden testausta varten. Laitteiston tarkoituksena on mitata voima- ja etäisyyskuvaajia automaatti- ja välilytkinten jousto-ominaisuuksista. Laitteistossa on ohjelmoitava logiikka Siemens S7-1200 1215C DC/DC/DC johon on ohjelmoitu valmiiksi resepti jokaisesta erilaisesta testattavasta kytkinmallista, joiden perusteella laite osaa suorittaa tarvittavat mittaukset.

Laitteiston suunnittelussa on otettava huomioon turvallisuustekijät, sekä sähkö-, että konestandardissa. Sähköiseen suunnitteluun kuuluu, myös turvapiirin suunnittelu, turvapiiri koostuu tässä tapauksessa valoverhosta, turvalukosta, hätä-seispainikkeesta sekä näitä ohjaavista turvareleistä.

Työssä käsitellään sen vaiheet alkaen työn suunnittelusta, osien tarvekartoituksesta ja hankinnasta asennukseen ja testaamiseen liittyen. Opinnäytetyössä on käyty läpi eri vaiheissa kohdattuja haasteita.

2 YRITYKSEN ESITTELY

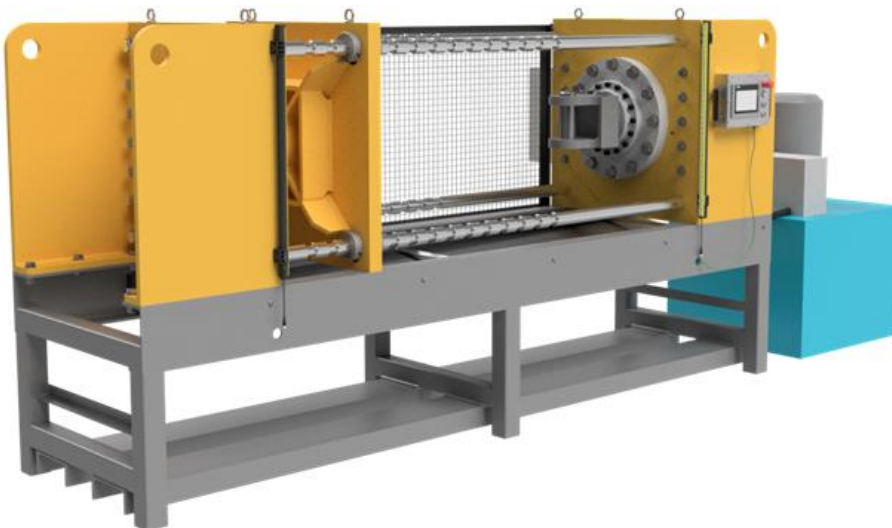
BuWo Oy on Pirkanmaalainen yritys, jonka toimialoina ovat koneenrakennus, koneenkorjaus ja tilintarkastus. Yritys on keskittynyt asiakaslähtöisiin ratkaisuihin, joissa otetaan huomioon asiakkaan tarpeet sekä toiveet ja toteutetaan tehtävät työt ja laitteet niiden mukaan.

Yritys työllistää tällä hetkellä kaksi henkilöä, sekä yhden vuokratyöläisen. Yritys on aikaisemminkin toimeksi antanut opinnäytetöitä Tampereen ammattikorkeakoulun opiskelijoille.

3 LAITTEEN ESITTELY

Laite projektinimeltään ”Testilaite P1” on tarkoitettu testaamaan raskaaseen käyttöön tarkoitettuja kytkimiä. Laitteeseen on ohjelmoitu jokaisen kytkintyyppin raja-arvot sekä tiedot mitä mittauksia kytkintyypille suoritetaan, jolloin laite osaa tehdä juuri oikeat mitaukset kyseiselle kytkimelle. Laite mittaa testattavasta kytkimestä jousto-ominaisuutta puristamalla hydraulisen prässin tavoin. Laitteesta seurataan painetta sekä, sylinterin liikumisnopeutta. Näistä arvoista lasketaan voima, jolla kytkintä puristetaan. Jokaiselle kytkintyypille on annettu ohjearvot, joihin tuloksia verrataan. Tuloksien perusteella nähdään, onko kytkin vielä toimiva vai joudutaanko se korjaamaan.

Laite on esitetty alla olevassa kuvassa kuva 1.



Kuva 1. Laite esitettynä käyttöpaneelin puolelta, (BuWo Oy).

Laitteen oikeassa etukulmassa näkyy ohjauspaneeli, jonka avulla laitetta käytetään. Käyttöpaneelin vasemmalla puolella sijaitsee sylinteri. Oikealla oleva sininen laatikko on hydraulikoneikko, jonka päällä sähkömoottori sijaitsee. Sähkökaappi sijaitsee laitteen takana samassa kohtaa kuin ohjauspaneeli.

Laitteen toiminta koostuu seuraavasta toimintasyklistä:

- Valitaan testattava kytkintyyppi laitteen valikosta jolloin laite ajaa itsensä oikeaan aloitusasentoon
- Valitaan tarvittavat työkalut testinsuorittamiseksi
- Avataan turvalukko ja asennetaan työkalut paikalleen

- Nostetaan testattava kytkin paikalleen, suljetaan turvalukko
- Kuitataan turvapiiri aktiiviseksi
- Laite on käynnistysvalmis
- Käynnistyksen jälkeen laite suorittaa kytkintyyppin vaatimat testit
- Laite pysähtyy
- Testattu kytkin nostetaan pois paikalta ja sykli alkaa alusta.

Laite piirtää reaaliajassa mittaustuloksista kuvaajaa, jota voidaan tarkistella logiikan käyttöpaneelilta seuraavan testin aloittamiseen asti. Laite myös tallentaa testin tulokset SD-muistikortille. SD-muistikortti on asetettu sille kuuluvaan paikkaan logiikan CPU:hun. SD-muistikortille tallennetut tiedostot avataan, Microsoft Excel ohjelmalla. Exceliin on valmisteltu makro, joka tekee automaattisesti raportin logiikan tallentamasta tiedosta. Tällöin tuloksia voidaan tarkastella vielä myöhemminkin tarvittaessa ja ne saadaan arkistoitua.

Laitteen hydraulikkakaavio sekä kaavion komponenttiluettelo on esitetty liitteissä 1 ja 2. Tämä on viimeisin versio, jonka hydraulikoneikon toimittaja on toimittanut. Tässä versiossa on kuitenkin virhe. Positiolla 14.1 olevaa painelähetintä ei oikeasti ole olemassa. Alun perin laitteessa oli vain yksi painelähetin, se oli sijoitettuna juurikin samaan kohtaan missä position 14.1 painelähetin kaaviossa on. Tämä ei kuitenkaan lähettänyt haluttua painetietoa, joten se siirrettiin positioon 14.2 ja hankittiin uusi painelähetin positioon 14.3.

4 LAITTEISTON SUUNNITTELU JA TOTEUTUS

Laitte on pyritty toteuttamaan peruskomponenteilla, jotka ovat yleensä alan liikkeissä hyllytavaraa tai joita vastaavia tuotteita löytyy hyllystä. Tämä ratkaisu on tehty ajatellen mahdollisia huolto- ja korjaustoimenpiteitä, jolloin mahdolliset seisokit olisivat mahdollisimman lyhyitä. Komponentit on myös valittu sen perusteella, että ne kestävät useita vuosia normaalikäytössä.

4.1 Laitteen suunnittelua ohjaavat standardit

Laitteen sähköiseen suunnitteluun ja toteutukseen vaikuttaa SFS-EN 60204-1 Koneturvallisuus, Koneiden sähkölaitteisto standardi. Tämä kyseinen standardi vaikuttaa myös laitteen dokumentointiin sekä varmentamiseen. Tämän standardin lisäksi suunnittelussa on käytetty apuna SFS-6002 sähköturvallisuusstandardia sekä sähkötöihin ja -turvallisuuden liittyviä lakeja ja asetuksia.

Standardissa SFS-EN 60204-1 luku 17 on täysin omistettu teknilliselle dokumentoinnille. Tässä luvussa kerrotaan mitä dokumentteja tarvitsee missäkin tapauksessa toimittaa koneen mukana loppuasiakkaalle tai koneen käyttäjälle. Näistä dokumenteista on tultava ilmi ainakin koneen käytössä, asennuksessa ja kunnossapidossa tarpeelliset tiedot. Näiden lisäksi toimitettavat tiedot riippuvat laitteiston monimutkaisuudesta. (SFS-EN 60204-1)

4.2 Moottorin pääpiirikaavio

Laitteiston sähkömoottoriksi oli valittu hydraulikkakoneikon toimittajan toimesta Moves 15 kW, 1460 rpm oikosulkumoottori. Oikosulkumoottori on teollisuudessa yleisin sähkömoottorityyppi. Tämä johtuu siitä että, oikosulkumoottorilla on hyvä hyötysuhde, pienet huoltokustannukset ja halpa hankintahinta (ABB, 2000, s. 10). Moottorin nimellisvirta on kolmiokytkettynä 400 V jännitteeseen 28,4 A. Nämä ovat suunnittelun kannalta oleelliset tiedot, joita kutsutaan myös leimaus- tai kilpiarvoiksi. Leimaus- tai kilpiarvoilla tarkoitetaan moottorin tärkeimpiä tietoja, jotka on painettu moottorin arvokilpeen. Näistä

arvoista saadaan selville millainen sähkönsyöttö moottorille tarvitaan. Syöttöjännitteenä käytetään 400 VAC syöttötaajuutena 50 Hz, syöttövirtana 32 A koska se on lähin standardiarvo moottorin nimellisvirrasta.

Komponenttien mitoituksessa pitää miettiä käyttötarkoituksen perusteella, kuinka paljon kyseisen laitteen komponentteja on viisasta ylimitoittaa. Oikosulkumoottoria voidaan ylikuormittaa tarpeen vaatiessa, mutta moottorinohjauskomponentit tarvitsee valita moottorin ylikuormitustarpeen mukaisesti.

Kyseisessä laitteessa moottoria ei jouduta ylikuormittamaan. Koska moottorin nimellisvirta on 28,4 A, niin lähin virta-arvo, jolle löytyy standardi komponentit on 32 A. Komponenttien valintaan liittyy myös taloudellistekniset näkökulmat. Yleensä laitteet pyritään rakentamaan mahdollisimman pienillä kuluilla, joten suunnittelussa suositaan standardikomponentteja. Mikäli joudutaan käyttämään erikoisempia komponentteja myös laitteen kustannukset nousevat.

Moottorin päävirtapiirin komponentteja valitessa tarvitsee ottaa myös huomioon, että oikosulkumoottori ottaa käynnistyessään hetkellisesti noin 5-7. kertaisen virran verrattuna nimellisvirtaan. Tämä vaikuttaa erityisesti sulakkeita määrittäessä. Tässä laitteessa moottorilla ei ole juurikaan vastustavaan hidastusmassaa käynnistyessään, joten käynnistys on melko nopea. Joten erillistä käynnistyslaitetta ei tarvita. Tavalliset moottorilähtöön tarkoitetut sulakkeet kestävät myös käynnistysilmiön.

Moottorilähdön peruskomponentit ovat pääkontaktori ja lämpörele. Kontaktorin tehtävänä on moottorin päälle ja pois kytkeminen. Lämpörele suojaa moottoria ylivirralla. Lämpöreleessä on bi-metallilaukaisuelementit, joiden läpi virta kulkee, jos virta kasvaa liian suureksi elementit taipuvat lämmön vaikutuksesta ja katkaisevat virran kulun. (ABB)

Laite on pistorasiasta syötettävä, jolloin se tarvitsee moottorinsuojajytkimet ja sulakkeet suojaamaan 3-vaihepistorasiaa ja laitetta. Sulakkeet toimivat mahdollisissa oikosulkutilanteissa katkaisemalla virran kulun ryhmäkeskuksesta laitteelle. Moottorinsuojajytkimet taas suojaavat ylikuormitukselta. Nämä sijaitsevat ryhmäkeskuksessa, jonka ovenssa 3-vaihepistorasia sijaitsee. Sulakkeet ja moottorinsuojajytkimet ovat nimellisarvoltaan 35 A.

Myös turvakytkin on olennainen osa moottorikytkentöjä. Tämä kytkin sijaitsee yleensä moottorin läheisyydessä (n. 0,5-1 m) ja siitä saadaan moottori virrattomaksi mahdollisia korjaus- tai muita toimenpiteitä varten. Turvakytkimen saa mekaanisesti lukittua 0-asentoon. Tämä estää tahattoman kytkennän huolto- ja korjaustoimenpiteiden aikana.

Moottorin päävirtapiirin komponentteja valittaessa on otettava huomioon käyttöluokitus. Hietalahden (2003, SIVUNUMERO 155) mukaan käyttöluokat standardissa IEC947-4-1 ovat taulukon 1 mukaiset.

TAULUKKO 1. Käyttöluokitukset.

Käyttöluokat (IEC947-4-1 mukaan)	
AC-1	Vähän- tai ei-induktiiviset kuormitukset (vastuskuorma)
AC-2	Liukurengasmoottorit: käynnistys, pysäytys
AC-3	Oikosulkumoottorit: käynnistys, pysäytys
AC-4	Liukurengas- ja oikosulkumoottorit, käynnistys, tippikäyttö, suunnanvaihto
AC-5a	Purkauslamppujen kytkentä
AC-5b	Hehkulamppujen kytkentä
AC-6a	Muuntajien kytkentä
AC-6b	Kondensaattoripariston kytkentä
DC-1	Vähän- tai ei-induktiiviset kuormitukset (vastuskuorma)
DC-3	Sivuvirtamoottorit, käynnistys, tippikäyttö, suunnanvaihto, vastavirtajarrutus
DC-5	Sarjamoottori, käynnistys, tippikäyttö, suunnanvaihto, vastavirtajarrutus
DC-6	Hehkulampun kytkentä

Käyttöluokituksien tarkoituksena on taata, että kyseinen komponentti kestää ja toimii mahdollisimman hyvin ja kauan kyseisessä sovelluksessa. Taulukosta 1 nähdään, että tähän tilanteeseen parhaiten sopii AC-3 käyttöluokituksen mukaiset komponentit, koska käytössä on oikosulkumoottori, jota käynnistetään ja pysäytetään useasti päivän aikana. Tämän perusteella valitaan moottorille pääkontaktori. Pääkontaktorin tehtävänä on kytkeä moottori päälle sekä pois päältä. Tämä tapahtuu siten, että kontaktorin kelaan syötetään virtaa käynnistyskäskyllä, se kytkee kontaktorin sisällä olevat kärjet yhteen jolloin niistä tulee johtavat. Virta alkaa kulkea niiden läpi moottorille. Kun kelalta katkaistaan käynnistyskäsky niin myös kärjet irtoavat toisistaan, jolloin moottorilta katkeaa virta ja se pysähtyy.

Moottorin päävirtapiirin jännitetasona on 400 VAC, jolloin suunnittelussa on otettava huomioon että jännite on luotettavasti kytkettävissä pois sähköturvallisuuden takia. Näin

ollen laite on sellainen, joka kytketään sähköverkkoon 3-vaihe pistorasian kautta. Jolloin yhtenä vaihtoehtona kaikkien laitteen piirien irtikytkemiseen on virtajohdon irroittaminen. Sähkökaapin kyljessä on myös päävirtakytkin, josta virrat saadaan katkaistua luotettavasti. Jos moottorille joutuu tekemään huolto- tai korjaustöitä, moottorille on erikseen myös turvakytkin, josta moottorin saa jännitteettömäksi.

Pääkontaktoriksi valittiin Scheider electrics:n TeSys kontaktori 32A/AC3 kela 24VDC 5,4W. Kontaktoria valittaessa tarvitsee ottaa huomioon että kontaktorin kelajännite on oikea. Pääkontaktoria ohjataan 24 VDC jännitteellä, joka otetaan logiikan digitaaliselta outputilta, jonka antama virta on pientä. Tämän takia tarvitsee valita sellainen kontaktori, jonka kelan käyttämä teho on myöskin pieni. Huomiota tulee kiinnittää myös siihen, että kontaktorin kärjet kestävät kytkettävän virran ja että kontaktori on AC-3 käyttöluokalle suunniteltu. Kontaktorin lisäksi pääpiiriin kuuluu lämpörele joka on myös Scheider electrics:n. Tällöin se on varmasti yhteensopiva kontaktorin kanssa, sekä mekaanisesti, että sähköisesti.

Moottorin pääpiirikomponenttien mitoituksessa apuna on käytetty ABB:n Sähkömiehen käsikirjaa (2006).

4.3 Moottorin ohjaus- ja turvapiiri

Moottorin ohjaus toteutetaan ohjelmoitavan logiikan kautta. Logiikalta annetaan Start-käsky jolloin logiikan output, johtaa sähköä moottorin pääkontaktorin kelalle, joka alkaa vetää. Tällöin kontaktorin kärjet sulkeutuvat ja alkavat johtamaan sähköä ja moottori käynnistyy. Logiikka ohjelmaan ohjelmoidaan tarvittavat ehdot, sille että moottorin voi käynnistää. Näihin kuuluu esimerkiksi turvapiirin tila sekä logiikkaan ohjelmoidut reseptit.

Turvallisuuden takia ohjauspiiriin tuodaan myös kosketintietona turvapiirin tila, jolloin on kaksoisvarmistus (logiikan ohjelma ja fyysinen kosketin) sille, että moottori ei voi lähteä päälle jos turvapiiri on katkennut tai ei ole kytkeytynyt toimintaan. Tähän ratkaisuun päädyttiin riskikartoituksen jälkeen. Jos logiikan ohjelmaan tehdään vahingossa muutos koskien turvapiirin lukua, niin moottori ei käynnisty jos turvapiiri ei ole toiminnassa.

Turvapiirin tehtävänä on pitää laite turvallisena käyttäjälle ja ympäristölle. Turvapiirin avulla saadaan myös laite tarvittaessa pysäytettyä painamalla Hätä-seis painiketta tai katkaisemalla valoverhon valosäde. Koneen turvapiirin on täytettävä riskin arvioinnissa yksilöidyt turvallisuusvaatimukset.

Turvapiiri on rakennettu siten, että se joudutaan kuittaamaan painonapista joka kerran kun se katkeaa kun vaaratilanne on poistunut, ennen kuin laitteen moottorin saa uudelleen käyntiin. Turvapiiri tarvitsee myös kuitata ennen kuin laite saadaan käynnistettyä ensimmäistä kertaa sen jälkeen kun päävirta on käännetty päälle. Tässä kyseisessä tapauksessa turvapiiri estää ihmisten sekä esineiden joutumisen laitteen sylinterin liikkuma-alueelle.

Turvapiiri koostuu: valoverhosta, turvalukosta, turvareleistä sekä hätä-seis painikkeesta. Turvapiirin tarkoituksena on suojella laitetta käyttävää henkilöä mahdollisilta vaaratilanteilta. Turvapiiri on suunniteltu sillä tavalla, että jos mikä tahansa siihen kuuluvista komponenteista ilmoittaa, että jokin asia ei ole kunnossa. Niin laitteen moottoria ei voi käynnistää. Jos moottori on jo käytössä ja komponentit ilmoittavat että turvapiiri ei ole kunnossa niin moottorin on pysähdyttävä.

Turvareleitä on kaksi kappaletta, jotka ovat keskenään kytketty sarjaan. Toiseen näistä kytketään valoverho ja toiseen turvalukko ja hätä-seis painike. Turvareleisiin kytketään myös manuaalinen resetointi, joka tarkoittaa sitä kun turvapiiri on katkennut, niin sen saa päälle vain painamalla resetoitinappia, minkä jälkeen logiikan tulee antaa vielä käynnistymiskäskeä laitteelle. Tällä varmistetaan se, että laite ei lähde itseksensä päälle häiriön poistuttua, jolloin mahdollisesti aiheutuisi vaaraa laitteenkäyttäjälle tai muille laitteen välittömässä läheisyydessä oleville henkilöille. Tämä menettely estää käynnistymisen myös sähkökatkojen jälkeen.

Ohjaus- ja turvapiirin jännitetasona toimii 24 VDC, joka on yleisesti käytetty jännitetaso ohjaus- ja turvapiireissä, joten sopivien komponenttien löytäminen oli helppoa. Tämä 24 VDC jännite tuotetaan SIEMENS SITOP PSU100S 20A tasajännitelähteellä, jota syötetään 230 VAC jännitteellä.

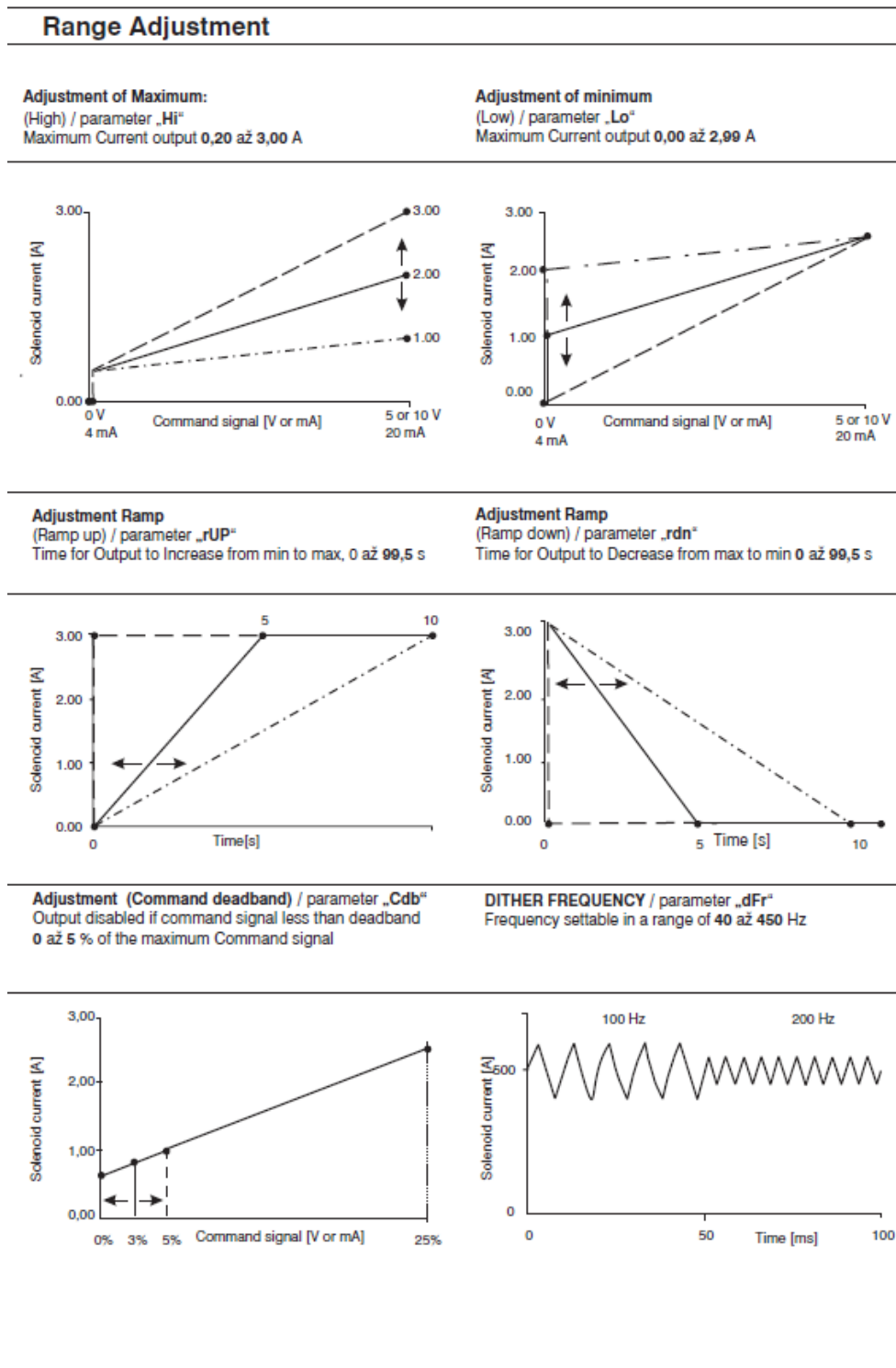
Turvapiirin asennuksessa syntyi ongelma, koska turvalukko ei toiminut kuten piti. Asiaa selvittäessä tuli esiin, että toinen turvakäyttöön tarkoitetuista kärkipareista ei mennyt ollekaan kiinni. Onneksi turvalukon toimittaja tuli vastaan asiassa ja uusi turvalukko saatiin paikalle muutamassa päivässä.

4.4 Antureiden ja venttiilien sähköistys

Anturit ja venttiilit ovat hydraulisissa laitteissa ohjauksen kannalta erittäin oleellisia. Anturit välittävät tietoa ohjauslaitteelle, venttiilit taas toteuttavat ohjauslaitteen haluaman toiminnon. Yleensä anturit ja venttiilit sähköistetään suoraan ohjauslaitteelta jos se on sähköinen. Anturit välittävät yleensä joko analogista virta- tai jänniteviestiä tai digitaalista viestiä, riippuen anturityypistä. Venttiileitä ohjataan vastaavilla viesteillä. Sähköistykseen vaikuttaa oleellisesti se, että kuljetetaanko analogista vai digitaalista viestiä. Analoginen viesti on paljon häiriöherkempi, joten siihen käytettävä kaapeli on häiriösuojattua.

Häiriösuojaus toteutetaan yleensä johtimien parisuojauksella sekä alumiinisella suojalla kaapelin kuoren alla. Häiriösuojajohtimesta kytketään vain toinen pää maaliittimeen. Yleisimpiä häiriön aiheuttajia ovat suurta virtaa kuljettavat johtimet. Tämän laitteen tapauksessa häiriöitä muodostuu lähinnä moottorin käynnistyessä. Digitaalisen viestin voi sen sijasta yleensä viedä tavallisella sähkökaapelilla.

Laitteessa on muutamia venttiilejä joita ohjataan logiikan kautta, jolloin logiikan output ohjelmoidaan antamaan ohjauksikäsky venttiilille. Logiikan outputin antama jännite ja virta digitaalisessa outputissa (24 VDC ja 0,5A) tämä ei riitä kaikille venttiileille, joten logiikan output tarvitsee johdottaa ohjaamaan relettä. Rele kytketään virtalähteen antamaan tasajännitteeseen jolla pystytään ohjaamaan näitä venttiileitä. Laitteen paineventtiilissä sekä virtausventtiilissä on erillinen pistokekortti, joilla venttiiliä saa tarkemmin ohjattua. Pistokekortti ohjelmoidaan toimimaan halutulla tavalla. Pistokekortin ohjelmointimahdollisuudet on esitetty kuvassa 2. (Argo Hytos 2014)



4

Kuva 2. Pistokekorttien ohjelmointimahdollisuudet.

Venttiilit antavat myös tietoa tilastaan logiikalle. Venttiilistä kytketään johdot logiikan inputteihin, joihin tuodaan virta- tai jänniteviesti. Tästä tiedosta saadaan selville esimerkiksi että kuinka auki virtausventtiili on.

Anturit johdotetaan logiikan inputteihin tuomaan tietoa logiikalle. Näistä esimerkkinä etäisyysmittari mittaa sylinterin liikkumaa matkaa. Pintavahti vahtii, että hydraulioöljyn

määrä säiliössä ei pääse tippumaan liian matalalle. Jos sen pinta pääsee alarajalle niin, laite pysähtyy. Pintavahdissa oli sellainen ongelma, että laitteen kaikki muut ohjauskomponentit oli suunniteltu 24VDC tasolle, kun taas pintavahti oli käytännössä 230 VAC. Ongelmasta päästiin eroon kytkemällä pintavahti 230 VAC jännitteeseen, pintavahdin vaihtaessa tilaa menee viestiä logiikan sijasta releelle. Rele vaihtaa tilaansa saatuaan viestin pintavahdin muuttuneesta tilasta. Rele ohjaa 24 VDC jännitettä josta saadaan tietoa logiikalle.

Laitteessa oli alun perin yksi painelähetin, mutta testauksissa havaittiin, että tämä ei riitä toimittamaan tarvittavaa tietoa testeistä. Testausvaiheen jälkeen laitetta muutettiin siten, että painelähetin siirrettiin oikeaan paikkaan ja otettiin käyttöön vielä toinen painelähetin. Tällöin saadaan tarvittavat tiedot sekä puristusvaiheesta että palautumisvaiheesta. Paine-lähettimet kytketään samaan inputtiin, mutta niitä ei lueta samaan aikaan, vaan ne kytketään releeseen. Relettä ohjataan sen, perusteella kumman lähettimen tietoa halutaan logiikalla lukea.

Painelähetin lähettää milliampeeri-viestiä, mutta käytössä oleva logiikan CPU-yksikkö ei pysty käsittelemään kyseisen muotoista viestiä. Logiikan analogia inputin rinnalle joudutaan kytkemään noin 500 Ω vastus, jolloin 4-20 mA viesti muuttuu 2-10 V jänniteviestiksi. Normaaliin jänniteviestiin verrattuna tässä häviää 20 % resoluutiosta eli 0-2 V alue. Yleensä on kannattavaa jättää 0 V alue viestistä käyttämättä, koska jos lähettimen johto esimerkiksi katkeaa niin silloin logiikka näyttää lähettimen tilaksi 0V, jota ei välttämättä osata tulkita viaksi.

4.5 Sähkökaapin valinta ja komponenttien sijoituksen suunnittelu

Sähkökaappi on oleellinen osa mitä tahansa sähköllä toimivaa laitetta, laitteistoa tai kiinteistöä. Sähkökaapin tärkeimpiä tehtäviä on suojata ihmisiä pääsemästä käsiksi jännitteisiin osiin ja pitää komponentit suojassa ympäristön aiheuttamilta ongelmilta kuten nesteiltä, liialta ja pölyltä. Kaikkien komponenttien sijoitus keskitetysti sähkökaappiin helpottaa myös huolto- ja korjaustoimenpiteiden suorittamista.

Sähkökaapin valintaan vaikuttaa muun muassa komponenttien koko ja komponenttien vaatimukset. Tässä tapauksessa turvareleet vaativat koteloinnin jonka IP-luokitus on vähintään IP 65. Turvareleisiin ei saa kerääntyä pölyä eikä nestettä, sillä pöly voi estää mekaanisen toiminnan tai syttyä palamaan ja neste taas aiheuttaa oikosulun.

IP-luokitus tarkoittaa laitteen koteloinnin tiiveyttä, IP-luokituksen sisältö löytyy SFS-EN 60529-standardista. Kuvassa 3 nähtävässä taulukossa (Harsian, 2005, mukaan standardista SFS-EN 60529) on esitetty mitä eri luokitukset tarkoittavat. IP-luokituksen ensimmäinen numero tarkoittaa sitä kuinka hyvin kotelo on suojattu vieraiden esineiden ja pölyn sisäänkäyslyltä, sekä koteloinnin merkitystä henkilösuojauksessa. Toinen numero tarkoittaa sitä kuinka hyvin kotelo on suojattu kosteudelta.

Tässä tapauksessa kun puhutaan IP 65vaatimuksesta niin käytännössä tämä tarkoittaa sitä että, sähkökaappi on pölytiivis sekä suojattu vesisuihkulta.

Osat	Numerot tai kirjaimet	Merkitys laitesuojauksessa	Merkitys henkilösuojauksessa
Ensimmäinen tunnus-Numero IPXX	0 1 2 3 4 5 6	Suojattu vieraiden esineiden ja pölyn sisäänkäyslyltä Suojaamaton Kun halkaisija ≥ 50 mm Kun halkaisija $\geq 12,5$ mm Kun halkaisija $\geq 2,5$ mm Kun halkaisija $\geq 1,0$ mm Pölysuojatusti pölytiivisti	Vaaralliset osat kosketussuojattu: suojaamaton nyrkiltä sormelta työkalulta langalta langalta langalta
Toinen tunnus-Numero IPXX	0 1 2 3 4 5 6 7 8	Suojattu veden sisäänkäyslyn haitalliselta vaikutukselta Suojaamaton Pystysuoraan tippuvalta vedeltä Tippuvalta vedeltä (kallistus 15°) Satavalta vedeltä Roiskuvalta vedeltä Vesisuihkulta Voimakkaalta vesisuihkulta Lyhytaikaisesti upotettuna Jatkuvasti upotettuna	
Lisäkirjaimet	A B C D		Vaaralliset osat kosketussuojattu: Nyrkiltä Sormelta Työkalulta langalta
Täydentävä kirjain	H M S W	Suurjännitelaitte Vesisuojaus koestettu laitteen ollessa käynnissä Vesisuojaus koestettu laitteen ollessa pysähdyksissä Laitte on koestettu erityisiin sääolosuhteisiin	

Kuva 3 IP-luokituksen määräytyminen. (Harsia 2005.)

Nämä vaatimukset huomioon otettua kaapiksi valittiin Schneider Electric:n seinäasennettava 500x500x250 IP 65 kaappi. Kaappiin tuodaan kaikki kaapelit alakautta, jolloin kaapeleihin mahdollisesti tiivistyvä kosteus valuu pois päin kaapista eikä kaappiin päin.

Komponentit pyrittiin sijoittamaan siten, että kaapin yläosaan tulee kaikki muut komponentit paitsi logiikan CPU. Tämä siitä syystä, että CPU:hun ohjelmamuutoksia tehdessä joutuu kytkemään tietokoneen verkkojohdon avulla CPU:hun. Tällä komponenttien järjestyksellä pyritään takaamaan mahdollisimman helppo reitti verkkojohdon paikalleen asettamiselle, sekä mahdollisimman pieni sähköiskun vaara. Verkkojohto joudutaan liittämään logiikan CPU:hun jos ohjelmaa tarvitsee päivittää tai ladata uusi versio ohjelmasta käyttöön. Riviliittimet sijoitettiin kaapin keskikorkeudelle, siten että vasemmassa laidassa on 400 VAC:lla olevat riviliittimet, seuraavana näistä oikealle päin on 230VAC riviliittimet, seuraavaksi 24 VDC + riviliittimet, sitten 24 VDC - liittimet ja viimeisenä tulevat 24VDC riviliittimet, joita ohjataan jollain komponentilla esimerkiksi turvapiirissä olevat riviliittimet. Alkuperäistä suunnitelmaa muokattiin hieman, kun huomattiin että hydraulikkakoneikkoon tarvitaan toinen painelähetin. Tämän takia CPU:n kanssa samalla din-kiskolla on painelähettimien valintaa ohjaava apurele, muutama maadoitusriviliitin sekä johdonsuoja-automaatit.

4.6 Kaapeleiden ja johtimien valinta

Kaapeleiden ja johtimien valintaan vaikuttaa muun muassa: asennusympäristö, asennustapa, kuorma, häiriösuojaus ja käyttötarkoitus. Tässä tapauksessa laite tullaan sijoittamaan teolliseen ympäristöön, sisätiloihin ja tasalämpöiseen paikkaan. Teollisuuskäyttöön tarkoitetut kaapelit kelpaavat hyvin, koska ne usein sietävät kosketuksen esimerkiksi öljyn sekä useimpien tavallisten teollisuuskemikaalien kanssa.

Johtimien tärkein valintaperuste on kuorman ottama virta. Tämän perusteella valitaan johtimille sopiva poikkipinta-ala. Laitteessa vain syöttökaapeliin, moottorin syöttökaapeliin sekä suojamaadoitukseen kohdistuu suuri virta. Alla olevassa kuvassa 4 (ST-käsikirjassa 30, 2010, 163) on kaapelin mitoitus-taulukko. Koska moottorin nimellisvirta on 28,5 A, niin työhön valikoitui H07RN-F 5x6mm² kaapeli, joka soveltuu 32 A nimellisvirrälle. Tämä kumikaapeli on myös sopiva muilta ominaisuuksiltaan tähän laitteeseen, koska se kestää hyvin tavallisia kemikaaleja.

Nimellisvirta [A]	Taipuisa kaapeli	Poikkipinta-ala [mm ²] (min)
	Tyyppi	
16	H05RR-F, A05BBF, H07RN-F, A07BB-F	5 x 2,5
32	H05RR-F, A05BB-F, H07RN-F, A07BB-F	5 x 6
63	H07RN-F, A07BB-F	5 x 16
125	H07RN-F, A07BB-F	5 x 50
250	H07RN-F, A07BB-F	5 x 95

Kuva 4. Kaapelin mitoitus taulukko.

Laitteeseen tarvittiin myös kaapelit turvalukolle ja venttiileille. Näitä kohteita varten kaapeliksi valikoitui Y-JZ ohjauskaapeli. Kaapelin ominaisuudet on esitelty kuvassa 5. (Onninen 2013, 2)



OHJAUSKAAPELIT Y-JZ/-OZ

Taipuisa ohjauskaapeli teollisuuden asennuksiin kuivissa ja kosteissa tiloissa. Hyvä yleisimpien kemikaalien ja öljyjen kesto.

Käyttökohteita esimerkiksi koneenrakennus asennukset sekä teollisuuden mittaus-, ohjaus- ja syöttökaapeliasennukset. Ulkokäytössä suojattava UV- säteilyltä.

Rakenne:

- johdin: hienosäikeinen kupari
VDE 0295 luokka 5 mukaisesti
- eriste: PVC
- johtimien merkintä: mustat johtimet valkoisin numeroin
- suojajohdin: JZ = suojajohtimella, keltavihreä
OZ = ilman suojajohdinta
- ulkovaippa: PVC, väri RAL 7001 harmaa

TEKNISET TIEDOT:

- nimellisjännite U₀/U: 300/500 V
- koestusjännite: 4000 V
- eristysvastus: > 20 MΩm x km
- minimitaivutussäde: 15 x kaapelin halkaisija
- käyttölämpötila:
 - siirreltävä asennus - 5 ... + 70 °C
 - kiinteä asennus -30 ... + 70 °C
- paloa pidättävä IEC 60332-1 mukaisesti

Kuva 5. Ohjauskaapelin Y-ZJ ominaisuudet. (Onninen 2013.)

Näiden kaapeleiden kuormitus on korkeimmillaan 2,5 Ampeeria, joten 1,5mm² johdin kestää sen kuormituksen.

Anturit sekä virtaus- ja paineenrajoitusventtiileiden ohjauskortit kaapeloitiin NOVAK 4x2x0,5+0,5 kaapelilla. NOVAK on instrumentointi kaapeli, joka koostuu johdin pareista jotka on kierretty yhteen. Tämä parikierto on yksi tapa suojata häiriöiltä, NOVAK:ssa on myös suojajohdin, joka kytketään vain toisesta päästään, jolloin se suojaa häiriöiltä.

Laser etäisyysmittari ja valoverhot kytkettiin niiden valmistajan SICK:n kaapeleilla. Nä-mäkin kaapelit kestävät hyvin teollista ympäristöä sekä kemikaaleja. Laitetta testattaessa huomattiin kuitenkin, että laser-etäisyysmittarin kaapelin olisi ollut hyvä olla jollain tapaa häiriösuojattua.

5 DOKUMENTOINTI

Laitteesta tuotetaan tarvittava dokumentointi. Tarvittava dokumentointi löydetään luettelona SFS-EN 60204-1 Koneturvallisuus, Koneiden sähkölaitteisto standardin luvasta 17. Dokumentointi toteutetaan yhteistyössä sähkösuunnittelijan ja mekaanisesta suunnittelusta sekä logiikan ohjelmoinnista vastaavan henkilön kanssa. (SFS-EN 60204-1)

Dokumennoinnin tärkeimpiä osia ovat sähkökuvat, käyttö-, huolto-, ja kunnossapito-ohjeet, tarkastuspöytäkirjat. Näiden dokumenttien tarkoituksena on antaa asiakkaalle tarpeeksi tietoa laitteesta, jotta he voivat käyttää laitetta niin kuin valmistaja on sitä tarkoittanut käytettäväksi. Tällä minimoidaan turvallisuusriskit, sekä laitteen hajoamisen mahdollisuus ja mahdollistetaan se, että laite voidaan korjata, tai siihen voidaan tehdä muutoksia. Liitteissä 1-6 on esitetty esimerkkejä teknisestä dokumentoinnista.

6 MARKKINOILLE SAATTAMINEN

Täysin uuden tyyppistä laitetta rakentaessa on tavoitteena saattaa laite markkinoille. Uuden koneen katsotaan tulleen markkinoille siinä vaiheessa, kun se on mahdollista toimittaa myyntiin tai asiakkaalle käyttöön. Koneen saa saattaa markkinoille vasta kun se on konedirektiivin sekä muiden sitä koskevien direktiivien mukainen ja siitä on kirjoitettu vaatimustenmukaisuusvakuutus. Markkinoille saattamiseen liittyy oleellisesti myös CE-merkintä, joka on todiste siitä, että valmistaja vakuuttaa koneen olevan määräyksien mukainen ja on läpikäynyt tarvittavat tarkastukset. Näihin tarkistuksiin kuuluu toiminnalliset testit, jotka rakentaja käy läpi. Toiminnallisissa testeissä testataan, että kaikki toimii niin kuin pitää. Tässä laitteessa toiminnallisiin testeihin kuuluu esimerkiksi, että logiikan koodiin kirjoitetut raja-arvot toimivat, eli estävät paineen nousun liian korkealle. Myös sähköisten komponenttien toiminta testataan ja erityistä huomiota kiinnitetään turvapiirin oikeaan toimintaan.

Koneeseen on kiinnitettävä kilpi, jossa on valmistajan tiedot. Kilpeen yleensä merkitään tiedot käytettävästä jännitteestä, virrasta sekä paineesta. CE-merkintä tulee sijoittaa tämän kilven välittömään läheisyyteen.

Vaatimustenmukaisuusvakuutus kuuluu koneen rakentajan vastuulle. Tässä asiakirjassa vakuutetaan, että kone on määräysten mukainen. Vaatimustenmukaisuusvakuutuksen allekirjoituksen yhteydessä merkitään allekirjoituspäivämäärä, tämän päivämäärän jälkeen kone on virallisesti valmis käyttöönotettavaksi. (Sundquist & Haapio 2011, 26)

7 KEHITTÄMISIDEAT

Laite on rakennettu asiakkaan tämän hetkisten tarpeiden sekä toiveiden mukaisesti. Laitetta voidaan tulevaisuudessa kehittää monella eri tavalla, esim. lisäämällä turvapiiriin lisää komponentteja, jolloin laitteesta tulee entistä turvallisempi käyttäjälle. Tällaista suunnitellessa tarvitsee ottaa huomioon se, että laitteen käyttö pysyy mielekkäänä, eikä turhia pysäytyksiä tule.

Laitteella testattavat kytkimet ovat salassapitosopimuksen piirissä, joten allekirjoittanut ei itsekään tiedä kuinka montaa erilaista kytkintä laitteella tarvitsee testata. Mittausantureita voidaan joutua tulevaisuudessa lisäämään sen takia, että testattavia kytkintyyppjä tulee lisää. Kullakin kytkintyyppillä on omanlaisensa testi.

Jos laite sijoitetaan sellaiseen tilaan, jossa sijaitsee paljon sähkömagneettiselle häiriölle alttiita laitteita, moottorin syöttökaapeli voidaan vaihtaa häiriösuojattuun. Tällöin häiriöt eivät pääse aiheuttamaan ongelmia muille laitteille kuten esim. mittauslaitteille tai elektroniikalle. Tämäkin mahdollinen häiriö aiheutuu vain moottorin käynnistyksen yhteydessä.

8 POHDINTA

Testilaitteen sähköjen suunnittelu ja asentaminen sujui hyvin, sillä laitteesta saatiin sellainen kuin oli tarkoitus. Muutamien koekäyttö kertojen aikana huomattiin ongelmat ja ne saatiin ratkottua, joko kytkentään tehdyillä muutoksilla tai ohjelmaa muuttamalla.

Haasteita muodostui erityisesti alussa, koska logiikan koodausta oli vasta alustavasti suunniteltu. Logiikan koodaus ja sähkökomponenttien kytkentä määrittävät kuitenkin toisiaan. Esimerkiksi moottorin ohjauksessa komponenttien määrään vaikuttaa se, että monellako outputilla moottoria halutaan ohjata.

Haasteena oli myös, se että koneikon komponentit oli jo valmiiksi valittu ja asennettu. Tästä seurasi ongelmia tiedonhaussa. Esimerkiksi valitusta sähkömoottorista, oli todella vaikea löytää lisätietoa, arvokilvessä olevien tietojen lisäksi. Koska moottori on oleellinen osa laitetta, olisi suotavaa, että siitä löytyisi mahdollisimman paljon tietoa.

Todentaminen tehtiin standardin SFS-EN 60204-1 luvussa 18 esitettyjen vaatimusten mukaisesti, tarkemmin kohdat a), b) ja f), sekä suojamaan jatkuvuus. Mittauksista oikosulkuvirran mittaaminen tehtiin loppuasiakkaan sähköasentajan toimesta. Hänen kanssaan käytiin todentamisen muut kohdat läpi ja tarkistettiin, että arvot ovat standardin mukaisia. Muita todentamisen kohtia ei ollut mielekästä tehdä tämän laitteen kanssa, koska suurimman osan komponenteista olisi joutunut kytkemään irti mittausten ajaksi.

Turvallisuuskäytännöstä katsoen laitetta lähdettiin tekemään standardin, sekä oman riskienkartoituksen kautta. Omassa riskienkartoituksessa otettiin turvallisuuteen jopa standardia tarkempi linjaus. Laitteen sähköt on suojattu johdonsuoja-automaateilla. 230 VAC piiri on suojattu 10 ampeerin automaattilla ja 24VDC piiri 20 ampeerin automaattilla. Nämä ovat samalla osa laitteen henkilösuojauksista. Laitteen sähkökaappi on erilliselle avaimella avattavissa mutta laitteen sähköt eivät katkea kun kaappi avataan. Tästä syystä standardin SFS 60204-1 kohdan 6.2.2 mukaisesti kaapin saa avata vain sähköalan ammattihenkilö tai opastettu henkilö. Tavoitteena oli alusta alkaen rakentaa laitteen sähköt siten, että niitä tulee käsittelemään vain ammattihenkilö tai opastettu henkilö. Turvapiiri saatiin toimimaan riskienkartoituksessa huomioitujen kohtien mukaisesti.

LÄHTEET

ABB <http://www.abb.fi/product/seitp329/3a6d410be311cdfec1256ffe00467f2c.aspx>

ABB 2006. Sähkömiehen käsikirja. <https://library.e.abb.com/public/f334844964896d85c12571e2002d1b54/1SCC011007C1801.pdf>

ABB. 2000. TTT-käsikirja

Argo Hytor. 2014. Electronics for Proportional Valve Control EL6

Harsia P. 2005. Virtuaali Amk <http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojaksot/030503/1133959973706/1133960605288/1133961558641/1133961579677.html>

Hietalahti L. 2013. Teollisuuden sähkökäytöt

Onninen. 2013. Onninen_ohjauskaapelit_2013, http://onninen.procus.fi/documents/original/15329/7/1/Ohjauskaapelit_Onninen_Brochure_02-2013.pdf

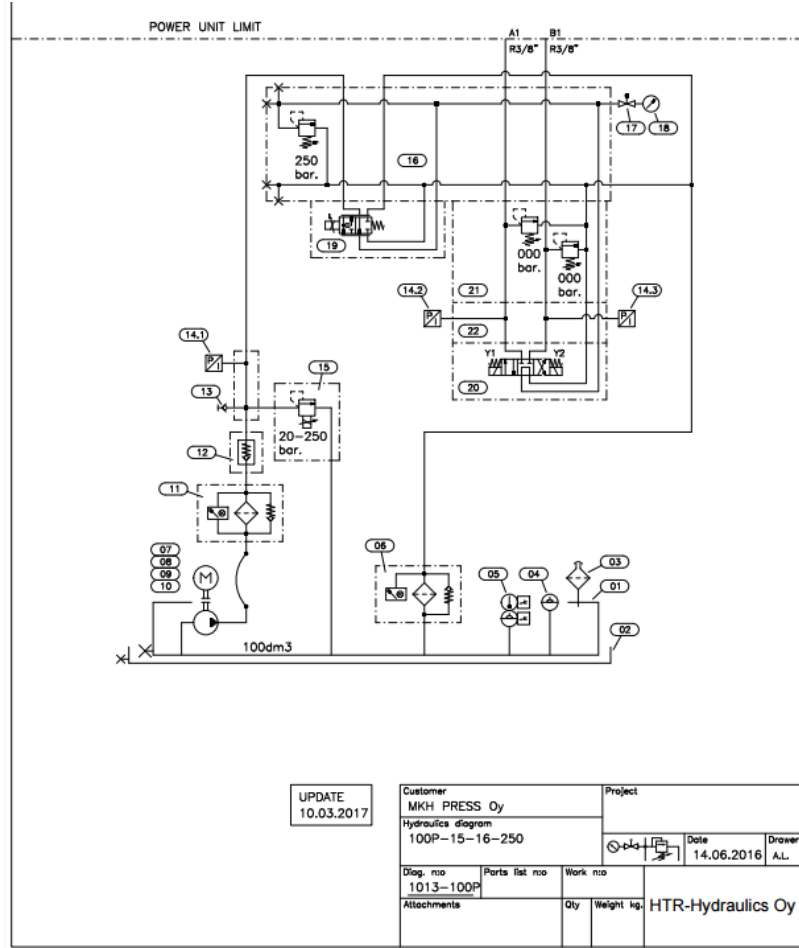
ST-käsikirja 30. 2010. 3. Painos Espoo

Suomen standardoimisliitto SFS 60204-1. 2006. 3. Painos 2006

Sundquist & Haapala. 2011. Ennakoiva suunnittelu ja sopiminen koneiden vaatimustenmukaisuuden ja turvallisuuden varmistamisessa.

LIITTEET

Liite 1. Hydraulikkakaavio



Liite 2. Hydraulikkakaavion osaluettelo

HTR-HYDRAULICS Oy PARTS LIST

Customer		Project		Date	Diag. No:
MKH PRESS Oy		100P-15-16-250		10.03.2017	1013-100P
Pos	Qty	Component	Description	Type	Manufacturer
01	1	RESERVOIR		S100	HTR-HYDRAULICS
02	1	PROTECTIVE POOL		VA80	HTR-HYDRAULICS
03	1	RESERVOIR-BREATHER FILTER		FSB/25	MISELLI
04	1	SIGHT GLASS (Thermometer)		XL/05T/M12	MISELLI
05	1	FLUID-LEVEL INDICATOR		LM1FPA300NCT70NC	ELETTROTEC
06	1	RETURN FILTER WITH BYPASS VALVE		PI 500010-057 NBR	MAHLE
07	1	ELECTRIC MOTOR		ME160L-4 (15,0kW 400V 50Hz 1460r/min B35)	MOVES
08	1	BELLHOUSING		LS-350	OMT
09	1	COUPLING		ND43A	OMT
10	1	GEAR PUMP (16 cm ³)		OT 200 P16 D/G 28 P2	OT
11	1	PRESSURE FILTER WITH BYPASS VALVE		HD 069-176	ARGO HYTOS
12	1	NON-RETURN VALVE WITH SPRING		R1/2" 5psi	STUCCHI
13	1	TAKE OFF POINT R1/4"		2103-01-18.00	HYDROTECHNIK
14.1-3	3	PRESSURE SENSOR		PT3550	IFM
15	1	PROPORTIONAL PRESSURE RELIEF VALVE		SP1P-A2/H35-24E4V	ARGO HYTOS
	1	BODY G1/2" St		SB-B2-0105ST (19696400)	ARGO-HYTOS
	1	SOLENOID (24VDC)		C19B-02400E2-20,6NA (27824300)	ARGO-HYTOS
	1	PLUG CONTROLLER		EL6	ARGO HYTOS
16	1	MULTIPLE SUB-PLATE		EM213/2 X3F	EUROFLUID
17	1	SHUT-OFF VALVE		FT290-14 TOGNELLA 180°	TOGNELLA
18	1	PRESSURE GAUGE		ø63 0-400 bar	WIKA
19	1	PROPORTIONAL BYPASS FLOW CONTROL VALVE		XQP3CBLDE2	BREVINI
	1	PLUG CONTROLLER		EL6	ARGO HYTOS
20	1	4/3 DIRECTIONAL VALVE		ADB3E04CM (24VDC)	BREVINI
21	1	PRESSURE-RELIEF VALVE		AM3VM AB C 3003	BREVINI
22	1	DISTRAINT PIECE R1/4"		EB30314	EUROFLUID

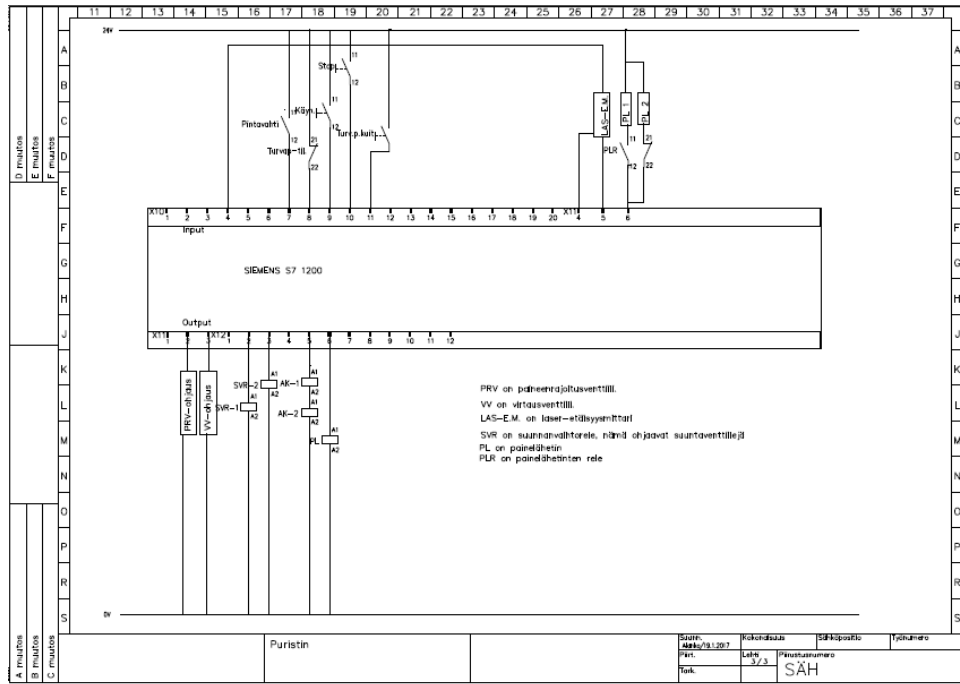
Liite 3. Esimerkki käyttöohjeista

1.2. KÄYTTÖYMPÄRISTÖ

Testauslaitteen valmistaja on asentanut ja käyttöönottanut laitteen asiakkaan tiloissa. Laitesolun toiminnan varmistamiseksi käyttöympäristölle on asetettu seuraavia vaatimuksia:

- Tilavaraus tuotantotiloissa on laitesolun määritysten mukainen (**xxxx mm x xxxx mm**). Lisäksi laitesolu on sijoitettava vaatimusten mukaisen nostoapulaitteen operointialueelle siten, että laitteen käyttö ei hankaloidu.
- Sähköliitäntä verkkoon: Laitteen sähkönsyöttö tapahtuu H07RN-F 5x6mm² kaapelilla, joka kytketään 3-vaihepistorasiaan. Tämä pistorasia on suojattu asiakkaan toimesta 32 A sulakkeilla, sekä siinä on vaihejärjestyksen valinta. Laitte käyttää normaalia vaihejärjestystä. Laitteen syöttöjärjestelmänä toimii TN-S-järjestelmä, jossa on erillinen nolla- ja suojajohdin. Laitteen päävirtakytkimen nimellinen virta on 32 A. Laitteen pääjännite on 400 V sekä nimellistaajuus 50 Hz.
- Laitesolun käyttölämpötilan tulee olla +15° C... +30° C.
- Laitteen runko, sekä koneikon runko on maadoitettava erikseen 10mm² CU-keltavihreillä johtimilla.

Liite 4. Logiikan kytkentäkaavio



Liite 5. Moottorin pää-, ohjaus- sekä turvapiirikaavio.

