



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

Teollisuuspolttimen ohjausjärjestelmän testauslaite

Antti Airikkala

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2017
Kone- ja tuotantotekniikka
Koneautomaatio



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka
Koneautomaatio

AIRIKKALA ANTTI:

Teollisuuspolttimen ohjausjärjestelmän testauslaite
Opinnäytetyö 40 sivua, joista liitteitä 10 sivua
Huhtikuu 2017

Tämän opinnäytetyön toimeksianto oli suunnitella ja toteuttaa FAT-testauksessa apuna käytettävä teollisuuspolttinyksikköä simuloiva kotelo. Se vastaa toiminnaltaan todellista polttinyksikköä ja sen avulla testataan polttimeen liittyvän ohjausjärjestelmän toimintaa. Kotelon vipukytkimien avulla myös erilaisten vikatilanteiden simuloiminen on mahdollista, mikä mahdollistaa erilaisten turvasekvenssien ja -lukitusten toiminnan testaamisen.

Yrityksellä oli tarkoitukseen jo useampia aikaisempia testikoteloita, joihin verrattuna uudesta versiosta haluttiin mm. helppokäyttöisempi, selkeämpi ja helposti liikuteltava. Uusi kotelo toteutettiin releillä kuten aikaisempikin, mutta sen käyttöliittymä merkkivaloineen on entistä havainnollisempi. Värikoodatut ja selkeäksi merkityt kaapelit tekevät kanto-kahvallisesta kotelosta helposti liikuteltavan ja entistä helpommin kytkettävän. Kehitys-ideat uuteen versioon kotelosta tulivat osittain yritykseltä ja osittain työn tekijältä.

Työssä esitellään aiemmin käytössä olleet kotelot ja käydään läpi uuden kotelon kehitys-ideat, suunnitteluprosessi haasteineen piirikaaviosta komponentteihin, sekä esitellään työn tulos, käyttövalmis testilaite.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Mechanical and Production Engineering
Machine Automation

AIRIKKALA ANTTI:

Industrial burner control system testing equipment

Bachelor's thesis 40 pages, appendices 10 pages

April 2017

The objective of this thesis was to design and manufacture a testing box for testing industrial burner control system in factory acceptance test. The box simulates burner unit with its valves and lances. With the switches of box different types of failures can be simulated to test control system's safety sequences and interlocks.

The company had several earlier testing boxes for the purpose and new box wanted to be visual and easier to use and carry with. Main improvements are visual interface and color coded, clearly marked detachable cables which makes it also easy to connect and move around.

This thesis introduces older versions of company's testing boxes and goes through engineering process of the new one. Outcome of this thesis was fully operational testing equipment.

Key words: testing equipment, factory acceptance testing, industrial burner

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
1.1	TOIMEKSIANTO	6
1.2	YRITYSESIITTELY	7
2	TEORIA	8
2.1	FAT-testaus.....	8
2.2	Poltinyksikkö polttovoimalassa	9
3	SUUNNITTELU	10
3.1	Olemassa olevat testauskotelot	10
3.2	kehitysideat	12
3.3	Käyttöliittymä	13
3.4	Komponentit	15
3.4.1	kotelo.....	15
3.4.2	merkkivalot	15
3.4.3	releet.....	16
3.4.4	Potentiometrit.....	16
3.4.5	kaapelit ja johtimet.....	18
3.5	Piirikaavio ja sen toiminta	21
3.6	Layout	22
3.7	Kuljetussuoja	23
3.8	Käyttöohje.....	23
4	VALMISTUKSESSA ILMENNEET ONGELMAT	24
4.1	D-liittimet.....	24
4.2	Pääliekkivahdin merkkivalon kytkentä.....	25
4.3	Vastusten ja diodien asennus	25
4.4	Releiden ”flyback”-diodit	25
4.5	Maadoitukset.....	26
5	TULOKSET	27
6	POHDINTA.....	29
6.1	Työn tekijän pohdinta	29
6.2	Kehitysideat	29
	LÄHTEET	30
	LIITTEET	31
	Liite 1. Piirikaavio	31
	Liite 2. Käyttöohje.....	40

LYHENTEET JA TERMIT

FAT	Factory acceptance testing
DCS	Distributed control system
TAJ	Turva-automaatiojärjestelmä
BFB	Bubbling fluidized bed
BMS	Burner management system
PLC	Programmable logic controller

1 JOHDANTO

1.1 TOIMEKSIANTO

Opinnäytetyön toimeksiantaja Valmet Technologies Oy:n E&I-osasto tarvitsi FAT-testauksen avuksi teollisuuspoltinyksikköä simuloivan testilaitteen. Tarkoitukseen oli jo olemassa lukuisia erilaisia koteloita, jotka sisälsivät releitä, vipukytkimiä ja potentiometrejä. Koteloissa releiden kelat simuloivat toimilaitteiden, venttiilien ja polttokattilan sisään työntyvien lanssien ohjaukseen käytettävien paineilmaventtiilien ja -sylinterien keloja, eli ohjausjärjestelmän lähtöjä. Venttiilien ja lanssien asentoa mittaavia rajakytkimiä, eli ohjausjärjestelmän tuloja simuloitiin releen apukärjillä: avautuvat kärjet simuloivat venttiilillä kiinni-asennon rajakytkintä ja lansseilla ulkona-asennon rajakytkintä ja sulkeutuvat kärjet venttiilillä auki-asennon rajakytkintä ja lansseilla sisällä-asennon rajakytkintä.

Jokaista relettä kohden kotelossa oli kaksi kolmiasentoista vipukytkintä, joista toinen oli kytketty avautuviin ja toinen sulkeutuviin kärkiin. Kytkimillä saatiin muutettua ”rajakytkimien” tila ohjautuvan releen kelan vetämisen mukaan ja kelan vetämisestä riippumatta johtavaan tai johtamattomaan tilaan.

Releitä ja vipukytkimiä sisältävien koteloiden lisäksi testauksen apuna käytettiin myös potentiometrejä sisältäviä koteloita. Potentiometrikoteloilla simuloitiin järjestelmän analogiatuloja, eli mittalaitteita joiden mittaustulos on jotain muuta kuin looginen 1 tai 0. Tällaisia mittauksia voivat olla esimerkiksi virtauksen, paineen ja lämpötilan mittaukset. Prosessiautomaation yleisin analoginen mittaustulos on virtaviesti 4-20 mA.

Testauskoteloilla voitiin simuloida normaalin toiminnan lisäksi erilaisia häiriötilanteita. Tällaisia voivat olla esimerkiksi tilanteet: venttiili on rajakytkimien mukaan auki ja kiinni tai ei ole auki eikä kiinni, lämpötila-anturin mittaustulos ylittää tai alittaa standardivirtaviestin 4-20mA, lanssin ohjauksen loputtua se ei palaudu normaalitilaan, eli ulkona-rajalle jne. Tarkoitus oli tehdä uusi, selkeämpi ja helppokäyttöisempi testauskotelo.

1.2 YRITYSESITTELY

Valmet Technologies Oy:hyn kuuluvan Valmet Pulp and Energy -liiketoimintayksikön juuret alkavat Tampella Oy:stä. Vuodenvaihteessa 1991-1992 se yhtiöitettiin viideksi yhtiöksi, joita olivat Tampella Forest Oy, Tambox Europe Oy, Tamrock Oy, Tampella Papertech Oy ja voimateollisuuden toimialalla toimiva Tampella Power Oy. Vuonna 1994 Tampella Power Oy painoi koko konsernin tuloksen tappiolle epäonnistuneen kaupan myötä ja lisätappioiden pelossa sen koko osakekanta myytiin norjalaiselle Kvaerner:lle. (Oy Tampella Ab 1856-1997, 9-10.)

Vuonna 2006 Kvaernerin Pulping and Power -divisioona myytiin takaisin Suomeen, Metso Oyj:lle. Metso eriytti massa, paperi ja voimantuotanto -liiketoiminnat omaksi yhtiöksi 2013. Uudelle yhtiölle otettiin vuodesta 1999 käyttämättömänä ollut nimi Valmet. (Valmet, a, 4.)

Nykyisin Valmetin Pulp and Energy –liiketoimintayksikkö työllistää noin 1750 henkilöä pääasiassa Suomessa, Ruotsissa ja Intiassa, ja v.2015 sen tilauksien arvo oli 30% koko Valmettiin verrattuna (Valmet, b). Vuonna 2015 Valmet osti Metsolta prosessiautomaattioratkaisuja tarjoavan PAS-yksikön, jonka nimeksi tuli Valmet Automation Oy. Valmet Automation Oy ja Pulp and Energy –liiketoimintayksikkö tekevät paljon yhteistyötä. Opinnäytetyön suorituspaikassa Lentokentänkadun toimipisteessä Tampereella on Valmet Technologies Oy:n lisäksi Valmet Automation Oy:n toimipiste.

Koko Valmetilla on noin 150 toimipistettä yli kolmessakymmenessä eri maassa ja sen liikevaihto oli vuonna 2015 2,9 miljardia euroa (Valmet, c; Valmet, d). Valmetin toimialat ovat sellu ja kuitu, kartonki ja paperi, pehmopaperi, energia, biopolttoaineet ja biomateriaalit sekä muut toimialat (Valmet, e).

2 TEORIA

2.1 FAT-testaus

Kun voimalaitoksen automaatiojärjestelmä on suunniteltu, pitää sen toiminta varmistaa halutunlaiseksi. Tätä varten valmiille, mutta asentamattomalle järjestelmälle tehdään FAT-testi, eli Factory Acceptance Test, joka suoritetaan yleensä toimittajan tiloissa. Testissä hajautetulle ohjausjärjestelmälle, eli DCS-järjestelmälle tuodaan tulo-tietoja ja vastaavasti katsotaan lähtöjen oikea toiminta. Testissä siis simuloidaan oikeaa tehdas- tai laitosympäristöä ilman toimi- ja mittalaitteita tarkoituksena todentaa ohjausjärjestelmän haluttu toiminta normaalitilanteissa, mutta myös erilaisissa vikaantumistilanteissa. Toisinaan tarkoituksena on selvittää, toimiiko ohjausjärjestelmä niin, että se toteuttaa lukitus- ja sekvenssikaaviot oikein ja toisaalta onko lukitukset ja sekvenssit suunniteltu halutunlaiseksi. Lisäksi FAT-testauksessa tarkistetaan usein I/O-listan paikkansapitävyys.

FAT-testaus suoritetaan usein manipuloimalla järjestelmän tuloja ohjelmallisesti. Esimerkiksi Valmet DNA-automaatiojärjestelmässä tulokanavat voi asettaa simulaatiotilaan ja antaa niille arvoja suoraan prosessinäytöltä riippumatta tulojen todellisesta tilasta. Näin tehtäessä ei kuitenkaan varmistuta esimerkiksi I/O-listan oikeellisuudesta, kanavien syöttöjen toimivuudesta ja mittauksien skaalauksesta. Tällöin ne on todennettava erikseen esimerkiksi mA-kalibraattorilla ja yleismittarilla tai niiden yhdistelmällä.

Poltinyksikköön liittyvissä testauksissa erillinen testauskotelo on erityisen käyttökelpoinen. Ohjelmallisesti testaamalla esimerkiksi venttiiliä avatessa täytyisi vaihtaa myös kahden rajakytkimen tulokanavan tilaa, mutta simulaattorilaitetta käyttäessä rajakytkimien tulokanavien tila vaihtuu automaattisesti venttiilin ohjauksen mukaan. Ohjausjärjestelmään oikeasti johdotetulla testilaitteella varmistutaan samalla myös I/O-listan oikeellisuudesta, kanavien syöttöjen toimivuudesta ja mittauksien skaalauksesta. Lisäksi järjestelmän tulotietojen manipulointi on helpompaa vipukytkimien avulla.

Voimalaitoksissa, joissa energia tuotetaan polttamalla, on aina olemassa tulipalon ja räjähdysen mahdollisuus. Siksi niissä on pääohjausjärjestelmästä erillään oleva turva-automaatiojärjestelmä, TAJ. Sille on määritelty erilaisia vaatimuksia, esimerkiksi vakavassa

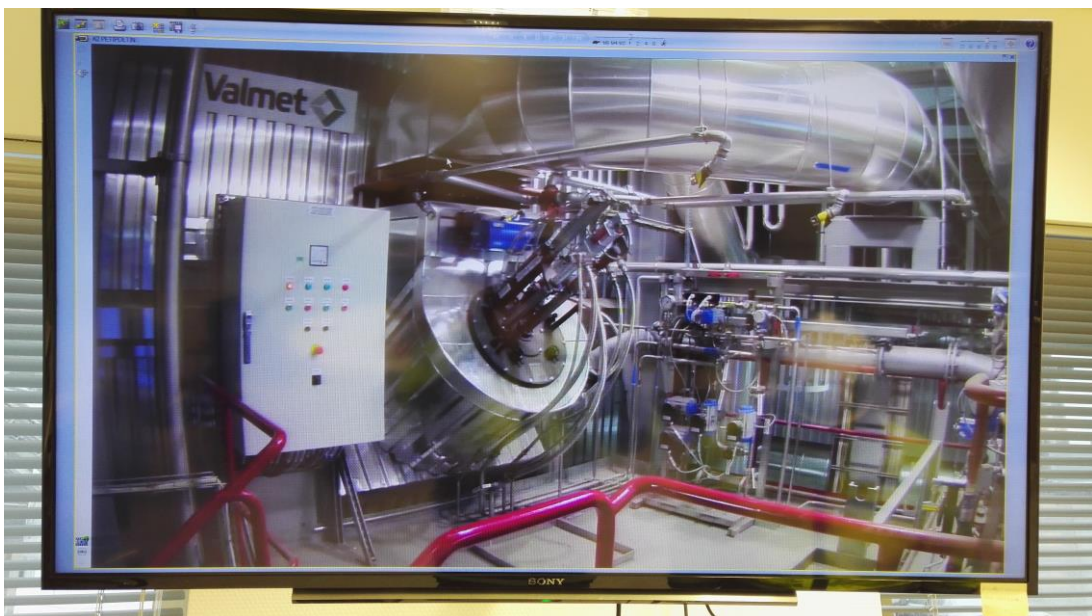
häiriötilanteessa sen tulee pysäyttää tai ajaa prosessi turvalliseen tilaan, mutta toisaalta se ei saa aiheuttaa turvallisuuden kannalta tarpeettomia pysähdyksiä. (Tukes, 2007, 4.)

Poltinyksikkö on turvallisuuden kannalta yksi voimalaitoksen kriittisimpiä osia ja sen instrumenteista suurin osa on liitetty TAJ:iin. Poltinyksikköön liittyy siis paljon turva-automatiikkaa ja erityisesti siksi sen normaalia toimintaa ja vikaantumista FAT-testauksessa on pystyttävä simuloimaan kattavasti.

2.2 Poltinyksikkö polttovoimalassa

Voimalaitoksissa polttimilla voidaan polttaa erilaisia kaasuja ja nesteitä. Kaksi yleisintä tyyppiä ovat käynnistyspolttimet (Start burners) ja kuormapolttimet (Load burners). (Valmet, f) Käynnistyspolttimia käytetään nimensä mukaan palamisprosessin käynnistyksessä. Esimerkiksi kuplivan leijukerroskattilan (BFB) hiekka esilämmitetään käynnistyspolttimilla 400 °C lämpöiseksi ennen pääpolttoaineen sytytystä. Pääpolttoaineen syttymisen jälkeen käynnistyspolttimet sammutetaan. (Valmet, Youtube, 2014). Kuormapolttimet on tarkoitettu jatkuvaan polttoon. Niillä poltetaan esimerkiksi maakaasua ja öljyä.

Poltinta ohjaa joko erillinen stand-alone BMS (Burner management system) tai DCS:ään kuuluva BMS. Poltinyksikköön kuuluu polttimen lisäksi paikallisohjauskotelo ja venttiiliräkki, joka sisältää kaikki polttimeen liittyvät venttiilit. (Valmet, f.) Kuvassa 1 vasemmalta oikealle on polttimen paikallisohjauskotelo, poltin lansseineen ja venttiiliräkki.



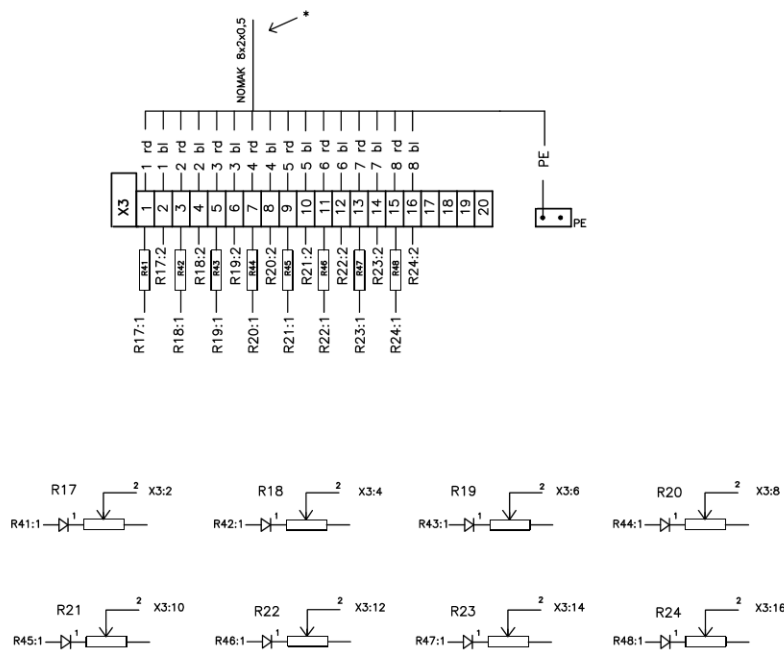
KUVA 1. Poltinyksikkö

3 SUUNNITTELU

3.1 Olemassa olevat testakotelot

Yrityksestä löytyi ennestään kahdenlaisia kotelointilaitteita poltinkyksikön automatiikan testaamiseen: potentiometrejä sisältävä, sekä releitä ja vipukytкимиä sisältävä kotelo. Molemmista kotelointilaitteista oli tehty uudet versiot vuonna 2010, jotka olivat edelleen käytössä.

Potentiometrikotelon kannessa oli 8 kappaletta potentiometrejä, joilla voitiin simuloida standardianalogiavirtaviestiä 4-20 mA. Poltinkyksiköstä analogiamittauksia tehtiin esimerkiksi kaasujen ja ilman paineista, sekä virtausnopeuksista. Jos kytkentää tarkastellaan vain yhden potentiometrin osalta, kuuluu siihen testattavan järjestelmän syöttöjännitteen ja tulokanavan välille sarjaankytketty etuvastus, diodi ja potentiometri (Kuva 2).



KUVA 2. Potentiometrikotelon kytkennät. (Valmet, 2010a)

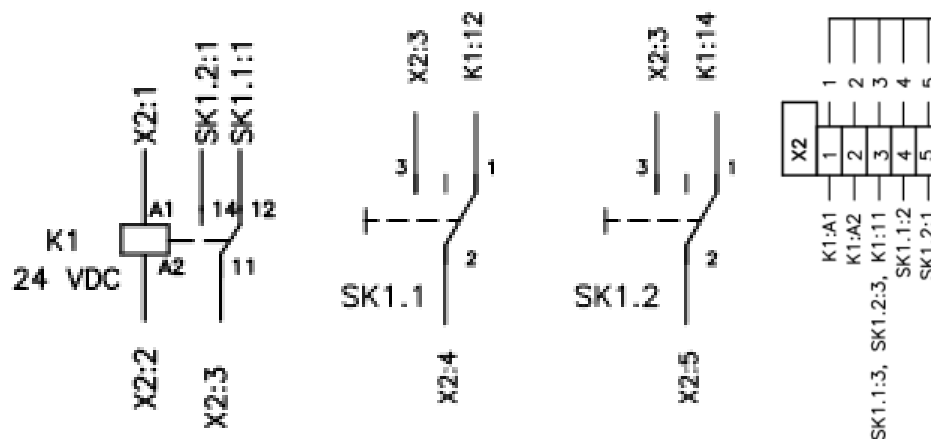
Etuvastuksen tarkoitus on rajoittaa virtaa ja estää logiikan omien ylivirtasuojien laukeamista, kun potentiometri ruuvataan oikosulkuun. Diodin tarkoitus on varmistaa, että syöttö- ja tulo-kanavan signaalijohto on oikein päin kytketty. Syöttö- ja signaalijohto voivat mennä ristiin tilanteessa, jossa mittalaitteen ja tulo-kanavan välissä on riviliitin. Ilman

diodia tällaista tulo-kanavan ja riviliittimen välillä tapahtunutta kytkentävirhettä ei huomattaisi testausvaiheessa. Potentiometrillä pystytään simuloimaan myös virhetilanteita ylittämällä tai alittamalla mitta-alue 4-20 mA.

Releitä ja vipukytkimiä sisältävällä kotelolla simuloitiin venttiileitä ja lansseja ohjaavia sylintereitä rajakytkimineen. Yhtä venttiiliä tai lanssia ja niiden rajakytkimiä kohden kotelossa oli yksi rele ja kaksi kolmiasentoista vipukytkintä. Yhteensä kotelossa oli 18 relettä, 36 kolmiasentoista vipukytkintä ja 8 kaksiasentoista vipukytkintä. Poltinkyksikön venttiilit palautuivat vaikuttamattomina kiinni-asentoon ja lanssit ulkona-asentoon.

Releiden kelat simuloivat venttiilien tai lanssien ohjaukseen käytettävien paineilmaventtiileiden ja -sylintereiden solenoidien keloja, eli ne kytkettiin järjestelmän lähtö-kanaviin. Venttiileitä ei siis varsinaisesti ohjata solenoideilla vaan paineilmalla, jota ohjataan magneettiventtiileillä. Releiden apukärkien avulla taas simuloitiin venttiilin auki- ja kiinnirajoja, eli tuloja. Esimerkiksi kun DCS:ltä tulee jänniteviesti ”venttiili auki” releen kela vetää ja ”venttiili auki”-rajakytkintä simuloivat releen sulkeutuvat apukärjet sulkeutuvat. Vastaavasti ”kiinni”-tietoa simuloitiin releen aukeavilla apukärjillä.

Kolmiasentoisilla vipukytkimillä ”rajakytkimille” saatiin valittua kolme eri tilaa. Auto-maatti-tilassa rajakytkimen tila määräytyi releen vetämisen mukaan, mutta kahdella muulla kytkimen asennolla tilan sai pakotettua johtavaan ja johtamattomaan tilaan (Kuva 3). Kaksiasentoisilla vipukytkimillä voitiin simuloida esimerkiksi liekkivahdin tilaa.



KUVA 3. Yhden piirin kytkentä. (Valmet, 2010b)

Releiden vetäminen todettiin kotelon kannen reiästä katsomalla kelojen led-valoja. Koska venttiilien ja lanssien ohjaus saattoi projektista riippuen toimia jännitteillä 24 VDC, 110 VAC tai 230 VAC, olivat releet mallia, joissa kelan sai vaihdettua ilman johtojen irrottamista.

3.2 kehitysideat

Valmetin työntekijöiden haastattelun perusteella kehitettäviä asioita olivat erityisesti johdinten merkinnän ja käyttöliittymän sekavuus. Kytkenät tehtiin ulkomuistista tai kokeilun ja kytkimien selitykset kirjoitettiin kotelon kanteen liimatulle maalarinteipille. Toisaalta kotelot olivat kuitenkin täysin toimivia tarkoitukseensa.

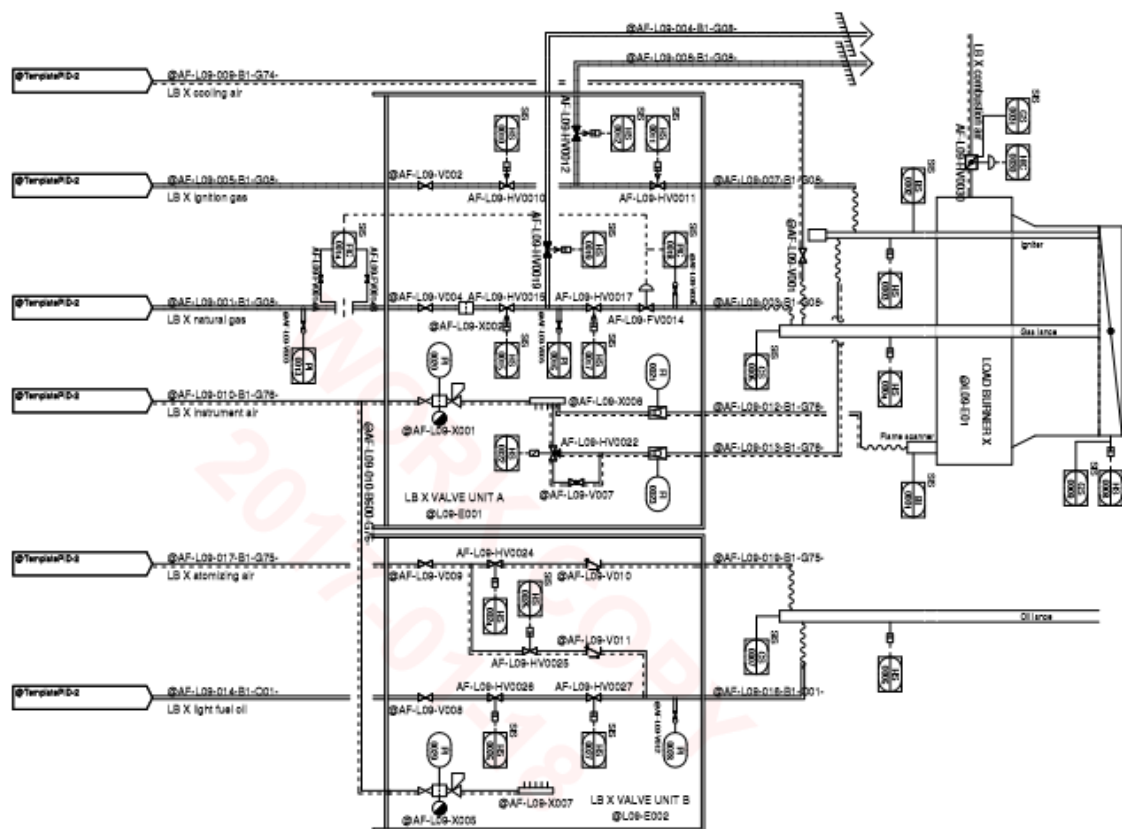
Yhtenä ajatuksena oli tuoda testauskoteloon älyä, esimerkiksi PLC ja kosketusnäyttö tai pieni tietokone, näppäimistö ja hiiri. Tällöin vallitsevan konfiguraation voisi rakentaa itse näytölle valitsemalla valikosta toimilaitteen tai anturin, raahaamalla sen haluttuun kohtaan ja määrittämällä mitä PLC:n kanavaa se vastaa. Konfiguraation voisi myös tallentaa ja sitä voisi käyttää uudelleen sellaisenaan tai muokattuna. Tällöin laite tarvitsisi kuitenkin erilliset releet, koska markkinoilla ei ole PLC:tä, jonka tulo- ja lähtökorteille kävisi kaikki halutut jännitteet 24 VDC, 110 VAC ja 230 VAC.

Uusi testauslaite päätettiin toteuttaa releillä kuten aikaisemmatkin. Uuden kotelon kannesta haluttiin visuaalisempi. Siihen päätettiin laittaa jonkinlainen prosessikuva toimilaitteeseen. Vipukytkimet sijoitettaisiin niihin liittyvän venttiilin tai lanssin läheisyyteen ja näin käyttöliittymästä saataisiin selkeämpi. Lisäksi releiden kelojen vetämistä ei enää seurattaisi koteloon sahatun reiän kautta, vaan niiden ja myös rajakytkimien tilaa indikoitaisiin merkkivaloilla.

Yksi ongelma oli kotelon vaikea liikuttaminen. Kaapelit piti asetella kotelon päälle ja kannettaessa katsoa, ettei ne valahda alas. Kaapelit päätettiin kiinnittää koteloon liittimillä, jolloin ne voidaan kantaa erikseen. Koteloon suunniteltiin laitettavan jonkinlainen kantohihna tai -kahva.

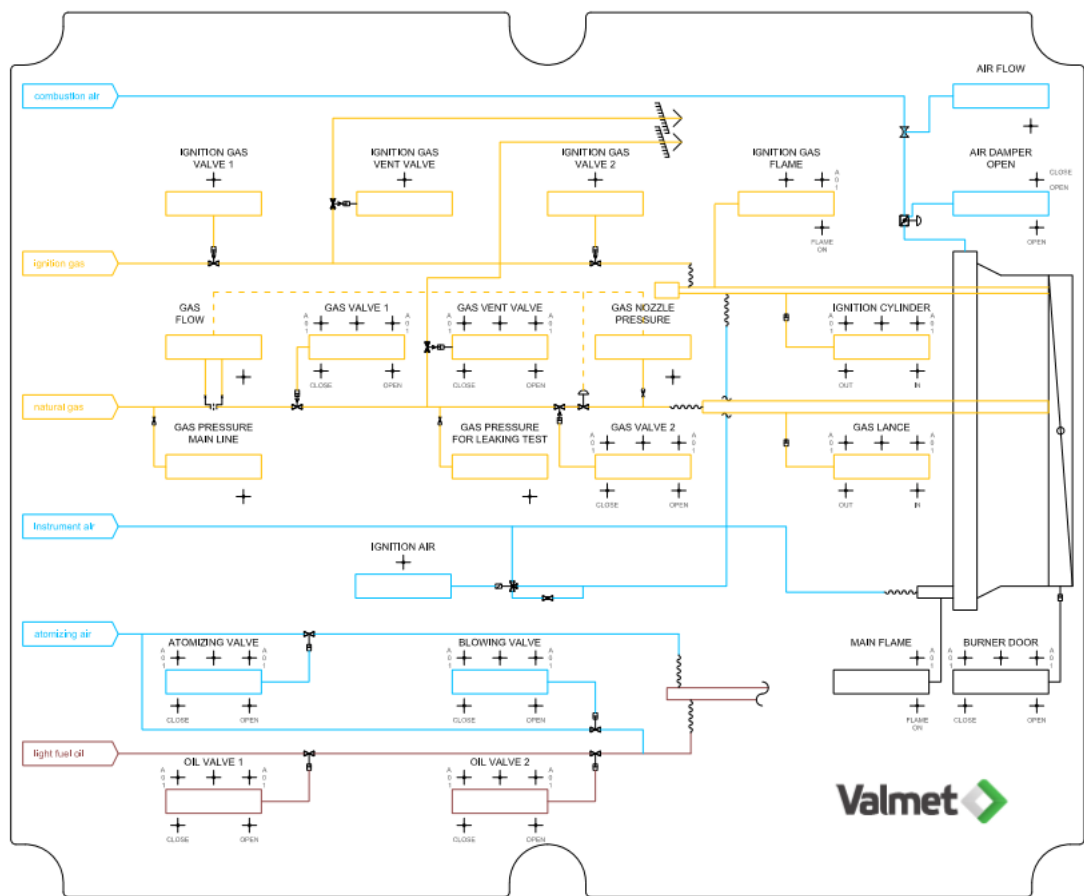
3.3 Käyttöliittymä

Paras vaihtoehto visuaalisen ja selkeän käyttöliittymän toteuttamiseen oli kotelon kanteen liimattava tarra. Mallia tarralle lähdettiin hakemaan kaksipolttoaineisen kuormapolttimen PI-kaaviosta, jonka oletettiin olevan eniten venttiileitä ja lansseja sisältävä tilanne (Kuva 4.). Kyseisellä poltinkyksiköllä voitiin polttaa kaasua ja kevyttä polttoöljyä vaihdettavilla lansseilla ja siinä oli kaasusytytin. Yksinkertaisemmissa tilanteissa kaikkia kotelon sisältämiä kytkimiä ja releitä ei käytettäisi. Mallina ollut PI-kaavio muunnettiin Siemens CO-MOS -ohjelmalla tarran piirroksessa käytetyn Autodesk Autocad -ohjelman tukemaan dwg-muotoon. Näin symbolit saatiin kopioitua samanlaisina kuin ne olivat PI-kaaviossa.



KUVA 4. Mallina ollut PI-kaavio (Valmet, g)

Kuvassa 5 olevaan tarraan piirrettiin jokaiselle venttiilille, lanssille ja mittaukselle 10 x 40 mm:n tyhjä laatikko, johon pystyi kirjoittamaan vesiliukoisella tussilla positiotunnuksen ja testauksen loputtua pyyhkimään sen pois. Esimerkiksi venttiilin osalta laatikon yläpuolelle kiinnitettäisiin kiinni-rajän vipukytkin, venttiilin ohjauksen merkkivalo ja auki-rajän vipukytkin ja vastaavasti alapuolelle venttiilin kiinni- ja auki-rajän merkkivalot. Analogiamittauksia varten olevat potentiometrit sijoitettiin niitä vastaavien laatikoiden oikeaan alareunaan. Reikien paikat mitoitettiin tarraan tarkoituksena porata ne tarran liimaamisen jälkeen. Kaasulinjat piirrettiin keltaisella, ilmalinjat sinisellä ja öljylinjat ruskealla. Myös venttiilien, lanssien ja mittauksien nimet kirjoitettiin tarraan.



KUVA 5. Tarra

3.4 Komponentit

3.4.1 kotelo

Koteloä etsittiin ensin tunnettujen valmistajien Rittal, Ensto ja Fibox valikoimista ajatuksena koko 400x400x120 mm. Parhaimmaksi vaihtoehdoksi muodostui kuitenkin Gewiss-merkkinen 420x380x120 mm muovinen kotelo. Muilla valmistajilla tämän kokoluokan kotelot olivat usein 200 mm syviä ja testauskotelosta haluttiin mahdollisimman pieni.

3.4.2 merkkivalot

Molemmilla, tasa- ja vaihtojännitteellä toimivia merkkivaloja etsittiin verkosta, kysyttiin keskusvalmistajalta ja komponentteja myyvistä liikkeistä, mutta vaihtoehtoja ei löytynyt kuin yksi. Ainoa löytynyt vaihtoehto oli 22 mm reikään tarkoitettu punainen merkkivalo, joka sisälsi lisäksi äänimerkin. Liian suuren koon ja yhden väri vaihtoehtoon lisäksi hinta oli noin 6-kertainen verrattuna 24VDC led-merkkivaloihin.

Merkkivalojen syöttö päätettiin toteuttaa erillisen teholähteen kautta, jolloin syöttöjännite pysyy aina samana. Näin merkkivaloiksi voitiin valita 24 VDC käyttöjännitteelliset led-merkkivalot integroiduilla etuvastuksilla, joissa valikoimaa oli riittävästi. Merkkivalojen toteuttaminen erillisenä piirinä vaati kytkimiltä yhden lisäkärjet ja releeltä yhden avautuvan ja yhden sulkeutuvan koskettimen.

Merkkivalojen tehollähde mitoitettiin niin, että kaikki valot saavat palaa samaan aikaan. Tarkkaa merkkiä ja mallia valoille ei tässä vaiheessa ollut tiedossa, joten virrankulutus katsottiin halutunlaisesta led-merkkivalosta. (Rapid Electronics) Virrankulutuksena kyseiselle merkkivalolle oli ilmoitettu 24 VDC-jännitteellä 9 mA. Kotelossa valoja on 38 kpl, joten kaavaan (1) sijoittamalla tehoksi saatiin laskettua:

$$P = UI \tag{1}$$

jossa P on teho, U jännite ja I virta

$$24 \text{ V} \cdot 9 \text{ mA} \cdot 38 = 8,2 \text{ W}$$

Virtalähteen merkiksi suunniteltiin alustavasti Phoenix Contact, koska myös riviliittimet oli tarkoitus tilata samanmerkkisinä. Lisäksi Phoenix Contact:in tuotteet, erityisesti riviliittimet ja tehollähteet ovat yleisesti käytettyjä keskusvalmistuksessa ja ne oletettiin helposti saataviksi. Tehollähteeksi valittiin teholtaan pienin mahdollinen malli UNO-PS/1AC/24DC/ 30W, jonka lähtöteho on 30 W.

3.4.3 releet

Releiden osalta ongelma oli sama, kela pitäisi pystyä ohjaamaan tasa- ja vaihtojännitteellä. Vaihtoehtoja löytyi yksi, E3K kahdella vaihtokoskettimella. Hinta oli lähes kolminkertainen verrattuna aiemmin käytettyihin Omron G2R-1-SND-releisiin. Lisäksi uuteen testilaitteeseen haluttiin venttiilien ja lanssien rajakytkimille omat syötöt, kun vanhassa niiden syötöt oli yhdistetty ja näin toisen rajakytkimen kanavan syötön toimivuutta ei tullut todennettua. E3K-releiden rinnalle olisi siis täytynyt kytkeä toinen rele, koska vaihtokoskettimia tarvittiin yksi molemmille rajakytkimille ja yksi valoille.

Releinä päädyttiin käyttämään Omronin G2R-2, MY3 ja MY4 sarjojen releitä, joissa on nimensä mukaan kaksi, kolme ja neljä vaihtokosketinta. Kaikissa näissä malleissa on vaihdettava kela, joten se voidaan vaihtaa käyttöjännitteen mukaan irrottamatta johtoja, aivan kuten aikaisemmissakin testauskoteloidissa.

3.4.4 potentiometrit

Potentiometreillä haluttiin simuloida standardivirtaviestiä 4-20mA, mutta myös mitta-alueen ylitys ja alitus haluttiin mahdolliseksi. Alimmillaan virraksi haluttiin noin 2 mA ja ylimmillään noin 22 mA. Tarvittavaa vastusta lähdettiin hakemaan kaavalla (2), käyttäen DCS:n syöttämää jännitettä 24VDC.

$$R = \frac{U}{I} \quad (2)$$

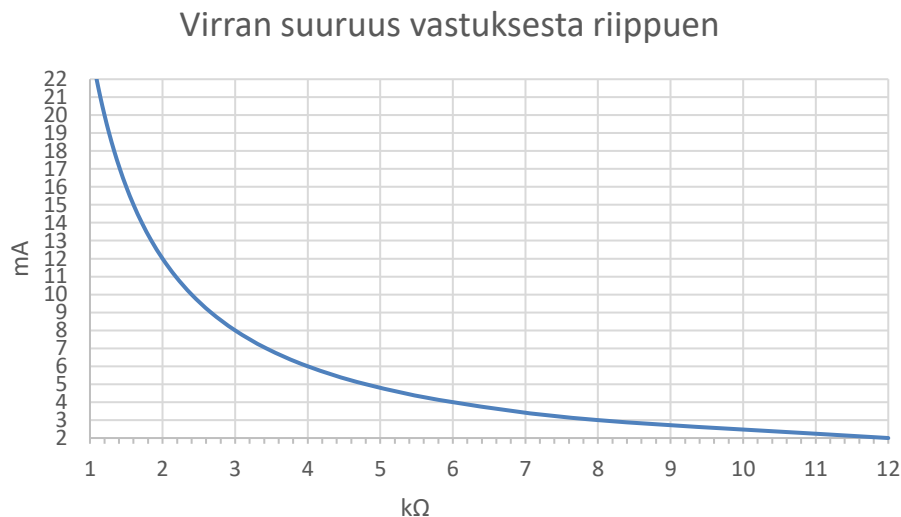
Vastus alarajalla:

$$\frac{24 \text{ V}}{2 \text{ mA}} = 12 \text{ k}\Omega$$

Vastus ylärajalla:

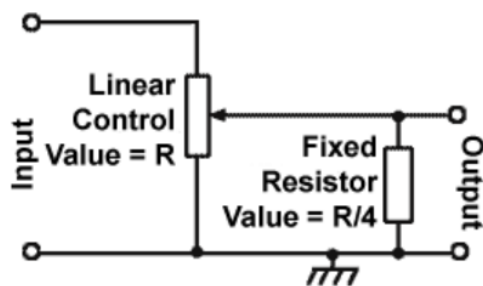
$$\frac{24 V}{22 mA} = 1,09 k\Omega$$

Kaavasta huomataan, että riippuvuus ei ole lineaarista. Virran suuruus vastuksesta riippuen on esitettyä kuviossa 1.



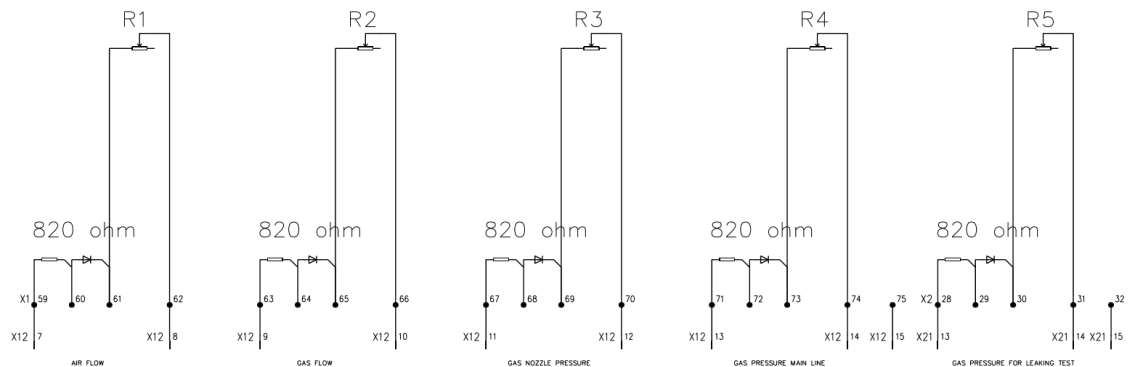
KUVIO 1. Virran suuruus vastuksesta riippuen

Koska virran riippuvuus vastuksesta ei ole lineaarista olisi tarkoitukseen sopinut paremmin logaritminen potentiometri. Kun potentiometrin vastus kasvaisi logaritmisesti, muuttuisi virta suhteessa potentiometrin asentoon lineaarisemmin. Halutunlaisia monikierroksisia logaritmisia potentiometrejä ei ollut saatavilla. Kuitenkin lineaarisesta potentiometrissä saadaan lähes logaritminen kuvan 6 kytkennällä, jossa osa virrasta kulkee suoraan maahan. Se olisi vaatinut testattavan järjestelmän maapotentiaalin kytkemisen koteloon, joten siitä luovuttiin ja käytettäväksi valikoitui lineaariset kolmikierroksiset potentiometrit.



KUVA 6. Lineaarisen säätövastuksen muuttaminen logaritmisen kaltaiseksi (Learn about Electronics, 2017)

Jotta testattavan järjestelmän syöttöjännitettä ja tulokanavaa ei pystyisi täysin oikosulkemaan oli potentiometrin eteen laitettava etuvastus. Teoriassa laskettu arvo 1,09 k Ω olisi riittänyt, mutta mahdollisen syöttöjännitteen aleneman takia ja edellisestä kotelosta mallia ottaen etuvastukseksi valittiin 820 Ω :n vastus. Potentiometrin vastukseksi valittiin 10 k Ω :a. Aivan kuten aikaisemmassakin kotelossa, potentiometrin ja etuvastuksen kanssa sarjaan lisättiin diodi virran oikean kulkusuunnan varmistamiseksi. Potentiometriä kytkeä kokonaisuudessaan on esitettyä kuvassa 7.



KUVA 7. Potentiometriä kytkeä.

3.4.5 kaapelit ja johtimet

Ennen kaapeleiden valintaa valittiin niille liittimet. Aluksi ulkoisten kaapeleiden liittimiksi suunniteltiin Harting Han -sarjan moninapaliittimiä. Pinnejä tarvittiin noin 100 kpl, joten liittimien suhteellisen iso koko muodostui ongelmaksi. Vaihtoehtoisia liittimiä etsittiin esimerkiksi valmistajilta Amphenol, Deutsch, AMP ja Cannon. Tarkastelluista vaihtoehtoista löytyi kaksi varteenotettavaa vaihtoehtoa, pyöreä ja tiheäpinninen Cannon Trident Neptune-sarja, sekä Amphenol-merkkiset high density D-liittimet. Cannonin liittimien hinta olisi ollut noin 200-300 e/pari ja toimitusaika 3-8 vk, joten koteloon valittiin huomattavasti edullisemmat ja nopeammin toimitettavissa olevat Amphenol High Density D-liittimet.

D-liittimien jännitteenkestoksi ilmoitettiin 250 VAC ja virrankestoksi 3 A ja niitä oli tarjolla 15-, 26- ja 44-pinnisinä. Ne olivat erityisen tiheäpinnisiä, esimerkiksi 26-pinninen liitin mahtui 15-pinniselle tarkoitettuun koteloon ja 15-pinninen liitin 9-pinniselle tarkoitettuun koteloon. Liittimille valittiin metalliset kotelot, joihin mahtui maksimissaan 13 mm halkaisijaltaan oleva kaapeli.

Kun vaihtoehdot pinnien määrästä valituissa D-liittimissä tiedettiin, voitiin niille valita sopivat kaapelit. Kaapelien poikkipinta-ala valittiin taulukon 1 perusteella. Taulukon pienin mitoitusvirta on 6 A, jolle pienin taipuisan johtimen poikkipinta-ala on 0,5 mm².

Taulukko A.1 Kuparijohtimille sopiviin ulkoisten johtimien liittimiin liitettävien johtimien poikkipinnat

Mitoitusvirta	Jäykät tai muutamalankaiset johtimet		Taipuisat johtimet	
	Poikkipinta-ala		Poikkipinta-ala	
	minimi	maksimi	minimi	maksimi
A	mm ²		mm ²	
6	0,75	1,5	0,5	1,5
8	1	2,5	0,75	2,5
10	1	2,5	0,75	2,5

TAULUKKO 1. Ote ulkoisten johtimien poikkipinta-alan mitoituksessa käytetystä taulukosta. (SFS-EN 61439-1, 2013, 156)

Turvajärjestelmään meneville johdoille valittiin kaksi Ölflex 25G kaapelia ja kaksi 26-napaista liittintä sekä yksi Ölflex 18G kaapeli ja 15-napainen liitin. Tavalliseen järjestelmään meneville johdoille valittiin kaksi Ölflex 18G kaapelia ja kaksi 15-napaista liittintä. Molempien kaapeleiden jännitteenkesto on 300/500 V

Kaapeleiden toisen pään holkitetut johtimet suunniteltiin merkittävän esimerkiksi Phoenix Contact:in kutistesukkamerkeillä (kuva 8). Idea oli myös värikoodata johtimet erivärisillä kutistesukilla, esimerkiksi ilmaventtiilit sinisellä ja kaasuventtiilit keltaisella. Työn edetessä merkintöjen tekstit päätettiin kirjoittaa käsin kutistesukkiin, koska koneella tehdyt merkinnät olisi täytynyt tilata erikseen muualta. Kaapeleiden merkinnät ovat esitettynä kuvassa 9.



KUVA 8. Phoenix Contact:n kutistesukkamerkintöjä

IGN GAS VLV 1:COIL	IGN AIR:COIL
IGN VENT VLV:COIL	ATOM VALVE:CLOSED
IGN GAS VLV 2:COIL	ATOM VALVE:OPEN
IGN GAS FLAME:ON	ATOM VALVE:COIL
IGN GAS FLAME:COIL	BLOWING VALVE:CLOSED
AIR DAMPER:OPEN	BLOWING VALVE:OPEN
GAS VLV 1:CLOSED	BLOWING VALVE:COIL
GAS VLV 1:OPEN	BURNER DOOR:CLOSED
GAS VLV 1:COIL	BURNER DOOR:OPEN
GAS VENT VLV:CLOSED	BURNER DOOR:COIL
GAS VENT VLV:OPEN	OIL VLV 1:CLOSED
GAS VENT VLV:COIL	OIL VLV 1:OPEN
GAS VLV 2:CLOSED	OIL VLV 1:COIL
GAS VLV 2:OPEN	OIL VLV 2:CLOSED
GAS VLV 2:COIL	OIL VLV 2:OPEN
MAIN FLAME:ON	OIL VLV 2:COIL
IGN CYLINDER:OUT	AIR FLOW
IGN CYLINDER:IN	GAS FLOW
IGN CYLINDER:COIL	GAS NOZZLE PRESSURE
GAS LANCE:OUT	GAS PRESSURE MAIN LINE
GAS LANCE:IN	GAS PRESSURE FOR LEAKING TEST
GAS LANCE:COIL	

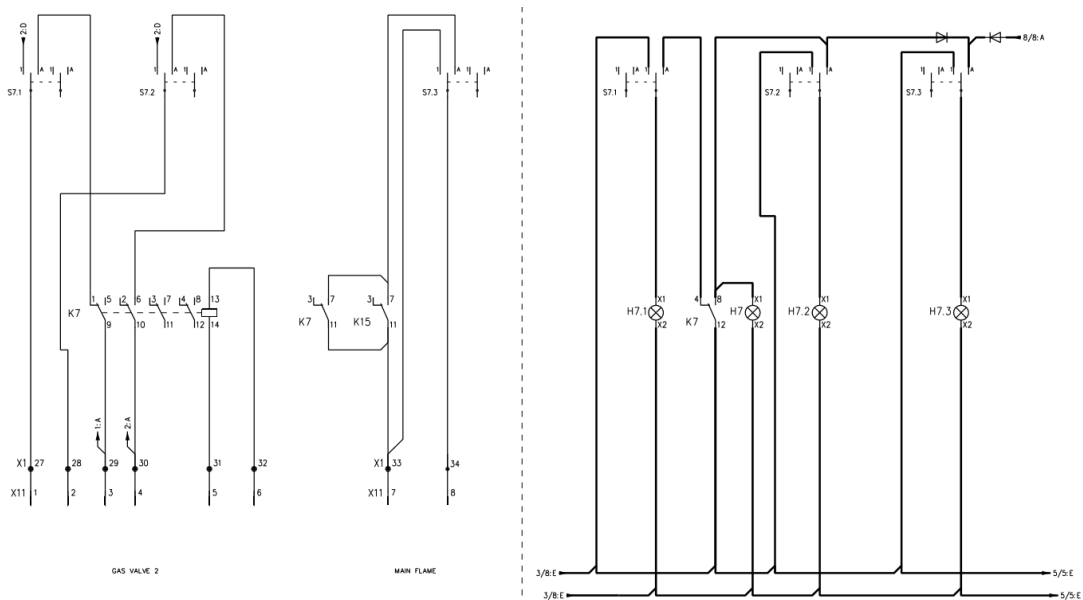
KUVA 9. Testauskotelon johdinmerkinnät

Kotelon sisäisiin kytkentöihin suunniteltiin käytettävän H05V-K 0,5 mm² -johdinta. Testattavaan järjestelmään kytkettäville johtimille valittiin oranssi väri, jota suositellaan vieraalle jännitteelle ja merkkivaloihin liittyville johtimille tummansininen väri, jota suositellaan DC-ohjausjännitteelle. (SFS-EN 61439-1, 2000, 77)

3.5 Piirikaavio ja sen toiminta

Piirikaavio piirrettiin Cads Planner -ohjelmistolla. Se on piirretty niin, että yhdellä sivulla vasemmalla puolella on DCS:ään kytkettävät komponentit ja oikealla puolella kotelon sisäiset, merkkivaloihin liittyvät kytkennät. Potentiometrien kytkennät on esitetty viimeisellä sivulla. Yhteensä piirikaaviossa on 9 sivua.

Kytkenät eri releiden kohdalla ovat pitkälti samanlaisia: vipukytkimet A-asennossa ”rajakytkimet” seuraavat ”venttiilin” tai ”lanssin” ohjausta. Esimerkiksi kuvan 10 vasemmalla puoliskolla K7:n kelan saadessa jännitteen vaihtavat kiinni- ja auki-rajoja simuloivat releen apukärjet tilaansa. Releen apukärjet voidaan ohittaa asettamalla vipukytkin 1-asentoon, jolloin ”rajakytkin” on vaikuttuneena riippumatta releen vetämisestä. Vastavasti 0-asennossa sähkö ei kulje kytkimen läpi riippumatta releen vetämisestä. Kuvassa 10 Gas valve 2:n kiinni-ajan rajakytkintä vastaa liittimen X11 pinnit 1 ja 3, auki-ajan rajakytkintä pinnit 2 ja 4 ja venttiilin kelaa pinnit 5 ja 6. Kuvassa 10 näkyy myös pääliekkivahdin kytkentä. Automaattitilassa se kytkeytyy päälle, kun K7 (gas valve 2) tai K15 (oil valve 2) saa ohjaussignaalin.

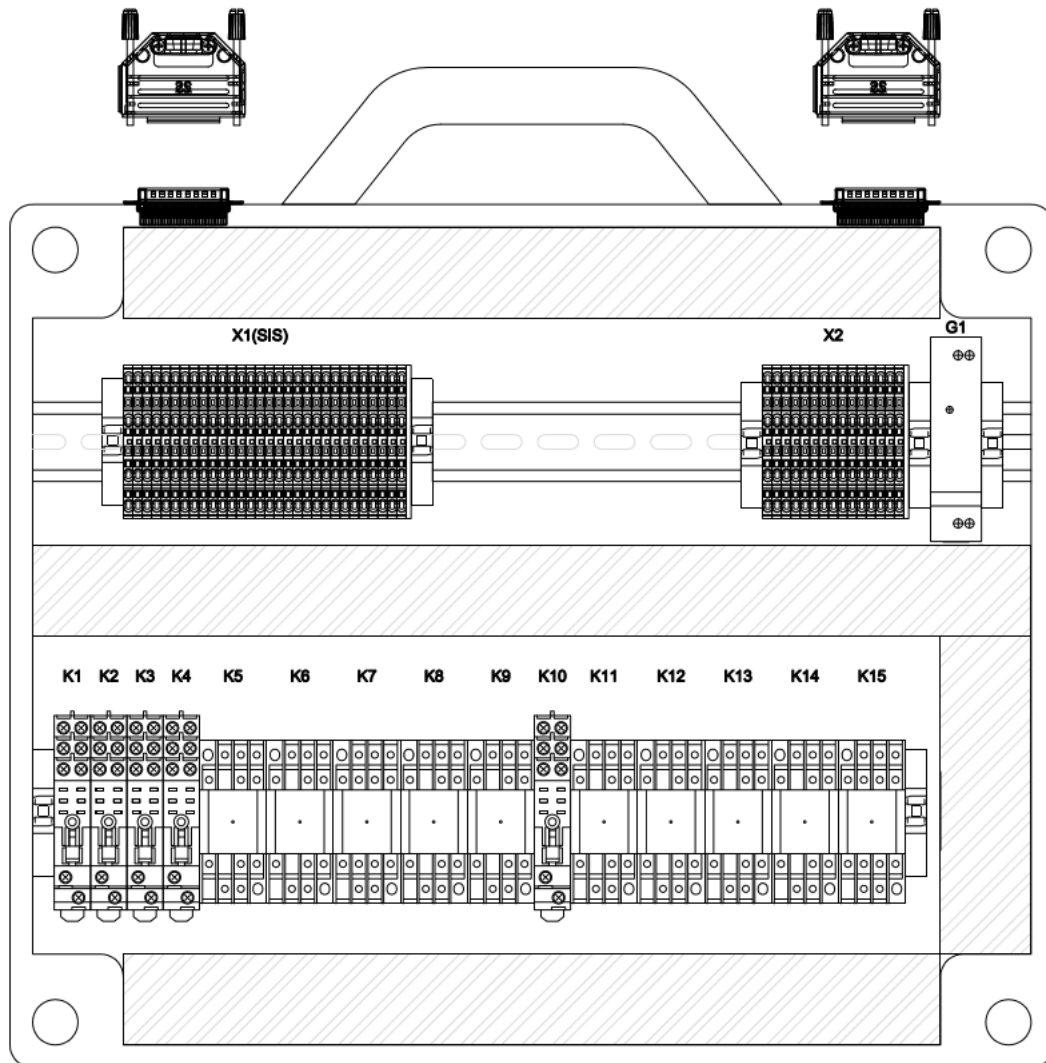


KUVA 10. Piirikaavion sivun 4 kytkennät.

Oikealla puoliskolla kuvassa 10 on esitettyä merkkivalojen kytkentä. H7 syttyy kun venttiilin ohjaus on päällä, H7.1 kun kiinni-raja on päällä, H7.2 kun auki-raja on päällä ja H7.3 kun liekkivahti kuvitteellisesti havaitsee liekin (viittaus 8/8:A johtaa oil valve 2:n auki-ajan vipukytkimen A-nastaan). Piirikaavio kokonaisuudessaan on liitteenä 1.

3.6 Layout

Kotelon layout-kuva piirrettiin Autodesk Autocad -ohjelmistolla. Komponenttien 2d-kuvat ladattiin verkosta, mutta kotelosta ja pohjalevystä ei niitä ollut saatavilla. Koteloon suunniteltiin kaksi D-kiskoa, yksi riviliittimille ja tehrolähteelle, ja yksi releille. Kannesta tulevat johdot suunniteltiin vietäväksi oikeanpuolimmaiseen kouruun. Layout on esitettyä kuvassa 11.



KUVA 11. Layout

3.7 Kuljetussuoja

Vipukytkimien suojaamiseksi kotelon kannen päälle suunniteltiin kuljetussuoja. Se suunniteltiin laserleikattavaksi muovilevystä, johon kiinnitettäisiin koteloa vasten nojaavat 3D-tulostetut jalat. Jalkojen tarkoitus on myös estää kuljetussuojan liikkuminen tasossa kanteen verrattuna. Pystysuunnassa kanteen verrattuna se oli tarkoitus kiinnittää ruuvein, mutta kiinnitystapa vaihdettiin kahteen nahkaremmiin, jotka kiinnittyvät kotelon kylkiin. Näin välttyttiin kotelon kanteen kiinnitettävistä ruuveista, jotka olisivat mahdollisesti olleet tiellä koteloa käyttäessä. Levyn materiaaliksi valittiin hyvin iskuja kestävä polykarbonaatti ja jalkojen materiaaliksi 3D-tulostuksessa yleisimmin käytetty biohajoava Polylaktidi (PLA).

3.8 Käyttöohje

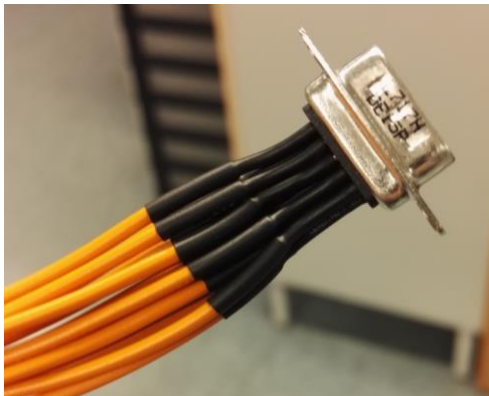
Jotta kotelon käyttö olisi mahdollisimman helppoa ja selkeää laadittiin sen käyttöön käyttöohje. Tarkoituksena oli, että kotelon käyttö käyttöohjeen avulla olisi mahdollista ilman erillistä opastusta. Käyttöohje on liitteenä 2.

4 VALMISTUKSESSA ILMENNEET ONGELMAT

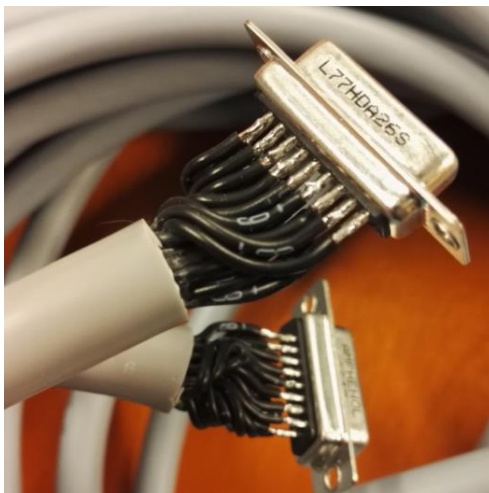
4.1 D-liittimet

Oletetusti suurimmat ongelmat liittyivät D-liittimien juottamiseen. 0,5 mm² johtimet olivat hieman liian paksut liittimien juotosholkkeihin, eivätkä ne ulottuneet kuin puoliputken muotoiseen osaan juotosholkkeja. Holkkien sisähalkaisijaa tai suurinta johtimien poikkipinta-alaa ei mainittu liittimien datalehdessä.

Lisäksi johtimien eristeet olivat niin paksut ja liittimien pinnit tiheät, ettei niiden päälle mahtunut kutistesukkaa. Asia ratkaistiin kotelon liittimissä kuorimalla johtimia ”liian” paljon, jolloin kutistesukat mahtuivat juosten ja eristeen päälle johtimien kaartuessa kauempana liittimestä. Ulkoisten kaapeleiden osalta eristys tehtiin kuumaliimalla. Kuvassa 12 kotelon liitin ja kuvassa 13 ulkoisen kaapelin liitin.



KUVA 12. Kotelon liitin



KUVA 13. Kaapelin liitin ennen kuumaliimaa

4.2 Pääliekkivahdin merkkivalon kytkentä

Valmistuksen yhteydessä huomattiin myös suunnitteluvirhe: kun gas valve 2 ja oil valve 2 ovat A-tilassa ja jommankumman ohjaus on päällä, syttyy myös toisen auki-rajän merkkivalo, vaikka se ei todellisuudessa ole päällä. Vika johtui pääliekkivahdin ”flame on” merkkivalon ohjauksesta, joka ohjautuu päälle, kun gas valve 2:n tai oil valve 2:n ohjaus on päällä ja pääliekkivahdin vipukytkin A-tilassa. Asia korjattiin lisäämällä kytkentään kaksi diodia jotka estävät virran kulun gas valve 2:n auki-rajän merkkivalolta oil valve 2:n auki-rajän merkkivalolle ja toisinpäin. Kytkeä kokonaisuudessaan on nähtävissä piirikaavion sivuilta 4 ja 8, joka on liitteenä 1.

4.3 Vastusten ja diodien asennus

Erityisesti vastusten jalat olivat niin ohuita, että ne eivät puristuneet kunnolla jousiriviliittimiin. Asia ratkaistiin juottamalla diodeihin ja vastuksiin johtimet, jotka puristuivat riviliittimiin asianmukaisesti. Ongelmaa ei olisi ollut, jos riviliittimissä olisi ollut ruuvit tai diodeja ja vastuksia varten olisi hankittu niille tarkoitetut liittimet.

4.4 Releiden ”flyback”-diodit

Katkaistaessa releen kelalta jännite syntyy huomattavan suuria jännitepiikkejä, jotka pahimmassa tapauksessa voivat rikkoa relettä ohjaavan lähtökortin transistorin. Jännitepiikkiä voidaan torjua ns. ”flyback”-diodilla, joka usein on integroitu releeseen. Jännitteen katkaisuhetkellä syntyvä virta kiertää kelan rinnalle kytketyn diodin kautta uudelleen kelle, kunnes se hiipuu. (American Zettler)

Asia jäi releitä valitessa täysin huomioimatta ja siitä keskusteltiin toimeksiantajan kanssa, mutta diodien puuttumista ei pidetty ongelmana. Käytettyjä releitä on saatavilla myös diodillisina versioina ja ne on mahdollista vaihtaa myöhemmin. Epäselväksi jäi myös millaisia ylijännitesuojia Valmet DNA:n tai mahdolliset muun merkkiset DO-kortit sisältävät ja suojaavatko ne ilmiöltä, sekä sisältävätkö Valmetin käyttämien venttiilien solenoidit diodeja.

4.5 Maadoitukset

Koska kotelo on muovia, eivät kytkimet, merkkivalot ja potentiometrien rungot maadoituneet kotelon kannen kautta. Esimerkiksi johdon irrotessa vipukytkimeltä ja koskettaessa kytkimen runkoa tulee myös kytkimen vipu jännitteelliseksi, joka on pahimmassa tapauksessa 230 VAC. Kytkinten osalta maadoitus saatiin tehtyä niiden maadoituskyynen alle asennetun ja kytkimien kohdalta välikuoritun maadoitusjohtimen avulla. Merkkivalojen ja potentiometrien osalta riskiä ei pidetty oleellisena ja ne jätettiin maadoittamatta. Jos asiaa oltaisi ajateltu ennen kannen johdottamista, olisi merkkivalojen ja potentiometrien maadoituksen voinut toteuttaa esimerkiksi kotelon ja komponenttien väliin asennetuilla rengasliittimillä.

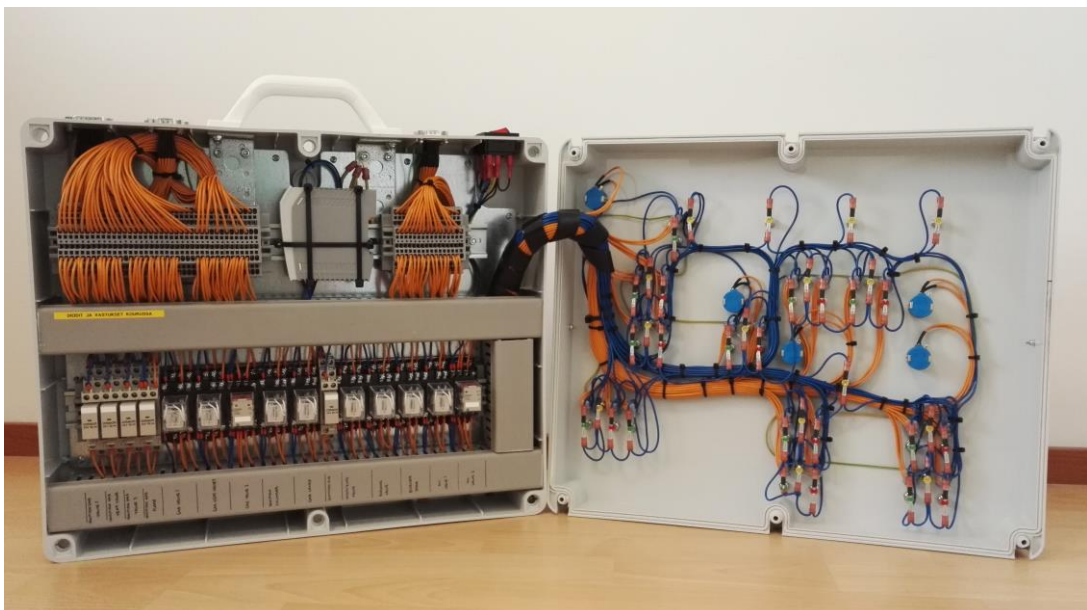
5 TULOKSET

Työn tuloksena syntyi käyttövalmis, helposti liikuteltava ja helppokäyttöinen testauskotelo kaapeleineen. Kaapeleiden johtimet on merkitty tekstein ja eri väreillä riippuen miin linjaan ne liittyvät. Kotelon kanteen voidaan kirjottaa vesiliukoisella tussilla esimerkiksi positiotunnuksia.

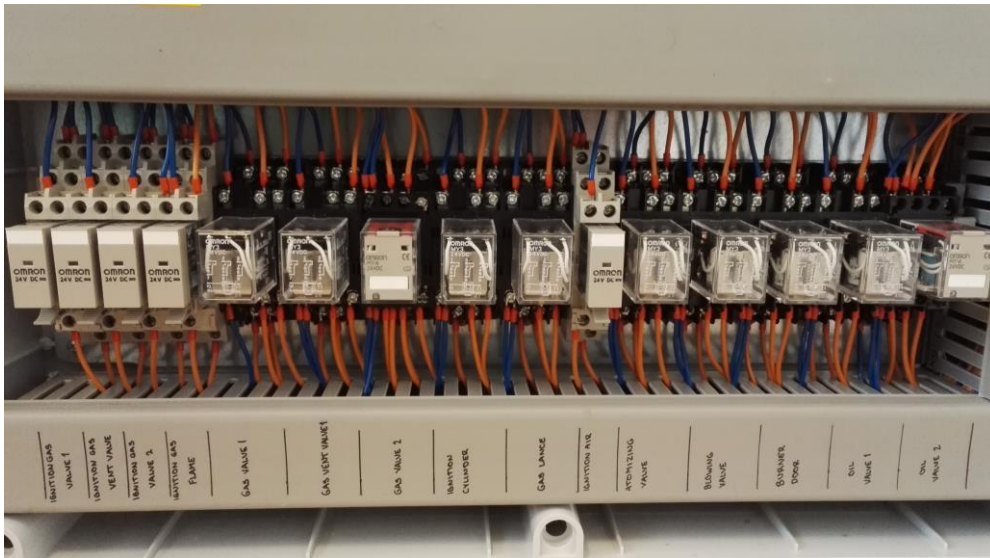
Kaapelit, D-liittimet, johtimet ja releiden kärjet on luokiteltu vähintään 3 A virralle ja 250 VAC jännitteelle. Releet ovat valittavissa joko 24 VDC tai 230 VAC jännitteille ja ne käyvät samoihin relekantoihin. Merkkivalot eivät ole yhteydessä testattavaan järjestelmään ja ne toimivat erillisen teholähteen kautta. Valmis tuote on esitettyinä kuvissa 14-18.



KUVA 14. Testauskotelo, kuljetussuoja ja kaapelisalkku



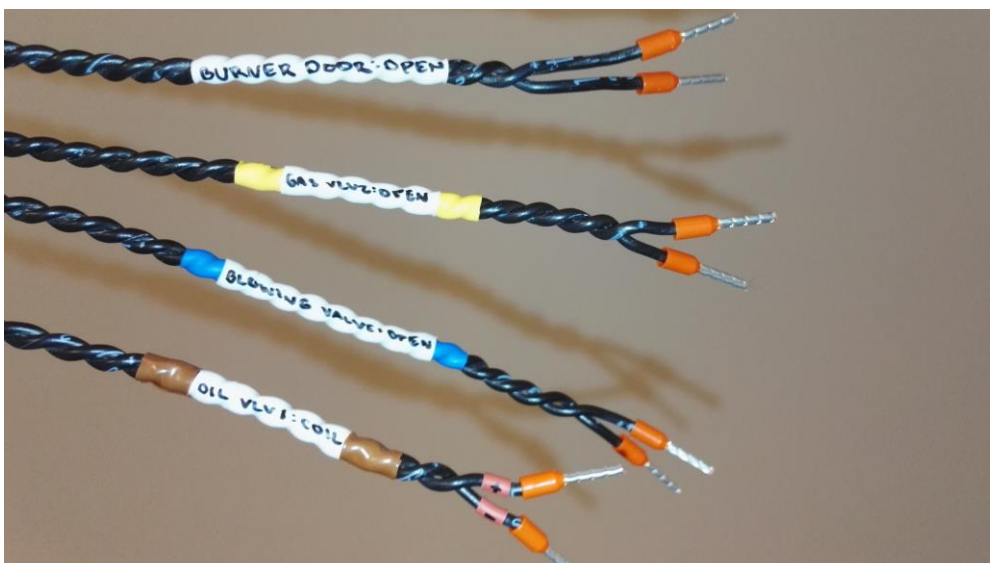
KUVA 15. Testauskotelo sisältä



KUVA 16. Testauskotelon vaihdettavat releet



KUVA 17. Yksi kotelon viidestä ulkoisesta kaapelista



KUVA 18. Kotelon käyttöliittymän mukaan värikoodattuja johtimia

6 POHDINTA

6.1 Työn tekijän pohdinta

Työ kokonaisuutena oli onnistunut. Vaikka toimintaperiaate vanhaan verrattuna on samanlainen, saatiin uuteen koteloon useita käyttöä helpottavia ja selkeyttäviä ominaisuuksia. Työn laajuus oli sopiva, suunnitteluun riitti aikaa tarpeeksi ja kaikki suunnitellut kehitysideat saatiin toteutettua. Koteloa ei kuitenkaan ehditty käyttämään tarkoitukseensa ennen opinnäytetyön kirjoitusprosessin loppumista, eikä siitä siksi saatu käyttökokemuksia käsiteltäväksi työssä.

6.2 Kehitysideat

Vastaavanlaisia testikoteloita tehdään varmasti myös jatkossa. Valmistettavuuden kannalta juotettavat komponentit, erityisesti D-liittimet voisi vaihtaa puristettavilla pinneillä varustettuihin versioihin ja hankkia vastusten diodien kiinnitystä varten asianmukaiset D-kiskoon kiinnittyvät telineet.

Epäilemättä mittauksien simulointia varten olisi sopinut paremmin logaritmiset potentiometrit, jolloin virran muutos suhteessa potentiometrin asentoon olisi ollut lineaarisempi, mutta niitä ei ollut tarjolla monikierroksina. Logaritmisia yksikierroksisia potentiometrejä on kuitenkin helposti saatavilla ja niillä saavutettavan tarkkuuden riittävyttä voisi tarkastella. Pohdittavaksi jäi, koettiinko monikierroksiset potentiometrit tarpeelliseksi vain siksi, että käytetyt lineaariset potentiometrit ovat epätarkkoja erityisesti mitausten ylärajoilla ja olisiko yksikierroksinen logaritminen ollut kuitenkin monikierroksista lineaarista parempi vaihtoehto.

Mahdollinen seuraava versio testauskotelosta voisi olla ohjelmoitava, jolloin käyttöliittymästä saisi aina täysin tilannetta vastaavan näköisen. Toimilaitteet ja anturit raahattaisiin vetovalikosta haluttuihin kohtiin, jonka jälkeen niille annettaisiin nimi ja määritettäisiin mihin laitteen johtoon ne kytkeytyvät. Esimerkiksi erilaisten poltinkyksiköiden mallit voisi tallentaa laitteen muistiin ja niiden pohjalta voisi luoda uusia malleja. Ohjelmoitava laite soveltuisi myös muihin kuin poltinkyksikön automatiikan testaukseen. Ohjelmoitavan testilaitteen toteutus ohjelmistoinen olisi kuitenkin kallista.

LÄHTEET

American Zettler. Relay Technical Notes. [Pdf-dokumentti]. Luettu 15.4.2017. http://www.azettler.com/pdfs/technical_notes.pdf

Leppä, J. 2000. Oy Tampella Ab 1856-1997. 2000. [Word-dokumentti]. Suomen elinkeinoelämän keskusarkisto. Luettu 14.4.2017. elma.elka.fi/ArkHistory/T127.DOC

Rapid Electronics. 2017. Logarithmic and Linear Controls. Luettu 15.4.2017. <https://www.rapidonline.com/5mm-led-indicator-24v-chrome-81590>

SFS-EN 61439-1, 2013a. Pienjännitekeskukset. osa 1. [Pdf-dokumentti]. [Vaatii käyttöoikeuden]. Luettu 15.4.2017.

SFS-EN 60439-1. 2000. Jakokeskukset. osa 1. [Pdf-dokumentti]. [Vaatii käyttöoikeuden]. Luettu 15.4.2017.

Tukes. 2007. Turva-automaatio prosessiteollisuudessa. [Pdf-dokumentti]. Luettu 14.4.2017. http://www.tukes.fi/Tiedostot/kemikaalit_kaasu/Turva-automaatio_proses-siteollisuudessa.pdf

Valmet. a. Valmet yleisselitys 2017. [Pdf-dokumentti]. Luettu 14.4.2017. http://www.valmet.com/globalassets/about-us/valmet-in-brief/valmet-general-presentation_2017_fin.pdf

Valmet. b. Valmet Businesses and Areas. [Yrityksen sisäinen materiaali]. Luettu 21.1.2017. <http://flow.valmet.com/Businesses-and-Areas/Pulpanenergy/Pages/default.aspx>

Valmet. c. Valmetin toimipisteet. Luettu 14.4.2017. <http://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/yhteystiedot/valmetin-toimipisteet/>

Valmet. d. Avainluvut. Luettu 14.4.2017 <http://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/valmet-lyhyesti/avainluvut/>

Valmet. e. Toimialat. Luettu 14.4.2017. <http://www.valmet.com/fi/toimialat/>

Valmet. f. Burner Systems. [Pdf-dokumentti]. Luettu 14.4.2017. [http://www.valmet.com/Valmet/products/Vault2MP.nsf/BYWID/WID-140318-2256E-572CF/\\$File/HPGB_B_2300_017-02.pdf?OpenElement](http://www.valmet.com/Valmet/products/Vault2MP.nsf/BYWID/WID-140318-2256E-572CF/$File/HPGB_B_2300_017-02.pdf?OpenElement)

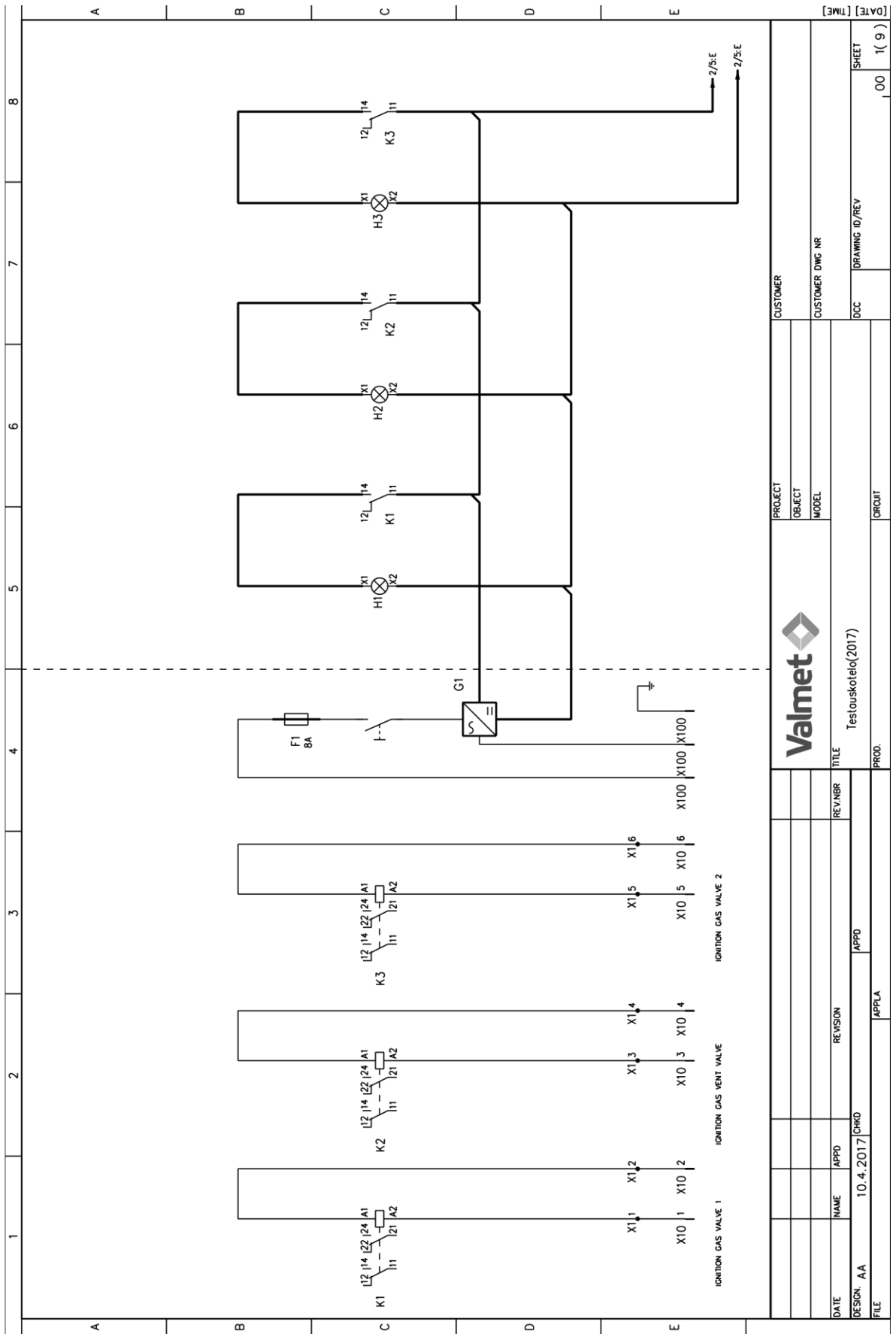
Valmet. g. Load Burner X. [Pi-kaavio]. [Yrityksen sisäinen materiaali]. Luettu 18.1.2017

Valmet. 2010a. Potentiometrikaappi. [KytKentäkuva]. [Yrityksen sisäinen materiaali]. Luettu 18.1.2017

Valmet. 2010b. Testauskaappi. [KytKentäkuva]. [Yrityksen sisäinen materiaali]. Luettu 18.1.2017

Valmet. 2014. HYBEX boiler. Youtube-video. Katsottu 15.4.2017. <https://www.youtube.com/watch?v=KcR62W2z8KE>

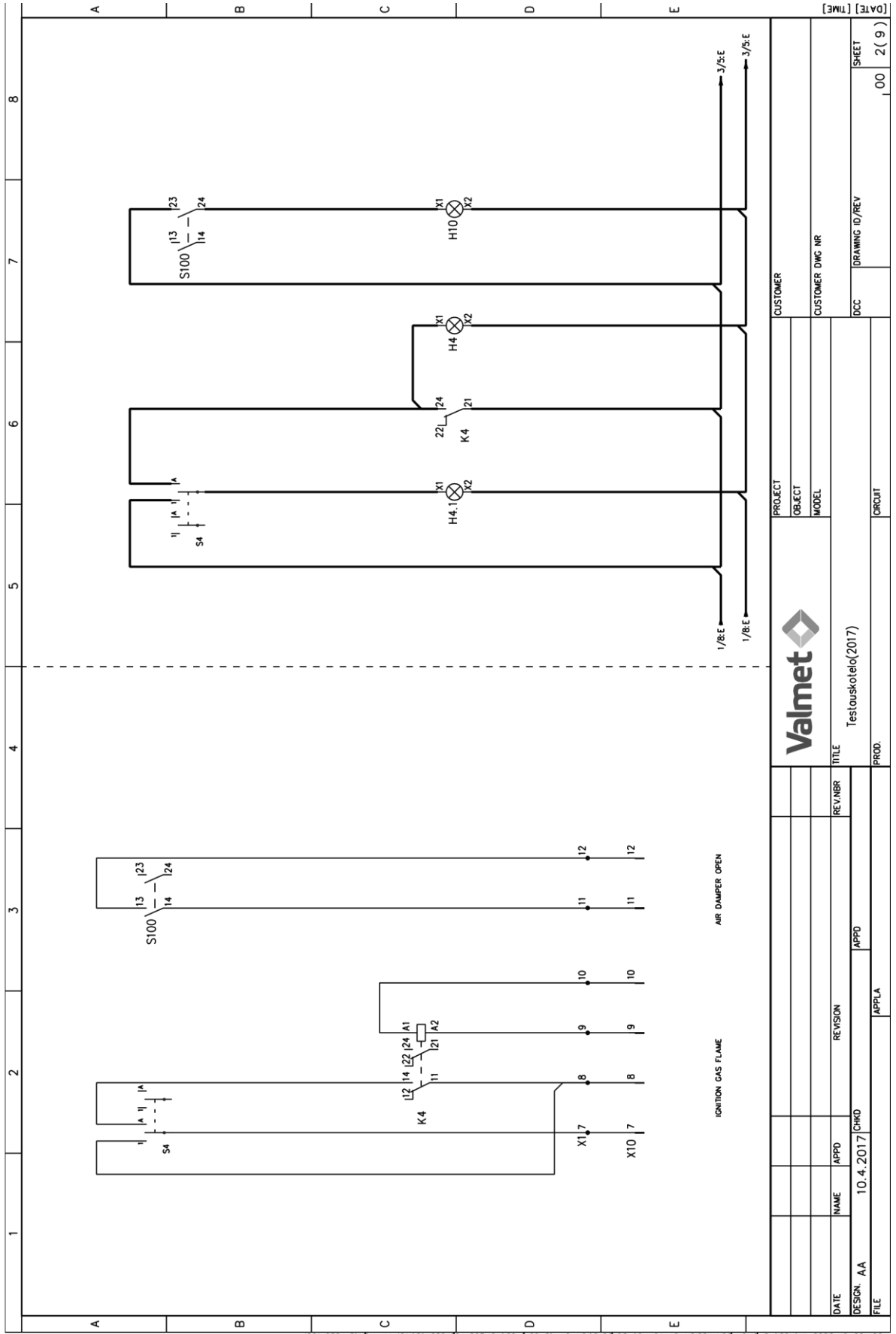
Liite 1. Piirikaavio



The information contained herein is confidential and proprietary to Valmet Corporation and is not to be reproduced, disclosed to a third party, modified or used without a prior permission of Valmet Corporation or its duly authorized representative. All rights reserved.



PROJECT	CUSTOMER
OBJECT	CUSTOMER DWG NR
MODEL	
TITLE	DCC
TESTOUSKOTELO(2017)	DRAWING ID/REV
REV.NBR	SHEET
10.4.2017	1 (9)
CHRD	
APPLA	
APPD	
NAME	
DATE	
DESIGN. AA	
FILE	

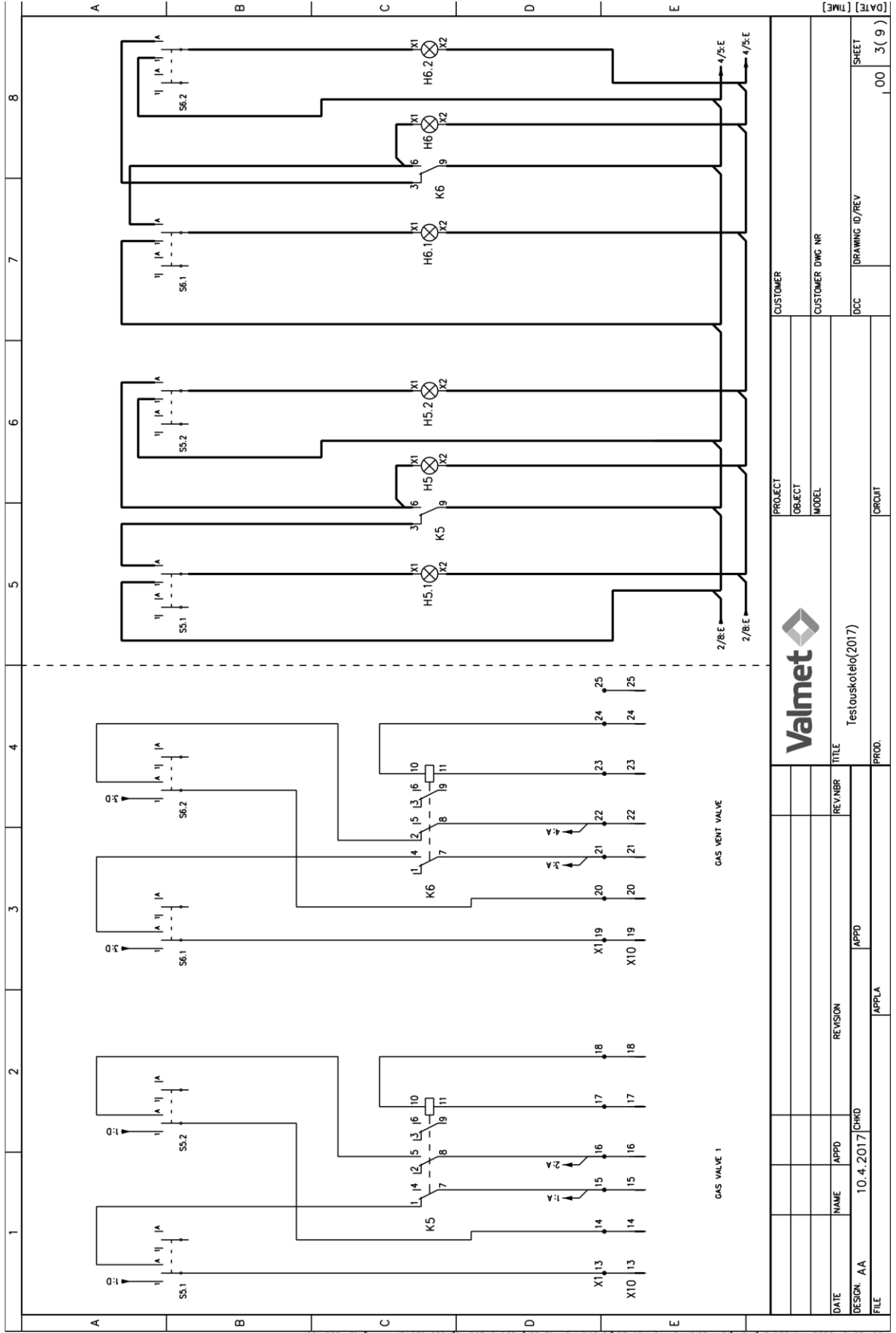


The information contained herein is confidential and proprietary to Valmet Corporation and is not to be reproduced, disclosed to a third party, modified or used without a prior authorized representative. All rights reserved.



PROJECT	CUSTOMER
OBJECT	CUSTOMER DNS NR
MODEL	DCC
TITLE	DRAWING ID/REV
REV/NBR	SHEET
REVISION	1 00
NAME	2 (9)
APPD	
CHD	
FILE	
DESIGN: AA	
DATE	
10.4.2017	
APPD	
APPLA	
PROJ	
TESTOUSKOTEL(2017)	
CIRCUIT	

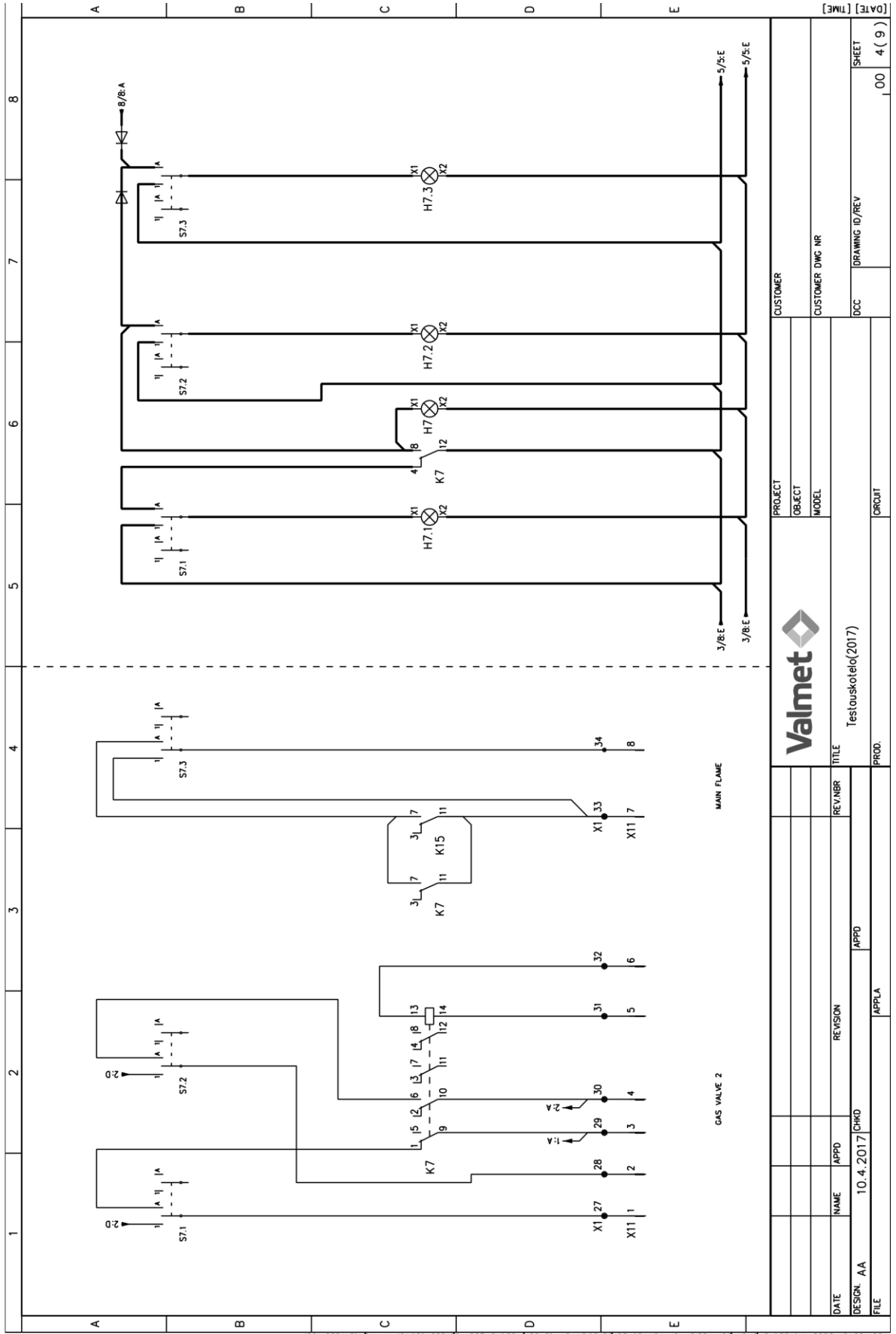
[DATE] [TIME]



The information contained herein is confidential and proprietary to Valmet Corporation and is not to be reproduced, disclosed to a third party, modified or used without a prior permission of Valmet Corporation or its duly authorized representative. All rights reserved.



PROJECT		CUSTOMER	
OBJECT		CUSTOMER DNS NR	
MODEL		DCC	
TITLE		DRAWING ID/REV	
DATE	REV	SHEET	DATE [TIME]
DESIGN: AA	10.4.2017	00	3 (9)
FILE	APPLA		
	APPD		
	CHMD		
	REV		
	TITLE		
	TESTOUSKOTEL(2017)		
	PROJ		
	CIRCUIT		

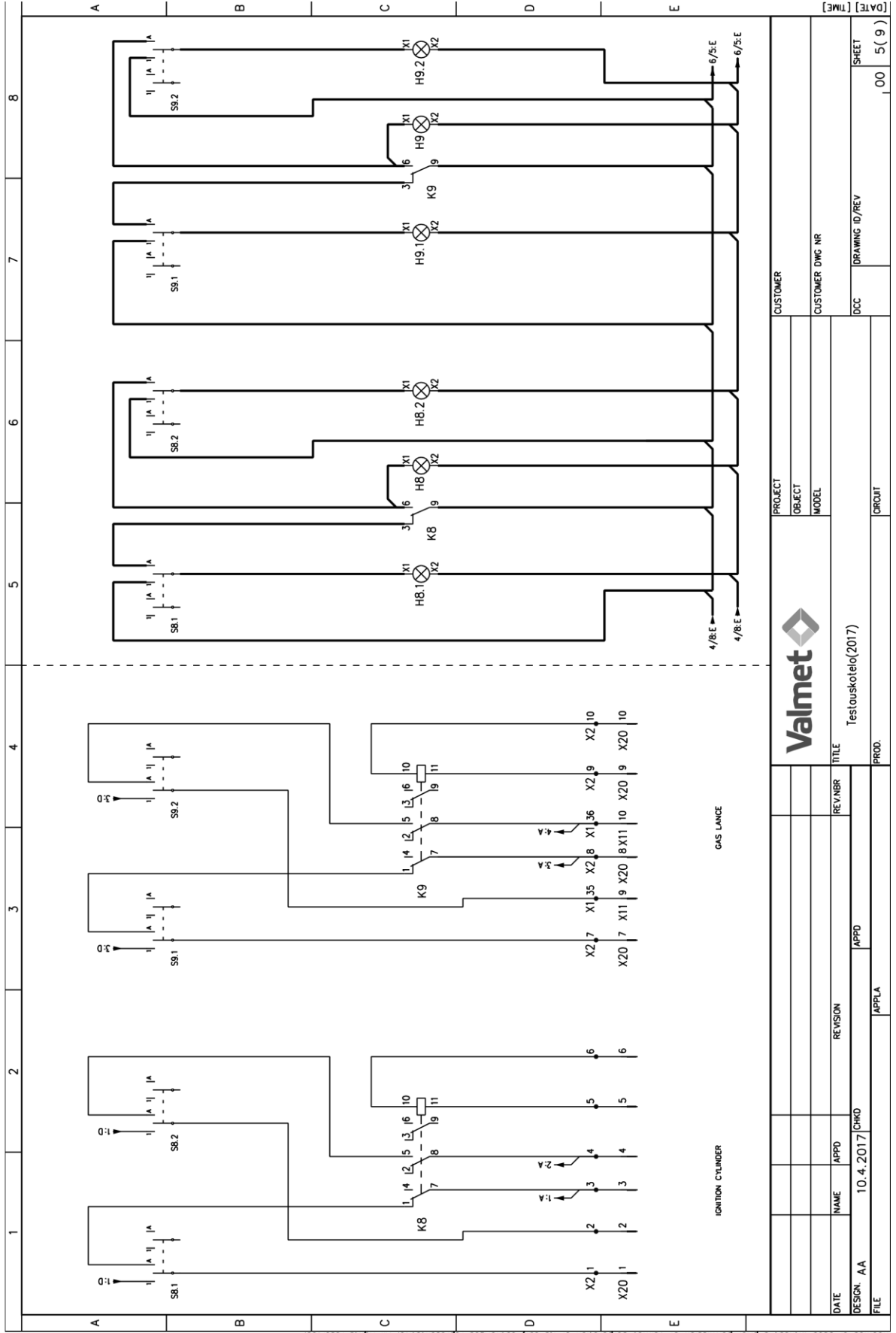


The information contained herein is confidential and proprietary to Valmet Corporation and is not to be reproduced, disclosed to a third party, modified or used without a prior authorized representative. All rights reserved.



PROJECT	CUSTOMER
OBJECT	CUSTOMER DNS NR
MODEL	DCC
TITLE	DRAWING ID/REV
REVISION	SHEET
NAME	100
APPD	4 (9)
DATE	
DESIGN: AA	
FILE	
10.4.2017	
CHND	
APPLA	
APPD	
PROJ	
TESTOUSKOTEL(2017)	
PROJ	

[DATE] [TIME]



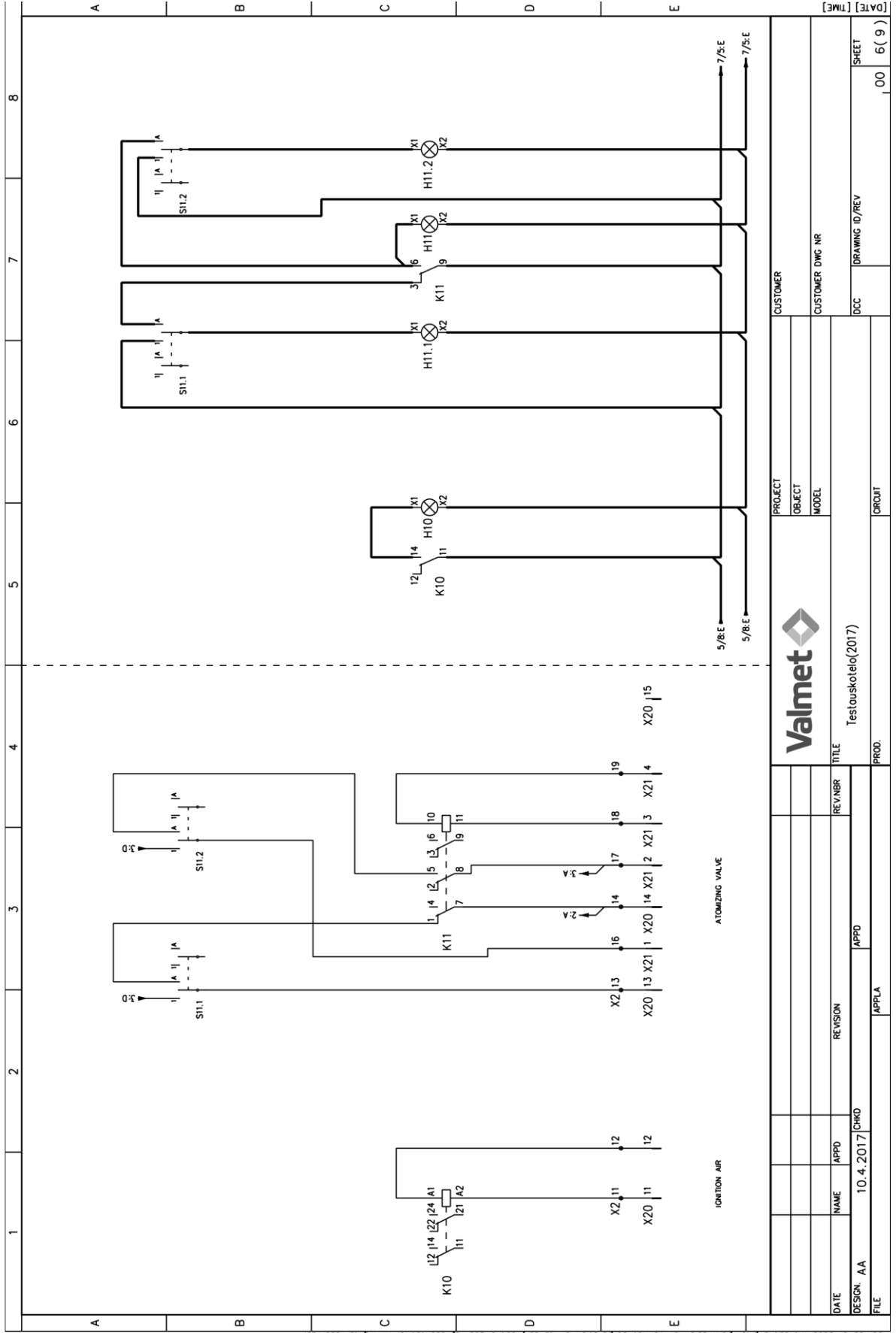
The information contained herein is confidential and proprietary to Valmet Corporation and is not to be reproduced, disclosed to a third party, modified or used without a prior permission of Valmet Corporation or its duly authorized representative. All rights reserved.



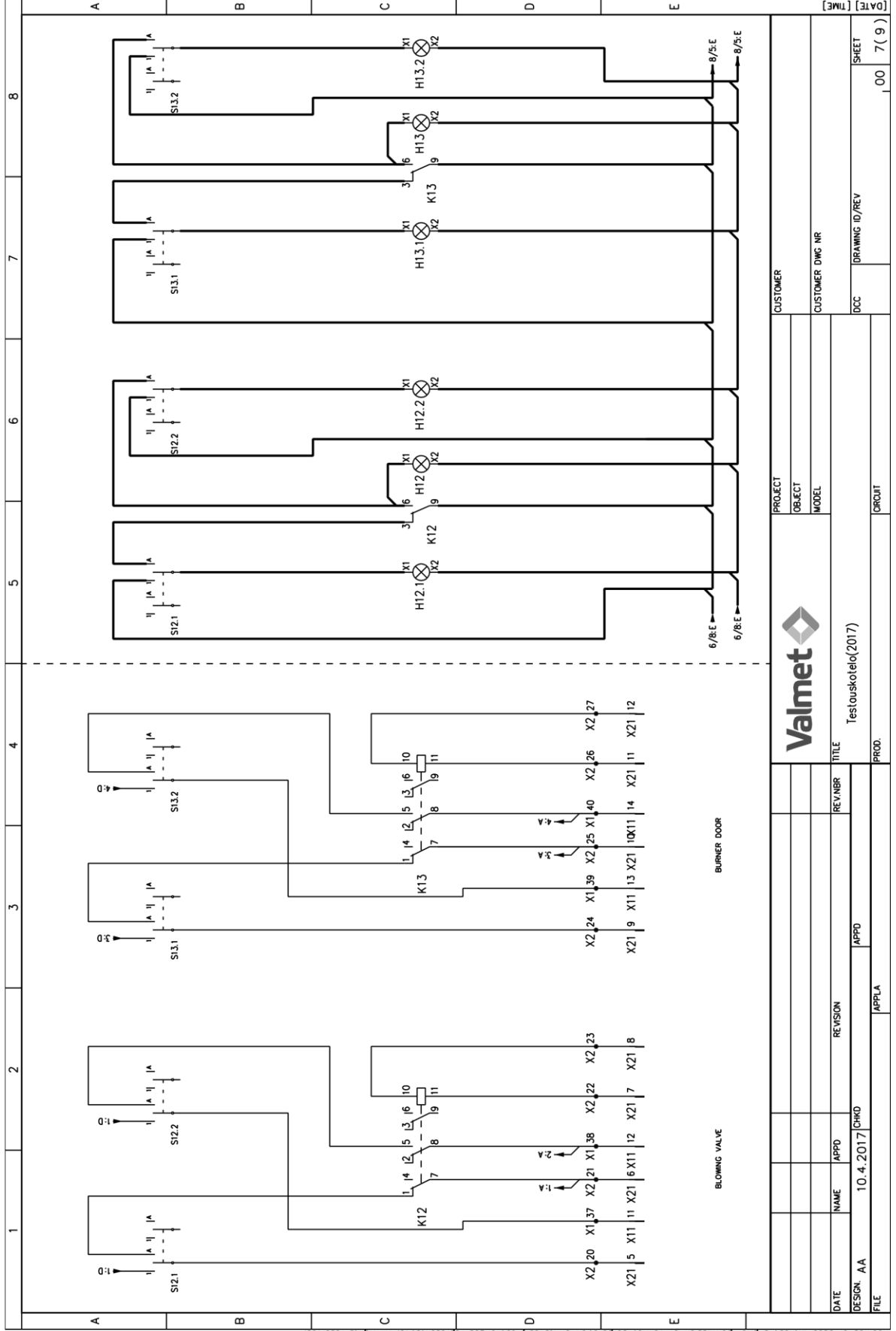
PROJECT	CUSTOMER
OBJECT	CUSTOMER DWS NR
MODEL	DCC
TITLE	DRAWING ID/REV
REV/NBR	SHEET
REVISION	1 00
NAME	5 (9)
APPD	
APPD	
CHMD	
FILE	
DESIGN: AA	
DATE: 10.4.2017	
TESTOUSKOTEL(2017)	
CIRCUIT	
PROJ	

[DATE] [TIME]

(6)



The information contained herein is confidential and proprietary to Valmet Corporation and is not to be reproduced, disclosed to a third party, modified or used without a prior permission of Valmet Corporation or its duly authorized representative. All rights reserved.

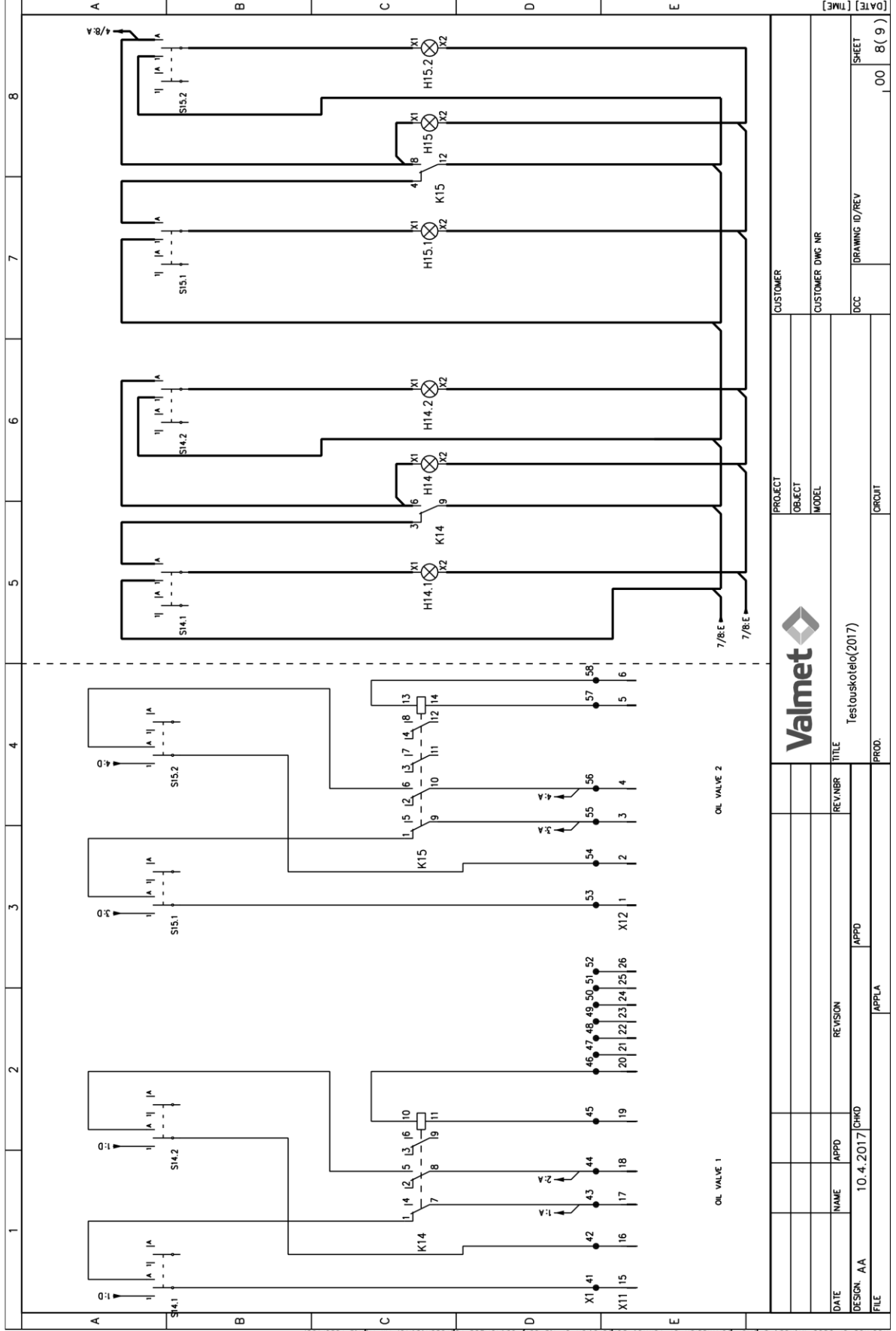


The information contained herein is confidential and proprietary to Valmet Corporation and is not to be reproduced, disclosed to a third party, modified or used without a prior permission of Valmet Corporation or its duly authorized representative. All rights reserved.



PROJECT	CUSTOMER
OBJECT	CUSTOMER DNS NR
MODEL	DCC
TITLE	DRAWING ID/REV
REV/NBR	SHEET
REVISION	00
APPD	7 (9)
CHD	
APPLA	
FILE	
DESIGN: AA	
DATE: 10.4.2017	
APPD	
REV/NBR	
TITLE	
TESTOUSKOTEL(2017)	
CIRCUIT	
PROJ	

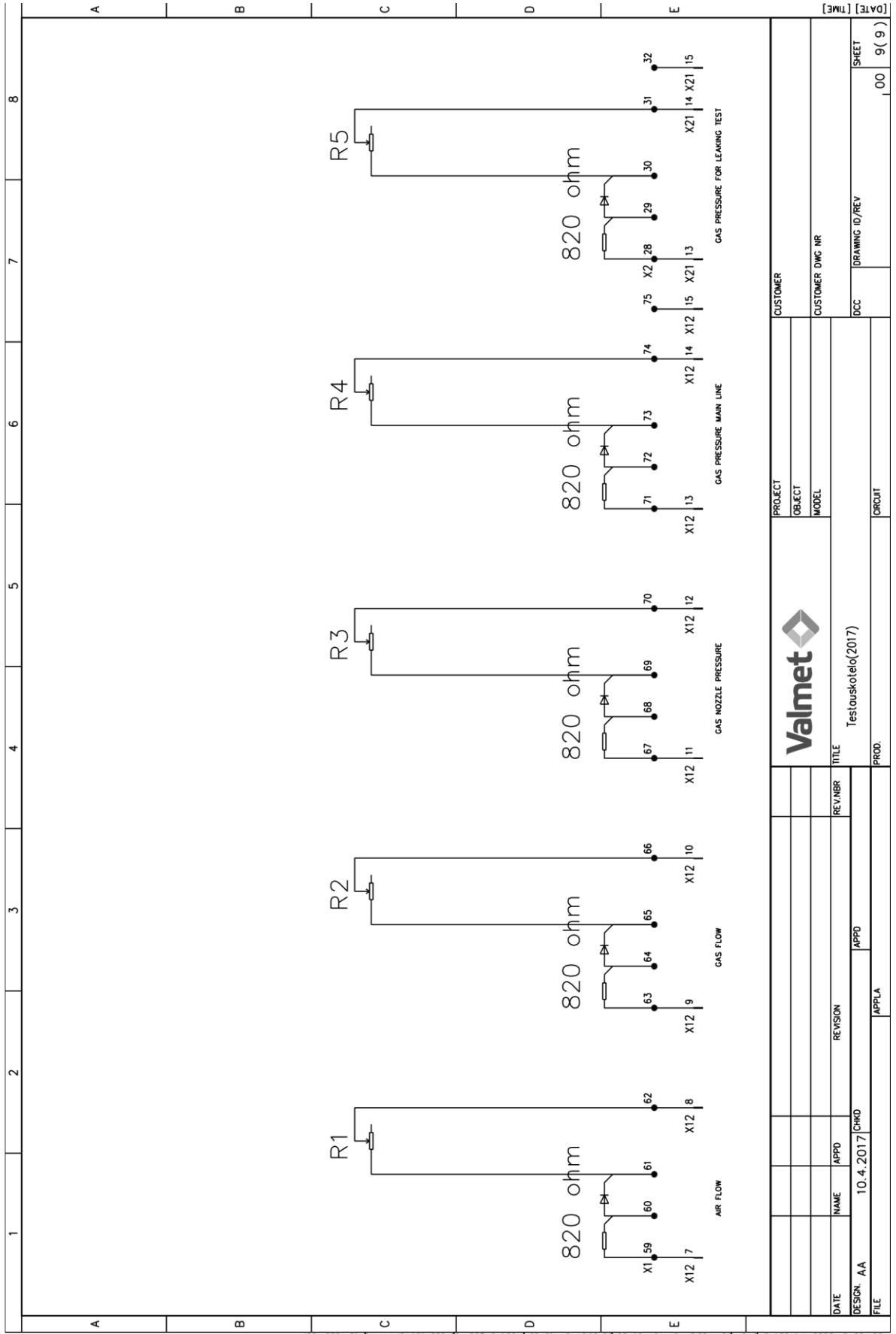
[DATE] [TIME]



The information contained herein is confidential and proprietary to Valmet Corporation and is not to be reproduced, disclosed to a third party, modified or used without a prior permission of Valmet Corporation or its duly authorized representative. All rights reserved.



PROJECT		CUSTOMER	
OBJECT	MODEL	CUSTOMER DWS NR	
DATE	NAME	APPD	REVISION
DESIGN: AA	10.4.2017	CHMD	APPLA
FILE	APPLA	APPD	REVISION
TITLE		PROJ.:	
Testouskotele(2017)		DCC	
DRAWING ID/REV		DRAWING ID/REV	
SHEET		SHEET	
00		8 (9)	
DATE [TIME]		DATE [TIME]	



The information contained herein is confidential and proprietary to Valmet Corporation and is not to be reproduced, disclosed to a third party, modified or used without a prior permission of Valmet Corporation or its duly authorized representative. All rights reserved.



PROJECT	CUSTOMER
OBJECT	CUSTOMER DWS NR
MODEL	DCC
TITLE	DRAWING ID/REV
REV/NBR	1 00
REVISION	SHEET
NAME	9 (9)
APPD	
APPLA	
APPD	
CHMD	
DATE	
DESIGN. AA	
FILE	
10.4.2017	
Testouskotele(2017)	
PROJ. CROKIT	

[DATE] [TIME]

Käyttöohje

- Liittimistä 1,2 ja 3 lähtevät kaapelit kytketään TAJ:iin
- A-asennossa ”rajakytkimet” seuraavat venttiilin tai lanssin ohjausta, 1- ja 0-tilassa ne saadaan asetettua johtavaan ja johtamattomaan tilaan riippumatta ohjauksesta
- Keltainen valo palaa ohjauksen ollessa päällä, punainen venttiilin ollessa kiinni tai lanssin ollessa ulkona ja vihreä venttiilin ollessa auki tai lanssin ollessa sisällä
- Venttiilejä ja lansseja simuloivat releet ovat vaihdettavissa jännitteille 24 VDC tai 230 VAC
- Vaihtoreleitä ja kotelon ulkoisia kaapeleita säilytetään erillisessä salkussa
- Kotelon kanteen voidaan tehdä merkintöjä vesiliukoisella tussilla ja pyyhkiä ne pois testauksen loputtua. Tussin paikka on salkussa.
- Pääliekkivahdin (main flame) tila vipukytkin A-asennossa määräytyy gas valve 2:n tai oil valve 2:n ohjauksen mukaan
- Potentiometrien kanssa on kytketty sarjaan etuvastus ja diodi. Diodin tehtävä on kertoa mahdollisesta väärästä virran suunnasta
- Salkussa on kopio kotelon piirikaaviosta