



Indikaattoritestilaitteen automa- tisointi

Erkka Ikonen

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2023

Konetekniikka
Koneautomaatio

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan tutkinto-ohjelma
Koneautomaatio

IKONEN, ERKKA:
Indikaattoritestilaitteen automatisointi

Opinnäytetyö 67 sivua, joista liitteitä 5 sivua
Toukokuu 2023

Toimeksiantajayritys Parker Hannifin Manufacturing Finland Oy:n Urjalan suodattintehtaalla sijaitsevassa laboratoriossa suoritetaan jatkuvasti tuotetestausta tehtaassa ja sen alihankkijoiden valmistamille tuotteille. Laboratoriossa on useita testilaitteita eri tarkoituksiin, yksi niistä on testisalkku suodattimissa käytettäville paine-eroantureille eli indikaattoreille. Indikaattorit ilmoittavat suodattimen käyttäjälle, milloin suodattimen elementti tulee vaihtaa.

Indikaattoreiden testausprosessi on vanhalla testisalkulla työlästä ja aikaa vievää, sillä se sisältää useita paineensäätövaiheita ja odottelua niiden välissä, kuitenkin vaatien testaajan valppautta ja silmälläpitoa koko prosessin ajan. Testisalkussa käytettävät manuaalinen säätörulla ja analoginen viisarilla painetta näyttävä mittari aiheuttavat myös helposti epätarkkuutta mittauksissa.

Opinnäytetyönä toteutettavan projektin tavoitteena oli suunnitella, kokoonpanna ja testata uusi automatisoitu testilaitte, jolla testaukset pystyttäisiin suorittamaan ilman käyttäjän läsnäoloa. Projektin onnistuessa testiprosessi ei vaatisi muita toimia kuin indikaattoreiden kiristämisen testauslohkoon ja ohjelman käynnistämisen. Testilaitte suorittaisi tämän jälkeen testausprosessin ja tulostaisi siitä valmiin raportin.

Projekti päätettiin lopulta jakaa kahteen osioon, joista ensimmäinen piti sisällään testilaitteen suunnittelun ja automatiikan ohjelmoinnin. Opinnäytetyön tuloksena saatiin valmis suunnitelma komponenteista, joita testilaitte pitää sisällään, suunnitelma testilaitteen fyysistä ominaisuuksista ja simulointien perusteella toimiva ohjelman automatisoidulle testiprosessille. Suunnitelman perusteella on voitu jo tilata testilaitteeseen tarvittavat komponentit. Kun ne saapuvat laboratorioon, projektin toinen osa eli kokoonpano ja testaus voidaan suorittaa suunnitteluvaiheessa kerätyillä tiedoilla.

Asiasanat: automaatio, paine-eroanturit, testilaitte

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical Engineering
Machine Automation

IKONEN, ERKKA:
Automation of a Differential Pressure Indicators Test Bench

Bachelor's thesis 67 pages, appendices 5 pages
May 2023

The aim of this thesis was to design, build, and test a new automated test bench for the case company's test laboratory, for testing differential pressure indicators used in oil filters to signal the clogging of the filter element. The new test bench would replace the outdated manually operated test bench, consequently reducing working hours and providing more precision for the test results.

Due to a limited time frame, difficulties obtaining required components, and keeping this study compact enough, the project was split into two phases. The first phase consisted of the theoretical design of the test bench and the creation of the automation program to be used in the test bench. The second part included building the actual test bench, performing testing, and making additional fixes and updates to the test program. This study succeeded in creating a layout of which components would be used in the test bench, creating the general physical design, and developing the programmable logic controller program for the test bench.

With the findings of this study, correct components can be acquired to build the test bench, and the second phase of the project can be completed once all the required components are available. Although the logic program proved to work in the simulations, the actual functionality cannot be verified until practical tests have been completed with a built prototype.

Key words: automation, pressure sensor, test bench

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	TOIMEKSIANTAJAYRITYS	8
	2.1 Parker Hannifin	8
	2.2 Parker Hannifin historia	8
	2.3 Parker Hannifin Manufacturing Finland Oy	9
	2.4 Tuotteet ja käyttökohteet	9
3	INDIKAATTORIT	10
	3.1 Visuaalinen	10
	3.2 Elektroninen digitaalisignaali	12
	3.3 Elektroninen digitaalisignaali + visuaalinen	13
	3.4 Elektroninen analogisignaali	13
4	AUTOMAATIO	14
5	INDIKAATTORIEN TESTAUS	16
	5.1 Testausprosessi	16
	5.2 Lähtötilanne	17
	5.3 Raportti	18
6	SUUNNITELMA JA SEN TOTEUTUS	20
	6.1 Ongelman määrittely	20
	6.2 Konseptisuunnittelu	21
7	ALUSTAVA SUUNNITTELU	23
	7.1 Paineensäätö ja valvonta	23
	7.2 Värintunnistus	25
	7.3 Ohjausjärjestelmä	26
8	PLC OHJELMOINTI	28
	8.1 Ohjelman suunnittelu	28
	8.2 Ohjelma	29
	8.2.1 Alkunostot	31
	8.2.2 Testinostot	37
	8.2.3 Testilaskut	41
	8.2.4 Ohjelman testaus	45
	8.2.5 Käyttöliittymä ja testiraportti	46
9	TURVALLISTAMINEN	51
	9.1 Laitteen raja-arvojen varmistus	51
	9.2 Riskit normaalikäytössä	52
	9.3 Sähköisku	54
	9.3.1 Riskiarvio	54

9.3.2 Riskin pienentäminen	54
9.4 Silmä- viilto- tai iskuvamma paineletku- tai liitinrikon sattuessa ...	55
9.4.1 Riskiarvio.....	55
9.4.2 Riskin pienentäminen	55
9.5 Testilohkon putoaminen jalalle	55
9.5.1 Riskiarvio.....	55
9.5.2 Riskin pienentäminen	56
10 FYYSSINEN SUUNNITTELU JA LAYOUT	57
11 POHDINTA	59
LÄHTEET	61
LIITTEET	63
Liite 1. Testiraporttipohja (Parkerin suodatintehtaan laboratorio).....	63
Liite 2. Moniväristen indikaattorien testiraporttipohja (Parkerin suodatintehtaan laboratorio)	64
Liite 3. Projektisuunnitelma	65
Liite 4. Logiikkaohjaimen kytkentäkaavio	66
Liite 5. Testipöytä.....	67

LYHENTEET JA TERMIT

Indikaattori

PLC

HMI

Paine-eroanturi

Programmable logic controller

Human machine interface

1 JOHDANTO

Tuotteiden testaus on tärkeä osa laadunhallintaa valmistavissa yrityksissä. Hyvän tuotetestauksen avulla valmistaja voi määritellä tarkat ominaisuudet valmistamilleen tuotteille ja taata asiakkailleensa niiden turvallisuuden. Säännöllisen testaamisen avulla valmistaja voi välttyä isoilta kustannuksilta, joita voi seurata virheellisten tuotteiden reklamoinneista. Tämän opinnäytetyön toimeksiantajayrityksen, Parker Hannifin Manufacturing Finland Oy:n Urjalan suodatintehtaan laboratoriossa testataan tehtaan valmistamia tuotteita. Erilaisilla testeillä kuten suodattimien paine- ja sykäystestit sekä elementtien paine- ja suodatuskapasiteettitestit varmistavat, että tehtaan tuotteiden laatustandardi pysyy korkealla myös silloin kuin esimerkiksi materiaalitoimittajaa vaihdetaan.

Laboratoriossa testattavien tuotteiden piiriin kuuluu myös painesuodattimien lisälaitteena toimivat paine-eroanturit eli indikaattorit. Indikaattoreiden testausprosessi seuraa tarkasti sille standardissa määritellyjä ohjeita, jonka mukaan painetta säädetään testeissä pieni määrä kerrallaan samalla pitäen silmällä testattavia indikaattoreita. Paineen säätö tapahtuu nykyään manuaalisesti rullaa pyörittämällä ja seuraamalla painetta analogisesta viisarimittarista. Edellä mainitut tekijät yhdessä aiheuttavat sen, että testiprosessi on testaajalle usein pitkäväteinen ja aikaa vievä tehtävä.

Vaikka indikaattorien testaus ei ole laboratoriossa jokapäiväistä työtä, testattavia kappaleita tulee yleensä paljon kerralla, jolloin siihen uppoaa huomattava määrä työtunteja. Vanhan testilaitteen tilalle tulisi suunnitella ja rakentaa, uusi automatisoitu laite, joka ei sitoisi käyttäjää koko testiprosessin ajaksi. Tässä opinnäytetyössä esitetään projekti uuden indikaattoritestilaitteen suunnittelusta. Projektin tavoitteena on suunnitella ja rakentaa laboratoriolle automatisoitu indikaattorien testilaitte, joka pystyisi suorittamaan testit ja kokoamaan testiraportin itsenäisesti. Projektin onnistuessa laboratorio säästäisi tulevaisuudessa huomattavan määrän työtunteja sekä testien tarkkuus paranisi.

2 TOIMEKSIANTAJAYRITYS

2.1 Parker Hannifin

Fortune 250 listalta löytyvä Parker Hannifin on maailman johtava liikkeenohjaus-tekniikan valmistaja. Yhtiö on jo yli sadan vuoden ajan toiminut useilla erilaisilla teollisuuden aloilla työllistäen nykyään noin 57 000 ihmistä ja toimintaa sillä on viidessäkymmenessä maassa. (Parker, tietoja yrityksestä)

Parker Hannifinin toimialoja ovat:

- Maastoajoneuvot
- Kuljetus
- Öljy ja kaasu
- Teollisuuden tuotantolaitteet
- Sähköntuotanto
- Terveystieteiden laitteet
- Elektroniikka ja puolijohteet
- Teollinen ja kemiallinen käsittely
- LVI, kylmälaitetekniikka ja ilmastointi

(Parker, teollisuudenalat)

2.2 Parker Hannifin historia

Parker Hannifinin juuret ulottuvat vuonna 1917 Yhdysvaltojen Clevelandiin, jossa Arthur LaRue Parker ja Carl Klamm perustivat yrityksen nimeltä Parker Appliance Company. Päämääränään heillä oli rakentaa yhtiö, joka keskittyisi siihen aikaan nouseviin voimansiirtoteknologioihin, kuten hydraulikkaan ja pneumatiikkaan. (Parker Hannifin's 100-year journey)

Sittemmin Parker Hannifinin tuotteet ja osaaminen ovat olleet osana mahdollistamassa useita merkittäviä historian tapahtumia kuten ensimmäinen Atlantin ylilento ja ensimmäinen kuulento. (Parker Hannifin's 100-year journey, 105 ja 265)

2.3 Parker Hannifin Manufacturing Finland Oy

Suomessa Parkerilla on nykyään neljä toimipistettä. Toimipisteistä kolme on tehtaita, jotka sijaitsevat Tampereella, Urjalassa ja Forssassa sekä yksi myyntiyhtiö, joka sijaitsee Vantaalla. Tämä opinnäytetyö toteutettiin Urjalan tehtaalle ja tarkemmin kuvattuna siellä sijaitsevalle testi- ja tutkimuslaboratoriolle.

Parkerin Urjalan tehdas on osa yhtiön Hydraulic & Industrial Process Filtration Division Europea (HIFE) ja tarkemmin sanottuna osa divisioonan Hydraulic, Fuel & Lube Filtration (HLF) toimintayksikköä. HLF:n toiminta keskittyy hydraulikka-, polttoaine- sekä voitelujärjestelmien puhdistukseen ja ylläpitoon. Päätuotteita ovat erilaiset nesteiden ja kaasujen suodattimet, sekä veden- ja öljynerottimet. (HIFE markkinointipäällikkö Olli Rantanen)

2.4 Tuotteet ja käyttökohteet

HLF:n tuotteet on erityisesti suunniteltu hydraulikka- ja voitelujärjestelmien sekä vaihteistoöljyn, polttoaine- ja kaasujärjestelmien puhtaanapitoon. HLF:n tuotteita käytetään monilla eri toimialoilla ja useissa eri käyttökohteissa. (HIFE markkinointipäällikkö Olli Rantanen)

Tässä opinnäytetyössä käsiteltäviä indikaattoreita käytetään hydraulioöljyn suodattimissa. Tyypillisiä käyttökohteita näille suodattimille ovat muun muassa liikkuvat hydraulikkavoimaa käyttävät kallionporaus- ja kivenmurskauslaitteet, kapaleiden käsittelylaitteet, maanrakennuskoneet, laivat, tuuliturbiinit ja teollisuuden tuotantolaitteet. (HIFE markkinointipäällikkö Olli Rantanen)

3 INDIKAATTORIT

Kansainvälisen standardin ISO 16860 (2005) mukaan suodatin elementti on huokoinen laite, joka suorittaa itse suodatusprosessin. Paine-ero anturi (indikaattori) on apuväline, joka signaloi, kun sille valmiiksi määritelty paine-ero suodatinelementin tulo ja lähtöpuolen välillä on saavutettu. Sitä käytetään normaalisti signaloimaan, kun tukkeutunut suodatinelementti tulisi vaihtaa sekä joissakin tapauksissa, kun indikaattori on linkitetty ohivirtausventtiiliin (englanniksi bypass valve) signaloi se tämän venttiilin tilasta. (INTERNATIONAL STANDARD ISO 16860:2005, V)

Ohivirtausventtiili on hyödyllinen osa itse suodatinta, sillä se tasoittaa paine-eroa elementin tulo- ja lähtöpuolen välillä päästämällä jonkin verran suodattamatonta öljyä elementin ohi, tällöin pitäen huolen siitä, että järjestelmän laitteet suodattimen jälkeen saavat tarpeeksi öljyä. Käyttäjä ei voi kuitenkaan todeta elementin tukkeutumista ja siitä aiheutunutta venttiilin aukeamista, jos suodattimessa ei ole indikaattoria, joka tunnistaa joko nousseen paine-eron tai ohivirtausventtiilin tilan.

Parker HIFE:n katalogissa indikaattorituoteperheitä on kaksi, DPI ja FMU, jotka molemmat ovat paine-eroantureita. Tuoteperheiden erona on se, että DPI sopivat Parkerin uudempiin suodattimiin kuten GMF ja EPF sarjat, kun taas FMU tuoteperheen indikaattoreilla on laajempi yhteensopivuus kaikkiin Parkerin suodattimiin. (Differential Pressure Indicators; Indicators Series) Testipenkin suunnittelun kannalta DPI ja FMU indikaattorit voidaan jakaa neljään eri luokkaan niiden indikoitavan perusteella:

- Visuaaliset
- Elektroniset, digitaalinen signaali
- Elektroniset, digitaalinen signaali + visuaalinen
- Elektroniset, analoginen signaali

3.1 Visuaalinen

Visuaaliset indikaattorit ovat toiminnoiltaan kaikista yksinkertaisimpia ja ne kykenevät yleensä esittämään elementin tilan ainoastaan kahdessa eri vaiheessa,

vihreällä värillä silloin kun paine-ero ei ole ylittänyt asetettua arvoa ja punaisella värillä silloin kun paine-ero on ylitetty. (Differential Pressure Indicators; Indicators Series)

Nykyisistä FMU ja DPI tuoteperheistä löytyy kolme täysin visuaalista indikaattorimallia: itsestään nollaantuvat FMUM3 ja DPIM3 sekä manuaalisesti nollattava FMUM1. Kaikkien näiden indikaattoreiden toimintaperiaate on kuitenkin samalainen. Indikaattorin sisällä on pystysuunnassa liikkuva mäntä, joka pitää yläosassa olevan punaisen merkin alhaalla magneettivoiman avulla. Karan yläosaan tulee pieni linja painepuolelta ja sen alapuoli on suodattimen lähtöpuolella. Karaa pitää ylhäällä jousi, joka on mitoitettu halutun indikointipaineen mukaan, myös indikointinapissa on jousi, joka yrittää työntää sitä ylös. Kun paine-ero nousee tarpeeksi korkeaksi ja sitä myöten mäntä painuu tarpeeksi alas, voittaa nappia ylös työntävä jousivoima karan ja napin välillä vaikuttavan magneettivoiman.



KUVA 2. Parkerin DPIM3 visuaalinen indikaattori (Differential Pressure Indicators. Reliable and continuous filter control)

3.2 Elektroninen digitaalisignaali

Elektroniset digitaalisignaali indikaattorit toimivat lähes samalla periaatteella kuin visuaaliset, mutta niissä visuaalisesti indikoiva osa on korvattu mikrokytkimellä, joka kytkeytyy, kun männän ja kytkimessä olevan vivun välinen magneettivoima ei enää kykene pitämään vipua alhaalla.


Indikaattorit voivat olla myös useampivaiheisia kuten Parkerin FMUF, jossa on kaksi digitaalista uloslähtöä. Indikointipisteet on asetettu 75% ja 100% indikaattorille määritellystä indikointipaine-erosta. Parkerin FMUL1 indikaattori taas pitää sisällään mikrosirun sekä portaattoman kytkimen, jolloin indikaattorin kaksi digitaalilähtöä voidaan ohjelmoida halutuille paine-eroarvoille välillä 0,5 – 10 baaria. (Indicators Series, 200)



KUVA 3. Elektroninen digitaalisignaali-indikaattori (Differential Pressure Indicators. Reliable and continuous filter control)

3.3 Elektroninen digitaalisignaali + visuaalinen

Parkerin valikoimasta löytyvä DPIF elektroninen – visuaalinen indikaattori signaloii paine-eroa kahdella digitaalisella uloslähdöllä, jotka on kalibroitu seitsemäänkymmeneenviiteen ja sataan prosenttiin indikaattorille määritellystä maksimiarvosta, tämän lisäksi indikaattori esittää elementin tilan eri värisillä led valoilla (Kuva 4). (Differential Pressure Indicators)

VISUAL OUTPUT	
NORMAL FUNCTION IF $T > T^*$ (TLO)	
RANGE [%FS]	COLOR
0-50	Continuous GREEN – Normal working condition
50-75	Continuous YELLOW – Element to be changed in near future, spare element planned to be available.
75-100	Continuous ORANGE – Schedule for element change soon.
100-120	Continuous RED – Element needs to be changed.
>120	Blinking RED – Overdue 
COLD CONDITION IF $T < T^*$ (TLO)	
RANGE [%FS]	Color
0-120	BLUE – Oil temperature below TLO temperature.

KUVA 4. Selitys indikaattorin eri värisignaaleille (Differential Pressure Indicators)

Automatisoinnin kannalta tämän mallisen indikaattorin testaus on työläintä toteuttaa, sillä sen testauksessa täytyy mitata niin digitaalilähtöjä kuin myös värejä, joita varten testilaitteeseen täytyy lisätä erilliset värianturit.

3.4 Elektroninen analogisignaali

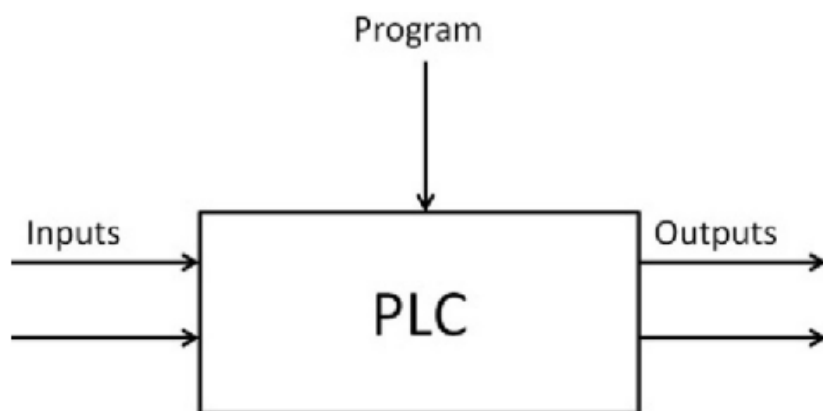
Elektroninen analogisignaali indikaattori lähettää analogista signaalia 4 – 20 milliampeerin välillä (Differential Pressure Indicators). Analogisen signaalin vahvuus on lineaarinen indikaattorille asetettuun paine-eroväliin nähden, esimerkiksi kun viiden baarin nominaalisen arvon omaava indikaattori lähettää 20 milliampeerin signaalia tarkoittaa se viiden baarin paine-eroa ja neljän milliampeerin signaali indikoi nollaa baaria.

4 AUTOMAATIO

Metha ja Reddy (2014) mukaan varhaisimmat ”automatisoidut” systeemit vaativat ihmisen, joka asetti kytkimen päälle. Kytkin asetti virransyötön ulostulolle, tyypillisesti moottorille. Jossain vaiheessa ihminen käänsi kytkimen pois päältä täten kumoten virransyötön ja sammuttaen moottorin. (Metha & Reddy 2014, 2) Tässä automatiikan alkeellisimmassa versiossa, jota kutsuttiin automaation ”valokatkaisin” aikakaudeksi, nojattiin vielä erittäin vahvasti laitteen käyttäjään, joka toimi järjestelmän logiikkana. Reletekniikan kehitys mahdollisti monimutkaisempien loogisten prosessien luomisen.

Releaset kuitenkin tuottivat suuria määriä lämpöä, veivät paljon tilaa, olivat vaikeita johdottaa ja päivittää, sekä olivat vikaherkkiä. Nämä heikkoudet johtivat ohjelmoitavan ohjainlaitteen keksimiseen, tämä keksintö pääasiassa syrjäytti releet. DCS (Distributed Control System), eli hajautettu ohjausjärjestelmä mahdollisti sen, että systeemin käyttäytymistä voitiin muuttaa ilman tarvetta irrottaa tai vaihtaa yhdenkään johdon paikkaa. (Metha & Reddy 2014, 3)

Ohjelmoitavaa logiikkaa (PLC) voidaan pitää automaatiiosysteemin ensimmäisenä rakennuspalikkana. PLC on erityinen mikroprosessoriohjain, joka käyttää ohjelmoitavaa muistia säilyttääkseen ja implementoidakseen toimintoja kuten logiikka, jäsentely, ajanmittaus, laskeminen ja aritmetiikka ohjatakseen laitteita ja prosesseja. (Metha & Reddy 2014, 37) Kuvassa 5 ohjelmoitavan logiikan periaate on esitetty yksinkertaisuudessaan informaation ja signaalien kulku ohjelmoitavan logiikkayksikön läpi. Yksikköön voidaan liittää esimerkiksi antureita (Inputs), sekä ohjattavia toimilaitteita kuten moottori (Outputs). Yksikköön tallennettu ohjelma voi täten käyttää sisään tulevaa dataa ja ohjata uloslähtöjä.



KUVA 5. Ohjelmoitavan logiikan periaate (Metha & Reddy 2014, 37)

5 INDIKAATTORIEN TESTAUS

5.1 Testausprosessi

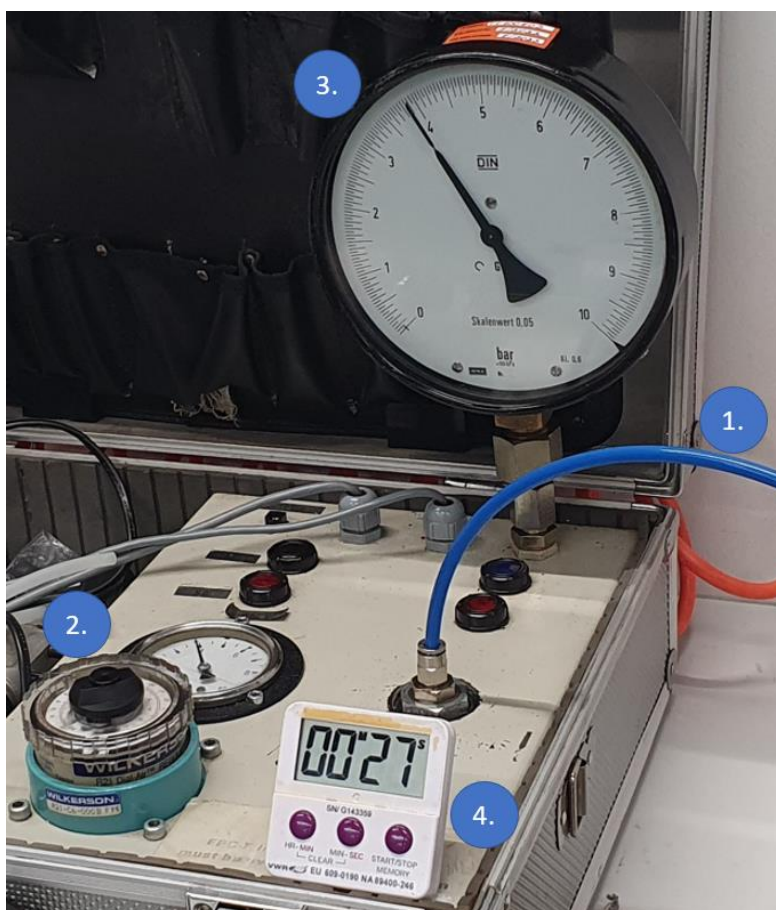
Indikaattoreiden testaus toteutetaan noudattaen ISO 16860:2005 Hydraulic fluid power – Filters – Test method for differential pressure devices standardia. Tämä kansainvälinen standardi antaa ohjeistuksen sille, miten määritellään hydraulijynsuodattimissa lisälaitteena käytettävien, paine-eroa tai ohivirtausventtiilin tilaa signaloivien laitteiden toiminnalliset ominaisuudet. (INTERNATIONAL STANDARD ISO 16860:2005)

Indikaattorien testausprosessi on tarkasti määritelty standardin luvussa 7.2 (INTERNATIONAL STANDARD ISO 16860:2005). Testaus tapahtuu paineilmalla seuraavanlaisesti:

1. Nostetaan painetta ylös niin, että indikaattori signaloi ja kirjataan painearvo ylös. Lasketaan paine noltaan baariin ja jos tarpeen, nollataan indikointi manuaalisesti. Toistetaan kolme kertaa ja lasketaan indikointi arvojen keskiarvo.
2. Nostetaan paine 85 prosenttiin edellisessä kohdassa lasketusta keskiarvosta ja nostetaan siitä 0,05 baaria tai 0,1 baaria portaittain ylös pitäen saman paineen aina 30 ± 3 sekuntia. Painetta nostetaan tällä tavoin aina siihen asti, kunnes indikaattori signaloi ja kirjataan signaloinnin painearvo testiraporttiin. Automaattisesti nollaantuvia indikaattoreita testattaessa nostetaan painetta 0,5 baaria signaloitipaineesta.
3. Lasketaan painetta 0,05 baaria tai 0,1 baaria portaittain pitäen saman paineen aina 30 ± 3 sekuntia kunnes indikaattori nollaantuu tai sen pystyy nollaamaan manuaalisesti ja kirjataan nollauspaine raporttiin.
4. Toistetaan kohdat 2. ja 3. vielä kaksi kertaa ja lasketaan keskiarvot kaikista kolmesta signaloitipainearvosta sekä kolmesta nollauspainearvosta.
5. Automaattisesti nollaantuvan indikaattorin tulee aina nollaantua itsestään ja manuaalisesti nollattava indikaattori tulee aina pystyä nollaamaan, jos näin ei tapahdu indikaattori ei ole suoriutunut hyväksytysti testistä.

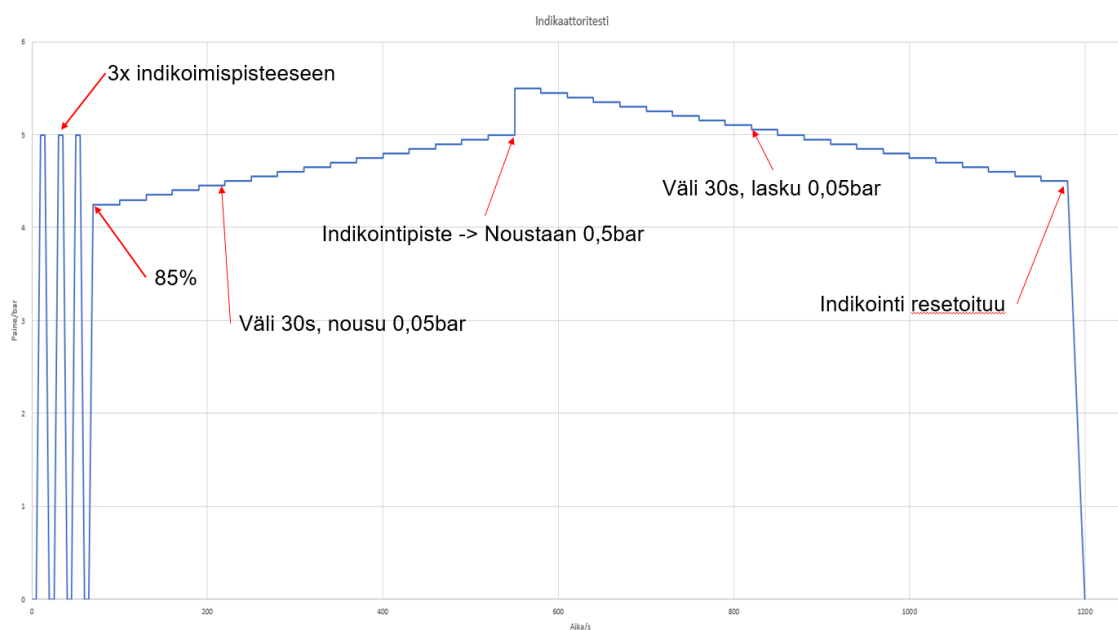
5.2 Lähtötilanne

Nykyään indikaattoreiden testaukseen käytetään siihen tarkoitukseen rakennettua "testisalkkua" (Kuva 6). Testilaitte on alun perin rakennettu salkkumuotoon, koska sillä suoritettiin testejä myös kentällä, mahdollisesti tilanteissa, jossa lopuasiakas on raportoinut indikaattorin toimintahäiriöstä. Nykyään testilaitetta käytetään ainoastaan Urjalan laboratoriossa, joten uutta laitetta ei tarvinnut suunnitella liikuteltavaksi laboratorion ulkopuolella. Tämä tuo helpotusta uuden laitteen suunnitteluun, sillä siinä ei tarvitse kiinnittää niin suurta huomiota automatiikassa käytettävien herkkien laitteiden suojaamiseen ulkoilmalta ja niiden mahdolluttamiseen kompaktiin salkkuun. Myös johdot ja letkut ovat helpommin reititettävissä ja suojattavissa paikallaan olevassa testilaitteessa, jota käytetään vain puhtaissa laboratoriotiloissa.



KUVA 6. Visuaalisen indikaattorin testaus. Numeroituna 1. indikaattoreille menevä paineletku 2. paineensäätörulla 3. painemittari 4. sekuntikello

Indikaattoreiden testausprosessi on nykyään erittäin aikaa vievää sekä hyvin staattista työtä. Kuviosta 1 voidaan nähdä, että yhden testikierroksen suorittaminen viiden baarin indikaattorille 0,05 baarin nousuväleillä voidaan parhaimmillaan suorittaa noin kahdessakymmenessä minuutissa ja standardin mukaisessa testausprosessissa kierto tulee suorittaa kolme kertaa. Tällöin yhden testausprosessin teoreettinen minimiaika on noin 60 minuuttia, joka ei kuitenkaan ole realistinen odote ihmisen suorittaessa testausta, sillä testaaja joutuu manuaalisesti säätämään painetta sekä kirjaamaan ylös testituloksia.



KUVIO 1. Testiprosessin kuvaaja

Yksinkertaisimpia testattavia työmäärän kannalta ovat täysin mekaaniset visuaaliset indikaattorit, jonka testaustilanne näkyy aiemmin nähdyssä kuvassa 6. Indikaattori/indikaattorit kiristetään lohkon (Kuva 6, kohta 1), painetta säädetään rullasta (Kuva 6, kohta 2) ja sitä valvotaan painemittarista (Kuva 6, kohta 3), Paineen nostojen välinen pitoaika mitataan sekuntikellolla (Kuva 6, kohta 4). Kun indikaattorin kyljessä näkyvä vihreä alue muuttuu punaiseksi, on indikointipainero saavutettu.

5.3 Raportti

Jokaisesta suoritetusta testistä täytetään testiraportti (Liite 1). Testiraportin perustiedoista käy ilmi testinumero, kuka testin on tilannut, testin suorittaja, testin

päivämäärä, testimetodi (standardi ISO 16860:2005) sekä materiaalit ja testivälineistö.

Testituloksiin (Kuva 7) merkataan testattavan indikaattorin/indikaattoreiden oletus paine-eroarvo baareina, testattavien indikaattoreiden tarkka tuotekoodi, kolmen testikierroksen indikointi- ja nollauspaine sekä niiden keskiarvot, keskiarvojen erotus (hystereesi), hystereesin prosenttiarvo ja indikoinnin tarkkuus prosentteina annetusta oletus paine-eroarvosta.

Results:						
Indicator (1,2bar)						
	Nr:1		Nr:2		Nr:3	
	DPIM3GVU14MMX1		DPIM3GVS08MX1		DPIT1GVS08MDC1	
	Δp [bar]		Δp [bar]		Δp [bar]	
	Increase	Decrease	Increase	Decrease	Increase	Decrease
Test 1						
Test 2						
Test 3						
Average						
Hysteresis						
Accuracy:						

Indicator (1,5bar)				
	Nr:4		Nr:5	
	DPIM3HVU12HMX1		DPIT1HVU12HMDC1	
	Δp [bar]		Δp [bar]	
	Increase	Decrease	Increase	Decrease
Test 1				
Test 2				
Test 3				
Average				
Hysteresis				
Accuracy:				

KUVA 7. Testiraportin tulokset

Usealla värillä signaloivien DPIF indikaattorien raporttiin (Liite 2) kirjataan ylös painearvo jokaisen värin syttymishetkellä painetta nostaessa sekä laskiessa. DPIF indikaattoreissa on myös kaksi digitaalisignaloitua, jotka on asetettu indikoimaan 75:ssä ja sadassa prosentissa indikaattorille annetusta nominaalisesta paineesta. Myös nämä arvot ja niiden keskiarvot kirjataan raporttiin.

6 SUUNNITELMA JA SEN TOTEUTUS

Komponenttien pitkien toimitusaikojen takia, projektin suunnitelma (Liite 3) päätettiin kohdeyrityksen kanssa muuttaa kaksivaiheiseksi siten, että ensimmäiseen vaiheeseen sisältyy projektisuunnitelman kohdat 1. Ongelman määrittely, 2. konseptisuunnittelu ja 3. alustava suunnittelu. Projektin toinen vaihe, johon lukeutuu suunnitelman kohdat 4. Proton valmistus, 5. Testaus ja suunnittelun viimeistely sekä 6. Projektin päättäminen suoritetaan loppuun sitten kun kaikki testilaitteeseen vaadittavat komponentit on saatu hankittua.

6.1 Ongelman määrittely

Suunnitteluprosessin ongelman määrittelykohdassa keskityttiin määrittämään projektin tavoitteet ja haasteet sekä käyttäjävaatimukset ja laitteelta vaadittavat toiminnot.

Kehitysprojektin tavoitteena oli suunnitella, rakentaa ja testata automatisoitu testilaitte, jolla indikaattorien testaukset voitaisiin suorittaa standardin ISO16860:2005 mukaisesti. Laboratoriotyöntekijöiden kanssa laaditussa spesifikaatiossa esiin nousivat seuraavat asiat:

- Testilaitteella tulisi pystyä testaamaan kolme samanlaista indikaattoria kerrallaan
- Laitteessa tulee olla käyttöpääte, jolla helppokäyttöinen käyttöliittymä
- Laite kykenee suorittamaan koko testiprosessi itsenäisesti sen jälkeen, kun käyttäjä on kiristänyt indikaattorin/indikaattorit lohkon ja käynnistänyt testin käyttöpääteeltä
- Laite pystyy vähintään kirjaamaan testitulokset ylös, mutta parhaassa tapauksessa luomaan niistä myös valmiin raportin
- Laitteen tulee olla turvallinen käyttää

Yllä olevaa listaa käytettiin laitevaatimuksena. Jotta testilaitte kykenisi suorittamaan listatut vaatimukset tulisi siitä löytyä seuraavat toiminnot:

- Laitteessa tulee olla omat testiohjelmat erilaisille indikaattorityypeille
- Laitteen tulee toimia painelinjasta tulevalla ilmalla, joka säädetty maksimissaan noin kymmeneen baariin (korkein mahdollinen asetus paine-ero indikaattoreissa 8,5 baaria)
- Laitteen pitää pystyä mittaamaan ja säätämään painetta välillä 0-10 baaria
- Laitteen pitää pystyä vastaanottamaan digitaalista ja analogista signaalia indikaattoreilta sekä tunnistamaan värit visuaalisista indikaattoreista
- Laitteen tulee ilmoittaa mahdollisista häiriöistä sen toiminnassa

Haasteita projektin suorittamiselle loivat verrattain lyhyt aika sekä maailmalla vielä vallitseva komponenttipula, joka näyttäytyy erittäin vahvana varsinkin automaatiossa paljon käytettävissä ohjelmoitavissa logiikoissa. Toimitusaikatiedustellut ohjelmoitaville logiikoille valmistajilta kuten Siemens ja Omron paljastivat, että ohjelmoitavan logiikan saaminen tulee kestämään useita kuukausia.

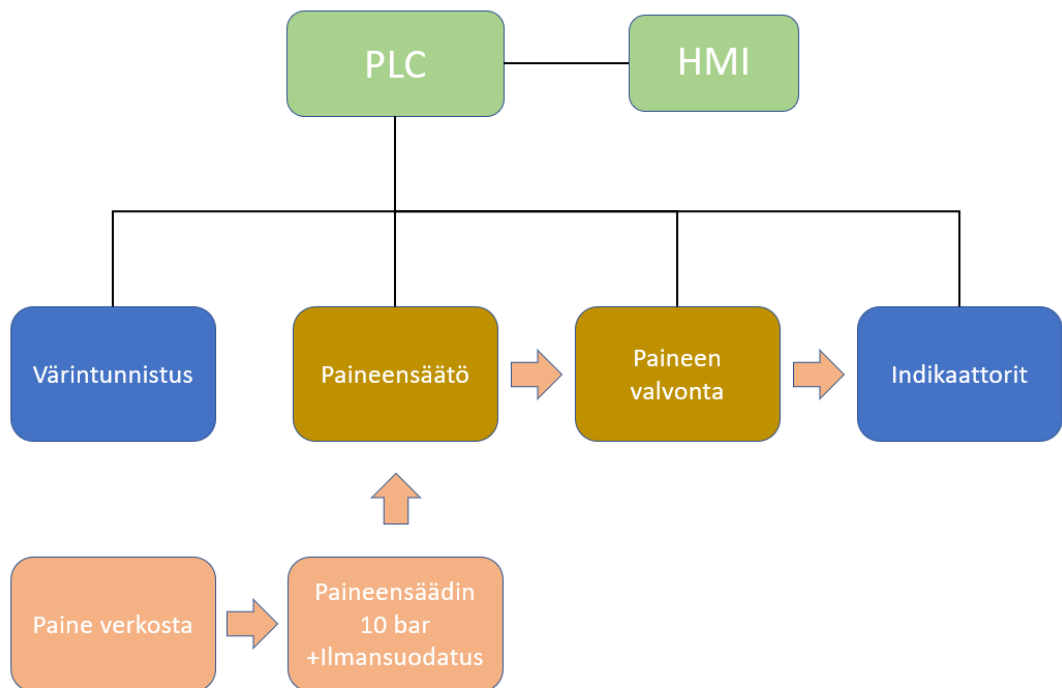
6.2 Konseptisuunnittelu

Konseptisuunnittelussa laadittiin laitteen spesifikaatio ja ideoitiin suunnitelma- vaihtoehtoja. Standardi ISO 16860:2005 määrittelee, että testit tulee suorittaa käyttäen paineilmaa. Testattavista indikaattoreista korkeimman paine-ero arvon omaava indikaattori on 8,5 baaria ja kun tähän arvoon lisätään 0,5 baarin nosto indikointipisteestä, teoriassa suurin tarvittava sisääntulopaine laitteelle olisi 9 baaria, mutta koska indikointipaine voi todellisuudessa poiketa annetusta arvosta voidaan laitteen spesifikaatioon laatia 0 – 10 baaria paineilmaa. Laitteen tulee myös tunnistaa sähköisiltä indikaattoreilta saatavaa signaalia, joka on joko analogista 4 – 20 milliampeeria tai digitaalista 24 voltia tasasähköä. Testipenkin tulee myös toimia verkkovirrassa eli vaihtovirralla, jonka vaihejännitteen nimellinen tehollisarvo on 230 voltia.

Konseptisuunnittelussa ideoitiin mitkä olisivat komponentit, joilla testiprosessit voidaan suorittaa (Kuvio 2). Pneumatiikkapuolella lähtötilanne oli se, että testilaboratoriossa kulkee linja johon kompressori tuottaa paineilmaa. Linjasta tuleva paine tulee rajoittaa kymmeneen baariin manuaalisella paineensäätimellä. Seuraavina osina pneumatiikkajärjestelmää tarvitaan paineen säädin, jota voidaan

ohjata sähköisesti sekä painemittari, jolta saadaan tieto sähköisesti. Viimeisenä laitteena pneumatiikkajärjestelmässä ovat itse testattavat indikaattorit, jotka signaloivat, kun tietty paine on saavutettu.

Ohjauskomponentteja lähdettiin luonnostelevaan ohjelmoitavan logiikan ympärille. Jotta käyttäjä voi valita oikean ohjelman tietyn indikaattorin testaamiseen tai tarkastamaan esimerkiksi laitteen virheilmoituksia tarvitaan jonkinlainen rajapinta tämä voi olla joko HMI näyttö tai tietokone. Anturit ja ohjattavat laitteet ovat muuten samat kuin pneumatiikkajärjestelmässä, mutta lisäksi tarvitaan värejä tunnistava anturi visuaalisille indikaattoreille.



KUVIO 2. Testilaitteen konseptisuunnittelu. Yhtenäiset viivat kuvastavat ohjelmoitavan logiikan yhteyttä komponenteille ja oranssit nuolet kuvastavat paineilman kulkusuuntaa pneumatiikkajärjestelmässä

7 ALUSTAVA SUUNNITTELU

Alustavan suunnittelun vaiheessa testipenkistä suunniteltiin kokonaisuus, jonka perusteella laite rakennettaisiin. Vaiheeseen kuului toimilaitteiden ja komponenttien valinta, kokonaisuuden mallintaminen sekä kytkentä- ja ohjaussuunnittelu.

Pneumatiikan ja ohjauksen komponentit sekä toimilaitteet valittiin edellisissä osioissa laadittujen laitevaatimuksen ja spesifikaation perusteella. Osien valinnassa suositettiin mahdollisimman paljon Parkerin omia tuotteita. Tällä tavoin hankintakustannuksia saatiin laskettua kuitenkin tinkimättä osien laadusta ja pystyttiin samalla tukemaan toisen divisioonan toimintaa.

7.1 Paineensäätö ja valvonta

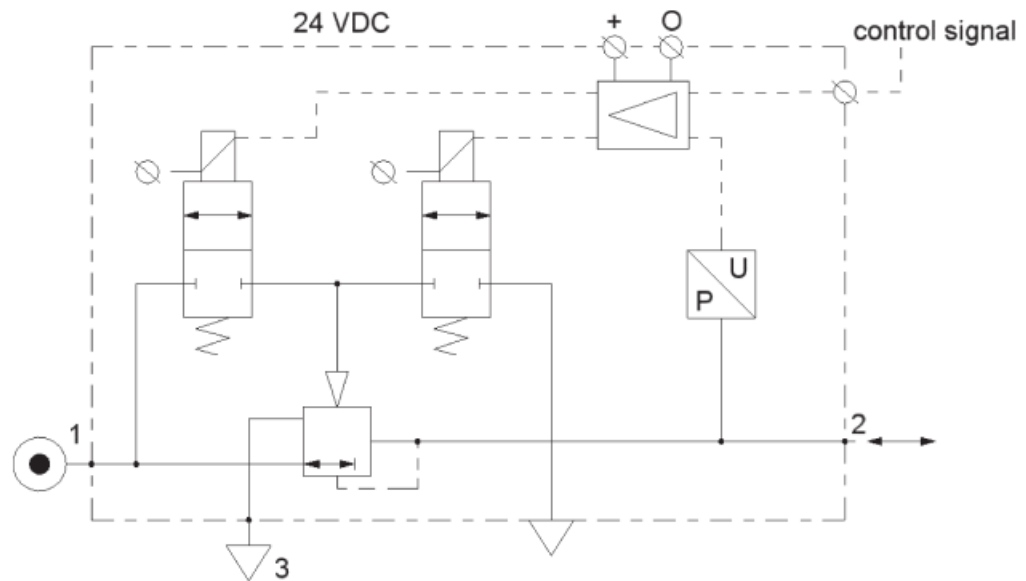
Osien valinta aloitettiin valitsemalla sopivat paineensäätimet ja painemittari. Kun paineilma tulee linjasta, täytyy paine säätää käytettävälle laitteelle sopivaksi. Indikaattoritestipenkin tapauksessa maksimipaine tulisi olla kymmenen baaria. Paineilma täytyy myös suodattaa linjassa olevasta öljystä ja vedestä, jotta herkempien komponenttien tarkka toiminta voidaan taata ja pidentää niiden elinkaarta. Tähän ratkaisuksi käytetään valmiiksi laboratorion paineilmalinjastosta löytyvää paineensäätimen ja paineilmasuodattimen yhdistelmää.

Paineensäätöön testilaitteessa soveltui Parkerin P31P (Kuva 8). Tätä elektronista paineensäädintä voidaan ohjata analogisella 0 – 10 voltin signaalilla ja sillä voidaan toteuttaa paineen säätö 0,5 – 10 baarin välillä. Paineensäädin toimii 24 voltin käyttöjännitteellä ja sen tarkkuus on yksi prosentti maksimi toimintapaineesta. (P31, P32, P33 and P3Y Series Air Preparation System, 38)



KUVA 8. Parker proportionaalinen paineensäädin P31P (P31, P32, P33 and P3Y Series Air Preparation System, 38)

Proportionaalinen paineensäädin pitää sisällään kaksi solenoidiventtiiliä joista toinen auetessaan päästää ilmavirtausta sisään ja toinen ulos. Venttiilien asennon määrittää ohjauspiiri, laitteeseen tulevan signaalin perusteella. (Kuva 9)



KUVA 9. Parker P31P & P32P proportionaalisten paineensäätimien säätöpiiri. (P31, P32, P33 and P3Y Series Air Preparation System, 38)

Vaikka testipenkin ohjelma voitaisiinkin luoda siten, että se käyttää vain paineensäätimen dataa tunnistaakseen vallitsevan paineen, se ei ole järkevää. Koska paineensäädin voi rikkoutua tai sen kalibrointiin tulla heittoa. Ilman erillistä paineenvälvontaa, varsinkin pienemmät heitot säätimen asettaman ja todellisen paineen välillä voisivat jäädä pitkäksi aikaa noteeraamatta. Painemittariksi valittiin Parkerin SCPSD painemittari (Kuva 10), joka kykenee mittaamaan paineen -1 – 16 baarin välillä ja ilmoittamaan sen analogisesti 4 – 20 milliampeerin signaalilla. (SCPSD, Catalog, 65)



KUVA 10. Paineanturi (SCPSD, Catalog, 64)

7.2 Värintunnistus

Oman haasteensa testilaitteen suunnitteluun toi tarve tunnistaa värejä etenkin DPIF indikaattoreista. Koska kyseisessä indikaattorissa on tunnistettavana viisi eri väriä, oli haastavaa löytää anturi, jolla testaaminen voidaan järkevästi toteuttaa. Laitteessa voitaisiin käyttää analogista signaalia lähettävää värianturia, jonka eri virta-/jänniteskaalat ohjelmoitaisiin logiikalla tarkoittamaan eri värejä, ongelmaksi voi myöhemmin nousta se, että värianturit ovat hyvin herkkiä heijastuksille ja ympäröivälle valaistukselle.

Anturin tulisi mielellään pysyä täydellisesti samassa kohdassa ja asennossa testattaviin indikaattoreihin nähden, mikä taas on haastavaa koska värianturien tulee yleensä olla hyvin lähellä kohdetta ja tässä käyttökohteessa indikaattoreita sekä lohkoa, johon ne kiinnitetään, täytyy jatkuvasti vaihdella. Tällöin anturi olisi hyvä siirtää suojaan asennusprosessien ajaksi ja silloin kun sitä ei käytetä.

Näitä rajoituksia silmällä pitäen sopivaksi värianturiksi valikoitui SensoPart FT 55-CM (Kuva 11). Anturista kätevän tekee se, että tunnistettavat värit voidaan opettaa suoraan anturille muutamalla napin painalluksella ja analogisen signaalin sijaan anturissa on kolme digitaalilähtöä, joiden kombinaatiot (Kuva 12) voidaan ohjelmoida logiikassa tarkoittamaan tiettyjä värejä. Anturia käytettäessä ulkoiset häiriötekijät eivät ole enää niin suuri riski, sillä käyttäjä voi helposti opettaa värit tarvittaessa uudelleen anturille, eikä käyttäjän tarvitse tietää muuta kuin mille muistipaikalle kukin väri kuuluu.



KUVA 11. SensoPart FT 55-CM. Anturin päällä näkyvissä LED näyttö ja napit, joilla värit voi opettaa (SensoPart, 2022, 2)

Q off	Q on

5-pin...-L5M							
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Q1							
Q2							
Q3							

Kuva 12. Digitaalilähtöjen kombinaatiot. Sarakkeissa seitsemän väripaikkaa ja riiveillä digitaaliset uloslähdöt (SensoPart, 2022, 3)

Värianturi tunnistaa eri värit siten, että se heijastaa tunnistettavaan kohteeseen yksitellen punaista, vihreää ja sinistä valoa. Riippuen kohteen väristä, kohde joko heijastaa takaisin tai absorboi anturin heijastamaa valoa. Valotunnistin anturissa mittaa lähetettyjen värien takaisin heijastuneen valon intensiteetin ja vertaa niiden suhdetta toisiinsa, jos mitattu suhde vastaa jollekin muistipaikalle tallennettua suhdetta, lähettää anturi signaalin muistipaikalle varattua/varattuja johtoja pitkin. (Keyence. Sensor basics; SensoPart, 2022)

7.3 Ohjausjärjestelmä

Testilaitteen ohjaus päätettiin toteuttaa käyttäen ohjelmoitavaa logiikkaa. Ohjelmoitavien logiikoiden hyötyjä ovat niiden luotettavuus, laajat ohjelmointimahdollisuudet ja etenkin joustavuus laitteiston muokattavuuden kannalta. Ohjelmoitavaan logikkaan on tarvittaessa helppoa poistaa tai liittää toimilaitteita ja antureita digitaalisiin ja analogisiin portteihin, eikä operaatiossa tarvitse juottaa tai muokata piirilevyjä. Myös ohjelmistot ovat helppokäyttöisiä eikä ohjelmointi vaadi erityisiä koodaustaitoja.

Ohjainlogiikkaohjaimeksi valittiin SIMATIC S7-1200 1214C CPU, joka sisältää valmiiksi kaksi analogista sisääntuloa ja 14 digitaalista sisääntuloa. Kun testilaitteeseen tarvittiin yhteensä neljä analogista sisääntuloa, yksi analoginen lähtö ja 18 digitaalista sisääntuloa, tuli keskusyksikköön lisätä vielä kahdeksan digitaalista sisääntuloa-, neljä analogista sisääntuloa- ja kaksi analogista lähtöä sisältävät I/O kortit.

Käyttöpäätteeksi valittiin seitsemän tuumainen Simatic HMI TP700 Basic paneeli, joka sisältää korkearesoluutioisen kosketusnäytön ja laajat ohjelmointimahdollisuudet. Näyttöön voidaan myös liittää hiiri ja näppäimistö, sekä sen kautta voi tallentaa dataa usb-muistitikulle. (Human Machine Interface Systems/ PC-based Automation, 2/14)

8 PLC OHJELMOINTI

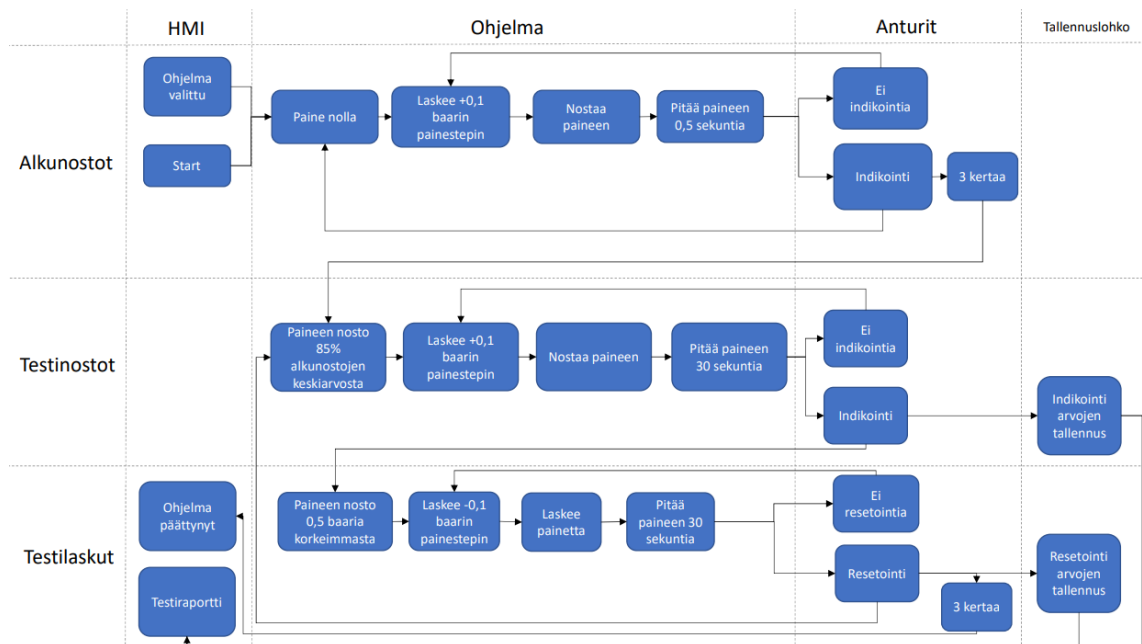
Koska testilaitteessa päädyttiin käyttämään Siemensin ohjelmoitavaa logiikkaa sekä näyttöpäätettä oli luonnollista, että ohjelmoinnissa hyödynnettiin myös Siemensin ohjelmistoa. Siemensin tarjoama ohjelma S7-1500 sarjan ohjelmoitaville logiikoille on nimeltään Totally Integrated Automation (TIA) Portal.

8.1 Ohjelman suunnittelu

Yhteensä testipenkkiin tuli ohjelmat neljän erilaisen indikaattorin testaukseen, variaatiot ovat: visuaalinen, digitaalinen, digitaalinen+ visuaalinen ja analoginen. Alkuun päätettiin luoda ohjelma digitaalisille ON/ OFF tyylillä signaloiville indikaattoreille. Tämä ohjelma toimisi runkona myös muille ohjelmavariaatioille, sillä kaikki ohjelmat seuraavat standardissa määrättyä kulkua. Ainoastaan signalointimetodi ja raportointitapa muuttuvat.

Logiikkaohjelman suunnittelun tueksi laadittiin sekvenssikaavio ohjelman toiminnasta (Kuvio 3). Sekvenssikaavio antaa selkeän kuvan ohjelman toimintavaiheista ja vaiheiden siirtymistä. Sekvenssikaaviossa testin vaiheet jaettiin kolmeen eri osaan:

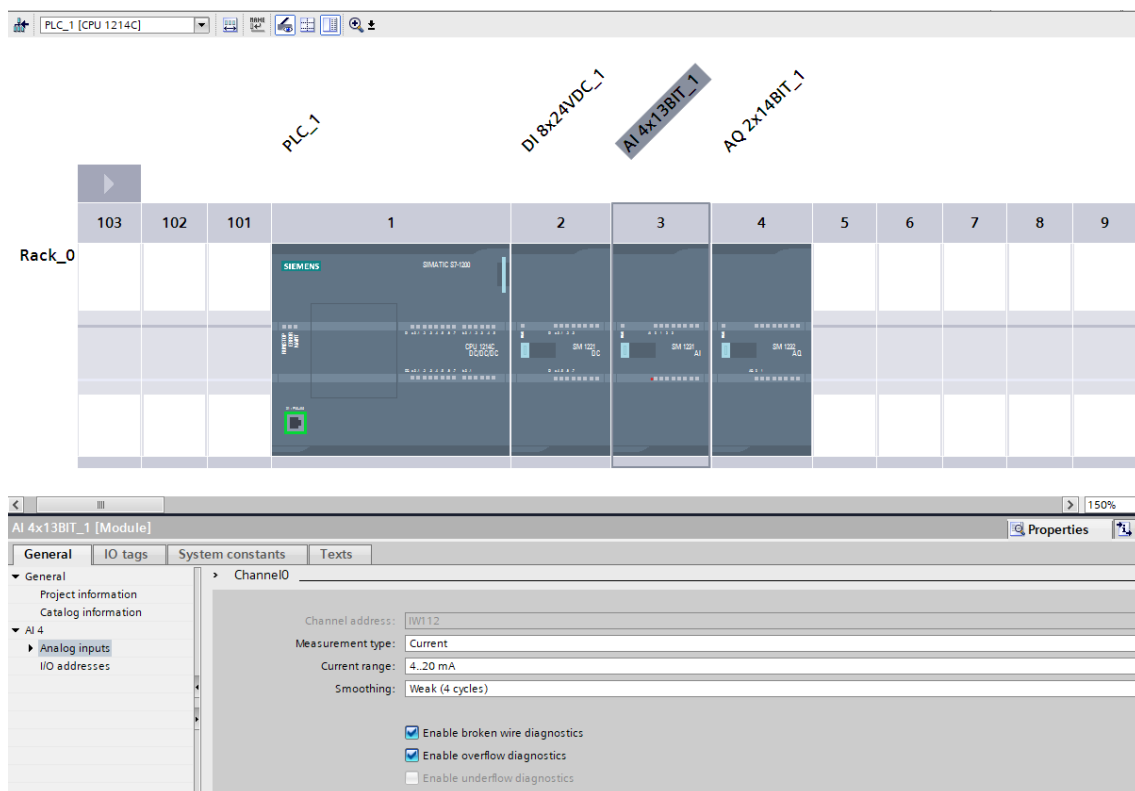
- **Alkunostot**, jossa paine nostetaan niin korkealle, että testattavat indikaattorit signaloivat, tämän jälkeen paine lasketaan nolnaan. Prosessi toistetaan yhteensä kolme kertaa.
- **Testinostot** vaiheessa ohjelma laskee 85 prosenttia alkunostojen indikointiarvojen keskiarvosta ja asettaa paineen siihen. Tämän jälkeen nostetaan painetta 0,1 baarin portailla aina pitäen jokainen painearvo 30 sekuntia. Testattavien indikaattoreiden indikoidessa arvot tallennetaan datalohkoon ohjelmassa ja ohjelma siirtyy testilaskut vaiheeseen.
- **Testilaskut** vaiheessa paine nostetaan testinostovaiheen korkeimmasta indikointiarvosta 0,5 baaria, josta ohjelma laskee sitä alaspäin 0,1 baarin portailla aina pitäen painearvon 30 sekuntia. Kun indikaattorien signaalit nollaantuvat tallennetaan arvot datalohkoon. Ohjelma palaa testinostot vaiheen alkuun, kunnes molemmat vaiheet on suoritettu yhteensä kolme kertaa.



KUVIO 3. Sekvenssikaavio ohjelman vaiheista ja niiden sidonnaisuuksista

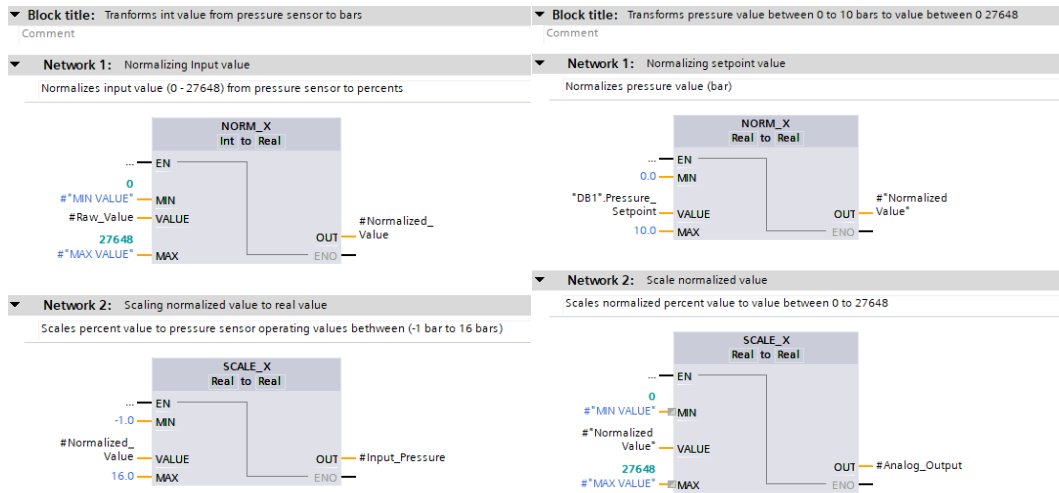
8.2 Ohjelma

Ohjelman luonti aloitettiin konfiguroimalla käytettävät laitteet CPU S7-1200 1214C ja HMI TP700 Basic paneeli TIA- Portal projektiin, sekä asetettiin fyysiset I/O osoitteet logiikkaohjaimen korteille. Koska testipenkissä käytetään analogisella signaalilla ohjattavia toimilaitteita, täytyi ohjaimen analogiset sisään- ja ulostulot konfiguroida tarkastelemaan oikeita suureita. Sisääntulo painemittarille asetettiin mittaamaan virtaa välillä 4 – 20 milliampeeria ja lähtö paineensäätimelle asetettiin lähettämään 0 – 10 voltin signaalia. (Kuva 13)



KUVA 13. Yllä logiikkaohjain simuloitu TIA-portaalin ohjelmointinäkyssä ja alla analogisten tulokanavien konfigurointi

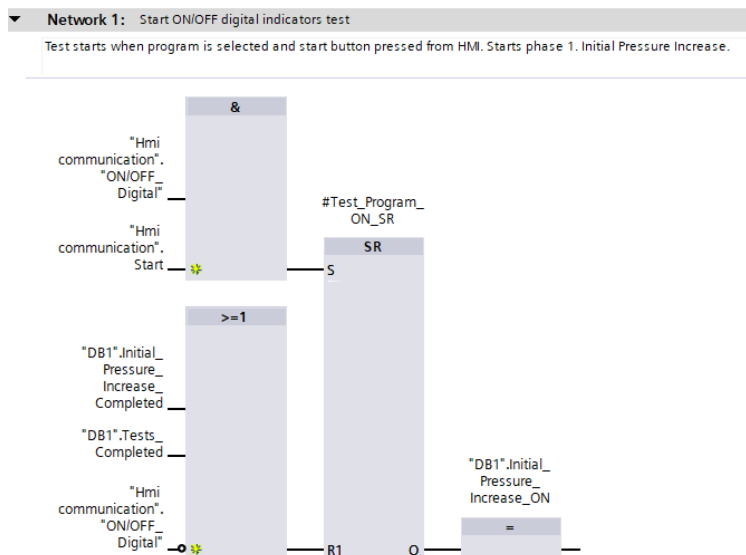
Logiikkaohjain skaalaa automaattisesti tulevan analogiarvon, joka on tässä tapauksessa 4 – 20 milliampeeria, kokonaisluvuiksi välillä 0 – 27648, kun käytössä olevan anturin mittaus-skaala on -1 – 16 baaria tarkoittaa se sitä, että jos systeemissä vallitsee -1 baarin paine, lähettää anturi ohjaimelle neljän milliampeerin signaalia jonka ohjain tulkitsee nolaksi, jos taas systeemissä vallitseva paine on 16 baaria ohjaimelle tuleva signaali on 20 milliampeeria jonka se tulkitsee kokonaisluvuksi 27648. Analogisille paineensäätimelle ja painemittarille luotiin tästä syystä FC (Function) lohkot, jotka muuntavat ohjaimen tunnistamat kokonaisluokuarvot baareiksi. (Kuva 14)



KUVA 14. Kuvassa vasemmalla paineanturilta tulevan arvon muuttaminen baareiksi ja oikealla paineensäätimelle annetun painearvon skaalaus

8.2.1 Alkunostot

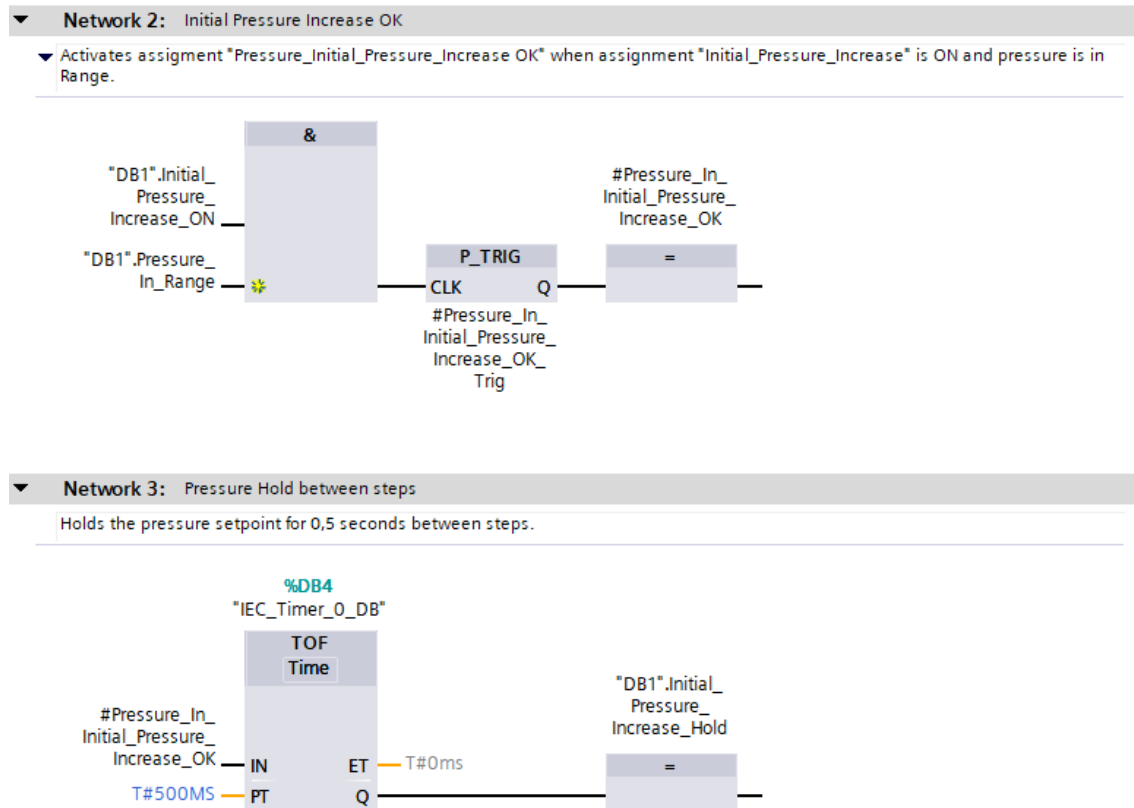
Testiprosessi alkaa, kun ohjelma on valittu ja painettu käynnistys nappia käyttöpäätteeltä. Testausohjelman käynnistys asettaa alkunostot vaiheen päälle. (Kuva 15)



KUVA 15. Testiprosessin käynnistys

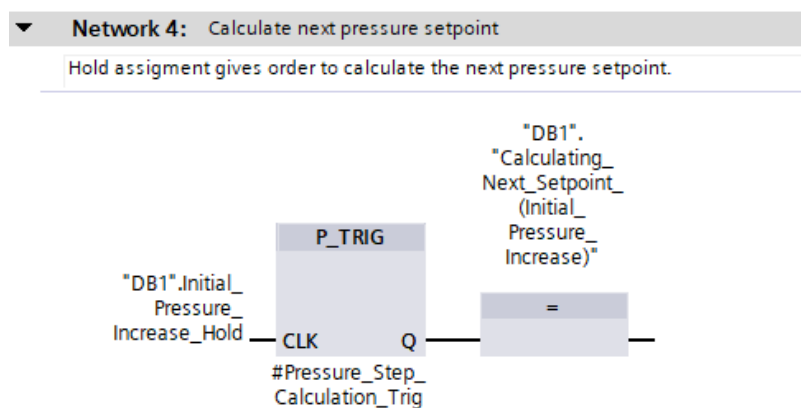
Puolen sekunnin paineen pito käynnistyy, kun ohjelma on varmistanut, että todellinen paine on sama kuin asetettu painearvo. Paineen asetetun arvon ja mitatun arvon vertailu suoritetaan erillisessä lohossa. Liipaisin toiminnolla saadaan aikaan se, että ajastin aktivoituu aina vain kerran painearvojen kohdatessa ja kun

säädettyä painearvoa taas muutetaan, todellinen paine tulee perässä ja aktivoi ajastimen uudestaan paineiden kohdatessa. (Kuva 16)

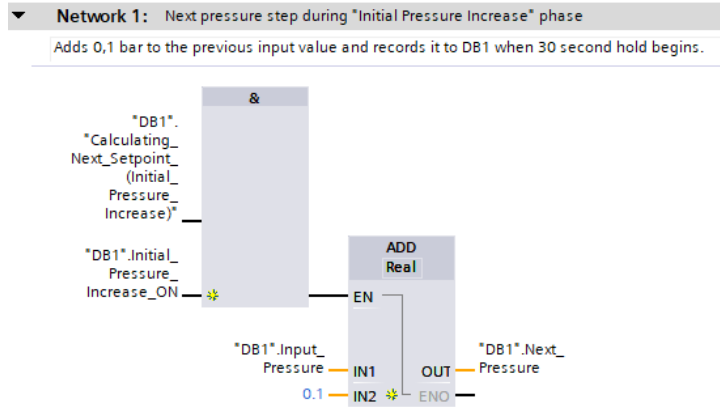


KUVA 16. Painesäätimen ja painemittarin arvo samassa antaa luvan puolen sekunnin pidolle

Kuvassa 17 pidon käynnistyminen antaa käskyn suorittaa laskutoimitus seuraavalle paineportaalle. Laskutoimitus suoritetaan erillisessä FC lohossa ja se lisää 0,1 baaria nykyiseen painearvoon (Kuva 18).

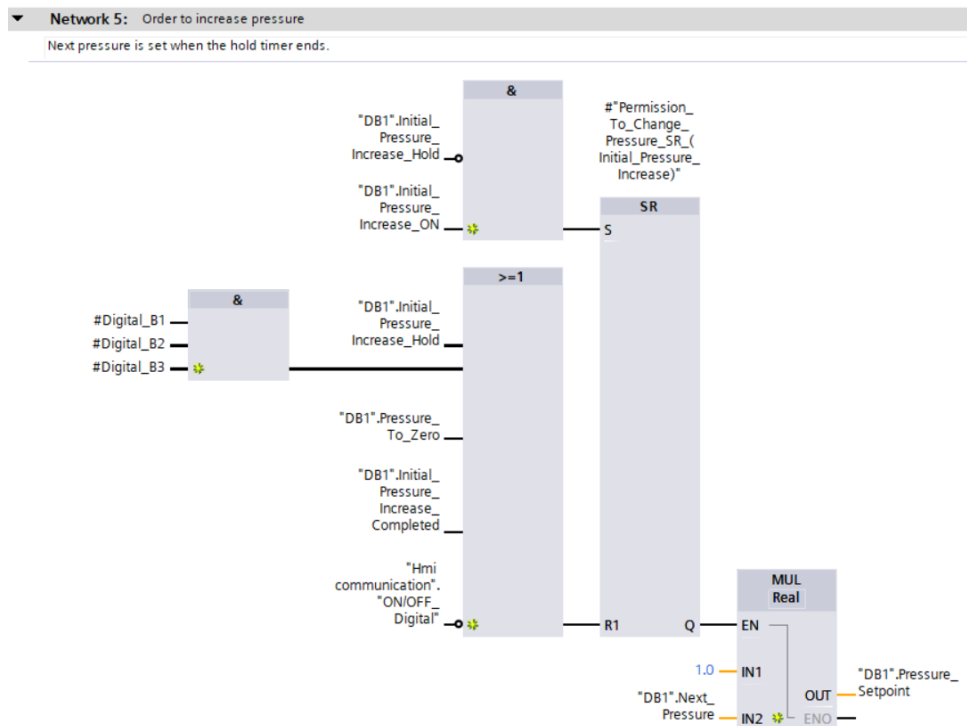


KUVA 17. Käsky seuraavan painestepin laskutoimitukselle



KUVA 18. Laskutoimitus suoritetaan omassa FC lohkoissa

Kun puolen sekunnin pito lakkaa olemasta päällä, lähtee lupa nostaa painetta. Multiply toiminto saa arvon seuraavalle paineportaalle kuvan 18 laskutoimitus lohkoista, kertoo sen yhdellä ja lähettää arvon "Pressure_Setpoint" muuttujaan, joka taas antaa arvon skaalaus lohkoon ja siitä paineensäätimelle. (Kuva 19)

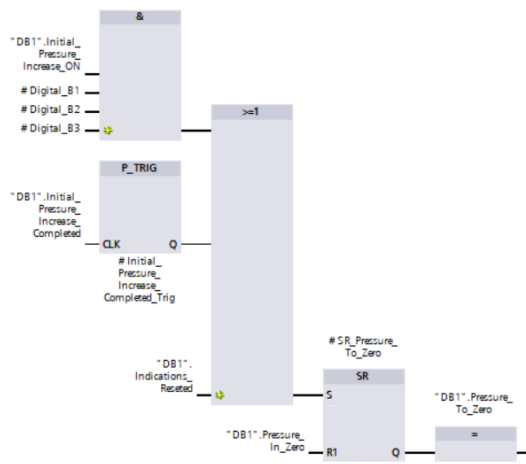


KUVA 19. Toiminto paineen säädölle

Paine asetetaan nolnaan aina kun kaikki indikaattorit ovat signaloineet (Kuva 20). Kuvassa 21 laskuri kirjaa nostokierrokset ja lopettaa alkunostot, kun kolme kierrosta on suoritettu.

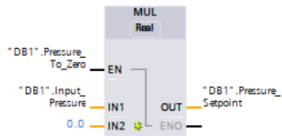
Network 6: Order to set the pressure to zero

Pressure is set to zero when all indicators have signaled/ phase "Initial Pressure Increase" is completed/ Indications are reseted.



Network 7: Pressure to zero

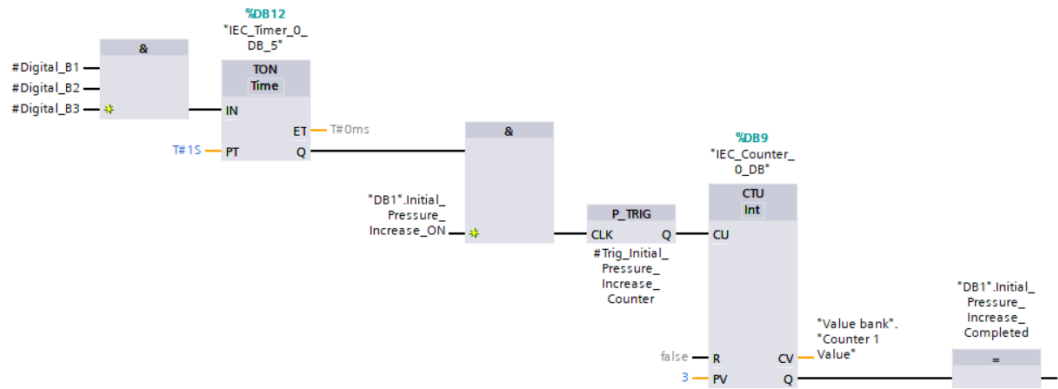
Sets pressure setpoint to zero.



KUVA 20. Toiminnot paineen nollaukselle

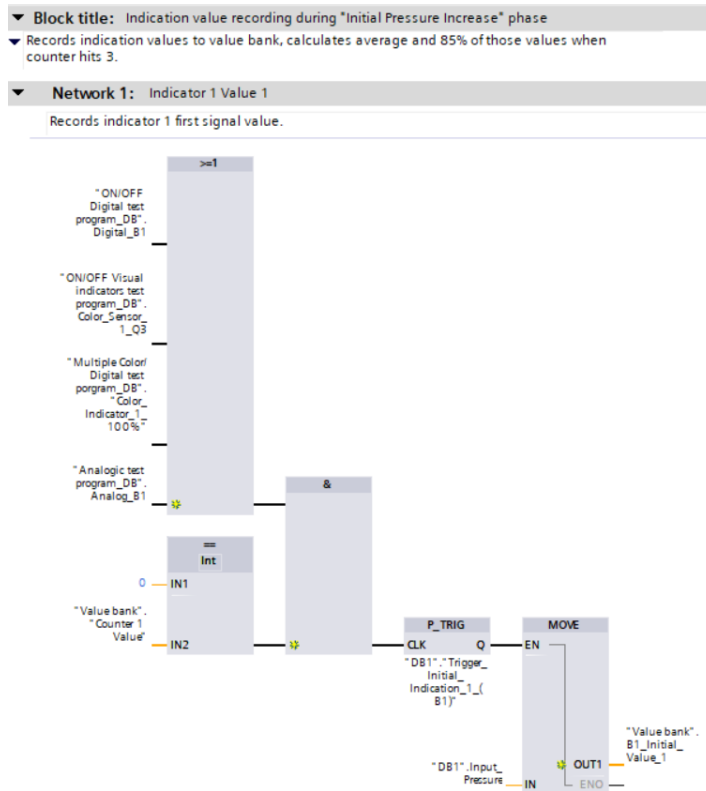
Network 8: Indication calculator during phase Initial Pressure Increase

Counts three rounds of indications. Counter 1 sends the value to indication value recording. Sets "Initial_Pressure_Increase_completed" when counter reaches value 3.



KUVA 21. Laskuri laskee kierroksen, kun kaikki kolme indikaattoria ovat signaloineet

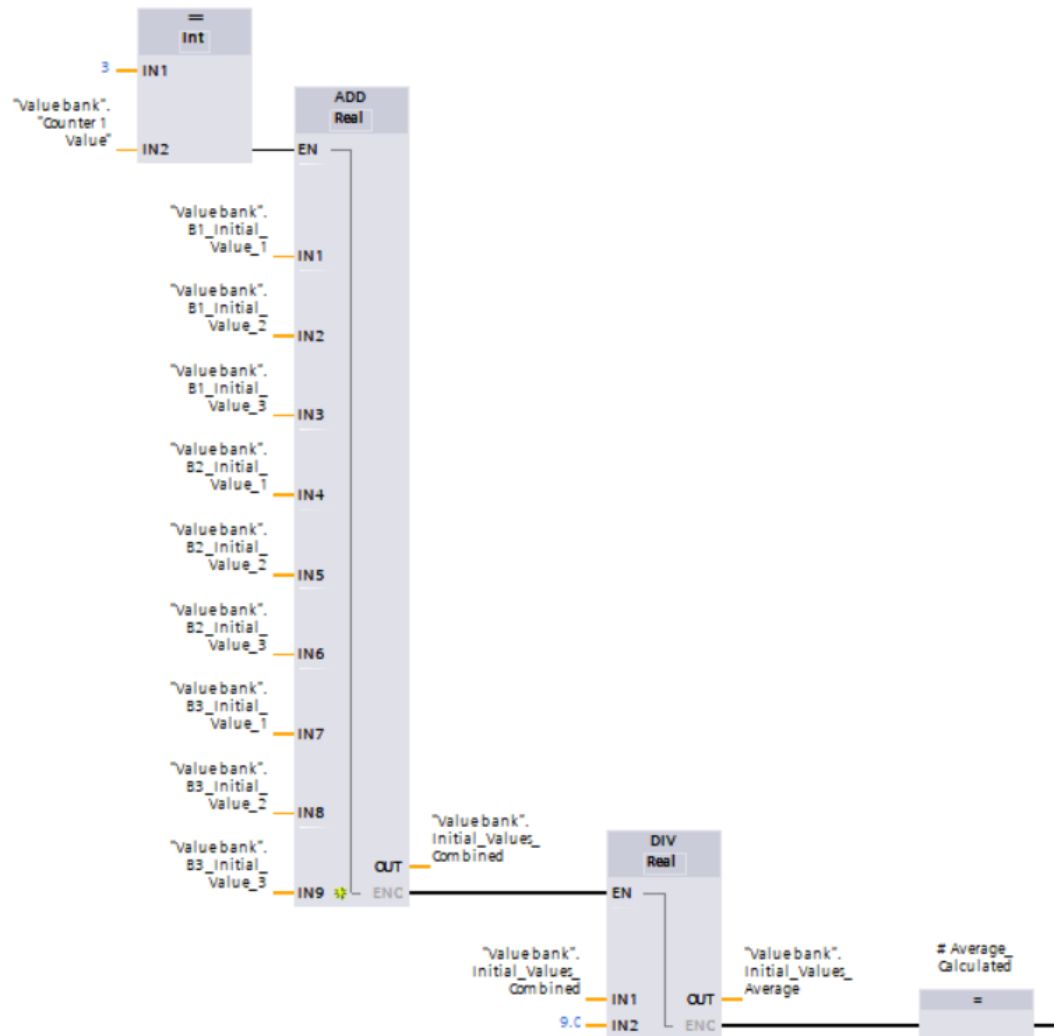
Jokainen indikointi arvo tallennetaan erillisessä FC lohkossa (Kuva 22) ”Value bank” datalohkoon. Jokaiselle indikaattorille ja nostokierrokselle on samanlainen toiminto. Samassa lohkossa on myös toiminto, joka laskee indikointi-arvojen keskiarvon ja siitä 85 prosenttia. (Kuva 23)



KUVA 22. Toiminto tallentaa tietyn indikoinnin tietyllä nostokierroksella ”Value bank” datalohkoon

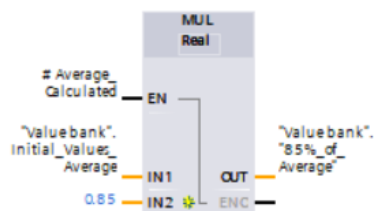
Network 10: Calculating average

Calculates the average value from all the indications.



Network 11: 85% from average

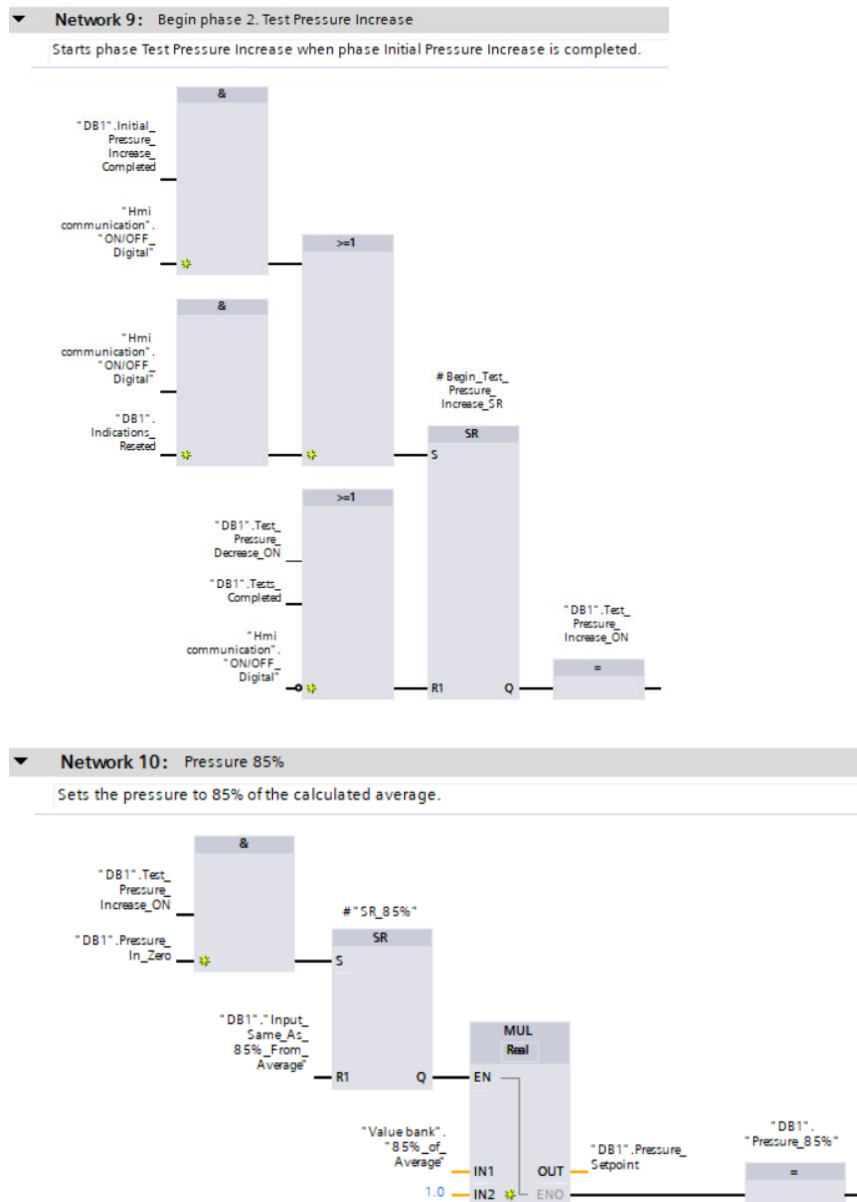
Calculates 85% of the average value calculated in the previous network.



KUVA 23. FC lohkossa, verkko 10 laskee keskiarvon indikoinneista ja verkko 11 laskee 85 prosenttia keskiarvosta

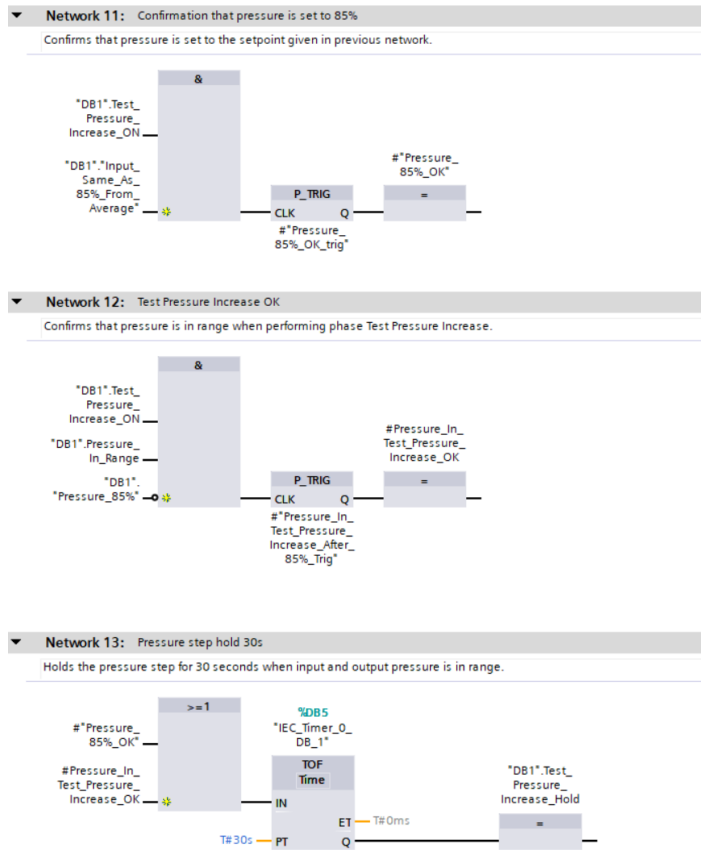
8.2.2 Testinostot

Kun alkunostot on suoritettu ohjelma aloittaa testinostot vaiheen. Ensimmäisenä toimenpiteenä testinostot vaihe asettaa paineen aiemmin laskettuun 85 prosenttiin keskiarvosta. (Kuva 24)



KUVA 24. Testinostot vaihe päälle ja paineen säätö 85 prosenttiin indikointien keskiarvosta

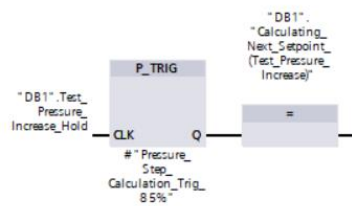
Testinostot vaiheessa paineen nostoa ja pitoa kierrätetään samalla periaatteella kuin alkunostot vaiheessa. Painemittarin arvon ollessa sama kuin asetettu paine, aktivoituu 30 sekunnin pito (Kuva 25). Pidon laskurin umpeutuessa lähtee käsky paineen säädölle 0,1 baaria ylöspäin. Seuraava paineporras lasketaan valmiiksi aina pidon alkaessa. (Kuva 26)



KUVA 25. 30 sekunnin pito aktivoituu, kun verkko 11 tai 12 antaa luvan

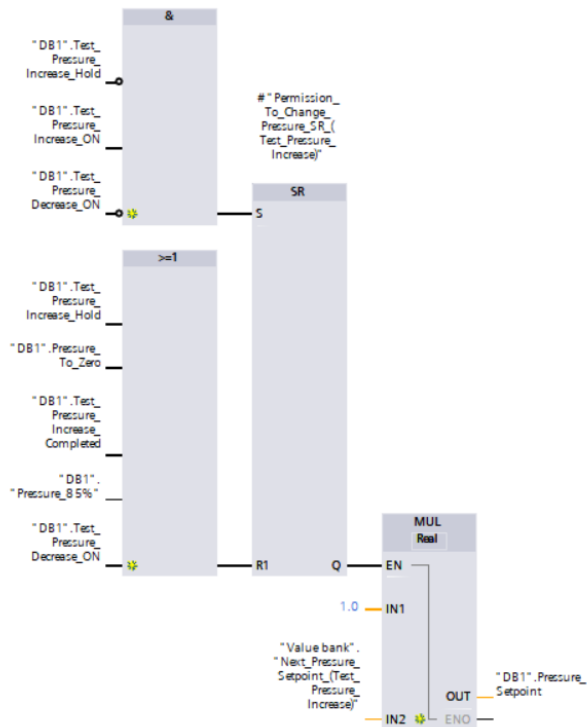
▼ **Network 14:** Order to calculate next pressure step 0.1 bar

Assignment "Test_Pressure_Increase_Hold" triggers calculation order (Calculation done in FC 6).



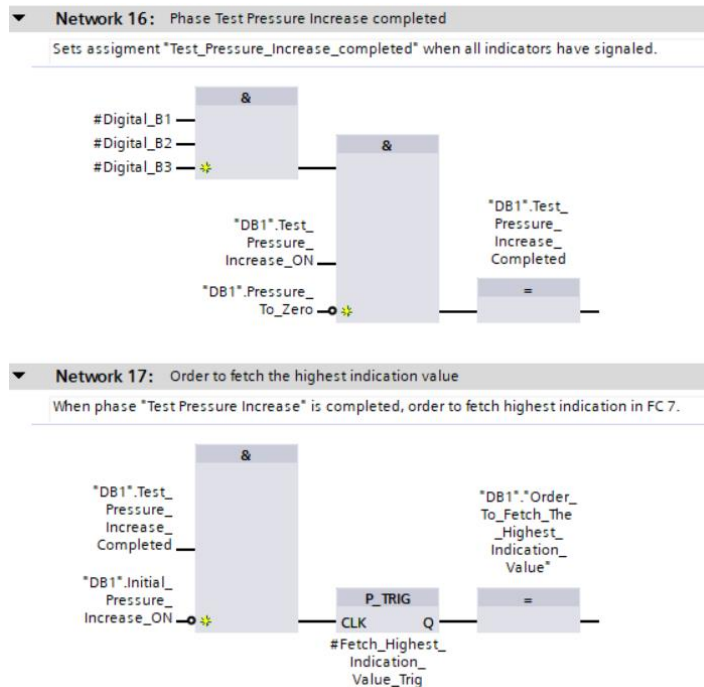
▼ **Network 15:** Order to up the pressure during phase 2 Test Pressure Increase

Applies the next calculated setpoint when hold timer has run 30 seconds.



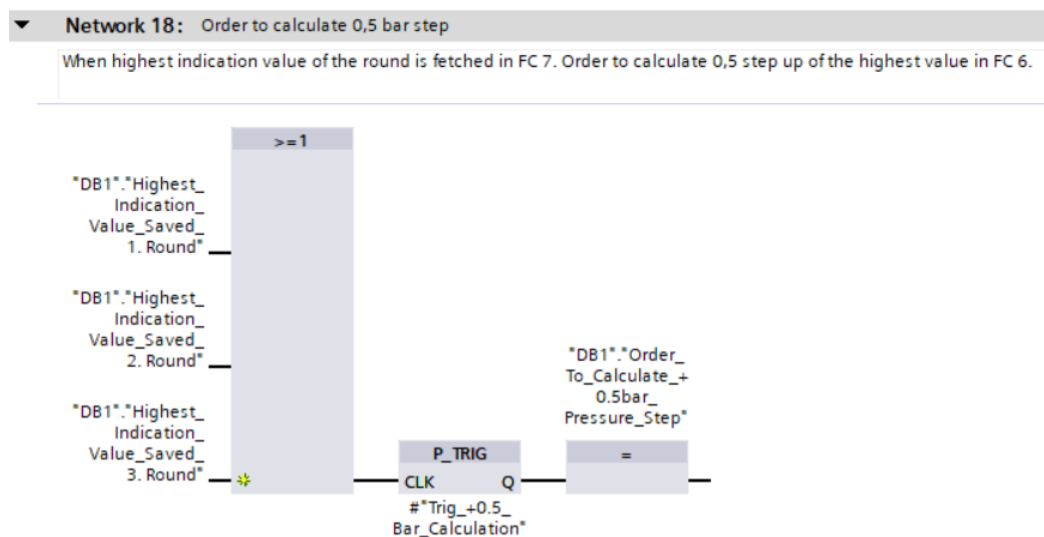
KUVA 26. Verkossa 14 seuraavan painestepin laskentakäsky. Verkossa 15 paineen nostoehdot

Kun kaikki indikaattorit ovat antaneet signaalin, aktivoituu testinostot tehty komento, joka päättää paineen noston ja pidon kierron. Komento lähettää myös käskyn hakea testinostokierroksen korkein indikointiarvo erillisessä FC lohossa. (Kuva 27)

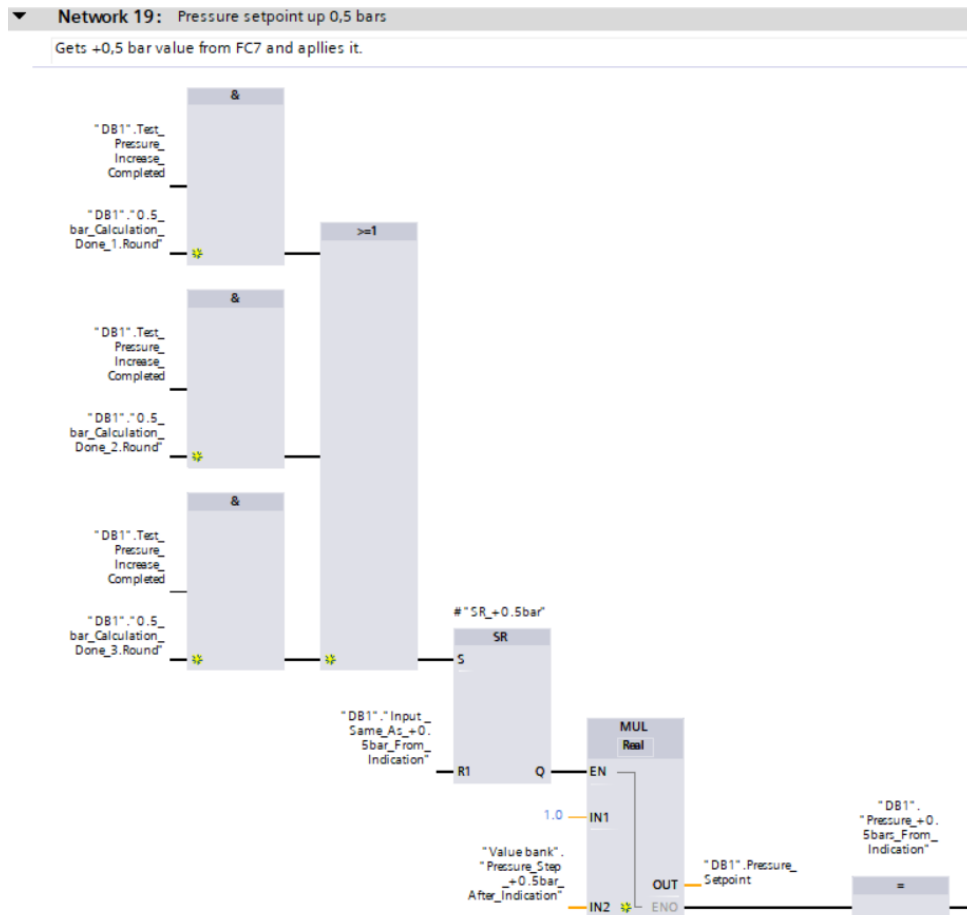


KUVA 27. Testinostot suoritettu ja käsky hakea korkein indikointiarvo

Kun korkein indikointiarvo on tallennettu antaa verkko 18 käskyn tehdä laskutoimitus, jossa tallennettuun arvoon lisätään 0,5 baaria (Kuva 28). Laskutoimituksen tapahtuessa verkko 19 saa luvan asettaa laskettu paine (Kuva 29).



KUVA 28. Käsky suorittaa laskutoimitus korkein indikointiarvo + 0,5 baaria



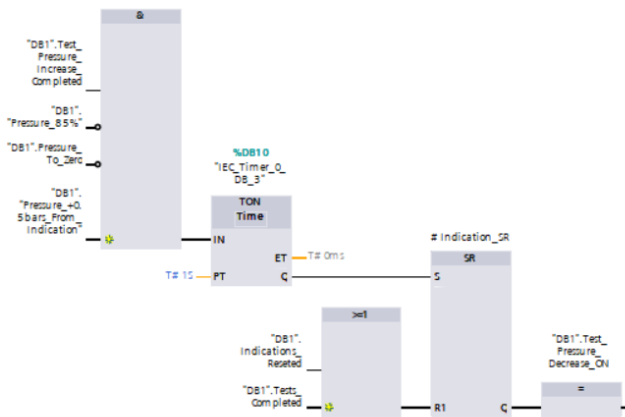
KUVA 29. Paineen säätö laskutoimituksen jälkeen

8.2.3 Testilaskut

Verkko 20 asettaa päälle vaiheen testilaskut. Verkko 21 varmistaa, että mitattu paine on sama kuin edellisessä vaiheessa asetettu paine ja antaa hyväksynnän paineen pidolle. (Kuva 30)

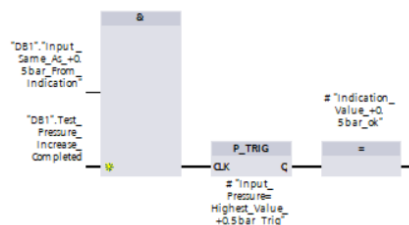
▼ **Network 20:** Begins phase 3. Test Pressure Decrease

- ▼ Begins phase "Test Pressure Decrease" when phase "Test Pressure Increase" is completed and pressure is set to +0.5 bar from highest indication value.



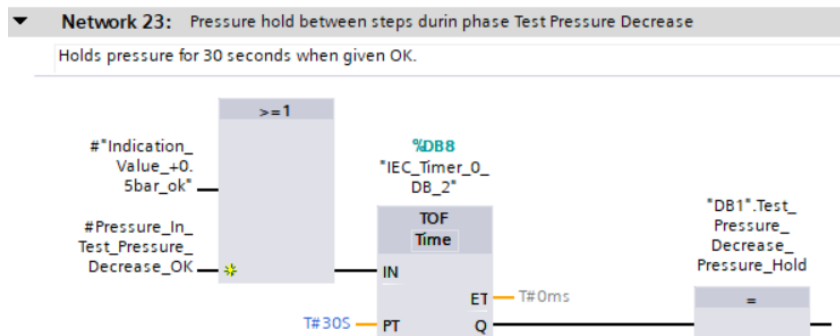
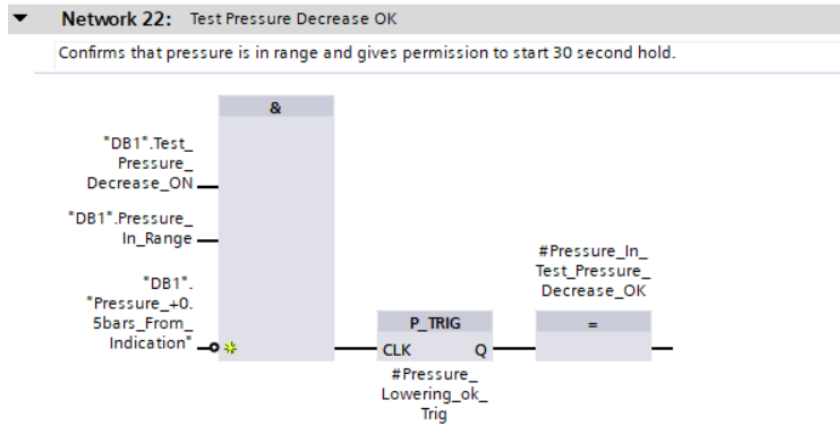
▼ **Network 21:** Confirmation that input and output pressure are at the same

- Gives OK when input pressure correlates with setpoint set in network 19. Comparison is exec...

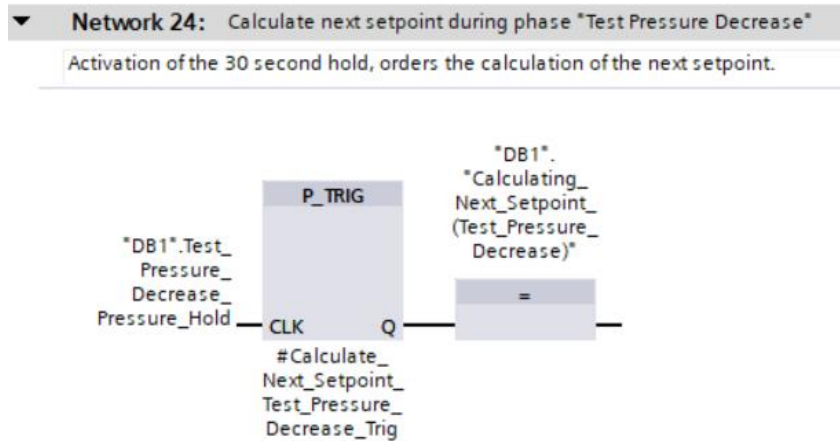


KUVA 30. Testilaskujen aloitus ja painearvojen varmistus

Paineen laskua ja pitoa kierrätetään samalla tyylillä kuin aiemmissa vaiheissa. Verkko 21 antaa käskyn paineen pidolle silloin kun paine on nostettu 0,5 baaria korkeimmasta indikointi arvosta ja verkko 22 siitä eteenpäin (Kuva 31). Myös seuraavan painestepin laskutoimitus tapahtuu samalla tavalla kuin aiemmin pidon antaessa käskyn laskea paine (Kuva 32).

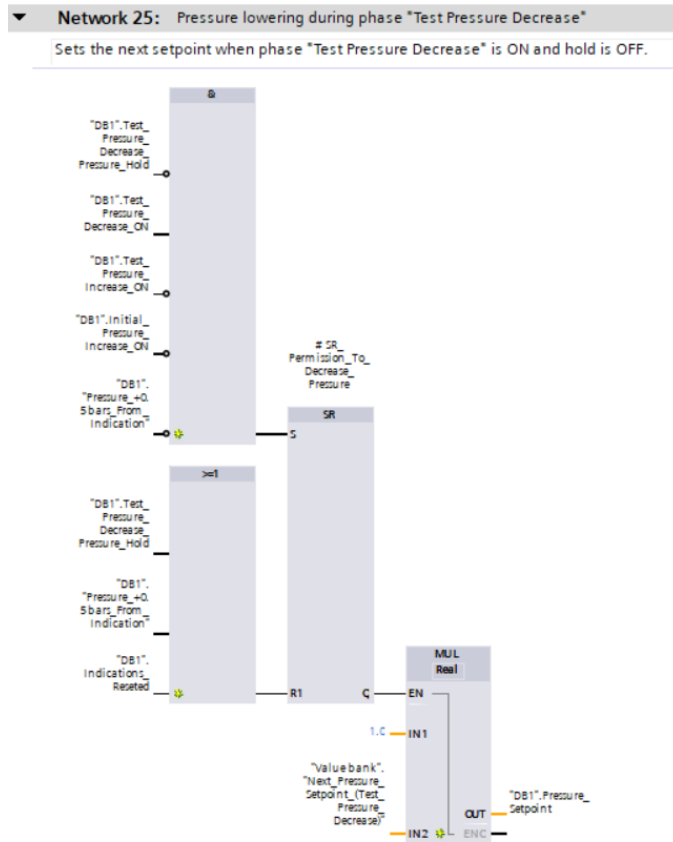


KUVA 31. Verkko 22 antaa luvan paineen pidolle verkossa 23



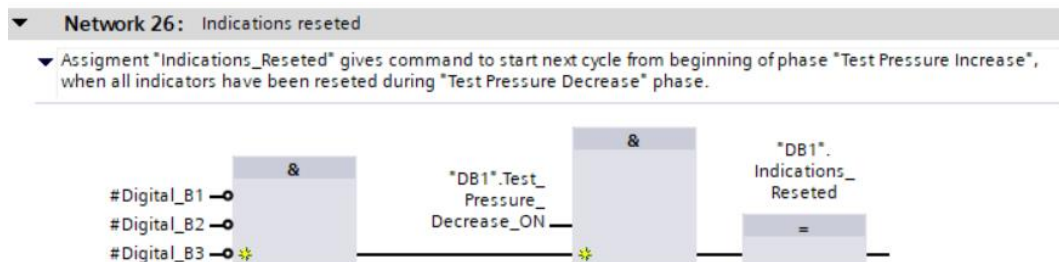
KUVA 32. Käsky seuraavan painestepin laskutoimitukselle

Verkko 25 laskee painetta 0,1 baaria kerralla silloin kun testilaskut vaihe on päällä ja pito pois päältä. (Kuva 33)

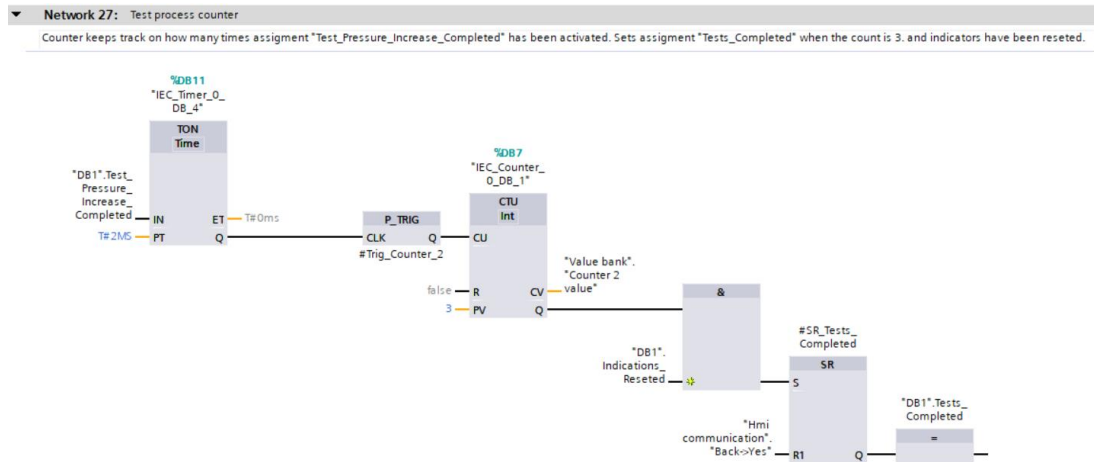


KUVA 33. Toiminto paineen laskulle

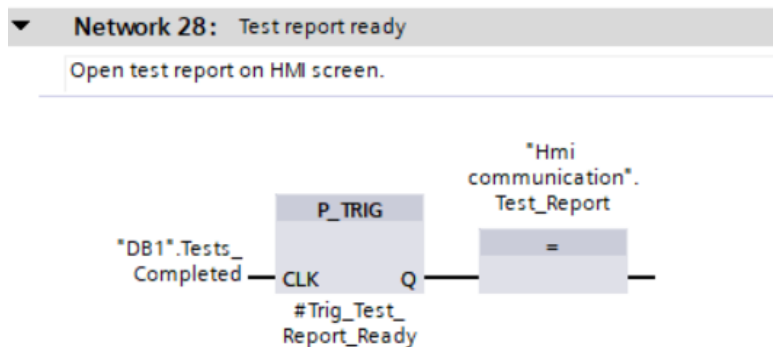
Kun kaikki indikaattorit ovat indikoineet testilaskut vaiheessa, aktivoituu "Indicators_Reseted" tila (Kuva 34). Tämä tila jatkaa ohjelmaa testinostot vaiheesta siihen asti, kunnes verkon 27 laskuri on käynyt kolme kertaa, jolloin "Tests_Compiled" tila aktivoituu ja lopettaa testiprosessin sekä pudottaa paineen noltaan (Kuva 35). Verkko 28 avaa testiraportin HMI näytölle, kun kaikki testikierrokset on suoritettu (Kuva 36).



KUVA 34. Indikaattorit resetoitu tila



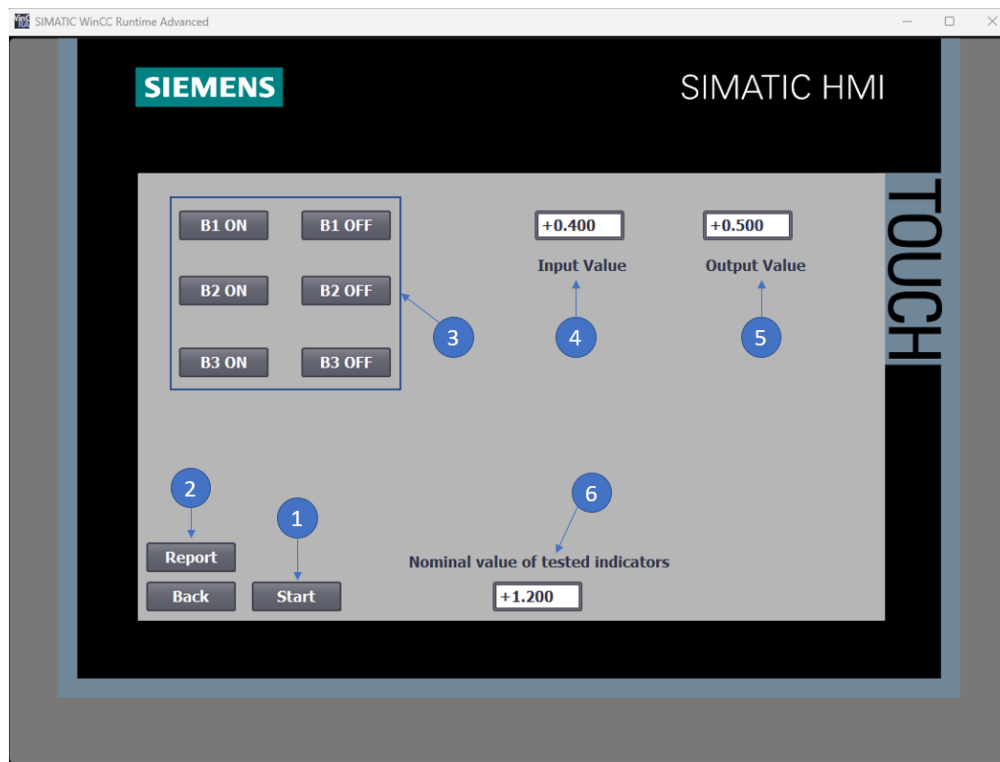
KUVA 35. Testikierrosten laskuri



KUVA 36. Käsky avata testiraportti HMI näytölle

8.2.4 Ohjelman testaus

Ohjelman toimivuus voitiin testata luomalla simulointiruutu ja yhdistämällä siihen tarvittavat toiminnot ohjelmasta. Kuvassa 37 näkyvään simulointiruutuun on liitetty 1. ohjelmanaloitusnappi, 2. nappi testiraporttiin, 3. päälle ja pois päältä napit indikaattorien signaaleille, 4. painemittausarvon asetus, 5. asetetun paineen arvo ja 6. testattavien indikaattoreiden nominaalinen painearvo.

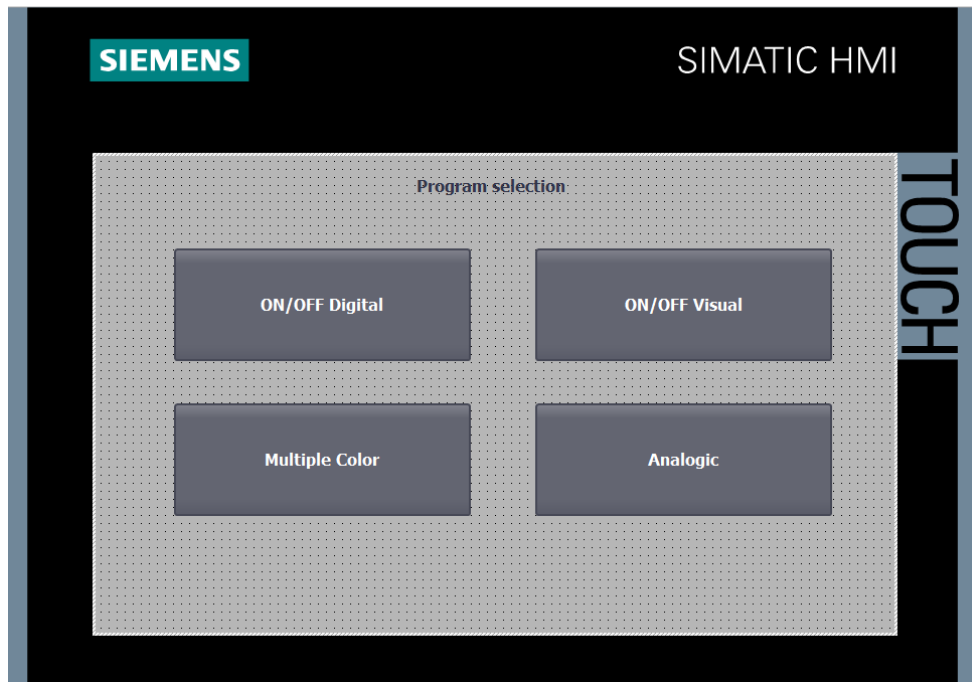


KUVA 37. Simulointiruutu

Simulointia varten indikaattorien sisään tulot piti korvata ohjelmassa simulointiruudun napeilla, HMI näytön "SetBit" ja "ResetBit" toimintoja käyttämällä voitiin simuloida indikaattorien signaaleja. Simulointien perusteella ohjelma toimi vaaditulla tavalla eikä suurempia bugeja tässä ohjelmaversiossa löytynyt, joskin todellinen toimivuuden arviointi voidaan suorittaa vasta kun ohjelmaa on testattu fyysisessä testilaitteessa.

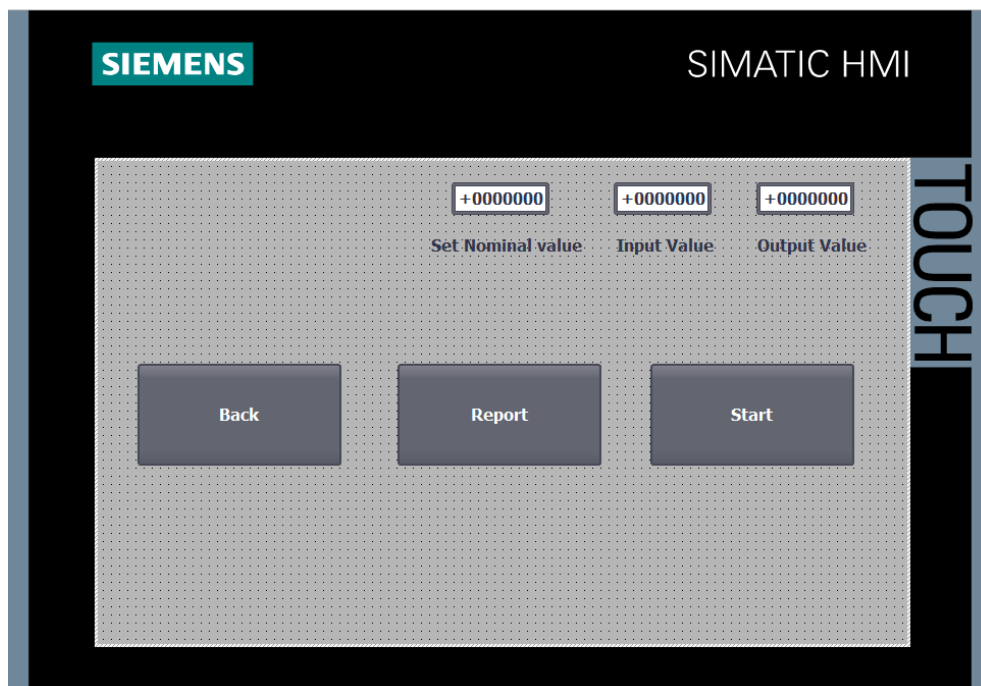
8.2.5 Käyttöliittymä ja testiraportti

Testilaitteen käyttöliittymänä toimii Siemensin Simatic HMI TP700 Comfort kosketuspaneeli. Paneeli on kooltaan seitsemän tuumainen ja sen ohjelmoiminen yhteen logiikkaohjaimen kanssa onnistui saumattomasti käyttäen TIA Portaalia. Käyttöliittymän aloitusnäkyssä on ohjelmavalinta (Kuva 38). Käyttäjä valitsee ohjelman sen perusteella minkä tyyppisiä indikaattoreita ollaan testaamassa.



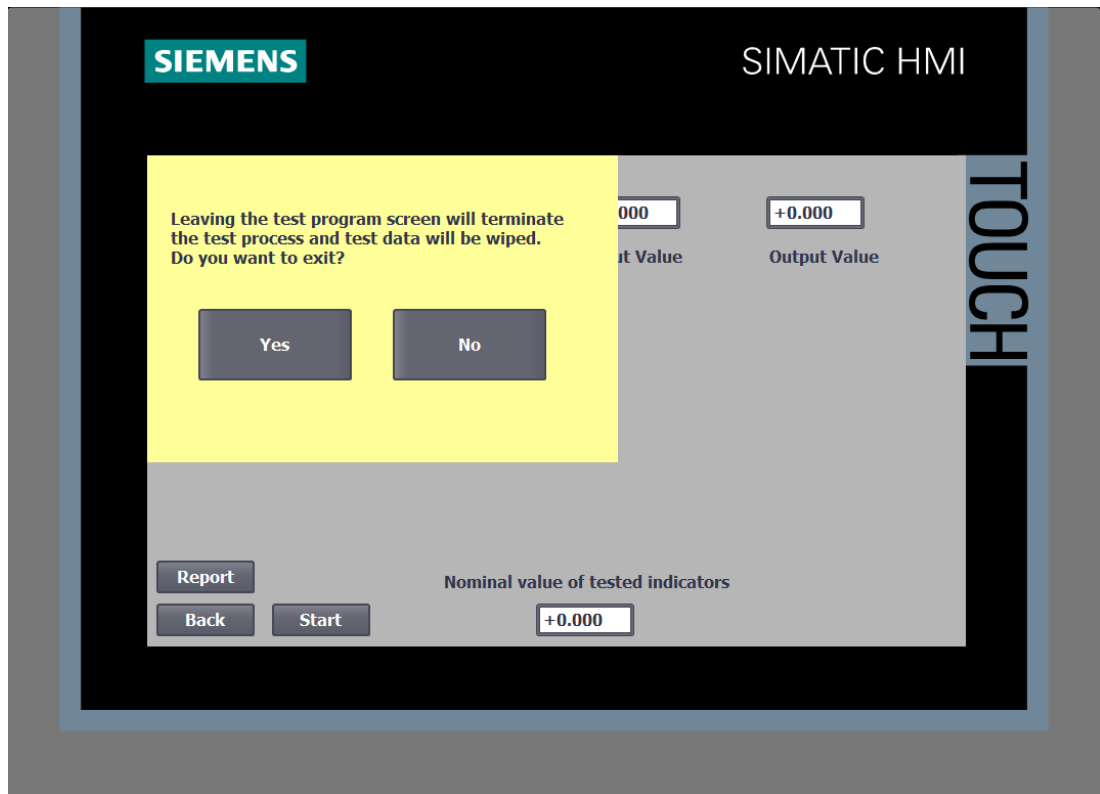
KUVA 38. Käyttöpäätteen aloitusnäky

Ohjelman valittuaan käyttäjä pääsee testinäkyyn (Kuva 39). Testinäkyyn löytyvät painike testausohjelman käynnistämiseksi, painike testiraportti-ikkunaan ja "Back" nappi, jolla päästään takaisin aloitusikkunaan. Näkyyn voidaan myös tarkastella asetettua ja mitattua painetta reaaliaikaisesti sekä asettamaan testattavien indikaattoreiden nominaalinen indikointiarvo. Testinäkyt ovat samanlaiset jokaisella ohjelmalla.



KUVA 39. Testinäky

Jos käyttäjä painaa takaisin nappia aukeaa ponnahtusikkuna (Kuva 40), joka ilmoittaa mahdollisen meneillään olevan testiprosessin lopettamisesta ja testattujen arvojen pyyhkiytymisestä, mikäli aloitusnäyttöön palataan. Ponnahtusikkuna ei lopeta testiprosessia ja "No" nappia painamalla jäädään testausnäkyeseen.



KUVA 40. Ponnahtusikkuna poistuessa testinäkymästä

Myös testiraportin luominen näyttöpäätteelle voitiin simuloida. Kuvassa 41 olevasta simuloinnin tuloksena syntyneestä testiraportista, voidaan lukea kolmen testikierroksen indikointi- ja resetointitulokset, niiden keskiarvot sekä hystereesi, joka on keskiarvojen erotus. Raportista ilmenee myös hystereesin koko prosentteina verrattuna indikaattoreiden nominaaliseen arvoon sekä indikoititarkkuudet, jotka ilmaistaan prosentuaalisena heittona indikoitien keskiarvon ja nominaalisen arvon välillä.

SIEMENS SIMATIC HMI TOUCH

	Indicator #1		Indicator #2		Indicator #3	
	Increase	Decrease	Increase	Decrease	Increase	Decrease
Test 1	+1.220	+0.720	+1.120	+0.820	+1.320	+0.920
Test 2	+1.120	+0.720	+1.120	+0.820	+1.220	+0.920
Test 3	+1.320	+0.720	+1.320	+0.820	+1.320	+0.920
Average	+1.220	+0.720	+1.187	+0.820	+1.287	+0.920
Hysteresis	+0.500	+41.667	+0.367	+30.556	+0.367	+30.556
Accuracy	+1.667		-1.111		+7.222	

KUVA 41. Testiraportti. Kohta 1. tarkkuus prosentteina, kohta 2. hystereesin prosentuaalinen koko indikaattorin nominaaliseen arvoon verrattuna.

Usealla värillä ja digitaalisignaalilla indikoivien indikaattoreiden raportti eroaa muissa testeissä käytettävästä raportista, sillä kyseiset indikaattorit ilmoittavat paine-erosta viidessä eri vaiheessa eri värisillä led valoilla sekä kahdella digitaalisignaalilla 75:n ja sadan prosentin kohdalla indikaattorille asetetusta paine-erosta. Testiraporttiin tulostetaan painetta nostaessa ja laskiessa eri valojen indikointipaineet, 75:n ja sadan prosentin indikointipaineet sekä näiden keskiarvot. (Kuva 42)

SIEMENS SIMATIC HMI

TOUCH

Increasing							
	Green	Yellow	Orange	Red	Flashing	75%	100%
#1	+000000	+000000	+000000	+000000	+000000	+000000	+000000
#2	+000000	+000000	+000000	+000000	+000000	+000000	+000000
#3	+000000	+000000	+000000	+000000	+000000	+000000	+000000
Average	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000

Decreasing							
	Green	Yellow	Orange	Red	Flashing	75%	100%
#1	+000000	+000000	+000000	+000000	+000000	+000000	+000000
#2	+000000	+000000	+000000	+000000	+000000	+000000	+000000
#3	+000000	+000000	+000000	+000000	+000000	+000000	+000000
Average	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000

KUVA 42. Usean värin indikaattoreiden testiraportti

9 TURVALLISTAMINEN

Standardi SFS-EN ISO 12100 määrittelee, että tehdäkseen riskin arvioinnin ja riskien pienentämisen, suunnittelijan on toteutettava seuraavat toimenpiteet osoitetussa järjestyksessä:

- a) Määritettävä koneen raja-arvot, joihin sisältyvät käyttö, sekä kohtuudella ennakoitavissa oleva väärinkäyttö
- b) Tunnistettava vaarat ja niihin liittyvät vaaratilanteet
- c) Arvioitava riskin suuruus kunkin tunnistetun vaaran ja vaaratilanteen osalta
- d) Arvioitava riskin merkitys ja tehtävä päätös riskin pienentämisestä
- e) Poistettava vaara tai pienennettävä vaaraan liittyvää riskiä suojaustoimenpiteiden avulla

Toimet a) ... d) liittyvät riskin arviointiin ja e) riskin pienentämiseen. (SFS-EN ISO 12100 Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arviointi ja riskin pienentäminen, 28)

9.1 Laitteen raja-arvojen varmistus

Automatisoitu indikaattorientestilaitte on sähköinen laite, joka toimii 230 voltin vaihtojännitteellä, jota laitteessa oleva virtalähde muuttaa testilaitteen komponenteille sopivaksi 24 voltin tasajännitteeksi. Virtalähde pitää sisällään ylijännitesuojan, joka aktivoituu yli 33 voltissa, eli teoriassa tätä korkeampaa jännitettä ei virtalähteeltä komponenteille pääse. Sähkölaitteisto suojataan ylikuormitukselta sulakkeella ja vikavirtasuojakytkimellä

Toisen vaaraelementin testilaitteessa luo siinä käytettävä paineilma. Maksimis- saan testilaitteeseen tuotu paine voi olla 10 baaria. Maksimipainearvo asetetaan ennen testilaitetta sijaitsevalla paineensäätimellä ja laitteen komponentit suojataan 10 baarin varoventtiilillä, paineensäätimen mahdollisesti vikaantuessa.

9.2 Riskit normaalikäytössä

Kun testilaitteeseen oli suunniteltu vaadittavat turvamekanismit, joilla vaaraa aiheuttavat elementit rajataan, voitiin tarkastella millaisia riskejä testilaitte normaalioloissa voi aiheuttaa. Riskit arvioitiin taulukon 1 riskimatriisilla ja riskien selitteet ovat seuraavanlaiset:

- Merkityksetön riski:** Riski on pieni, ei vaadi toimenpiteitä. Tilannetta pitää seurata
- Vähäinen riski:** Toimenpiteitä ei välttämättä tarvita. Tilannetta pitää seurata ja tarvittaessa ryhtyä toimenpiteisiin
- Kohtalainen riski:** Toimenpiteitä tulee harkita. Toimenpiteiden määrä ja laatu pitää suhteuttaa vaaraan. Jos vaaraan liittyy vakavia seurauksia, on tarpeen tarkentaa riskianalyysiä
- Merkittävä riski:** Vaaditaan toimenpiteitä riskin pienentämiseksi. Toimenpiteiden määrä ja laatu pitää suhteuttaa vaaraan. Jos vaaraan liittyy vakavia seurauksia, on tarpeen tarkentaa riskianalyysiä
- Korkea riski:** Toimenpiteet riskin pienentämiseksi ovat välttämättömiä. Toimenpiteet pitää aloittaa heti. Suunnittelua ei saa jatkaa, ennen kuin ratkaisut on määritetty
- Sietämätön riski:** Riskin poistaminen välttämätöntä. Toimenpiteet pitää aloittaa heti. Suunnittelua ei saa jatkaa, ennen kuin ratkaisu on määritetty

TAULUKKO 1. Riskimatriisi

Seuraus				
Todennäköisyys	1.Vähäinen - Ohimenevät tai lievät vaikutukset - Korkeintaan mus-telma - Ei sairauslomapäiviä	2. Kohtalainen - Ohimenevät lievät vaikutukset - Korkeintaan mus-telma tai nirhauma - Max. 3 sairausloma-päivää	3. Haitallinen - Pitkäkestoisia tai vakavia vaikutuksia - Murtumia tai palo-vammoja - 3- 30 sairausloma-päivää	4. Vakava - Pitkäkestoisia tai vakavia vaikutuksia - Pysyviä vammoja - >30 sairauslomapäivää, pysyvä työky-vyttömyys tai kuo-leva
1. Epätodennäköinen - Esiintyy kerran 1 vuoden aikana	Merkityksetön riski	Vähäinen riski	Kohtalainen riski	Merkittävä riski
2. Mahdollinen - Esiintyy kerran 1 kuukauden aikana	Vähäinen riski	Kohtalainen riski	Merkittävä riski	Korkea riski
3 Todennäköinen - Esiintyy kerran 1 viikon aikana	Kohtalainen riski	Merkittävä riski	Korkea riski	Sietämätön riski
4. Erittäin todennäköinen - Esiintyy kerran 1 päivässä	Merkittävä riski	Korkea riski	Sietämätön riski	Sietämätön riski

Riskien vakavuus arvioitiin niiden seurausten ja todennäköisyyden perusteella. Suunnitteluvaiheessa voitiin todeta seuraavien riskien olemassaolo silloin kun laite toimii normaalisti:

- Sähköisku, avoimista liitäntäjohdoista tai ohjauskeskuksen komponenteista
- Palovaara, avoimista liitäntäjohdoista
- Silmä- viilto- tai iskuvamma paineletku- tai liitinrikon sattuessa
- Testilohkon putoaminen jalalle

9.3 Sähköisku

9.3.1 Riskiarvio

Sähköisissä laitteissa piilee aina vaara sähköiskulle. Automatisoidussa testipenkissä sähköisiin indikaattoreihin käytettävät signaali ja käyttöjännitejohdot ovat aina fyysisesti kytkettyinä ohjauskeskukseen, joten niissä voi kulkea 24 voltin jännite ja sähköiskun mahdollisuus on olemassa, vaikkakaan seuraus terveelle ihmiselle siitä ei ole kovin vakava.

Vakavamman vaaratilanteen luo mahdollisuus saada sähköisku 230 voltin verkovirrasta ennen virtalähdettä tai virtalähteestä. Tämä vaara on käytännössä mahdollinen, jos käyttäjä koskee kytkentöihin, kun laite on virallinen. Riskin todennäköisyys voidaan arvioida mahdolliseksi ja seuraukset vakavaksi, täten riskimatriisin mukaan riski on korkea ja toimenpiteet välttämättömiä.

9.3.2 Riskin pienentäminen

Riski 24 voltin pienjännitteelle altistumiselle voidaan pienentää sillä, että indikaattoreille menevien johtojen päissä on aina indikaattorimallin mukaan, siinä normaalisti käytettävä suojattu liitin. Myös palovaaran todennäköisyyttä avoimista liitoksista voidaan pienentää tällä toimenpiteellä, huomioitavaa lisäksi kuitenkin on, että testilaitteen välittömässä läheisyydessä ei tule säilöä herkästi palavia aineita ja käyttötilan paloturvallisuudesta tulee huolehtia yleisesti muun muassa riittävillä esisammutusvälineillä, joilla mahdollisen palon seuraukset voidaan minimoida.

Suuremmalle jännitteelle altistumisen todennäköisyyttä voidaan vähentää sijoittamalla ohjauskeskuksen komponentit lukolliseen ja asianmukaisesti valmistettuun sähkökeskukseen. Keskuksen avain tulisi olla ainoastaan laitteen käyttöön koulutettujen ja valtuutettujen henkilöiden hallussa. Sähkökeskus tulee olla varustettu hätäseisnapilla ja jännitteestä varoittavilla tarroilla. Sähkökeskuksesta löytyvä vikavirtasuojakytkin suojaa myös käyttäjää sähköiskulta tunnistessaan virtavuodon laitteen ulkopuolelle, jolloin mahdollisen sähköiskun kesto lyhenee, näin ollen pienentäen sen seurausta. Toimenpiteiden jälkeen jäännösriski voidaan arvioida epätodennäköiseksi ja sen seuraukset haitalliseksi, jolloin riskin

suuruus on kohtalainen. Mahdollisena jatkotoimenpiteenä voidaan harkita turvakytkimen asennusta sähkökeskuksen oveen, joka katkaisee virran laitteesta, kun ovi avataan.

9.4 Silmä- viilto- tai iskuvamma paineletku- tai liitinriikon sattuessa

9.4.1 Riskiarvio

Rikkoutuessaan pneumatiikkaletku voi puhallaa esimerkiksi pieniä metallipartikkeleita tai muita hiukkasia, jotka voivat aiheuttaa vaurioita tai ärsytystä silmään joutuessaan. Testilaitteen maksimitoimintapaine on kymmenen baaria, joten pelkkä ilmavirta tarpeeksi läheltä on omiaan aiheuttamaan silmävaurioita. Rikkoutunut letku tai liitin voi myös aiheuttaa letkun edestakaista ruoskimisliikettä, joka voi aiheuttaa pienempiä viilto tai iskuvammoja. Kun pneumatiikkaletkut ja liittimet ovat oikein mitoitettuja, rikkoutumista voidaan pitää epätodennäköisenä, mutta seurauksia silmävammoissa haitallisina, täten riski arvioidaan kohtalaiseksi ja toimenpiteitä tulisi harkita.

9.4.2 Riskin pienentäminen

Paras ratkaisu seurausten pienentämiseen on suojalasien pitäminen laitetta käytettäessä. Suojalasit estävät tehokkaasti hiukkasten tai ilmasuihkun suoran osuman silmään, täten pienentäen niiden seurausta huomattavasti. Suojalaseja pidettäessä voidaan seuraus arvioida vähäiseksi. Riskin todennäköisyyttä voidaan myös pienentää entisestään mitoittamalla keskuksesta lohkolle tuleva pneumatiikkaletku mahdollisimman lyhyeksi, täten vähentäen mahdollista ruoskintaliikettä rikkoutumisen sattuessa. Edellä mainittujen toimenpiteiden jälkeen jäännösriski voidaan arvioida merkityksettömäksi.

9.5 Testilohkon putoaminen jalalle

9.5.1 Riskiarvio

Lohko, jossa indikaattorit testataan, on valmistettu metallista ja se painaa yli kilogramman. Pudotessaan testilaitteen tasolta, eli noin metrin korkeudelta jalalle, on

seuraus mahdollisesti murtumavamma eli haitallinen. Myös tapahtuman todennäköisyys voidaan arvioida mahdolliseksi, tällöin riskin kokonaisvakavuus on merkittävä, eli toimenpiteitä vaativa.

9.5.2 Riskin pienentäminen

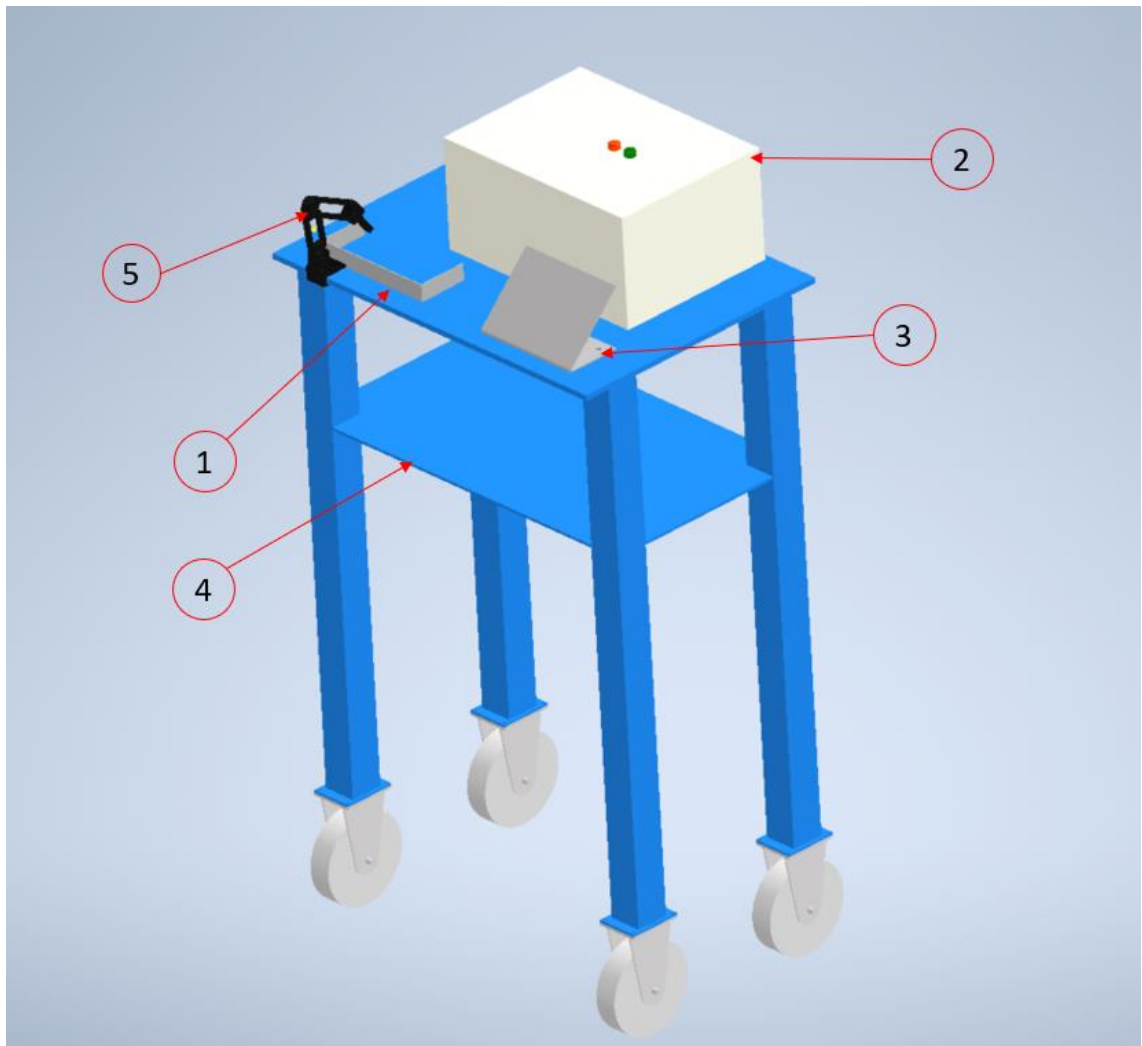
Riskin todennäköisyyttä voitiin pienentää epätodennäköiseksi suunnittelemalla testilaitteen pöytätasoon lohkolle kehikko, joka pitää lohkon paikallaan ja estää sen liukumisen sekä putoamisen tasolta. Seurausta lohkon putoamisesta pienentää turvakenkien käyttö, joka on jo valmiiksi pakollista indikaattoritestilaitteen käyttötilassa. Toimenpiteiden jälkeen jäännösriski arvioitiin vähäiseksi.

10 FYYSINEN SUUNNITTELU JA LAYOUT

Testilaitteen fyysiset ominaisuudet suunniteltiin pääpiirteittäin laboratoriohenkilökunnan toiveiden mukaan. Pääraameina fyysiselle suunnittelulle olivat testilaitteen ulkoiset mitat, liikuteltavuus ja modulaarisuus, jossa otettiin huomioon tarve pystyä testaamaan eri kierteillä olevia indikaattoreita sekä värintunnistusantureiden liikuteltavuus.

Testilaitteesta luotiin hahmotelma (Kuva 43) käyttäen Autocad Inventoria. Testipöytä (Liite 5) valmistetaan teräksestä ja sitä voidaan liikuttaa laboratoriossa tarpeen vaatiessa jaloissa olevien pyörien ansiosta. Koska indikaattoreita valmistetaan neljällä eri kierteellä, tulee lohkojen olla helposti vaihdettavissa. Tätä varten ylempään pöytätasoon hitsataan kehikko lohkolle (Kuvassa 43, kohta 1). Pöytätasolle myös pultataan sähkökeskus (Kuva 43, kohta 2) sekä teline HMI näytölle (Kuva 43, kohta 3). Runkoon hitsataan myös alempi pöytätaso (Kuva 43, kohta 4) vaihtolohkoja ja testeissä tarvittavia työvälineitä varten. Värintunnistusanturit kiinnitetään liikuteltavalla varrella pöytätasoon, jolloin anturit voidaan siirtää sivuun silloin kun niitä ei käytetä (kuva 43, kohta 5).

Logiikkaohjaimen ja toimilaitteiden kytkennöistä piirrettiin kytkentäkaavio (Liite 4), jonka perusteella laitteen kytkennät kokoonpanovaiheessa voidaan suorittaa. Layoutin suunnittelua ei testilaitteelle tarvinnut tehdä koska testipöydästä suunniteltiin liikutettava ja sitä voi tarpeen mukaan käyttää missä tahansa on käytävissä riittävä paineilma ja verkkovirta.



Kuva 43. Testilaitteen hahmotelma

11 POHDINTA

Projektin tavoitteena oli suunnitella ja rakentaa automatisoitu indikaattorien testauslaite toimeksiantaja yrityksen testilaboratorioon. Johtuen aikatauluhaasteista ja materiaalien hankintojen venymisestä tämä opinnäytetyö päätettiin lopulta tehdä projektin suunnitteluvaiheista, jättäen testilaitteen kokoonpano- ja testausvaiheet sen ulkopuolelle. Projektin tuloksena saatiin teoreettisesti toimiva suunnitelma testilaitteesta.

Projektia voidaan pitää onnistuneena, sillä sen tuloksena luotiin suunnitelma testilaitteen toteuttamiseen tarvittavista komponenteista, hahmotelma testipöydän fyysisistä ominaisuuksista sekä ehkä tärkeimpänä osana luotua testilaitteelle ohjelma, jolla testilaite pystyy testaamaan neljää erilaista indikaattorityyppiä itsenäisesti. Käyttäjältä ei vaadita muita toimia kuin indikaattoreiden asettaminen testipaikalle, mahdollisesti väriantureiden asettelu ja/tai indikaattorin signalointijohtojen kytkentä sekä ohjelman valinta ja käynnistäminen käyttöpäätteeltä. Projektissa pysyttiin aikataulussa, mutta jos testilaite olisi haluttu ehtiä fyysisesti rakentaa ja testata, olisi projekti pitänyt aloittaa aiemmin ja olla aktiivisempi tarvittavien osien hankinnoissa jo projektin alkupuolella.

Projektin seuraava osa jatkuu, kun tarvittavia osia alkaa saapua laboratorioon ja niiden toimivuutta päästään testaamaan. Ensimmäisinä komponentteina ovat saapumassa elektroninen paineensäädin ja painemittari, joiden tarkkuutta voidaan testata jo ilman logiikkaohjainta. Kun logiikkaohjain ja värianturit saadaan käyttöön, voidaan testilaitteen toiminta jo käytännössä testata kokonaan. Toimivuuden todentamisen jälkeen voidaan vielä hioa testipöydän fyysisiä ominaisuuksia ja valmistaa se.

Testilaitetta voidaan tulevaisuudessa kehittää vielä pidemmälle. Etenkin käyttöliittymänäkymää voidaan parannella lisäämällä siihen tietoja missä vaiheessa testausprosessi on menossa sekä mahdollisuus käyttäjälle pysäyttää testiprosessi väliaikaisesti ja jatkaa siitä mihin se on jäänyt. Ohjelmaan voisi lisätä myös tarkat ilmoitukset siitä, jos testiprosessissa ilmenee häiriöitä ja huomioilmoitukset jos testattavan indikaattorin arvot poikkeavat selkeästi sille annetusta arvosta.

Vaikka laite kokoakin automaattisesti testiraportin HMI näytölle, josta käyttäjä voi sen kirjata viralliseen testiraporttipohjaan, voisi raportin tulostamista vielä kehittää siten, että testilaitte loisi raportin valmiille pohjalle ja lähettäisi sen siihen yhdistettyyn tietokoneeseen.

LÄHTEET

Differential Pressure Indicators. Reliable and continuous filter control. Pdf-dokumentti. Viitattu 4.4.2023. [DPI-Differential-Presssure-Indicators-FDHB32UKv1.2-2020-05.pdf \(parker.com\)](https://www.parker.com/content/dam/Parker%20Literature/Filters%20and%20Filtration/Indicators/FDHB32UKv1.2-2020-05.pdf)

Indicators Series. FMU Dp-Indicators and Pressure Indicators Max 420 bar. Pdf-dokumentti. Viitattu 7.5.2023. [FMU-Filter-Indicators-FDHB500UKv2.0-1306.pdf](https://www.parker.com/content/dam/Parker%20Literature/Filters%20and%20Filtration/Indicators/FMU-Filter-Indicators-FDHB500UKv2.0-1306.pdf)

INTERNATIONAL STANDARD ISO 16860:2005. Hydraulic fluid power – Filters – Test method for differential pressure devices. 1.10.2005.

Keyence. Sensor basics. What is a color sensor? Verkkosivu. Luettu 6.5.2023. <https://www.keyence.com/ss/products/sensor/sensorbasics/color/info/>

Metha, B. R & Reddy, Y Jaganmohan. 2014. Industrial Process Automation Systems – Design and Implementation. Oxford, Elsevier.

Markkinointipäällikkö Olli Rantasen haastattelu 15.5.2023

P31, P32, P33 and P3Y Series Air Preparation System. Modular 1/4" to 3/4" Body Ported 3/4" & 1", with port Blocks 1.1/4" & 1.1/2". Viitattu 6.5.2023. https://www.parker.com/Literature/Pneumatics%20Division%20Europe/PDE-Documents/Air%20Preparation/Parker_Pneumatic_Global_Air_Preparation_System_PDE2676TCUK.pdf

Parker, Teollisuudenaalat. Verkkosivu. Luettu 21.3.2023. <https://www.parker.com/portal/site/PARKER/menuitem.c17ed99692643c6315731910237ad1ca/?vgnnextoid=bb387f71ad65e210VgnVCM10000048021dacRCRD&vgnnextfmt=FI>

Parker, Tietoja yrityksestä. Verkkosivu. Luettu 21.3.2023. <https://www.parker.com/portal/site/PARKER/menuitem>.

Piraino jr, P. Parker Hannifin's 100-year journey, Powering machines that changed the world. Pdf-dokumentti. Viitattu 22.3.2023. https://www.parker.com/content/dam/Parker-com/About-Us/Literature/Parker-100-Year-Journey_rev2.pdf

SCPSD, Catalog. Pdf-dokumentti. Viitattu 7.5.2023. [Catalog 0801-3 \(parker.com\)](https://www.parker.com/content/dam/Parker%20Literature/SCPSD/Catalog/Catalog_0801-3.pdf)

Sensopart, 2022. FT 55-CM Operating Instructions.

Siemens, Human Machine Interface Systems/ PC-based Automation. Pdf-dokumentti. Viitattu 7.5.2023. https://cache.industry.siemens.com/dl/files/146/109744146/att_1110182/v1/simatic-st80-stpc-complete-english-2022.pdf

STANDARDI SFS-EN ISO 12100. Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arviointi ja riskin pienentäminen. 13.12.2010

Liite 1. Testiraporttipohja (Parkerin suodatintehtaan laboratorio)

Parker	Parker Hannifin Manufacturing Finland Oy HIFE	Page: 1 of 1
TEST REPORT		Test number:
Test date:		R&D laboratory
<p>Subject:</p> <p>Requested by:</p> <p>Method: ISO 16860 Method of test for differential pressure devices. Actuation pressure test - test block method. (7.2). Actuation cycle test (7.5)</p> <p>Materials and equipment used: Actuation pressure tests were carried out with compressed air Pressure gauge: FF-100803 and FF-100843 Test block: Indicator test manifold SE11225</p> <p>Results:</p>		
Indicator (1,2bar)		
	Nr:1	Nr:3
	DPIM3GVU14MMX1	DPIT1GVS08MDC1
	Δp [bar]	Δp [bar]
	Increase Decrease	Increase Decrease
Test 1		
Test 2		
Test 3		
Average		
Hysteresis		
Accuracy:		
Indicator (1,5bar)		
	Nr:4	Nr:5
	DPIM3HVU12HMX1	DPIT1HVU12HMDC1
	Δp [bar]	Δp [bar]
	Increase Decrease	Increase Decrease
Test 1		
Test 2		
Test 3		
Average		
Hysteresis		
Accuracy:		
ENGINEERING YOUR SUCCESS.		

Liite 2. Moniväristen indikaattorien testiraporttipohja (Parkerin suodatintehtaan laboratorio)



Internal use only

TEST REPORT

ISO 16860 Method of test for differential pressure devices.

Product:
Requester:
Background:

Method: Actuation pressure test - test block method. (7.2). Actuation cycle test (7.5)

Materials and equipment used:

Actuation pressure tests were carried out with compressed air
 Test block: Indicator test manifold SE11225
 Test oil in cycle test bench: ISO VG32 (Mobil DTE24)
 Actuation cycle test pressure 3,75 bar. (frequency 1,0 Hz)
 Pressure gauge FF100803, FF100804 actuation pressure test
 Pressure sensor FF100838, cycle test.
 Multimeter Fluke 175 and Fluke 12, digital outputs

Results:

DPIF1KVU12HMM41 (2,5bar)													
Δp [bar]													
Increasing					Decreasing								
	Green	Yellow	Orange	Red	Flashing red	Output 75%	Output 100%	Red	Orange	Yellow	Green	Output 100%	Output 75%
1# Indicator													
2# Indicator													
3# Indicator													
Average													
Accuracy:	Hysteresis:												

Range (%FS)	Color
0 - 50	Green
50 - 75	Yellow
75 - 100	Orange
100 - 120	Red
120	Flashing red
Thermal lock-out T=20°C	Blue

Summary:

Parker Hannifin Manufacturing
 Finland Oy HIFE

ENGINEERING YOUR SUCCESS.

Liite 3. Projektisuunnitelma

Vaihe	Viikko 8	Viikko 9	Viikko 10	Viikko 11	Viikko 12	Viikko 13	Viikko 14	Viikko 15	Viikko 16	Viikko 17	Viikko 18	Viikko 19	Viikko 20	Viikko 21	Viikko 22	Viikko 23	Viikko 24	Viikko 25	Viikko 26	
1. Ongelman määrittely																				
2. Asetetaan projektin tavoitteet																				
3. Määritellään laitevaatimukset																				
4. Alustava suunnittelu																				
5. Testaus ja suunnittelun viimeistely																				
6. Projektin päättäminen																				

* Tämän ja jälkeän tulevien vaiheiden aikataulu riippuu siitä saadaanko tarvittavat komponentit ajoissa

1. Ongelman määrittely

- Asetetaan projektin tavoitteet
- Määritellään laitevaatimukset
- Selvitetään mahdolliset esteet ja rajoitukset projektille
- Määritellään laitteen toiminnat

2. Konseptisuunnittelu

- Laaditaan spesifikaatiot
- Luodaan suunnitteluvaihtoehtoja

3. Alustava suunnittelu

- Valitaan konseptista vaihtoehto
- Valitaan toimitilaiset
- Mallinnetaan ja analysoidaan
- Sähkö- ja ohjauksuunnittelu

4. Proton valmistus

- Kokooppaanmaan prototyyppi (riippuu siitä miten saadaan komponentit)

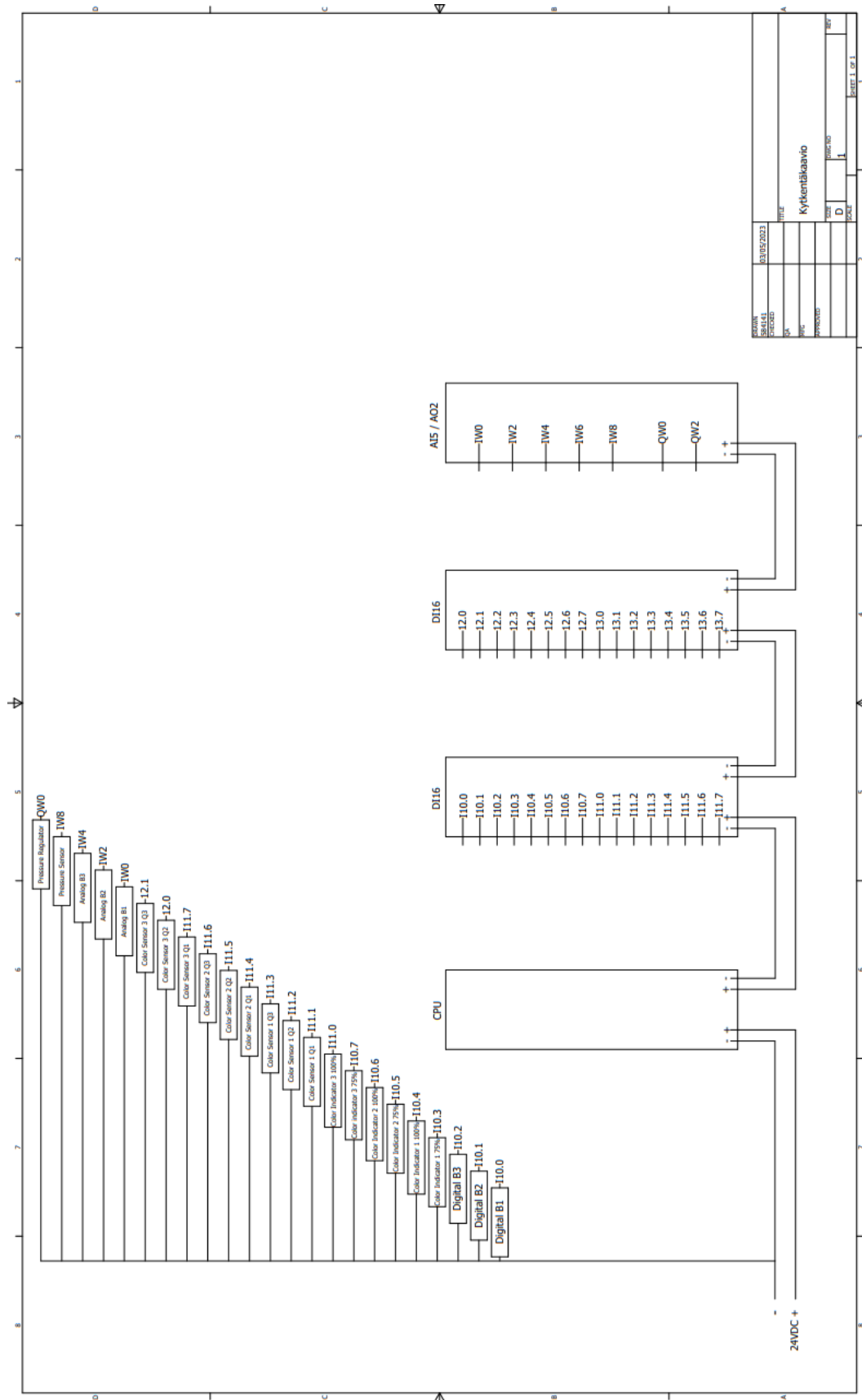
5. Testaus ja suunnittelun viimeistely

- Testataan prototyyppi
- Korjataan mahdolliset suunnitteluvirheet
- Parannellaan ja viimeistellään suunnittelu

6. Projektin päättäminen

- Kootaan ja varmistetaan projektin aikana tehdyt dokumentoinnit
- Käsitellään käyttäjien palaute laitteen toiminnasta ja sovitaan mahdollisista jatkotoimenpiteistä
- Päätöskokous

Liite 4. Logiikkaohjaimen kytkentäkaavio



REVIZIA	03/15/2023	FILE	
SKL141			
PROJEKT			
PROJEKTANT			
DATE	D	DATE	
NO	1	NO	
PAGE		PAGE	
Kytentäkaavio			
SHEET 1 OF 1			

