

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Automaatiotekniikka

Tutkintotyö

Aki Salonen

OPETUSLAITTEISTON MUUTOSTYÖ

Työn ohjaaja
Työn teettäjä
Tampere 2010

Ari Lehtinen
Tampereen ammattiopisto, Santalahdentien toimipiste

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Automaatiotekniikka

Salonen, Aki

Opetuslaitteiston muutostyö

Tutkintotyö

34 sivua + 2 liitesivua

Työn valvoja

DI Jukka Falkman

Työn teettäjä

Tampereen ammattiopisto, Santalahdentien toimipiste

Työn ohjaaja

Ari Lehtinen

Joulukuu 2010

Hakusanat:

säätötekniikka, säädin, PID-säätö, Ascon, graafinen ohjelmointi

TIIVISTELMÄ

Työn tarkoituksena oli toteuttaa muutostyö Tampereen ammattiopiston Santalahdentien toimipisteessä olevaan opetuslaitteistoon, jolla havainnollistetaan automaatioon liittyvää säätötekniikkaa käytännössä. Opetuslaitteiston runko oli sähkökaappi, jonka etuseinässä kaapin ulkopuolella oli kiinnitettynä tärkeimmät opetukseen liittyvät laitteet. Alkuperäinen opetuslaitteisto oli valmistettu vuonna 1989. Se oli palvellut hyvin säätötekniikan opetuksessa, mutta nyt laitteistoon haluttiin uudempaa tekniikkaa ja uusia mahdollisuuksia opetukseen.

Tampereen ammattiopiston Santalahdentien toimipisteestä valmistuu automaatioasentajia. Säätötekniikka on keskeinen osa prosessiteollisuuden automaatiota, johon tulevat automaatioasentajat päätyvät työskentelemään. Siksi säätötekniikan käytännöllinen opetus on tärkeää.

Opetuslaitteiston muutostyön toteuttamisen tärkeimmistä työvaiheista ensimmäinen oli prosessin suunnittelu. Tavoitteena oli suunnitella yksinkertainen säätötekniikkaa havainnollistava prosessi, jossa vettä pumpataan säiliöihin. Toinen työvaihe oli suunnitella sähköiset kytkennät, jotka mahdollistavat prosessin toiminnan. Kolmantena tuli toteuttaa sovellusohjelma, jolla prosessin toimintaa voidaan ohjata.

Työn tuloksena syntyi opetuslaitteisto, jonka vesiprosessia voidaan ohjata ja oppia säätötekniikkaa käytännössä. Samalla opitaan myös muita automaatioon liittyviä asioita.

TAMPERE POLYTECHNIC

Electrical Engineering

Automation Engineering

Salonen, Aki Modification of Educational Apparatus

Engineering thesis 34 pages, 2 appendices

Thesis Supervisor Jukka Falkman (MSc)

Commissioner Tampere College, Santalahdentie Campus

Thesis Mentor Ari Lehtinen

December 2010

Keywords: control theory, controller, PID-control, Ascon, graphical programming

ABSTRACT

The purpose of this thesis was to execute a modification of educational apparatus. The apparatus lies at Tampere College. The main purpose of the apparatus was to help teaching of control theory in practise. Control theory is a very important part of automation. A chassis of the apparatus was an electrical cabinet originally manufactured in 1989.

Students of Tampere College study for further qualification for automation assembler. Therefore studying of control theory in practise is important.

The execution of the modification of educational apparatus included three main phases. The first phase was to design a simple process, which would include pumping water into tanks. The second phase was to design all the necessary electrical connections to make running of the process possible. The third phase was to execute a control strategy for controlling the process.

As a result of this thesis was executed an apparatus, which included a process able to be controlled via control strategy. While controlling the process, the students will be able to learn about control theory in practise and some other topics related to automation as well.

ALKUSANAT

Työ on tehty Tampereen ammattiopiston Santalahdentien toimipisteen tilaamana. Santalahdentien toimipisteellä, joka aiemmin tunnettiin nimellä Pyynikin ammattioppilaitos, on pitkät perinteet automaatioasentajien koulutuksessa. Keskeisessä osassa koulutusta ovat Santalahdentien toimipisteen työpajalla suoritettavat opinnot, joissa tulevat asentajat saavat oppia sekä automaatioon liittyvien laitteiden käyttämisessä, että niiden kokoamisessa ja korjaamisessa.

Haluan osoittaa kiitokset työn ohjaajalle Ari Lehtiselle hyvästä työn aiheesta, opastamisesta ja pitkämielisydestä. Kiitos kuuluu myös työn valvojalle Jukka Falkmanille tuesta ja kannustuksesta.

Tampereella 03.12.2010

Aki Salonen

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ALKUSANAT

SISÄLLYSLUETTELO 5

1 JOHDANTO 7

2 TAMPEREEN AMMATTIOPISTO (TAO) 7

2.1 Tampereen ammattiopistossa opiskellaan ammattiin 8

2.2 Automaatioasentajan ammatillinen perustutkinto 8

3 ALKUPERÄINEN LAITTEISTO 8

4 UUDEN LAITTEISTON LAITTEET 9

4.1 Uusi monitoimisäädin 10

4.2 Moottorit 10

4.3 Piirturi 11

4.4 Painelähetimet 11

4.5 Magneettiventtiilit 11

4.6 Elektrolyyttikondensaattori 11

4.7 Moottorien ohjausyksikkö 12

4.8 Jännitelähde ja kytkimet 12

5 PROSESSIN SUUNNITTELU 12

5.1 Kaksi identtistä yksikapasiteettista prosessia 14

5.2 Yksi kaksikapasiteettinen prosessi 15

5.3 Prosessin sisäänmenot ja ulostulot 15

6 LAITTEISTON LAY-OUT 16

7 SÄHKÖSUUNNITTELU 16

7.1 Laitteiston sähkösyötöt 17

7.2 Piiri LICA-110 18

7.3 Piiri LICA-120 20

7.4 Venttiilien ohjaukset 21

7.5 Merkkivalot 23

7.6 Moottorien ohjausyksikkö 23

8 ASENNUS JA JOHDOTUKSET	25
9 MONITOIMISÄÄTIMEN OHJELMOINTI	25
9.1 PID-säätöpiirien ohjelmointi yksikapasiteettisille prosesseille	27
9.2 Venttiilien ohjausten ohjelmointi yksikapasiteettisille prosesseille	31
9.3 Kaksikapasiteettisen prosessin ohjelmointi	31
10 LOPPUSANAT	32
LÄHDELUETTELO	34
LIITTEET	34

1 JOHDANTO

Tässä työssä on toteutettu muutostyö Tampereen ammattiopiston Santalahdentien toimipisteessä olevaan opetuslaitteistoon. Opetuslaitteisto on automaatioasentajaksi opiskelevien ammattikoululaisten työpajalla oleva sähkökaappi, jonka ulkopuolella etuseinässä on kiinni oleellimmat opetusta havainnollistavat laitteet. Muutostyön pohjana oli vanhan laitteiston dokumentointi ja sähkökaappi, josta oli purettu sähköt ja noin puolet sen vanhoista laitteista pois. Laitteistoon oli kiinnitetty uusi ohjelmoitava monitoimisäädin, joka oli laitteiston tärkein laite.

Työn tavoitteena oli toteuttaa laitteisto, joka havainnollistaisi ammattikoululaisille säätötekniikkaa käytännössä ja mahdollisuuksien mukaan myös muita automaation osa-alueita. Tätä varten oli suunniteltava prosessi, jossa säiliöihin pumpattavan veden pinnankorkeutta voidaan säätää. Prosessin toiminta asetti vaatimukset sähkösuunnittelulle ja monitoimisäätimen ohjelmoinnille, jotka tuli toteuttaa.

Pinnankorkeuden säätö tuli toteuttaa PID-säätönä. Tarvittavat PID-säätöpiirit tuli ohjelmoida uuteen Ascon AC-20 monitoimisäätimeen käyttäen säätimen mukana tulevaa graafista ohjelmointityökalua. PID-säätö on keskeisen tärkeässä osassa prosessiteollisuuden automaatiota, johon ammattikoulusta valmistuvat automaatioasentajat useimmiten sijoittuvat työelämässä. PID-säädön lisäksi sähkösuunnittelu ja graafinen ohjelmointi ovat automaatioalalla työskentelevien insinöörien keskeisiä taitoja.

2 TAMPEREEN AMMATTIOPISTO (TAO)

Tampereen ammattiopisto on osa Tampereen kaupungin ylläpitämää toisen asteen koulutuksen tuotantoaluetta, johon kuuluvat TAO:n lisäksi Tampereen 8 päivälukiota ja yksi aikuislukio. TAO muodostuu viidestä koulutusaloista ja yhtenä kokonaisuutena toimivasta aikuiskoulutuksesta. Koulutusaloja ovat: tekniikka, palvelut ja liiketalous, sosiaali- ja terveysala, liikenne ja metsä sekä maahanmuuttajakoulutus. /4/

TAOlla on 7 toimipistettä, joista 6 sijaitsee Tampereella ja yksi Kurussa. Yhdessä toimipisteessä voi olla toimintaa yhdellä tai useammalla koulutuslalla. /4/

2.1 Tampereen ammattiopistossa opiskellaan ammattiin /4/

Tampereen ammattiopistossa opiskelee vuosittain lähes 4600 nuorta. Heistä 700 suorittaa samalla lukio-opintoja. TAOssa opiskellaan yli 40 perustutkintoa, yli 20 ammattitutkintoa ja yli 10 erikoisammattitutkintoa. Tällä hetkellä TAOssa on tarjolla yli 100 ammattinimikettä, joista esimerkkeinä mainittakoon automaatioasentaja, datanomi, koneistaja, levyseppä-hitsaaja, parturi-kampaaja sekä vaatetusompelija.

Tampereen ammattiopisto on myös ammatillinen aikuiskouluttaja, joka tarjoaa vuosittain 6000 aikuiselle ammatillista perus-, jatko- ja täydennyskoulutusta. Koulutus voidaan räätälöidä yrityksen tarpeiden mukaan, koulutuspaikkaa ja menetelmiä myöten. Tutkintoja voi suorittaa päivisin, iltaisin tai vaikka viikonloppuisin.

2.2 Automaatioasentajan ammatillinen perustutkinto /4/

Automaatioasentajan ammatillinen perustutkinto kuuluu tekniikan koulutusalaan. Tutkinto suoritetaan Santalahdentien toimipisteessä, joka sijaitsee Tampereella Pyynikin kaupunginosassa. Tutkinnon laajuus on 120 opintoviikkoa ja suuntautuu joko kappaletavara-automaatioon tai prosessiautomaatioon. Tutkinnon suorittanut valmis automaatioasentaja päätyy työskentelemään prosessiteollisuuteen tai automaatiojärjestelmiä rakentamaan yritykseen. Tutkinnon yhteydessä voi suorittaa myös lukion.

3 ALKUPERÄINEN LAITTEISTO /1/

Alkuperäinen opetuslaitteisto on Valmetin valmistama vuonna 1989. Laitteiston tarkoituksena on ollut havainnollistaa ammattikoulujen oppilaille automaation

toteutuksen eri osa-alueita. Tärkeimpänä osa-alueena on ollut säätötekniikka ja PID-säätö, mutta laitteistolla on pystytty myös havainnollistamaan mittaustekniikkaa, valvomoa ja ristikytkentää.

Alkuperäisen laitteiston tärkeimmät laitteet ovat olleet Damatrol MC 512 monitoimisäädin, El-Tune signaalinmuokkain, Elrec piirturi ja painelähttimet eli pinnankorkeuslähttimet. Laitteiston etuseinässä on ollut PI-kaavio ja kaksi akryylimuovista valmistettua läpinäkyvää vesisäiliötä.

Alkuperäisen laitteiston toiminta on ollut seuraavaa: varastosäiliöstä on pumpattu vettä ensimmäiseen säiliöön, jonka pinnankorkeutta on säädetty. Toinen pumppu on pumpannut vettä ensimmäisestä säiliöstä toiseen säiliöön. Toiseen säiliöön on ennalta valittu haluttu annostelumäärä, jonka tullessa täyteen kuormitusventtiili on auennut, kunnes pinnankorkeus on ollut taas alle valitun annostelumäärän. Ennalta valitun ajan jälkeen pumput ovat pysähtyneet, tyhjennysventtiilit auenneet ja vesi valunut säiliöistä pois varastosäiliöön. Tämän jälkeen prosessi on alkanut alusta.

4 UUDEN LAITTEISTON LAITTEET

Laitteiston rakentamiseen oli käytettävissä vanhasta laitteistosta jääneet osat ja laitteet. Näistä uuteen laitteistoon päätyivät uuden laitteiston laiteluettelossa (*taulukko 1*) esitetyt laitteet, lukuun ottamatta monitoimisäädintä, magneettiventtiileitä, moottorien ohjausyksikköä ja kahta kytkintä.

Taulukko 1 Uuden laitteiston laiteluettelo

POSITIO	LAITE	VALMISTAJA/TYYPPI	HUOM!
LICA-110	Monitoimisäädin	Ascon AC-20	
LICA-120	Monitoimisäädin	Ascon AC-20	
LR-110	Piirturi	Valmet/Elrec M3	Sin. kynä
LR-120	Piirturi	Valmet/Elrec M3	Pun. kynä
LCR-110	Piirturi	Valmet/Elrec M3	Vihr. kynä
LT-110	Painelähetin	Levec/Lev EI PG4N4H2S	Min/Max Span: 80/600 mbar
LT-120	Painelähetin	Levec/Lev EI PG4NIH2000	
M1, M2	VDO Moottori		24 VDC syötöllä
V1, V2, V3	Magneettiventtiili	Lucifer	24 VDC kela, NC
C1	Elektrolyyttikondensaattori	Frako	10000 uF / 63 V
LM-110, LM-120	Moottorien ohjausyksikkö	Oppilaitten tekemä	Ohjaukset samalla piirilevyllä
	Jännitelähde	Einhell ChargeMaster 12A	In: 230 VAC. Out: 24 VDC
S1,S2,S3,S4,S5	Kytkin	Kraus&Naimer	

4.1 Uusi monitoimisäädin

Työn alkaessa oli laitteistoon asennettuna uusi monitoimisäädin. Säätimen merkki on Ascon, malli AC-20 ja valmistusmaa Italia.

Ascon AC-20 on ohjelmoitava monitoimisäädin. Säätimessä on pienoiskoossa ohjelmoitava logiikka sekä prosessitietokone ja säädin mahdollistaa neljä rinnakkaista säätöpiiriä. Säätimessä on 8 AI-kanavaa, 4 AO-kanavaa, 8 DI-kanavaa, 8 DO-kanavaa ja yksi taajuustulo. DI- ja DO-kanavat ovat binäärisiä. Säätimen etupuolella on LCD-näyttö ja näppäimet, joiden avulla käyttäjä pääsee kiinni säätimen toimintoihin. /2/

Säätimeen voidaan yhdistää enimmillään kolme laajennusyksikköä, joilla saadaan yhteensä 24 DI-, 24 DO- ja 4 AO-kanavaa lisää. Säädin voidaan yhdistää myös toisiin Ascon AC-sarjan säätimiin ja luoda näin hajautettu automaatiojärjestelmä pienoiskoossa. Yhdistämiset tehdään säätimen takapuolelta RS485-sarjaportin kautta. /2/

4.2 Piirturi

Vanhassa laitteistossa oli kolmella kynällä varustettu piirturi. Piirturi päätettiin ottaa käyttöön myös uuteen laitteistoon, vaikka se tekikin ajoittain huonoa jälkeä.

4.3 Painelähttimet

Painelähttimet olivat vanhoja ja niiden toiminta huonoa. Painelähtinten mittausviestit alkoivat muuttua epäluotettaviksi jo lyhyen ajan kuluttua virittämisestä, jopa ensimmäisen tunnin aikana. Opetuskäytössä tästä ei kuitenkaan ole suurempaa haittaa, joten vanhat painelähttimet päätettiin ottaa käyttöön myös uuteen laitteistoon. Vanhat epäluotettavat painelähttimet saattavat olla opetuskäytössä jopa parempia kuin uudet, koska oppilaat joutuvat useammin virittämään painelähttimiä uudestaan.

4.4 Moottorit

Vanhassa laitteistossa oli kaksi 24 VDC tasasähköllä toimivaa moottoria. Moottorien tehtävä oli pumpata vettä. Moottorien kierrosnopeutta oli mahdollista säätää muuttamalla niiden saaman sähkövirran suuruutta. Vanhat moottorit päätettiin käyttää uudessa laitteistossa.

4.5 Magneettiventtiilit

Vanhasta laitteistosta oli jäänyt kaksi magneettiventtiiliä. Nämä venttiilit toimivat vaihtosähköllä 230 VAC, jolloin niiden ohjaaminen vaatii releitä. Näitä venttiileitä ei haluttu käyttää uudessa laitteistossa, vaan haluttiin tilata uudet.

Uusien magneettiventtiilien haluttiin olevan tyyppiä NC (normally closed) eli jännitteettömänä kiinni. Venttiilien kelojen haluttiin toimivan tasasähköllä 24 VDC, jolloin niiden ohjauskytkennöissä ei tarvita releitä. Sopivat 2/2-venttiilit tilattiin Bürkertin valmistamana kolmen millimetrin suuaukolla. Venttiilien tuotenumero on 020 293 /3, s. 3/.

4.6 Elektrolyyttikondensaattori

Vanhassa laitteistossa oli jännitelähteen rinnalle kytkettynä kondensaattori, jonka tehtävänä oli tasata laitteistossa mahdollisesti syntyviä virtapiikkejä.

Kapasitanssiltaan kondensaattori oli hyvin suuri. Kondensaattori päätettiin ottaa myös uuteen laitteistoon samaa tehtävää varten.

4.7 Moottorien ohjausyksikkö

Moottorin ohjausyksikön tehtävä oli säätää moottorin kierroslukua ohjausyksikön saaman virtaviestin mukaan. Vanhassa laitteistossa oli ammattikoululaisten valmistama ohjausyksikkö yhdelle moottorille. Uudessa laitteistossa haluttiin säätää kahden eri moottorin kierroslukua. Aluksi suunniteltiin valmistaa toinen vastaavanlainen ohjausyksikkö alkuperäisen mallin mukaan. Ammattikoulun työpajalta löytyi kuitenkin vanha ylimääräinen ohjausyksikkö, jossa oli yhdellä piirilevyllä ohjausyksiköt kahdelle eri moottorille. Piirilevyllä oli yksi viallinen tehotransistori, joka vaihdettiin ehjään juotoskolvin avulla. Näin saatiin uuteen laitteistoon haluttu ohjausyksikkö kahdelle moottorille.

4.8 Jännitelähde ja kytkimet

Vanhan laitteiston jännitelähde päätettiin ottaa myös uuteen laitteistoon. Jännitelähde sai syöttönä verkkovirtaa 230 VAC ja antoi ulos 24 VDC.

Kaikki viisi uuden laitteiston kytkintä olivat kaksiasentoisia käsikytkimiä. Vanhasta laitteistosta saatiin hyödynnettyä kolme kytkintä ja kaksi muuta kytkintä hankittiin.

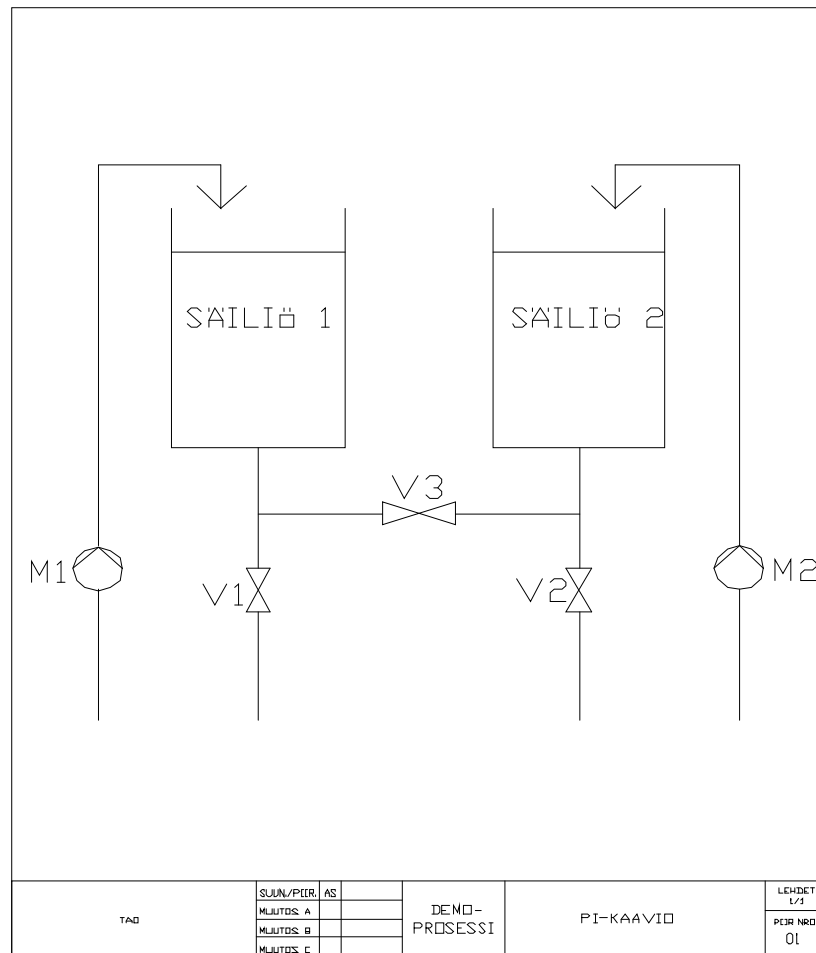
5 PROSESSIN SUUNNITTELU

Opetuslaitteiston päätarkoituksena oli havainnollistaa oppilaille säätötekniikkaa käytännössä. Suunniteltavassa prosessissa tuli siis olla ainakin pinnankorkeudensäätö. Muitakin ominaisuuksia sai olla.

Suunnittelun tuloksena syntyi prosessi, jossa venttiileitä ohjaamalla saatiin aikaan kaksi erilaista tilannetta. Ensimmäisessä tilanteessa prosessista muodostuu kaksi

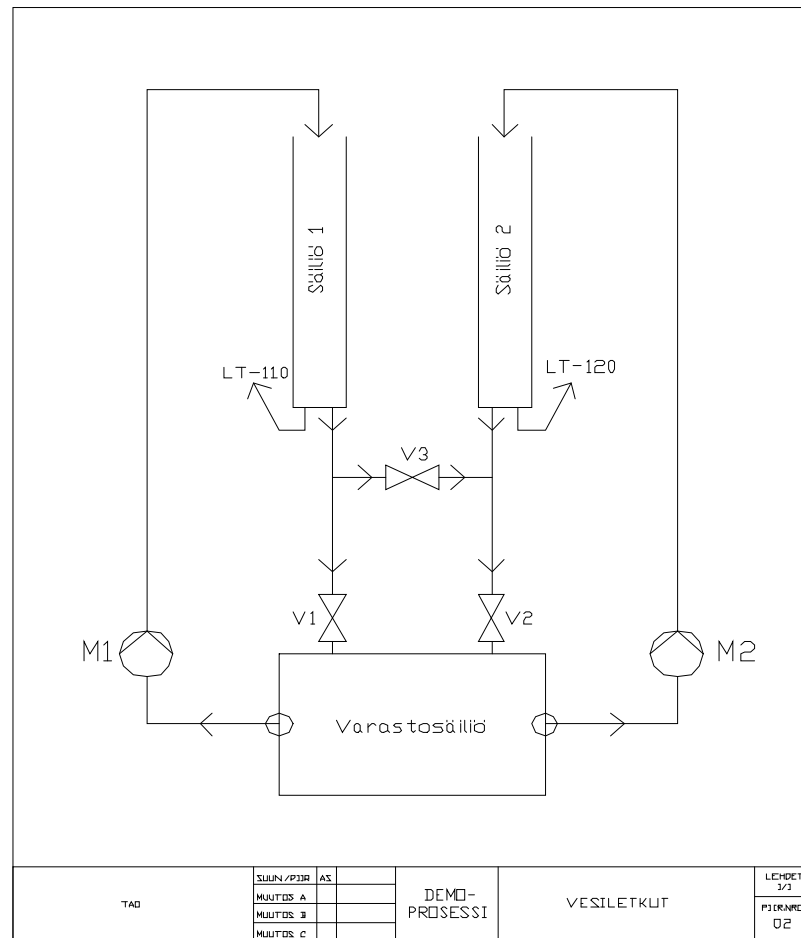
erillistä identtistä yksikapasiteettista prosessia. Toisessa tilanteessa muodostuu yksi kaksikapasiteettinen prosessi.

Seuraavassa kuvassa (*kuva 1*) on esitetty suunnitelun tuloksena syntyneen prosessin PI-kaavio.



Kuva 1 Prosessin PI-kaavio

PI-kaavio yhdessä vesiletkujen periaatekuvan (*kuva 2*) kanssa antaa käsityksen prosessista ja sen komponenteista.



Kuva 2 Vesiletkujen periaatekuva

Prosessissa vesi pumpataan moottoreilla M1 ja M2 varastosäiliöstä säiliöihin 1 ja 2. Painelähettimillä LT-110 ja LT-120 mitataan säiliöiden 1 ja 2 pinnankorkeutta. Moottoreiden M1 ja M2 kierrosnopeutta ohjaamalla säädetään säiliöiden 1 ja 2 pinnankorkeutta.

5.1 Kaksi identtistä yksikapasiteettista prosessia

Pitämällä venttiili V3 suljettuna saadaan muodostettua kaksi identtistä yksikapasiteettista prosessia. Venttiileitä V1 ja V2 avaamalla ja sulkemalla voidaan ohjata säiliöiden 1 ja 2 kuormitusta eli säiliöistä pois virtaavan veden määrää. Kahden identtisen prosessin säätäminen samanaikaisesti havainnollistaa hyvin säätötekniikkaan liittyviä asioita.

5.2 Yksi kaksikapasiteettinen prosessi

Kaksikapasiteettinen prosessi saadaan muodostettua sulkemalla venttiili V1 ja avaamalla venttiili V3. Tällöin venttiili V2 toimii kuormitusventtiilinä kuten edellisessäkin tapauksessa. Moottoria M2 ei käytetä lainkaan.

Säiliöön 1 pumpattu vesi työntää vettä säiliöön 2 omalla hydrostaattisella paineellaan. Tästä johtuen säiliön 2 pinnankorkeus ei voi koskaan ylittää säiliön 1 pinnankorkeutta. Säädettävänä suureena on säiliön 2 pinnankorkeus ja toimilaitteena moottori M1.

5.3 Prosessin sisäänmenot ja ulostulot

Prosessin sisäänmenot ja ulostulot sekä niitä vastaavat kanavat on esitetty I/O-luettelossa (*taulukko 2*).

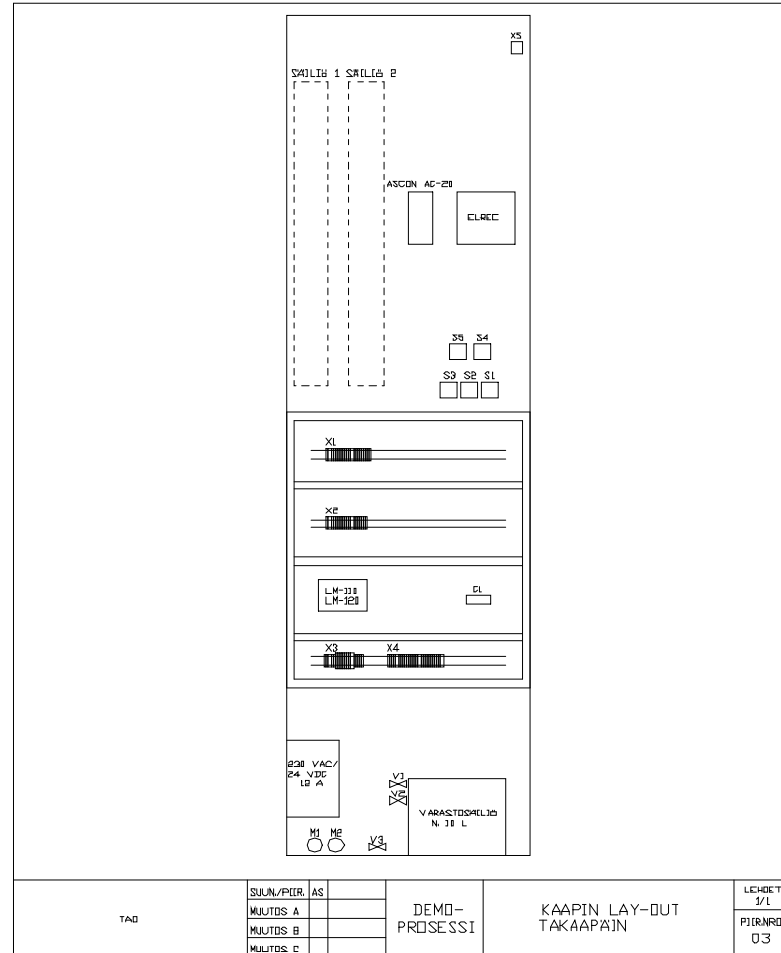
Taulukko 2 I/O-luettelo

AI 1	Säiliön 1 pinnankorkeus
AI 2	Säiliön 2 pinnankorkeus
AO 1	Moottorin 1 ohjaus
AO 2	Moottorin 2 ohjaus
DO 1	Hälytys: Säiliö 1 alarajalla
DO 2	Hälytys: Säiliö 1 ylärajalla
DO 3	Hälytys: Säiliö 2 alarajalla
DO 4	Hälytys: Säiliö 2 ylärajalla
DO 5	Venttiili 1 auki
DO 6	Venttiili 2 auki
DO 7	Venttiili 3 auki

Vasemmassa sarakkeessa on mukana myös monitoimisisäätimen kanavan numero. Kunkin binääriulostulon ollessa ylhäällä, syttyy laitteistossa kutakin ulostuloa vastaava led-valo.

6 LAITTEISTON LAY-OUT

Laitteiston lay-out takaapäin katsottuna on esitetty seuraavassa kuvassa (kuva 3).



Kuva 3 Lay Out takaa

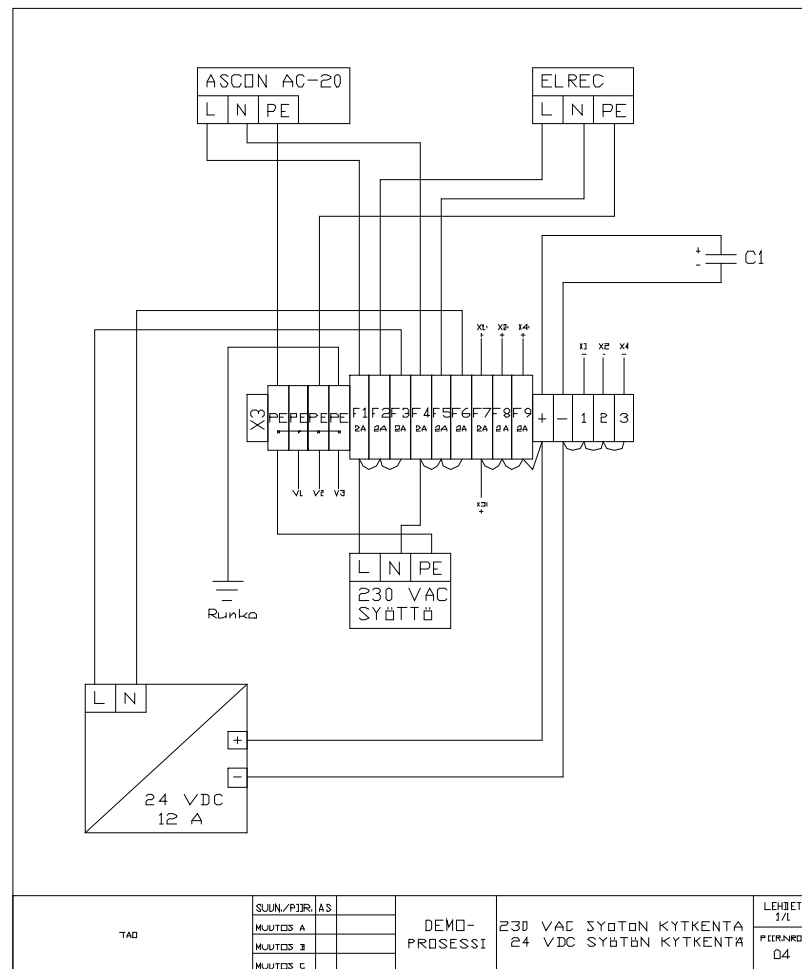
Kuvaan piirretyt X1...X5 ovat DIN-kiskoilla olevia riviliitinryhmiä. Säiliöt 1 ja 2 on piirretty katkoviivalla, koska ne ovat laitteiston etupuolella.

7 SÄHKÖSUUNNITTELU

Sähkösuunnittelu perustui siihen, että suunnitellun prosessin sisäänmenot ja ulostulot saadaan toimimaan halutulla tavalla. Lisäksi laitteiston eri laitteiden tuli saada tarvitsemansa sähkösyötöt.

7.1 Laitteiston sähkösyötöt

Laitteiston sähkösyötöt kulkevat riviliitinryhmän X3 kautta (kuva 4).



Kuva 4 Laitteiston sähkösyötöt

Koko laitteisto saa tarvitsemansa verkkovirran 230 VAC pistorasiasta verkkovirtajohdolla, jossa vaipan sisällä ovat vaihejohdin, nollajohdin ja suojamaajohdin. Pistotulppa voi olla pistorasiassa joko siten, että vaihejohdin kytkeytyy verkosta tulevaan vaiheeseen ja nollajohdin kytkeytyy nollaan, tai vaihe ja nolla voivat kytkeytyä keskenään ristiin. Tästä syystä sekä vaihe-, että nollajohdin on vietävä sulakkeiden kautta laitteistoon.

Laitteiston jännitelähde, monitoimisäädin sekä piirturi saavat sähkösyöttönsä 230 VAC sulakkeiden F1...F6 kautta.

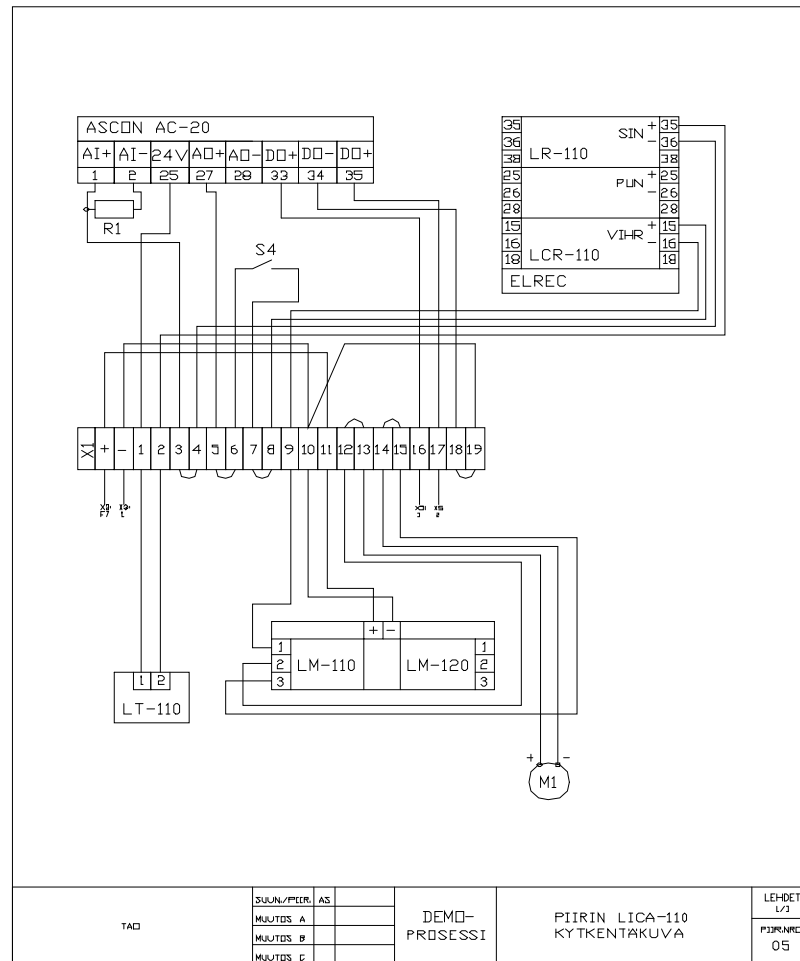
Jännitelähteen ulostulona on 24 VDC tasasähkösyöttö, jota laitteiston eri osat tarvitsevat. Tasasähkösyötön miinusta ei ole kytketty maihin eli miinuspotentiaali

on kelluva. Tasasähkösyöttö on kytketty rinnan elektrolyyttikondensaattorin C1 kanssa. Mikäli tätä kondensaattoria ei olisi, aiheuttaisi laitteistossa tapahtuva virtapiikki jännitelähteen liitinjännitteen äkillisen alenemisen ja sitä kautta tasasähkösyöttöjen hetkellisen vikaantumisen. Tämä saadaan estettyä kondensaattorilla C1, koska minkään kondensaattorin jännite ei voi koskaan muuttua äkillisesti.

Sulakkeiden F7, F8 ja F9 sekä riviliitinten 1, 2 ja 3 kautta syötetään tasasähköä 24 VDC riviliitinryhmille X1, X2, X4 ja X5.

7.2 Piiri LICA-110

Piiri LICA-110 (*kuva 5*) koostuu säiliön 1 pinnankorkeuden mittauspiiristä ja toimilaitteen ohjauspiiristä sekä hälytyksistä.



Kuva 5 Piirin LICA-110 kytkennät

Riviliitinryhmä X1 saa tasasähkösyötön 24 VDC riviliitinryhmältä X3. Tasasähkösyöttöä tarvitsee moottorien ohjausyksikkö, jossa on siis yhdellä piirilevyllä ohjausyksiköt LM-110 ja LM-120 kahdelle eri moottorille.

Mittauspiirin jännitelähteenä toimivat monitoimisäätimen Ascon AC-20 nastat 2 ja 25. Tästä jännitelähteestä otettavasta virrasta saadaan energia piirissä kulkevaan virtaviestiin 4...20 mA. Jännitelähteestä otettavasta virrasta saa toimintaenergiansa myös passiivinen painelähetin eli pinnankorkeuden mittalaite LT-110.

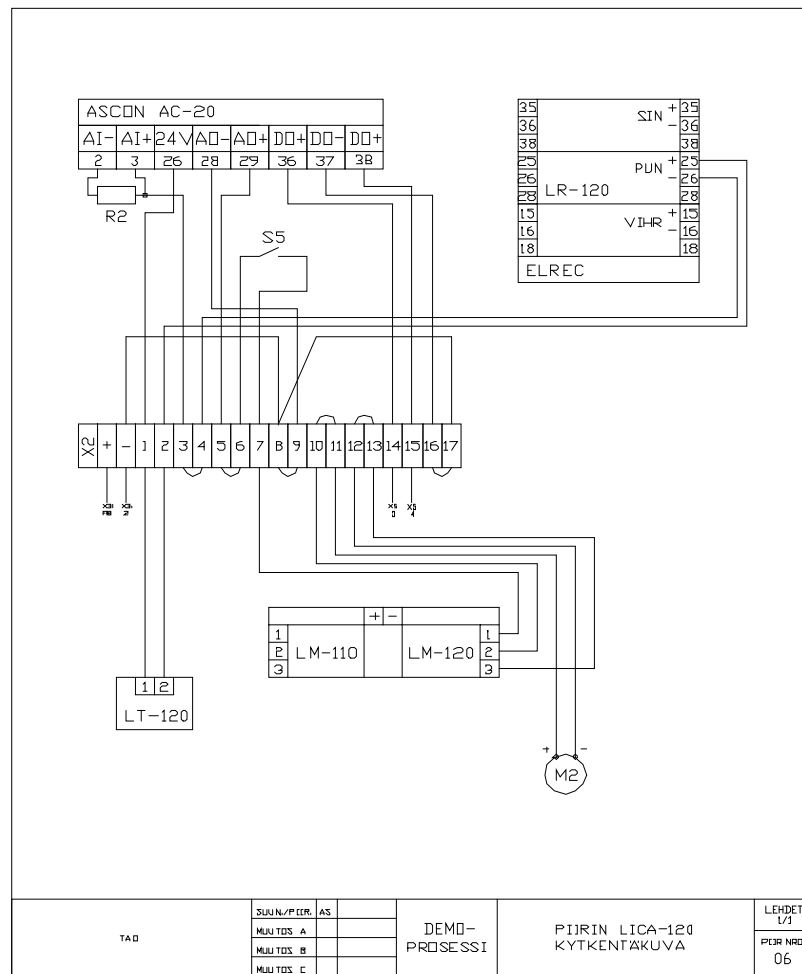
Mittauspiirissä kulkevan virtaviestin arvon määrää mittalaite LT-110 eli säiliön 1 pinnankorkeus. Virtaviesti kulkee piirturin Elrec läpi, jossa pinnankorkeuden arvoa piirretään. Virtaviesti vietään monitoimisäätimen analogiatulokanavaan 1, joka on nastoissa 1 ja 2. Vastuksen R1 avulla virtaviesti muutetaan jänniteviestiksi 1...5 VDC, koska monitoimisäätimen analogiatulokanavat hyväksyvät vain jänniteviestin. Vastuksen R1 arvo on 250 Ω .

Toimilaitteen eli moottorin M1 ohjauspiirin virtaviesti otetaan monitoimisäätimen analogialähtökanavasta 1 nastoista 27 ja 28. Nasta 28 on tosin kytketty tasasähkösyöttöjen miinukseen riviliitinryhmässä X2 (*kuva 6*). Ohjauspiirin virtaviesti viedään kytkimen S4 läpi. Kytkimellä S4 käyttäjä antaa moottorille M1 käyntiluvan. Tämän jälkeen virtaviesti kulkee piirturin Elrec läpi, jossa ohjauksen arvoa piirretään. Ohjauksen virtaviesti päättyy moottorien ohjausyksikköön ohjausyksikön LM-110 nastaan 1. Moottorien ohjausyksikössä virtaviesti vahvistetaan moottorien toiminnalle sopivaan arvoon. Moottorien ohjausyksikön toiminnasta on kerrottu tarkemmin luvussa 7.6.

Säiliön 1 pinnankorkeuden ollessa ala- tai ylärajalla aiheutuvat vastaavat hälytykset monitoimisäätimen binäärilähtökanavissa 1 ja 2. Binäärilähtökanavat 1 ja 2 ovat monitoimisäätimen nastoissa 33, 34 ja 35, joista hälytykset viedään riviliittimien kautta riviliitinryhmälle X5.

7.3 Piiri LICA-120

Piirin LICA-120 toiminta ja kytkennät (*kuva 6*) ovat vastaavat kuin piirissä LICA-110.



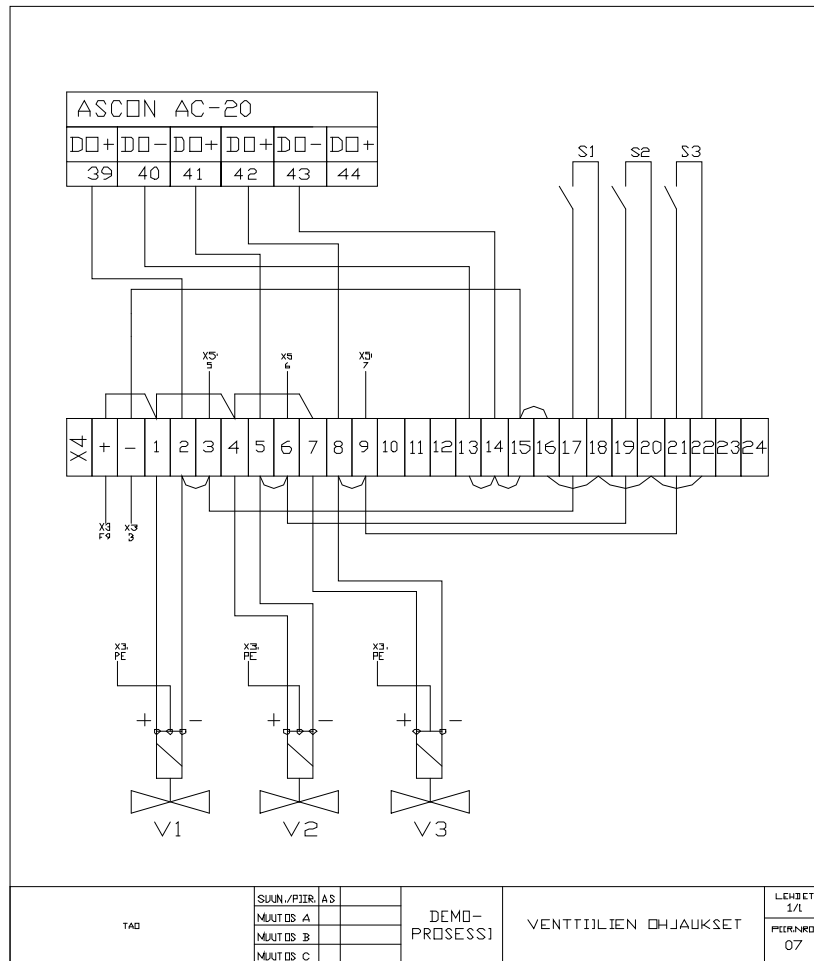
Kuva 6 Piirin LICA-120 kytkennät

Erona piiriin LICA-110 on, ettei piiriin LICA-120 ohjauksen arvoa piirretä.

Moottorien ohjauksyksikön tasasähkösyöttöä ei myöskään tarvita riviliitinryhmältä X2, koska se oli jo kytkettyä riviliitinryhmältä X1.

7.4 Venttiilien ohjaukset

Magneettiventtiilien ohjaukset ovat binäärisiä ja ne kulkevat riviliitinryhmän X4 kautta (kuva 7).



Kuva 7 Venttiilien ohjaukset

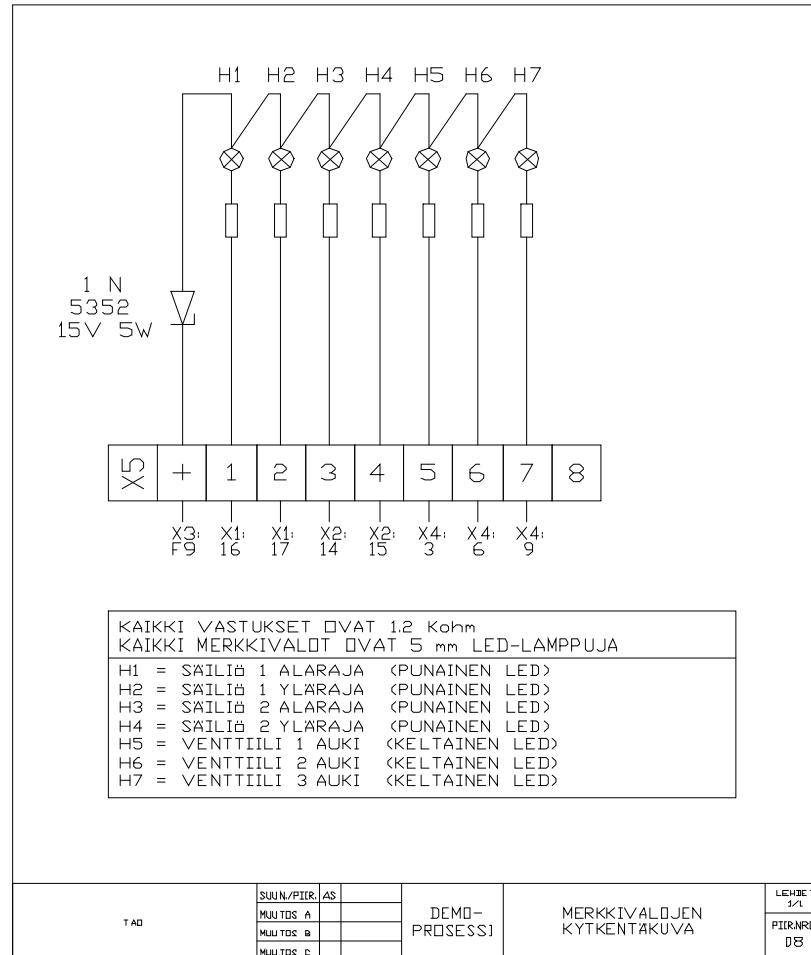
Venttiilejä ohjataan monitoimisäätimeltä binäärilähtökanavista 5, 6 ja 7, jotka ovat nastoissa 39...43. Vaihtoehtoisesti venttiilejä voidaan ohjata myös käsikytkimillä S1, S2 ja S3. Edellä mainitut binäärilähtökanavat ja käsikytkimet on keskenään kytketty rinnan.

Magneettiventtiili aukeaa, kun venttiilin kela vetää. Kela vetää binäärilähtökanavan ollessa ylhäällä tai käsikytkimen ollessa asennossa 1 eli kytkin kiinni. Kela vetää myös siinä tapauksessa, että binäärilähtökanava on ylhäällä samaan aikaan kytkimen ollessa kiinni.

Venttiilien tilasta viedään tieto riviliitinryhmälle X5.

7.5 Merkkivalot

Merkkivalojen kytkennät kulkevat riviliitinryhmän X5 kautta (kuva 8).

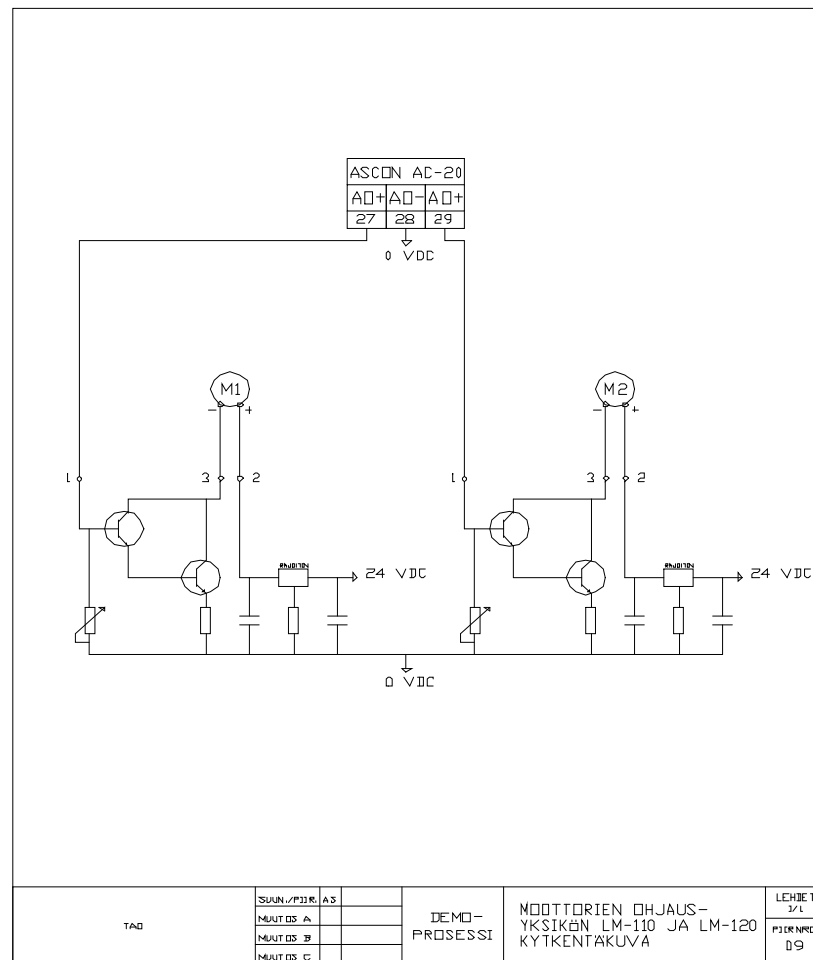


Kuva 8 Merkkivalojen kytkennät

Tasasähkösyöttö 24 VDC tuodaan riviliittimelle +. Estosuuntaan kytketyn zenerdiodin yli oleva jännitehäviö on 15 VDC eli merkkivalot yhdessä vastusten kanssa toimivat tasasähköllä 9 VDC.

7.6 Moottorien ohjausyksikkö

Moottorien ohjausyksikön kytkentäkuvassa (kuva 9) on esitetty piirilevyn sisäisten kytkentöjen lisäksi myös kytkennät monitoimisäätimelle sekä piirilevyn tasasähkösyöttö 24 VDC periaatteellisesti.



Kuva 9 Moottorien ohjausyksikön kytkennät

Ohjausyksikön tehtävä on vahvistaa sisääntuleva virtaviesti 4...20 mA moottorin toiminta-alueelle, joka on 0,3...1,0 A.

Virtaviesti vahvistetaan Darlington-transistorikytkennällä, jossa transistorit ovat tyyppiä NPN. Virtaviesti tuodaan vahvistettavaksi ensimmäisen transistorin kannalle. Ensimmäisen transistorin emitterivirta vietään edelleen vahvistettavaksi toisen transistorin kannalle. Toinen transistori on tehotransistori. Moottorin saama virta on yhtä suuri kuin transistoreiden yhteenlasketut kollektorivirrat. Rajoitin suojaa transistoreita ja samalla myös moottoria liian suurelta virralta.

Kondensaattorit pitävät jännitteen vakaana. Potentiometrillä saadaan säädettyä moottorin saama virta, joka tässä tapauksessa halutaan olevan 0,3...1,0 A.

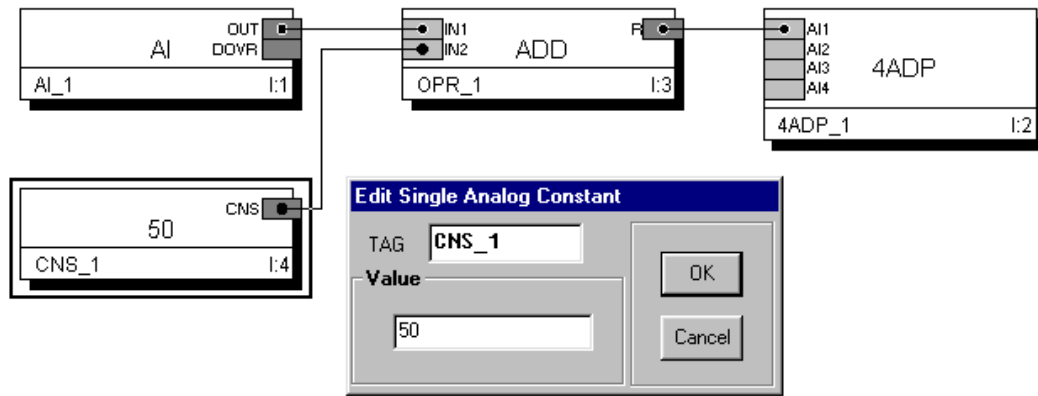
8 ASENNUS JA JOHDOTUKSET

Asennusta aloitettaessa oli laitteistossa valmiina paikallaan monitoimisäädin, piirturi, painelähtimet, moottorit, jännitelähde, vesisäiliöt, johtokourut sekä DIN-kiskot. Elektrolyyttikondensaattori kiinnitettiin laitteiston runkoon ja tarvittavat riviliittimet asennettiin DIN-kiskoille. Magneettiventtiilit V1 ja V2 asennettiin varastosäiliön kylkeen. Venttiilille V3 tehtiin alumiinista alusta laitteiston alaosaan, johon venttiili kiinnitettiin. Kytkimet S1, S2 ja S3 saatiin asennettua laitteiston etupuolella valmiina oleviin reikiin, joissa alkuperäisen laitteistonkin kytkimet olivat olleet. Kytkimille S4 ja S5 porattiin uudet reiät. Moottorien ohjausyksikkö kiinnitettiin pulteilla DIN-kiskoon. Prosessin vesiletkuina käytettiin sisähalkaisijaltaan 3 mm:n letkua. Letkujen asennuksessa käytettiin tarkoitukseen sopivia liittimiä ja T-haarakappaleita sekä tiivistenauhaa.

Kaikissa sähkösyötöissä sekä magneettiventtiilien maadoituksissa käytettiin poikkipinta-alaltaan 1,5 mm² johtimia. Magneettiventtiilien maadoittaminen olisi todellisuudessa tarpeellista vain häiriöisessä tehdasympäristössä, mutta opetuksen kannalta tässäkin laitteistossa päädyttiin maadoittamaan venttiilit. Laitteiston runkomaadoituksessa käytettiin 6 mm² johdinta. Merkkivalojen kytkennät tehtiin kiertoliitoslangalla. Kytkennät piireihin LICA-110 ja LICA-120 sekä venttiilien ohjausten kytkennät tehtiin 1,0 mm² johtimella.

9 MONITOIMISÄÄTIMEN OHJELMOINTI

Ascon AC-20-monitoimisäätimen ohjelmointiin käytettävän ohjelman nimi on AC-Prograph ja ohjelmointi on graafista ohjelmointia. Ohjelma sisältää valmiita toimilohkoja, joilla on tuloja ja lähtöjä sekä parametreja. Ohjelmoiija valitsee sopivat toimilohkot, yhdistelee niiden tulot ja lähdöt, ja muokkaa toimilohkojen parametrit (*kuva 10*).



Kuva 10 Graafista ohjelmointia AC-Prograph-ohjelmalla

Ohjelmoija on valinnut 4 toimilohkoa, yhdistellyt niitä toisiinsa kytkentälangalla, ja muokannut yhden toimilohkon parametria arvoon 50. Eri toimilohkoilla on erilaisia parametreja.

Yksittäisellä toimilohkolla on jokin tehtävä. Erilaisia toimilohkoja on noin 80. Tärkeimpiä toimilohkoja ovat AI, AO, DI, DO sekä PID. Muita toimilohkoja ovat esimerkiksi AND, OR, NOT, analogiset ja binääriset vakiot, laskurit, ajastimet, kiikut sekä erilaiset laskentatoimilohkot.

Jokaisella toimilohkolla on tuloja ja/tai lähtöjä. Tulot ja lähdöt voivat olla analogisia tai binäärisiä. Toimilohkojen tulot ovat toimilohkon vasemmalla puolella ja lähdöt oikealla puolella. Toimilohkojen tuloja ja lähtöjä yhdistellään piirtämällä kytkentälanka toimilohkon lähdöstä seuraavan toimilohkon tuloon. Kytkentälangan väri on vihreä jos langassa kulkee analoginen signaali, ja punainen jos kyseessä on binäärinen signaali.

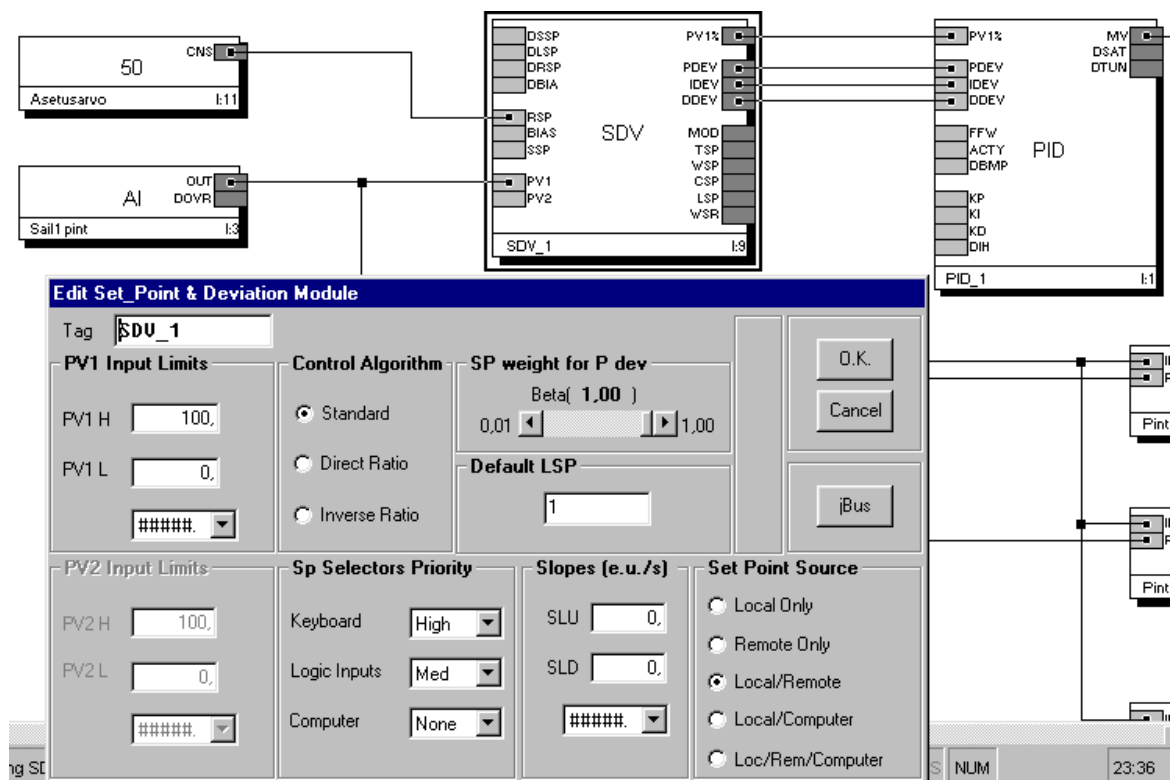
Toimilohkon parametrit määrittävät toimilohkon tarkemman toiminnan. Esimerkiksi AI-toimilohkon parametreista voidaan määrittää analogiatulon kanava ja ajastintoimilohkolle voidaan määrittää ajastuksen pituus.

AC-Prograph on Windows-ohjelma. AC-Prographilla tehty sovellusohjelma siirretään tietokoneesta säätimeen RS232-sarjaportin kautta. Tämän jälkeen sovellusohjelma toteuttaa tehtävänsä säätimessä.

9.1 PID-säätöpiirien ohjelmointi yksikapasiteettisille prosesseille

Sovellusohjelman analogiset lukuarvot ovat aina joko prosentteja tai insinööriyksiköitä eli todellisia yksiköitä. Tämän opetuslaitteiston sovellusohjelmassa pinnankorkeuden mittauksen kannalta tällä ei kuitenkaan ole merkitystä, koska painelähettimet viritettiin siten, että säiliöiden maksimikohta 100% on sama kuin pinnankorkeus 100 cm. Säiliöiden todellinen korkeus on noin 120 cm. Säiliöiden kohtaan 100 cm laitettiin merkintäteippi. Näin toimimalla opetuslaitteistoon saatiin selkeyttä ja myös turvallisuutta, koska vesivahingon mahdollisuus pieni.

PID-säätöpiirin asetusarvon hallintaan käytetään SDV-toimilohkoa (kuva 11).



Kuva 11 SDV-toimilohko ja sen parametointi-ikkuna

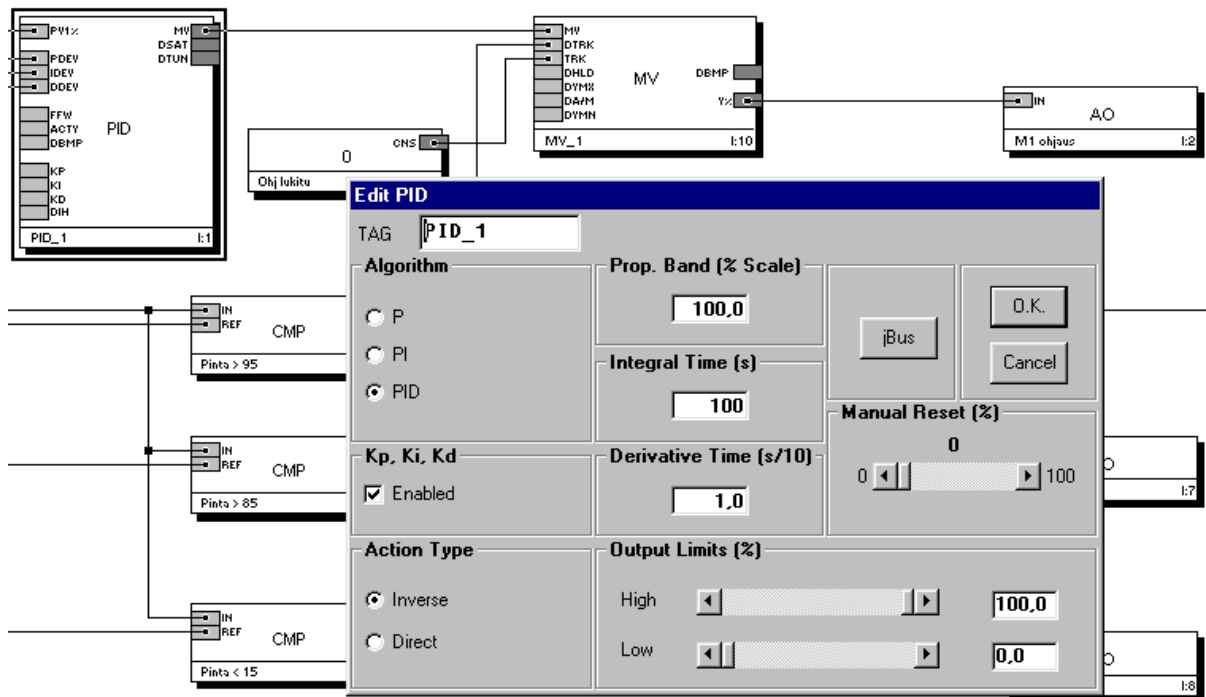
SDV-toimilohkon neljä ylintä tuloa ovat binäärisiä ja niillä voidaan määritellä kulloinkin käytettävä asetusarvo. Asetusarvo voi olla turva-asetusarvo (SSP), paikallinen asetusarvo (LSP), etäasetusarvo (RSP) tai tietokoneelta tuleva asetusarvo. Asetusarvoon voidaan myös summata analoginen lukuarvo BIAS. Turva-asetusarvo on prioriteetiltään aina muiden asetusarvojen yläpuolella.

Paikallinen asetusarvo syötetään nuolinäppäimillä monitoimisäätimen etulevystä. Etäasetusarvo syötetään sovellusohjelmassa toisesta toimilohkosta SDV-toimilohkon tuloon RSP analogisena lukuarvona. Etäasetusarvoksi valittiin tässä sovellusohjelmassa 50. Turva-asetusarvo voidaan syöttää analogisena lukuarvona tuloon SSP. Analoginen mittausarvo syötetään tuloon PV1. Tässä sovellusohjelmassa se tuotiin AI-toimilohkosta, josta saatiin säiliön 1 pinnankorkeus. AI-toimilohkon Tag-nimeksi laitettiin 'Sail1 pint'. Kaikkien toimilohkojen Tag-nimien keksimistä rajoittaa se, että käytettävien merkkien määrä on pieni.

SDV-toimilohkon parametointi-ikkunasta valitaan toimilohkon parametrit. Control Algorithm-parametrilla valitaan standardisäätö tai suhdesäätö. Suhdesäätö edellyttäisi toisen mittausarvon tuomista tuloon PV2. Set Point Source-parametrilla valitaan mitä asetusarvoja on mahdollista käyttää.

SDV-toimilohkon kaikki muut lähdöt ovat analogisia paitsi MOD. MOD on poikkeuksellinen signaali, sillä se on digitaalinen signaali ja väriltään violetti. MOD yhdistetään monitoimisäätimen näyttöä ohjaavaan toimilohkoon, jossa on myös MOD. MOD-signaali on monitoimisäätimen etulevystä nuolinäppäimillä valittu paikallinen asetusarvo. Tässä sovellusohjelmassa käytettiin sellaista näyttöä ohjaavaa toimilohkoa, joka ei mahdollista paikallista asetusarvoa. Lähtö PV1% on prosenteiksi skaalattu mittausarvo. Viidestä alimmasta lähdestä saadaan eri asetusarvojen lukuarvoja näkyviin.

PID-säätöpiirin PID-algoritmin laskentaan käytetään PID-toimilohkoa (*kuva 12*).



Kuva 12 PID-toimilohko ja sen parametroi-ikkuna

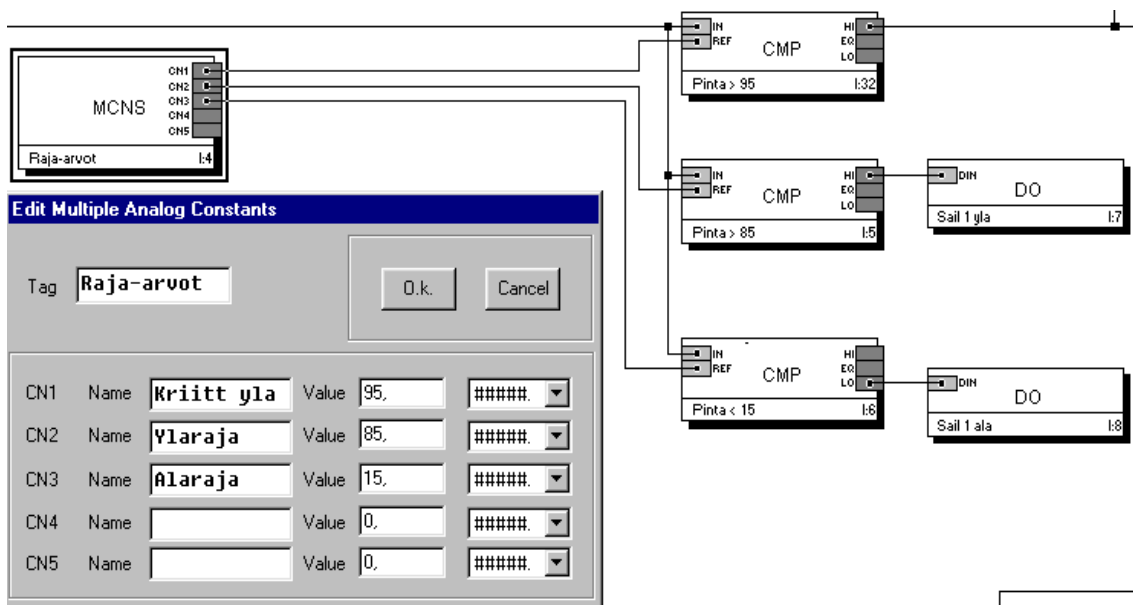
PID-toimilohkon tuloon PV1% syötetään analoginen mittausarvo prosentteina. FFW-tuloon voidaan syöttää analoginen lukuarvo, joka summataan PID-algoritmin laskemaan arvoon. Tulot KP, KI ja KD ovat analogisia ja niillä voidaan asettaa omat vahvistuskertoimet PID-algoritmin proportionaaliosalle, integrointiosalle ja derivointiosalle. Tulo DIH on binäärinen ja sillä voidaan pysäyttää PID-algoritmin integrointiosa.

PID-toimilohkon parametroi-ikkunasta valitaan toimilohkon parametrit. Algorithm-parametrilla valitaan mitä osia PID-algoritmista halutaan käyttää. Action Type-parametrilla valitaan toimuunta. Proportionaaliosan vahvistuskertoimelle, integrointiajalle sekä derivointiajalle löytyvät kullekin omat parametrinsa. Manual Reset (%)-parametrilla asetetaan lukuarvo, joka summataan PID-algoritmin laskemaan arvoon. Tästä käytetään säätötekniikassa nimitystä biasointi.

Lähtö MV on analoginen ja siitä saadaan koko PID-toimilohkon laskennasta tuloksena syntyvä lukuarvo. Lähdöt DSAT ja DTUN ovat binäärisiä. DSAT ilmaisee PID-algoritmin kyllästymisen. DTUN ilmaisee onko käynnissä säädön viritystila.

MV-toimilohkolla hallitaan lopullista AO-toimilohkolle ja sitä kautta säätöpiirin fyysiselle toimilaitteelle lähtevää ohjauksen arvoa. Tulo DTRK on binäärinen ja sillä ohjaus voidaan lukita analogiseen tuloon TRK syötettävään lukuarvoon. Tulo DHLD on binäärinen ja se lukitsee ohjauksen viimeiseen arvoon, jonka ohjaus on saanut.

PID-säätöpiirin ohjauksen lukitukseen ja pinnankorkeuden rajoista muodostettaviin hälytyksiin käytetään MCNS,- ja CMP-toimilohkoja (kuva 13).

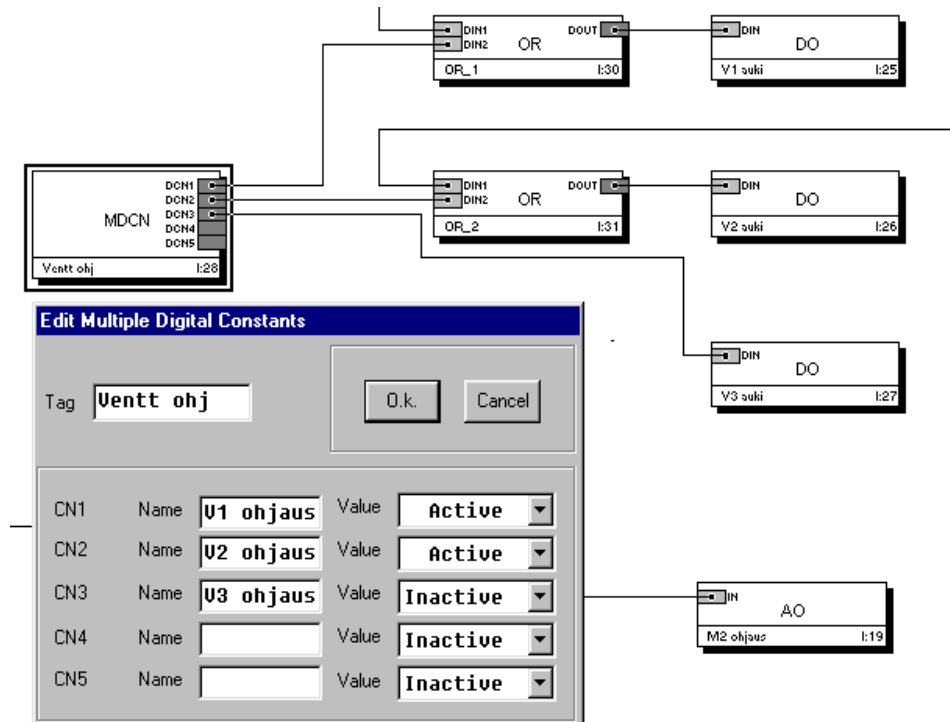


Kuva 13 MCNS-toimilohko ja sen parametointi-ikkuna

MCNS-toimilohkolla syötetään analogisia lukuarvoja. Tässä sovellusohjelmassa toimilohkolla määriteltiin pinnankorkeuden alaraja, ylaraja sekä kriittinen ylaraja. CMP-toimilohkot ovat vertailijoita, joilla määriteltiin onko pinnankorkeus yli vai ali kyseisen raja-arvon. Alarajasta ja ylarajasta tehtiin hälytykset DO-toimilohkojen kautta laitteiston fyysisiin led-valoihin. Pinnankorkeuden ylittäessä kriittisen ylarajan, lukitaan säätimen lähtö arvoon nolla ja avataan kuormitusventtiili. Nämä sovellusohjelman kytkennät näkyvät parhaiten liitteestä 1, jossa kahden yksikapasiteettisen prosessin sovellusohjelma (liite 1) on esitetty kokonaisuudessaan.

9.2 Venttiilien ohjausten ohjelmointi yksikapasiteettisille prosesseille

Venttiilien ohjausten ohjelmointiin käytettiin tässä sovellusohjelmassa MDCN- ja OR-toimilohkoja (kuva 14).



Kuva 14 MDCN-toimilohko ja sen parametointi-ikkuna

MDCN-toimilohkolla syötetään binäärisiä lukuja eli bittejä 0 tai 1. Venttiileille V1 ja V2 valittiin bitti 1, mikä tarkoittaa kuormitusventtiilien auki-asentoa. Venttiili V3 pidettiin kiinni bitillä 0, koska kyseessä oli kaksi yksikapasiteettista prosessia. Venttiilit V1 ja V2 ohjelmoitiin aukeamaan myös siinä tapauksessa, että kyseinen pinnankorkeus ylitti kriittisen ylärajan. Tämä näkyy paremmin liitteestä 1 (liite 1).

9.3 Kaksikapasiteettisen prosessin ohjelmointi

Kaksikapasiteettisen prosessin sovellusohjelma (liite 2) ohjelmoitiin toimimaan seuraavasti: Säiliön 2 pinnankorkeutta säädetään ohjaamalla moottoria M1. Sekä säiliön 2, että säiliön 1 pinnankorkeudet mitataan ja näytetään säätimen näytöllä. Säiliön 2 pinnankorkeuden alarajasta ja ylärajasta on hälytykset. Säiliön 1 ylärajasta on hälytys. Säiliön 1 tai säiliön 2 pinnankorkeuden ylittäessä kriittisen

ylärajan lukitaan moottorin 1 ohjaus arvoon nolla. Venttiili V3 pidetään auki ohjaamalla sitä bitillä 1. Venttiili V1 pidetään kiinni bitillä 0, mutta venttiili aukeaa, kun säiliön 1 pinnankorkeus on kriittisellä ylärajalla. Venttiili V2 aukeaa, kun säiliön 2 pinnankorkeus on kriittisellä ylärajalla tai venttiiliä ohjaava bitti on 1.

Venttiiliä V2 ohjaava bitti oli 0 tässä sovellusohjelmassa. Tällöin säiliön 2 pinnankorkeuden PID-säätö ei ole kovin mielekäs, koska vettä ei valu pois lainkaan. Toisaalta Venttiilin V2 pitäminen auki bitillä 1 aiheuttaisi sen, että säiliöön 2 menisi vain hyvin vähän vettä, joka sekin valuisi nopeasti pois. Säädöstä saataisiin mielekäs kahdella tavalla. Käyttäjä voi aukaista ja sulkea venttiiliä käsikytkimellä S2 tasaisin välein tai satunnaisesti. Sovellusohjelmaan on myös mahdollista tehdä pulssimuotoinen venttiilinohjaus, jossa pulssin ylhäällä oloaika ja alhaalla oloaika voidaan valita.

10 LOPPUSANAT

Tällä hetkellä (12/2010) opetuslaitteistoon on aloitettu uusi pienempi muutostyö, jossa prosessia ohjaa Damatrol-yksikkösäädin. Damatrol-säätimiä on käytetty muissakin työpajalla olevissa laitteistoissa. Ascon AC-20 monitoimisäädintä pidettiin liian hankalana ja työläänä opetella ammattikoululaisten tarpeisiin. Toisaalta Damatrol-säätimistä on saatu hyviä kokemuksia ja ainakin niitä osataan käyttää. On myös huomioitava, että useimmat työpajalla olevat laitteistot ovat koko ajan rakentelun alla eivätkä valmiina käytettäväksi. Automaatioasentajien tehtävänähän työelämässä on vähintään yhtä usein rakentaa laitteistoja, kuin käyttää niitä.

Opetuslaitteiston testaus ehdittiin tehdä prosessin ja sähköjen osalta, mutta ohjelmoinnin testausta ehdittiin tehdä vain hyvin vähän. Prosessi ja sähköt toimivat moitteettomasti. Säätöä saatiin testattua sen verran, että nähtiin juuri säädön toimivan ainakin jollain tasolla.

Työtä olisi voinut vielä jatkaa tekemällä hieman erilaisia ohjelmia ja testaamalla niitä. Säätöpiirin viritys ja prosessin sekä säätöpiirin siirtofunktiohallinnus

askelvastekokeiden avulla olisi vielä tuonut työhön lisää syvyyttä.

Työn tekeminen kaikkine osa-alueineen on ollut opettava kokemus. Työ on ollut hyödyllinen myös siksi, että se liittyy prosessiautomaatioon hyvin käytännönläheisellä tavalla.

LÄHDELUETTELO

Painetut lähteet

- 1 Demoprosessi. Valmet Automation Kenttälaitteet 1991. Kansio, jossa alkuperäisen opetuslaitteiston dokumentointi. Saatavissa: TAO, Santalahdentien toimipiste, automaatiotekniikan työpaja.

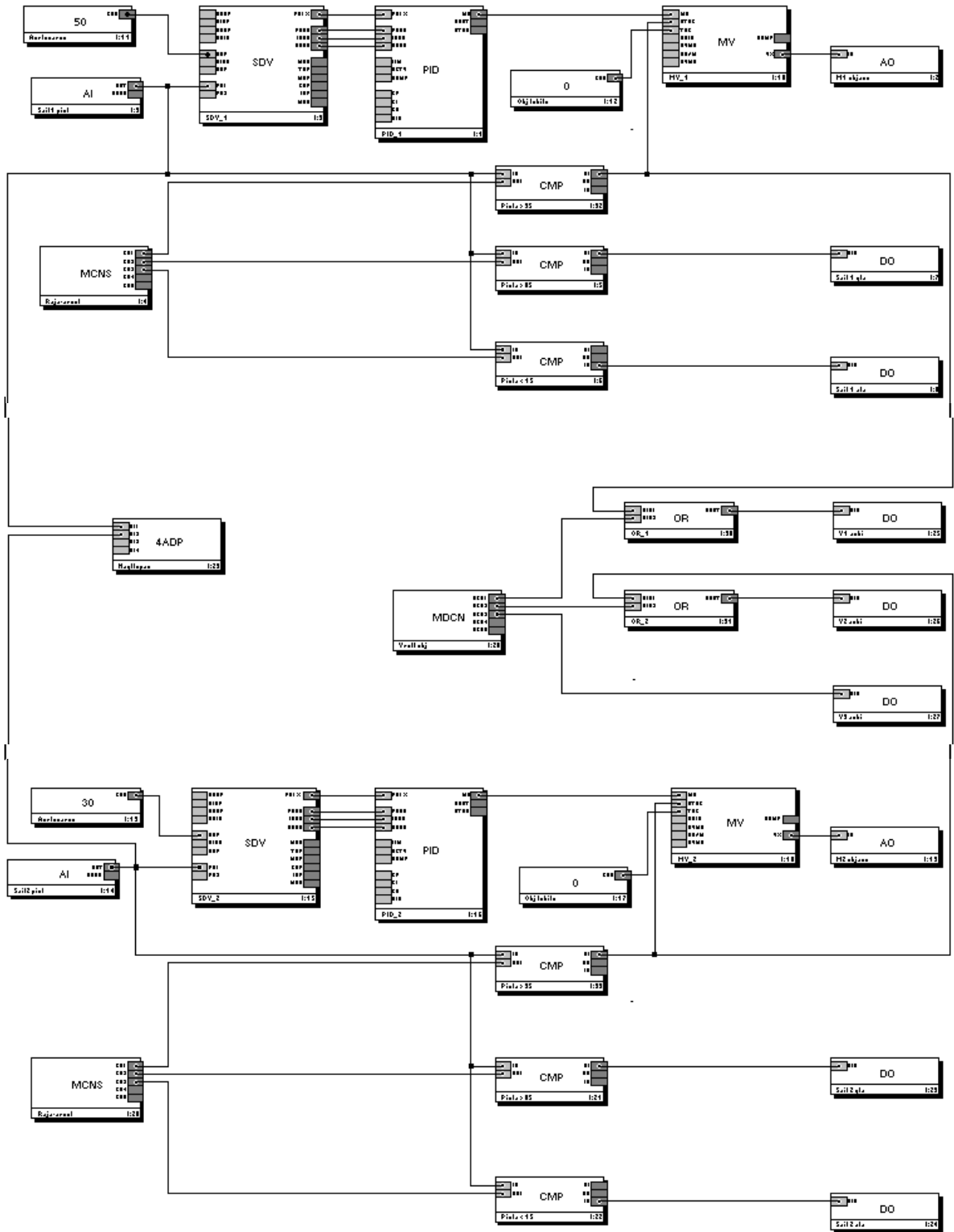
Sähköiset lähteet

- 2 ACStation-Bulletin.pdf. [sähköinen dokumentti]. Ascon corporation. [viitattu 1.12.2010] Saatavissa:
<http://www.asconcorp.com/library/pdf/ac/ACStation-Bulletin.pdf>
- 3 DS0330-Standard-EU-En.pdf. [sähköinen dokumentti]. Bürkert Fluid Control Systems. [viitattu 1.12.2010] Saatavissa:
http://www.burkert.fi/products_data/datasheets/DS0330-Standard-EU-EN.pdf
- 4 Tampereen ammattiopisto. [www-sivu]. [viitattu 1.12.2010] Saatavissa:
<http://www.tao.tampere.fi/>

LIITTEET

- 1) Kahden yksikapasiteettisen prosessin sovellusohjelma
- 2) Kaksikapasiteettisen prosessin sovellusohjelma

Liite 1



Liite 2

