

TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN TOIMIALA

Kone- ja tuotantotekniikka

Koneautomaatio

INSINÖÖRITYÖ

IAC-R-järjestelmän käyttöönotto

**Työn tekijä: Erich Eschner
Työn valvoja: Heikki Paavilainen
Työn ohjaaja: Juha Pohjoisaho**

Työ hyväksytty: __. __. 2008

**Heikki Paavilainen
lehtori**



ALKULAUSE

Tämä insinööriytyö tehtiin Bosch Rexroth Oy:n Vantaan yksikölle. Kiitän projektissa mukana olleita.

Helsingissä 6.5.2008

Erich Eschner

INSINÖÖRITYÖN TIIVISTELMÄ

Tekijä: Erich Eschner
Työn nimi: IAC-R-järjestelmän käyttöönotto
Päivämäärä: 6.5.2008 Sivumäärä: 43 s. + 2 liitettä
Koulutusohjelma: Kone- ja tuotantotekniikka Suuntautumisvaihtoehto: Koneautomaatio
Työn valvoja: Lehtori Heikki Paavilainen Työn ohjaaja: DI Juha Pohjoisaho
<p>Tämä työ tehtiin Bosch Rexroth Oy:n Vantaan yksikölle. Työssä selvitettiin servojärjestelmien historiaa ja kehitystä sekä nykyaikaisen servojärjestelmän käyttöönottoa kenttäväylän avulla. Työssä tutustuttiin IAC-R servosolenoidiventtiin, joka on tarkoitettu eritoten sahateollisuuden käyttöön. Työn tarkoituksena oli tuottaa lyhyt helppolukuinen manuaali IAC-R-järjestelmän käyttöönotosta Bosch Rexroth Oy:n ja heidän asiakkaiden käyttöön. Manuaalin avulla tulisi lähes kenen tahansa teknisesti riittävän pätevän henkilön pystyä ottamaan IAC-R-järjestelmä käyttöön, parametrisoida ja virittää järjestelmä.</p> <p>Työ aloitettiin tutustumalla IAC-R-järjestelmään, sen komponentteihin ja käyttöoppaaseen, Profibus DP-kenttäväylään ja WinHPT-ohjelmaan jolla järjestelmän parametrisointi on tarkoitettu suoritettavan. Työn alkupuolella järjestelmää parametrisointia koestettiin minimikokoonpanossa ilman hydraulikkaa. Järjestelmää voidaan koestaa jopa kotioissa. Loppupuolella järjestelmä liitettiin hydraulikkasynteriin jolla suoritettiin varsinainen koestus.</p> <p>Työn tuloksena todettiin että nykyaikaisen digitaalisen servojärjestelmän käyttöönotto on tehty erittäin helpoksi erilaisten ohjelmien avulla. IAC-R- järjestelmän parametrisointi ohjelma WinHPT todettiin erittäin helpoksi käyttää, ja käyttäjän ei tarvitse tietää varsinaisesta väyläliikenteestä ja sen toiminnasta mitään. Sääätötekniikkaan ei tässä työssä varsinaisesti kiinnitetty huomiota, mutta jos käyttäjä hallitsee sääätötekniikan perusteet, on järjestelmän säätäminen erittäin helppoa.</p>
Avainsanat: IAC-R, WinHPT



ABSTRACT

Name: Eschner Erich	
Title: Commissioning of IAC-R Valve	
Date: 6 th May 2006	Number of pages: 43
Department: Production Engineering	
Study Programme: Machine automation	
Instructor: Heikki Paavilainen, Lecturer	
Supervisor: Juha Pohjoisaho, M.Sc	
<p>The objective of this graduate project was to study the history of servo systems as well as the development and the commissioning of the modern servo system with the help of the fieldbus. The graduate project aimed at producing a brief commissioning manual for the company Bosch Rexroth Oy and its customers. The project was assigned by the Vantaa unit of Bosch Rexroth Oy.</p> <p>The focus of the graduate project was on the IAC-R servo solenoid valve used mostly in the sawing industry. The project started by becoming familiar with the IAC-R system, its components and its operating manual as well as with the Profibus DP fieldbus and the WinHPT software to be used in the configuration of the system. At the first phase of the project, the setting of parameters was made with basic hardware without using hydraulics. This kind of testing can be carried out almost anywhere, even at home. At the final phase of the project, the system was installed to the hydraulic cylinder and the actual testing was carried out.</p> <p>The graduate study showed that, with different types of software, the commissioning of a modern servo valve is easy. The setting of parameters proved to be very easy with the WinHPT software. The user does not need to know anything about the actual operation of the fieldbus. In this study, control systems engineering was not dealt with. But if the user knows the basics of control system engineering, the adjustment of the systems should be easy.</p> <p>As a result of this graduate project, a brief commissioning manual was produced. With this manual almost anyone of the technical staff should be able to put the valve into operation and to set the parameters of the system.</p>	
Keywords: IAC-R, WinHPT	

SISÄLLYS

ALKULAUSE

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

SISÄLLYS

LYHENTEITÄ

1	JOHDANTO	1
2	SERVOTEKNIIKAN KEHITYS	2
3	KOMPONENTIT	4
3.1	Sähköinen osa	4
3.1.1	<i>Ohjausjärjestelmät</i>	4
3.1.2	<i>Profibus DP -kenttäväylä</i>	6
3.2	Hydraulinen osa	9
3.2.1	<i>Nollapeitto</i>	10
3.2.2	<i>Positiivinen peitto</i>	12
3.2.3	<i>Negatiivinen peitto</i>	13
4	TESTIYMPÄRISTÖ	13
4.1	Yleiset laitteistovaatimukset	13
4.2	Kuvaus testiympäristöstä	14
5	HYDRAULISET KYTKENNÄT	14
6	SÄHKÖISET KYTKENNÄT	15
6.1	Liittimet ja liitännästen tehtävät	16
6.1.1	<i>Liitin X1</i>	16
6.1.2	<i>Liitin X2</i>	18
6.1.3	<i>Liitin X3</i>	19
6.1.4	<i>Liittimet X4 ja X7</i>	20
6.2	Sähkökaapelit	22
7	JÄRJESTELMÄN KÄYTTÖÖNOTTO	22
7.1	Ohjelmiston asennus	23
7.2	Ensimmäinen käyttöönotto	24

7.2.1	Järjestelmän kytkeminen	24
7.2.2	Elektroniikan käynnistäminen	25
7.2.3	Yhteyden muodostaminen	25
7.2.4	Ohjaustilan valinta (Control Mode)	29
7.2.5	Moodin valinta (Device Mode)	29
7.2.6	Tilavuusvirran ohjauksen säätö	31
7.2.7	Parametrien tallennus /lataus	32
7.2.8	IAC-R-järjestelmän käynnistys	32
7.2.9	Parametrien muokkaus ja testaus	34
7.3	Suljetun järjestelmän käyttöönotto	34
7.3.1	p/Q-ohjaus	34
7.3.2	Asemanohjaus	37
8	TOIMINTA VIKATILANTEESSA	38
8.1	Vikatilan määrittäminen ja toiminta	38
8.2	Vikakoodin lukeminen ja tulkitseminen	40
8.3	Havaitut viat ja ongelmat	41
9	YHTEENVETO	41
	VIITELUETTELO	43
	LIITTEET	

Liite 1. Käyttöohje

Liite 2. Virheviestikoodit

LYHENTEITÄ

PLC	Programmable Logic Controller, ohjelmoitava logiikka
LVDT	Linear Variable Differential Transformer, lineaarisen poikkeaman mittaukseen käytetty muuntaja
IAC	Integrated Axis Controller, integroitu akselinohjaus
USB	Universal Serial Bus, universaali väyläliittymä
CP	Constant Pressure, jatkuva-, eli vakioaine
MBP	Manchester Coding and Bus powered, Manchester-koodaus ja väylältä käyttövoiman saava
DP	Decentralized Peripherals, hajautettu oheislaite
DPM1	DP Master Class 1, 1. luokan DP isäntä
GSD	Generic Station Description, yleinen aseman kuvaus
EDD	Electronic Device Description, elektroninen laitteen kuvaus
EDDL	Electronic Device Description Language, elektroninen laitteen määrittelykieli
FDT	Field Device Tool, kenttäväylätyökalu

1 JOHDANTO

Bosch Rexroth Oy on osa saksalaista Robert Bosch -yhtymää. Bosch Rexroth suunnittelee ja rakentaa asiakkailleen voimansiirtoon, ohjaukseen ja liikkeenhallintaan tarvittavaa teknologiaa ja järjestelmiä. Asiakaskuntaan kuuluvat lukuisien teollisuudenalojen käyttäjät sekä kone- ja laitevalmistajat. Suurimpia asiakkaita ovat laiva-, konepaja-, prosessi- ja paperiteollisuus, liikkuvan kaluston kone- ja laitevalmistajat sekä kappaleenkäsittelyautomaation laite- ja järjestelmävalmistajat. Suomessa Bosch Rexroth on toiminut vuodesta 1978 asti ja sen henkilöstövahvuus on yli 120 työntekijää. Suomen toimintojen pääkonttori sijaitsee Vantaalla ja toinen toimipaikka Tampereella. Myös Viron toiminnot löytyvät Vantaan alaisuudesta. Koko Robert Bosch -yhtymässä työntekijöitä on yli 260 000 joista noin 30 000 työskentelee Bosch Rexroth:ssa. Bosch Rexroth Oy:n liikevaihto ylitti 4,9 miljardia euroa vuonna 2006.

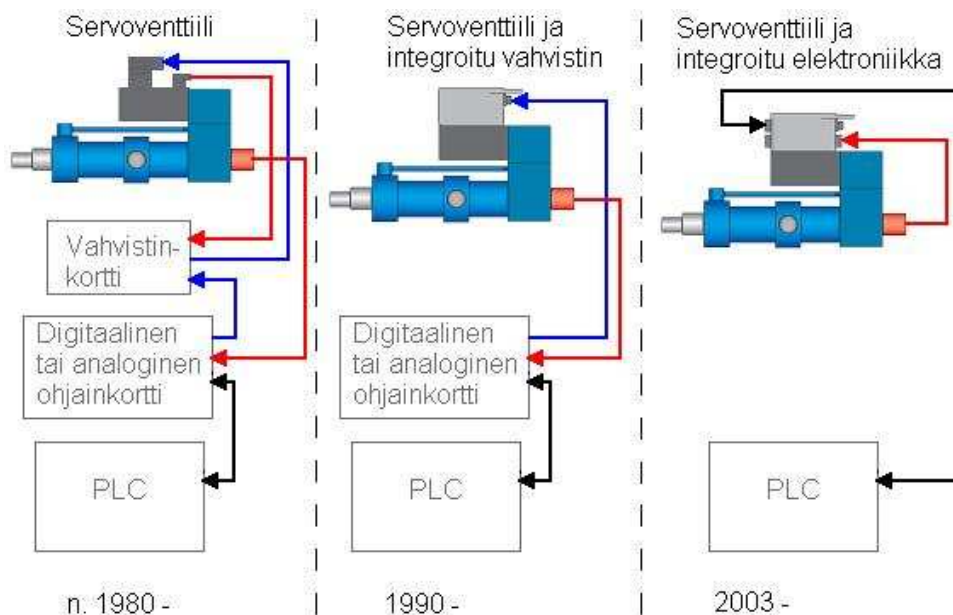
Bosch Rexroth suunnittelee, rakentaa ja toimittaa asiakkailleen mitä erilaisimpia hydraulisia järjestelmiä. Sahateollisuudessa käytettävien sahalaitteiden asemointisovelluksissa ja takaisinkytkettyjen järjestelmien kanssa Bosch Rexroth on perinteisesti käyttänyt erillisiä, joko analogisia tai digitaalisia, säädinkortteja tai moduuleita. Lisäksi on tarvittu potentiometrin tai ulkoisen anturin, antamaa tietoa sylinterin asennosta. Näiden järjestelmien tyypillinen toteutus vaatii yleensä aina toimilaitteesta erillään olevan sähkö- ja/tai laitekaapin käyttöä. Bosch Rexroth on lanseeraamassa IAC-R (Integrated Axis Controller) järjestelmää, joka ei vaadi erillistä laite- tai sähkökaappia. Kaikki järjestelmän vaatimat komponentit: säädin, venttiilin elektroniikka ja pääteaste ovat integroitu venttiilin yhteyteen. Myös takaisinkytkentäanturi kytketään suoraan venttiilin elektroniikkaan. Järjestelmä on erittäin kompakti ja vähentää kaapeloinnin määrää murto-osaan perinteiseen toteutukseen verrattuna. Erillisen laitteistokaapin poisjättäminen säästää tilaa. Kaapeloinnin vähentäminen vähentää prosessien asennuskustannuksia, ei pelkästään kaapelikustannuksia vähentämällä vaan myös kokoonpanon ja käyttöönoton aikojen lyhentyessä. Myös huolto on helpompaa ja mahdollisten vikojen paikantaminen nopeampaa vähentyneen kaapelointitarpeen johdosta.

Tässä työssä perehdytään IAC-R-järjestelmään ja sen komponentteihin. Tutkitaan IAC-R-järjestelmän käyttöönottoa ja toimintakuntoon saattamista. Tuotetaan aiheesta lyhyt manuaali, Bosch Rexrothin omaan sekä asiakkaiden käyttöön. Tämän manuaalin avulla tulisi lähes kenen tahansa teknisesti riittävän pätevän henkilön pystyä ottamaan IAC-R-järjestelmä käyttöön, parametrisoida ja virittää järjestelmä.

2 SERVOTEKNIIKAN KEHITYS

Servoventtiilien kehitys alkoi lentokonetekniikasta. Lentonopeuden kasvaessa lentokoneisiin tarvittiin tarkkoja, pienellä ohjausvirralla toimivia, nopeasti reagoivia ja suuriin poikkeamiin kykeneviä avoimia ja/tai suljettuja ohjausjärjestelmiä. Kuten monien teknologioiden osalla hinnat laskivat ajan myötä, ja servoventtiilit siirtyivät myös teollisuuden käyttöön. Sana servo on keksitty; se voi tarkoittaa esimerkiksi ”vahvistinta”, mutta yleinen käytäntö määrittää sen ”takaisin kytketyksi”.

Bosch Rexrothin servosolenoidiventtiilien kehitys alkoi noin 1980-luvulla. Tuolloin järjestelmä koostui ohjaavasta logiikasta, analogisesta tai digitaalisesta ohjainkortista ja vahvistinkortista. Ohjaustiedot toimitettiin ohjaavalta logiikalta toimilaitteelle ohjainkortin kautta vahvistimelle, josta ohjaustieto meni venttiilille. Venttiililtä tietoa tuli takaisin vahvistimelle sekä ohjainkortille. Järjestelmä oli monimutkainen ja kokemattomalle asentajalle tai suunnittelijalle varmasti haastava. Seuraavassa vaiheessa vahvistinkortti integroitiin venttiiliin yhteyteen, logiikan ja ohjainkortin välinen tietoliikenne voitiin suorittaa väylän avulla. Nykyhetkellä IAC-tekniikka mahdollistaa liittymisen suoraan logiikalta venttiiliin, joko analogisella signaalilla tai kenttäväylän avulla. Antureiden tiedot toimitetaan suoraan venttiiliin yhteyteen integroidulle elektronikalle. Kuvasta Kuva 1 näkee tekniikan kehityksen eritoten kaapeloinnin vähentymisen suhteen. Kaapelointi oli hankalaa ja vaati erityistä tarkkuutta, virheiden teko oli erittäin todennäköistä, kaapeleiden määrä onkin onnistuttu vähentämään viidestä jopa kahteen. Takaisinkytkennän hahmottaminen oli erittäin vaikeaa useiden erillisten korttien takia. Hankaluutta lisäsi myös se että kortit eivät aina olleet samassa paikassa, vaan välimatka saattoi olla pitkä.



Kuva 1. Servoventtiilin asennuksen kehittyminen

3 KOMPONENTIT

IAC-R-venttiili on digitaalinen ohjausventtiili. Siitä löytyy sisäänrakennettu akselinohjausjärjestelmä. IAC-R-järjestelmä koostuu kahdesta komponentista, venttiin elektronikasta ja hydraulikkaventtiilistä. Näiden lisäksi järjestelmään voidaan liittää paine- ja virtaussäätö sekä asema-anturi. IAC-R-venttiilistä on olemassa useita eri variaatioita asiakkaan tarpeiden mukaan.



Kuva 2. IAC-R-järjestelmä

3.1 Sähköinen osa

Sähköisestä osasta on kaksi eri versiota, joiden ero on se että toisessa on liittynät vain analogisille antureille. Toisessa versiossa on liittynät sekä analogisille että digitaalisille antureille. IAC-R-venttiin ohjauksen voit toteuttaa joko analogisella- tai digitaalisella signaalilla. Analogisessa käytössä signaalitiedoksi voidaan valita joko 4-20 mA tai $\pm 10 V_{DC}$ jännitteen. Digitaalinen käyttö on toteutettu joko Profibus DP- tai CANopen -kenttäväylällä. Tässä työssä keskitytään Profibus DP malliin, jossa on liittynät sekä analogisille että digitaalisille antureille.

3.1.1 Ohjausjärjestelmät

Venttiilien ohjaus on yleensä toteutettu erillisillä, joko analogisilla tai digitaalisilla vahvistinkorteilla. Analogiset säätimet perustuvat yleensä kondensaattorin lataukseen ja purkuun säädettävällä vastuksen avulla. Näillä elektronii-

kan peruskomponenteilla on saatu halutut rampit ja viiveet aikaiseksi. Digitaalitekniikan kehittyminen mahdollisti digitaalisiin ohjainkortteihin siirtymisen. Digitaalitekniikassa voitiin luopua vastuksista ja kondensaattoreista ja siirtyä ohjelmallisten ramppien ja viiveiden käyttöön. Järjestelmän suunnittelija asettaa parametreja järjestelmälle, ja sen prosessori huolehtii niiden toteutuksesta. Integroiduissa järjestelmissä ohjauselektronikka on tuotu venttiilin yhteyteen, tämän myötä erillisestä ohjainkortista voidaan luopua. Tässä työssä käsiteltävässä IAC-R-järjestelmään integroidussa elektronikkayksikössä on viisi sähköistä liitäntää, joilla yksikölle tuodaan käyttövirta ja tarvittavat ohjaintiedot. Järjestelmältä voidaan myös lukea esimerkiksi asematietoja halutulla hetkellä sekä saada tieto mahdollisesta vikatilanteesta. (6.1)

Avoin järjestelmä

Järjestelmän ohjauksen voi jakaa kahteen eri ohjausjärjestelmään, avoin- ja suljettu järjestelmä. Avoin järjestelmä toimii ennalta säädetysti, se ei ota huomioon ulkoisia tekijöitä jotka saattavat haitata ohjausta. Avointa järjestelmää voisikin kutsua "ei takaisin kytketyksi". Yksinkertaisimmillaan avoin järjestelmä sisältää vain kytkimen, vahvistimen/säädettävän vastuksen, venttiilin tai muun toimilaitteen. Vahvistimella liikutetaan venttiilin karaa ja näin voidaan hallita tilavuusvirtaa. Avointa järjestelmää ei voi käyttää tarkkuutta vaativissa systeemeissä, vaan sen käyttösovellukset ovat lähinnä I/O-tyyppisissä sovelluksissa.

Suljettu järjestelmä

Suljettu järjestelmä eli takaisinkytketty järjestelmä on nimensä mukaan kytketty takaisin. Järjestelmä tarkkailee jatkuvasti säädettävää parametria, joka voi olla esimerkiksi paine, asema tai voima. Se mittaa parametrin todellisen arvon ja vertaa sitä käyttäjän määrittämään asetusarvoon. Jos eroa ilmenee, järjestelmä muuttaa ulostulon arvoa saavuttaakseen tasapainon. Mitä suurempi tämä ero on, sitä enemmän järjestelmä pyrkii itseään korjaamaan. Takaisinkytketty järjestelmä sisältää ainakin ohjainlaitteen, säätimen, vähintään yhden anturin sekä toimilaitteen. Kytkimelle annetaan tieto, jonka säädin välittää toimilaitteelle. Toimilaitteelta tulee säätimelle tieto nykyisestä tilanteesta, säädin reagoi tähän tietoon säätämällä esimerkiksi ohjausvirtaa. Takaisinkytketty järjestelmä osaa esimerkiksi ajaa sylinterin tiettyyn asemaan, tietyllä nopeudella ja tietyllä kiihtyvyydellä. Järjestelmä huomaa myös, jos

asetetusta asemasta jostain syystä, esimerkiksi kasvaneen massan vuoksi, poiketaan. Kasvanutta massaa se kompensoi toimilaitteelle tulevaa painetta kasvattamalla. Saavutettuaan aseman järjestelmä jää tarkkailemaan tilannetta ja odottamaan uutta käskyä.

3.1.2 Profibus DP -kenttäväylä

Profibus on kenttäväylä, jota käytetään tuotanto- ja prosessiteollisuuden kenttätasossa, yksittäisiä toimilaitteita ohjaamassa, nopeaa ja ajansuhteen erittäin tarkkaan toimintaan että monimutkaiseen tiedonvälitykseen. Se on yksi menestyneimmistä kenttäväylästä, ja sen käyttäminen johtaa kustannustehokkaaseen ja joustavaan järjestelmään. Väylän teknisten yksityiskohtien hallintaan on perustettu järjestö, Profibus International. Se valvoo valmistajia, ja pitää huolen, että asiakas voi ostaa minkä tahansa valmistajan Profibus-tuotteen ja liittää sen omaan Profibus-kenttäväyläänsä ongelmitta.

Kenttäväyläteknologia keksittiin 1980-luvulla, ja sitä kehitetään jatkuvasti. Kenttäväylän suurimmat tavoitteet olivat kaapeloinnin vähentäminen ja digitaaliseen ohjaukseen siirtyminen. Digitaaliseen tiedonvälitykseen siirtyminen mahdollisti, analogisen tiedonsiirtotekniikan pakottaman, jokaiselle toimilaitteelle erikseen menevien kaapeleiden poistamisen. Kaapeloinnin vähentäminen johtaa säästöihin, ei pelkästään materiaalikustannusten pienentyessä vaan myös asennuksen helpottuessa ja nopeutuessa. Säästöjä syntyy myös suunnittelun ja dokumentoinnin kustannuksista. Lukuisia kilpailevia kenttäväyliä kehitettiin, mm. CANopen, EtherCAT ja AS-Interface.

Tiedonsiirtonopeus voi vaihdella 9,6 kBit/s aina 12 MBit/s, syklin aika on alle 10ms. Tiedonsiirtonopeus on riippuvainen kaapeleiden pituudesta, 12MBit/s nopeuteen päästään alle 100 m:n kaapeleilla (Taulukko 1).

Taulukko 1. Profibus DP -kenttäväylän tiedonsiirtonopeus eri kaapelipituuksilla

Väylän maksimi siirtonopeus (kBit/s)	Maksimi kaapelin pituus (m)
≤ 93,75	1200
187,5	1000
500	400
1500	200
12000	100

Profibus-viestin voi välittää perinteisellä kuparikaapelilla, valokuidulla tai langattomasti. Kuparikaapeleita on neljä eri mallia: RS485, MBP, RS485-IS ja MBP-IS. RS485 on yleisin, se on yksinkertainen ja halpa kaapeli. Sitä käytetään kun tarvitaan suurta tiedonsiirtonopeutta, maksimissaan 12 MBit/s. MBP kaapeli (*Manchester Coding and Bus powered*) on kaapeli joka avulla toimilaitteille siirretään sekä informaatio että käyttöjännite. MBP-kaapeli käyttää vakiotiedonsiirtonopeutta 31,25 kBit/s johtuen käyttöjännitteen toimittamisesta toimilaitteille. Alhaisesta tiedonsiirtonopeudesta johtuen MBP kaapelia käytetään lähes yksinomaan prosessiteollisuudessa. Kaapelia voidaan käyttää myös esimerkiksi räjähdysherkillä alueilla kemikaali- ja petrokemikaaliteollisuudessa. RS485-IS ja MBP-IS (*IS, Intrinsic Safety, itseisjohtava suoja*)-kaapelit ovat suunniteltu eritoten räjähdysherkille alueille. Niissä käytettävät jännitteet ja lämmontuotto ovat tarpeeksi pieniä kipinöinnin ehkäisemiseksi. Kuituoptiikkaa käytetään eritoten alueilla, joilla on erittäin voimakkaita elektromagneettisia häiriöitä. Valokuidulla päästään myös erittäin pitkiin tiedonsiirtovälimatkoihin resistanssin puuttumisen johdosta.

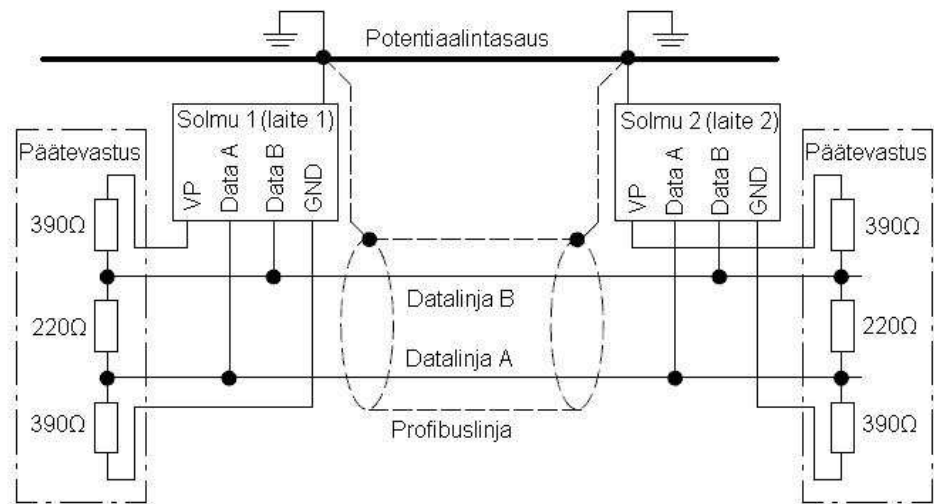
Profibus DP (*Decentralized Peripherals*, hajautettu oheislaite) tarjoaa monia tapoja optimoida tiedonsiirto sovellusten välillä. DP on suunniteltu suureen datansiirtonopeuteen, siihen on mahdollista liittää maksimissaan 126 laitetta. Väylällä olevat laitteet ovat joko nk. *master*- (isäntä) tai *slave*-laitteita (orja). Väylä voi olla joko yhden isännän tai useamman isännän järjestelmä. Yhden isännän järjestelmässä päästään nopeampaan sykli aikaan. Useamman isännän järjestelmässä vain yksi isäntä voi olla kerrallaan "äänessä". Tämä on hoidettu nk. *token ring*-menetelmällä (merkkirengas), vain se isäntä, jolla merkkirengas on, voi liittyä väylälle. Isäntälaitte on yleensä joko PLC tai PC, tyyppiltään DPM1 (*DP Master Class 1*, 1. luokan DP isäntä). DPM1 on oikeus aktiiviselle väylälle liittymiseen, se voi esimerkiksi lukea (*input*, sisääntulo) mittatietoja kenttälaitteilta ja/tai kirjoittaa (*output*, ulostulo) asetusarvoja toimilaitteille. DPM2 on isäntälaitte, joka on suunnittelun ja konfiguroinnin apulaitte, niitä käytetään yleensä käyttöönotossa sekä väylää analysoitaessa. Toisin kuin DPM1:n, DPM2:n ei tarvitse olla jatkuvasti väylässä kiinni.

Orjalaitteet ovat oheislaitteita, toimilaitteita (I/O-orja, venttiili jne.), jotka saavat lukea dataa väylältä ja/tai käyttävät ulostulotietoa ja toimivat sen mukaisesti. Kommunikointi on siis passiivista. Orjat vastaavat vain suoriin kyselyihin, eikä niillä ole aktiivista pääsyä väylälle.

Profibus DP:stä on tällä hetkellä kolme versiota: DP-V0, DP-V1 ja DP-V2 (Versio 0, 1 ja 2). DP-V0 tarjoaa perustoiminnot ja se toimii syklisesti. DP-V1 on suunniteltu eritoten prosessiautomaatiota silmälläpitäen ja siihen on lisätty ominaisuuksia. DP-V2-orjat voivat viestiä suoraan keskenään ilman kierto-tietä isännän kautta. Yksi orja toimii julkaisijana, ja tilaajat voivat lukea julkai-sun ja käyttää sitä sisääntulonaan. Tämä mahdollistaa aivan uusia sovelluk-sia ja voi nopeuttaa vasteaikaa jopa 90 %. DP-V2 on myös mahdollisuus toimia kellontarkasti vain mikrosekunnin viiveellä tai erolla reagointiajoissa.

Profibus tarjoaa useita metodeja ja työkaluja joilla voidaan standardisoida tai sovittaa yhteen eri laitteiden toimintaa. Näitä ovat mm. GSD (*Generic Station Description*, yleinen aseman kuvaus), EDD (*Electronic Device Description*, elektroninen laitteen kuvaus) ja DTM (*Device Type Manager*, laitteen tyypp-pinhallintaohjelma). Näistä tärkein on GSD, joka on luettava ASCII tekstitie-dosto. Se sisältää sekä yleiset että laitekohtaiset määrittelyt, ne kertovat mi-tä laitteella voi tehdä ja mihin se pystyy. Toiset arvot ovat pakollisia, kuten valmistajan nimi, toiset vapaaehtoisia. GSD-tiedosto korvaa aiemmin perin-teisen käyttöohjeen, laitevalmistajat ovat vastuussa GSD-tiedostojensa laa-juudesta ja laadusta. Valmistajien tulee tarkastuttaa tiedostonsa Profibus In-ternational:ssa sertifikaatin saadakseen. EDD on kuten GSD, mutta se on kehitetty käyttämään yleiskäyttöisempää kieltä EDDL (*Electronic Device Description Language*, elektroninen laitteen määrittelykieli). EDD määrittää tyyppilliset sovelluskohtaiset määritteet ja funktiot, kuten: konfiguroitavat pa-rametrit, arvojen vaihteluvälit, mitatut yksiköt, oletusarvot, jne. DTM on oh-jelma, jolla määritellään edellä mainittuja GSD- ja EDD-tiedostojen vastaavia arvoja FDT:n (*Field Device Tool*, kenttäväylätyökalu) avulla. Ohjelmalla on käyttöliittymä ja sen toimittaa laitteen valmistaja. DTM/FDT-työkalun avulla käyttäjä voi siis määrittellä laitteita valmistajasta riippumatta.

Kenttäväylän muoto on vapaa, se voi olla joko linja, tähti tai puu, linja on kuitenkin suositeltavin. Väylän päätetään molemmista päistä vastuksilla, erilaisen heijastusten ja virheiden ehkäisemiseksi (Kuva 3). [2]



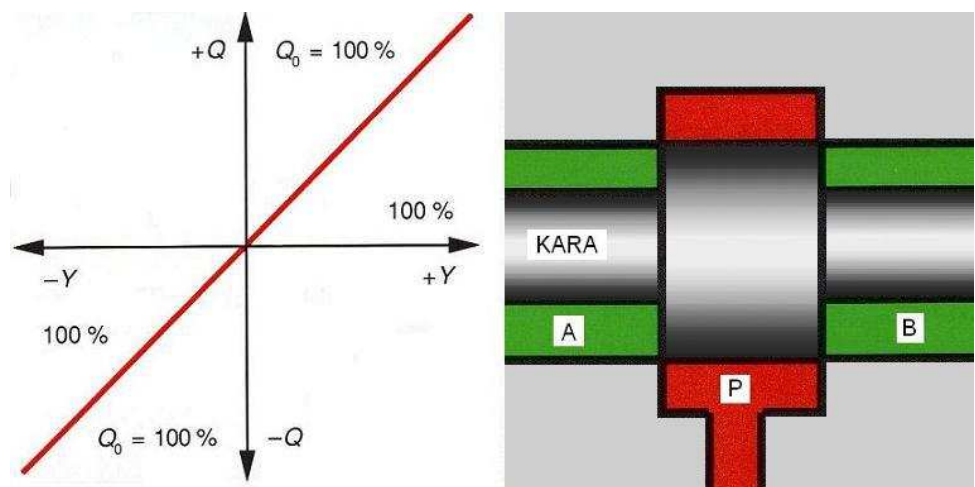
Kuva 3. Profibus-kenttäväylän päättäminen

3.2 Hydraulinen osa

Hydrauliikkaventtiiliksi voi valita erikokoisia, suoraan tai esiohjattuja proportionaaliventtiileitä. Hydrauliikkaventtiili on sähköisesti ohjattu. Ohjaus voidaan toteuttaa joko voimatakaisinkytkennällä tai asematakaisinkytkennällä. Sähköinen ohjaus on toteutettu säädettävällä solenoidilla, jolla venttiilin karaa liikutetaan. Voimatakaisinkytkettynä venttiilin sisällä oleva jousi vastustaa solenoidin aiheuttamaa voimaa. Venttiilin kara liikkuu kunnes saavutetaan tasapainotilanne, jousen aiheuttama voima on yhtä suuri kuin solenoidin aiheuttama voima. Asematakaisinkytketyssä järjestelmässä venttiiliin tarvitaan ulkoinen anturi, esimerkiksi Rexroth LVDT, joka mittaa kahden sähköisen kelan avulla karan aseman muutosta. Tämä tieto toimitetaan takaisin järjestelmälle, joka tarkistaa, pitääkö solenoidin virtaa kasvattaa vai pienentää. Venttiilin kara liikkuu teräksisen holkin sisällä, holkin käyttö mahdollistaa huomattavasti tarkemman koneistuksen, joka tekee koko järjestelmästä tarkemman. Esiohjatussa venttiilissä IAC-R-järjestelmällä ohjataan pienempää venttiiliä, joka puolestaan ohjaa isoa venttiiliä. Esiohjatun venttiilin toimintaa voisi verrata esimerkiksi releeseen, jossa pienellä virralla kyetään ohjaamaan huomattavasti suurempaa virtaa.

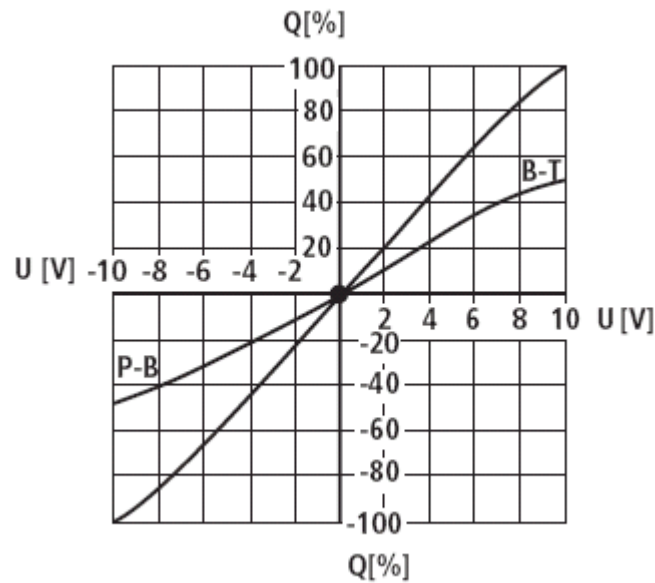
3.2.1 Nollapeitto

Hydrauliikkaventtiileissä on erilaisia peittoja. Peitolla tarkoitetaan sitä osaa karasta joka estää hydrauliikkaöljyn vapaan virran venttiilin läpi. Peittoja on kolmea eri tyyppiä: positiivinen, negatiivinen ja nollapeitto. Nollapeitolla tarkoitetaan karaa, joka on yhtä leveä kuin ohjausreuna. Kuten Kuva 4:sta näkyy, heti karan liikkua oikealle, pääsee paine ja virtaus $P \rightarrow A$. Vastaavasti karan liikkua vasemmalle paine ja virtaus pääsee $P \rightarrow B$. Nollapeittainen venttiili on erittäin nopea reagoimaan ohjauskäskyihin, huonona puolena on karan vuotaminen. [3]



Kuva 4. Nollapeitto, periaatteelliset kuvat tilavuusvirta karan aseman funktiona sekä venttiilistä

Tässä työssä, sekä IAC-R-järjestelmän kanssa yleensä käytetyssä, Bosch Rexrothin 4WRPNH-hydrauliikkaventtiili on nolapeittoinen Kuva 5).



Kuva 5. 4WRPNH koko 6 venttiilin tilavuusvirta ohjausjännitteen funktiona

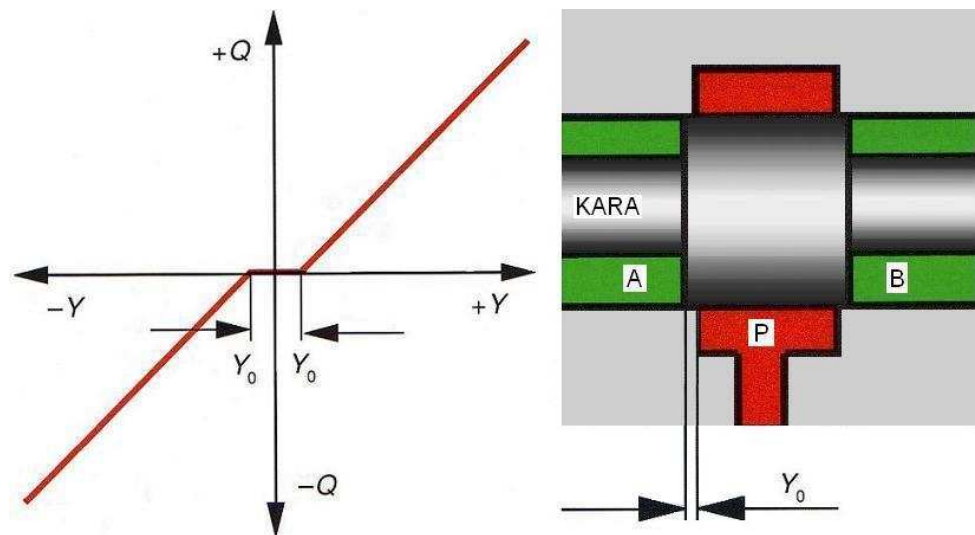
Työssä käytettävässä venttiilissä syntyy 100 barin paineessa Taulukko 2 mukaiset vuodot. Kuten edellä mainittiin, proportionaaliventtiilien peitto on yleensä positiivinen vuotojen ehkäisemiseksi. Tämä johtuu siitä, että käsiohjaus sovelluksissa vuotojen aiheuttamaa ryömintää ei voi sallita, sillä se pakottaisi järjestelmän jatkuvan valvonnan. Servokäytössä venttiiliä ohjataan aktiivisesti takaisinkytkennän avulla. Vaikka ihminen antaisikin venttiilille ohjaukskäskyjä, hänen ei tarvitse huolehtia jatkuvasti venttiilin toiminnasta.

Taulukko 2. 4WRPNH:n koko 6 venttiilin vuoto 100 barin paineessa

portti	vuoto (cm ³ /min)
P→A	50
P→B	70
A→T	70
B→T	50

3.2.2 Positiivinen peitto

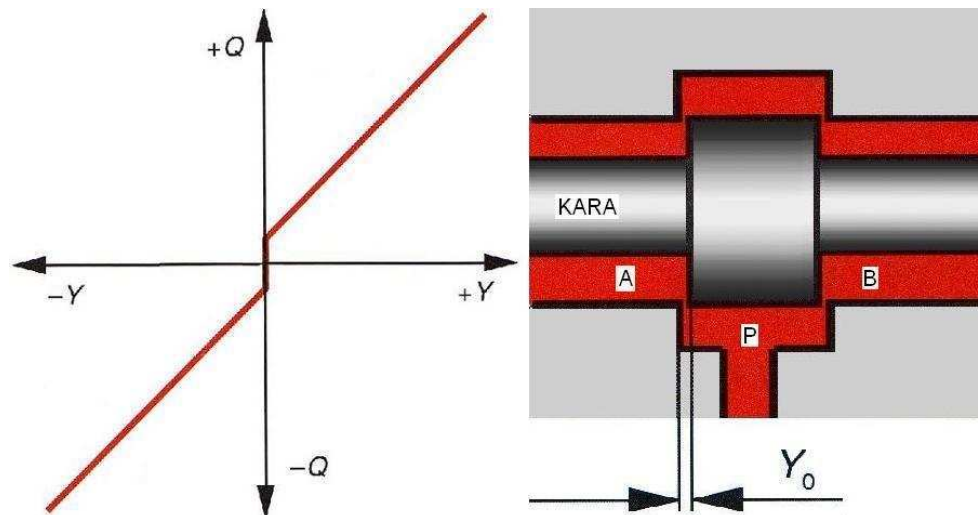
Positiivisessa peitossa kara on leveämpi kuin ohjausreuna. Kuten Kuva 6:sta käy ilmi, venttiilin karan tulee liikkua peiton Y_0 verran ennen venttiilin aukeamista. Positiivisella peitolla venttiilille saavutetaan hyvä tiiveys, mutta positiivinen peitto aiheuttaa ns. kuolleen-alueen tilavuusvirta taulukkoon. Kuolleen aluetta voidaan kompensoida siten, että venttiiliä ohjaavalle solenoidille annetaan lähellä nolapistettä huomattavasti kasvava ohjausvirta. Kuolleen alueen jälkeen ohjausvirran vahvistaminen voidaan lopettaa. Jatkuvan paineen aiheuttaman ryöminnän ja vuotohäviöiden takia proportionaaliventtiileissä on yleensä aina positiivinen peitto. Peiton suuruus saattaa olla jopa 20 % riittävän tiiveyden saavuttamiseksi. [3]



Kuva 6. Positiivinen peitto, periaatteelliset kuvat tilavuusvirta karan aseman funktiona sekä venttiilistä

3.2.3 Negatiivinen peitto

Negatiivisessa peitossa kara on kapeampi kuin ohjausreuna. Karan ollessa keskiasennossa paine pääsee karan molemmille puolille. Kuten Kuva 7 käy ilmi, karaa pitää liikuttaa negatiivisen peiton verran, ennen virtauksen siirtymistä vain toiselle puolelle. Negatiivisen peiton venttiilissä paine ja tilavuusvirta pääsee jatkuvasti venttiilin läpi, tämä aiheuttaa häviöitä. [3]



Kuva 7. Negatiivinen peitto, periaatteelliset kuvat tilavuusvirta karan aseman funktiona sekä venttiilistä

4 TESTIYMPÄRISTÖ

Järjestelmän käyttöönotto ja koekäyttö oli tarkoitus suorittaa Bosch Rexroth:in tiloissa Vantaan yksikössä. Aikataulun tiukkuuden ja koestuskoneikon viivästymisen johdosta varsinaiset hydraulikkakokeet päätettiin kuitenkin suorittaa Helsingin ammattikorkeakoulu Stadian Kalevankadun yksikössä.

4.1 Yleiset laitteistovaatimukset

IAC-R venttiili pystyy toimimaan sekä analogisella että digitaalisella signaalilla sekä sisäisellä NC -ohjelmalla. Tässä työssä keskitytään analogiseen ohjaukseen. Kaikissa edellä mainituissa toimintatavoissa käyttöönottoon, parametrisointiin ja asetusarvojen asettamiseen, tarvitaan kuitenkin Profibus DP -väylää. Käyttöönotto on mahdollista myös analogisesti, mutta ei suositeltavaa. Tästä syystä myös analogisessa käytössä tarvitaan sovellus jolla kenttäväylää voidaan käyttää, esimerkiksi WinHPT-ohjelma.

- IAC-R venttiili

- tietokone jossa vähintään: Windows 9x, ME, NT, 2000 tai XP käyttöjärjestelmä
- WinHPT tai vastaava Profibus DP -väylän konfigurointi -ohjelma
- moduuli, joka muuttaa tietokoneelta lähtevän signaalin Profibus DP kenttäväylään sopivaksi
- 24 V_{DC} virtalähde
- tarvittavat kaapelit ja liittimet (ks. 6)
- lisäksi oskilloskooppi ja/tai muita mittalaitteita, jos ne katsotaan tarpeelliseksi.

4.2 Kuvaus testiympäristöstä

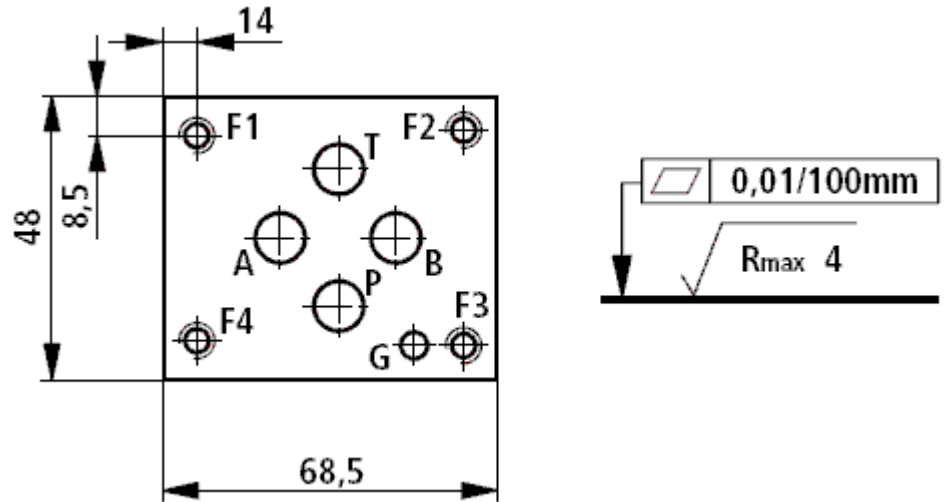
Koekäytön alkuvaiheessa käytettiin vain yleisissä laitteistovaatimuksissa kuvattuja välineitä (4.1). Nämä kokeet voitiin suorittaa lähes missä tahansa, verkkovirtaa tai 24 V_{DC} jännitteen saatavuus on ainoa varsinainen testiympäristöä rajoittava tekijä. Osa koestuksesta tehtiinkin kotiloissa. Varsinaisia hydraulisia koekäyttöjä suoritettiin työn loppuvaiheessa ja ne suoritettiin opilaitoksen tiloissa hydraulikkalaboratoriossa.

Servojärjestelmät toimivat lähes poikkeuksetta vakio painejärjestelmässä (CP, *Constant Pressure*) sen hyvien ohjausominaisuuksien takia. Vakio painejärjestelmässä on jatkuvasti maksimi paine päällä, joka parantaa liikkeenhallintaa, maksimivoima on aina käytössä ja liikenopeudet säädetään venttiileitä avaamalla. Koska järjestelmässä on jatkuvasti paine päällä, on tilavuusvirtaa muuttava pumppu pakollinen. Kun toimilaite liikkuu, pumppu tuottaa tarvittavan tilavuusvirran. Toimilaitteiden ollessa paikallaan pumppu on nollatuotolla. Paine pysyy asetetussa arvossaan, ellei pumpun maksimituottoa ylitetä. Järjestelmän pääpaineenrajoitusventtiili on asetettava luonnollisesti suurempaan paineen arvoon kuin pumpulle asetettu paineen arvo. Vakio painejärjestelmän heikkoja puolia on jatkuvan korkean paineen aiheuttama tiivisteiden kuluminen, sekä mahdolliset karavuodot. Vakio painejärjestelmässä käytettävä säätötilavuuspumppu on myös kalliimpi kuin esimerkiksi vakio tilavuuspumppu. [4]

5 HYDRAULISET KYTKENNÄT

Tässä työssä käytetyn IAC-R-järjestelmän venttiili tyyppi 4WRPNH käyttää ISO 4401-03-02-0-94 standardin mukaista hydraulista kytkentäpintaa. Se

voidaan kytkeä suoraan vastaavaa liittymäpintaa käyttävään toimilaitteeseen tai sovituspallalla johonkin muuhun järjestelmään. Myös muut Bosch Rexroth:n venttiilit ovat standardiliitännäisiä.



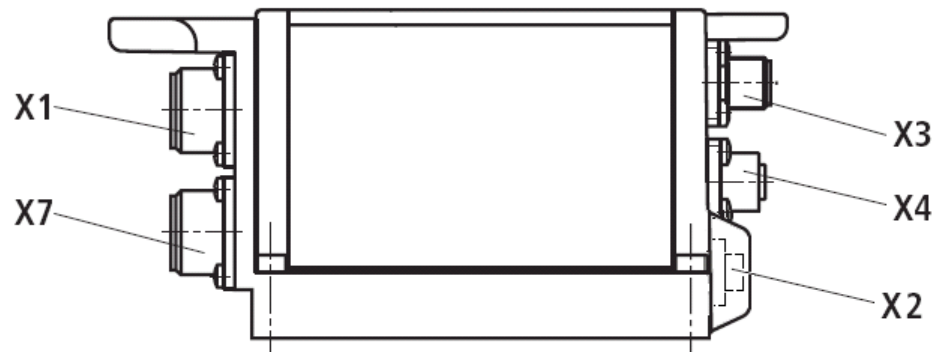
Kuva 8. 4WRPNH-koon 6 hydrauliset liittännät sekä geometriset toleranssit, mitat millimetreinä

6 SÄHKÖISET KYTKENNÄT

Sähköisiä kytkentöjä tehtäessä tulee ottaa huomioon tavalliset sähkön kanssa toimiessa pätevät varotoimet. Järjestelmässä käytetty jännite ja virta ovat niin pieniä että niistä ei pitäisi olla hengenvaaraa. Mutta huonojen tai väärin kytkentöjen tekeminen saattaa aiheuttaa järjestelmän väärän toiminnan tai jopa tuhoutumisen. Kaapeleita ei saa yhdistää kun, järjestelmä on päällä.

6.1 Liittimet ja liitännästen tehtävät

IAC-R-venttiili on varustettu viidellä liittimellä X1, X2, X3, X4 ja X7 (Kuva 9) sekä vaihtoehtoisella X5-liittimellä jota ei tässä työssä huomioida. Kaikissa IAC-R-venttiilin versioissa liittimet X4 ja X7 on tarkoitettu antureille, jotka antavat joko jännite- tai virta-olosuhteen. Sekoitus jännite- ja virtaviestiä signaalin siirtoon käyttävistä antureista ei ole mahdollinen!

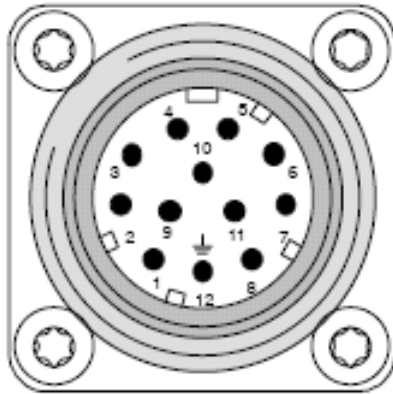


Kuva 9. IAC-R-järjestelmän elektroniikkayksikkö ja liittimien järjestys

6.1.1 Liitin X1

X1-liittimellä on useita eri tehtäviä riippuen IAC-R venttiilin käyttötarkoituksesta. Malliltaan liitin X1 on urospuolinen 12-nastainen M23. X1-liitin vastaa muun muassa seuraavista tehtävistä:

- venttiilin virransyöttö
- analogisen signaalin vaihto, asetusarvo sekä todellinen arvo
- ohjaussignaali venttiilin ja PLC:n välillä.



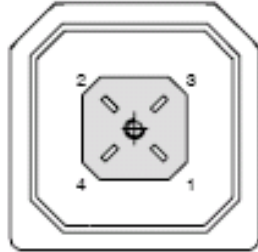
Kuva 10. Liitin X1

Taulukko 3. Liittimen X1-nastojen tehtävät

Nasta	Tehtävä	Tehtävän tarkennus / muuta
1	24 V pääteasteen käyttöjännite	DC
2	0V pääteasteen käyttöjännite	DC
3	aktivointitulo	0 .. 6,5 V = STOP 8,5 .. 24 V = ON
4	sisääntulo signaali 1, analoginen tai PLC	U: -10 .. +10 V, R~130 kΩ I: 4 .. 20 mA, R~200 Ω
5	sisääntulon referenssi 1+2	0 V, R~150 kΩ
6	lähtö 1, analoginen tai PLC	U: -10 .. +10 V, R~1 kΩ I: 4 .. 20 mA, R~330 Ω
7	sisääntulo signaali 2, analoginen tai PLC	U: -10 .. +10 V, R~130 kΩ I: 4 .. 20 mA, R~200 Ω
8	lähtö 2, analoginen tai PLC	U: -10 .. +10 V, R~1 kΩ I: 4 .. 20 mA, R~330 Ω
9	24 V jännite elektronikalle	DC
10	0V jännite elektronikalle	DC referenssinä lähdöille
11	vikasignaali tai "virta päällä" signaali ulkoisille laitteille	OK=UB, Vika=0 V virransieto 1,8 A
maa	suojamaa	kytketty suoraan metallikoteloon

6.1.2 Liitin X2

LVDT liitin X2. Liitintä saa käyttää vain Rexroth LVDT -anturin kytkemiseen. Liitintä ei saa käyttää mihinkään muuhun tarkoitukseen! Liittimen suoja ei saa poistaa.



Kuva 11. Liitin X2

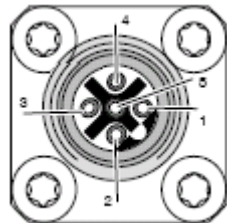
Taulukko 4. Liittimen X2 nastojen tehtävät

Nasta	Tehtävä	Muuta
1	käyttöjännite -15 V	IAC-R venttiilin negatiivinen LVDT käyttöjännite
2	vertailu potentiaali 0 V ja suojaamaa	
3	käyttöjännite +15 V	IAC-R venttiilin positiivinen LVDT käyttöjännite
4	signaali	U: -10 .. +10 V

6.1.3 Liitin X3

X3-liitin on kenttäväyläliitin. IAC-R-järjestelmää pystytään hallitsemaan täysin orjana, digitaalimoodin päällä ollessa, kenttäväylässä. Kaikki data voidaan siirtää digitaalisesti. Liittimen X3-malli vaihtuu IAC-R-järjestelmän mallin mukaan. Vaihtoehtoja on CANopen tai Profibus, se on ko. kenttäväylän standardin mukainen. Tässä työssä käytetty malli on Profibus. Liittimen malli on naaraspuolinen 5-nastainen M12. Liitin vastaa seuraavista tehtävistä:

- ohjaukset
- ohjeviestin sisääntulo
- todellisen arvon ulostulo



Kuva 12. Liitin X3 (Profibus)

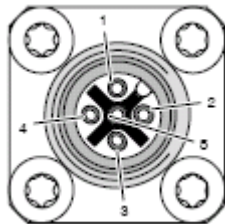
Taulukko 5. Liittimen X3 nastojen tehtävät

Nasta	Tehtävä	Muuta
1	5 V käyttöjännite	IAC-R-järjestelmä tarjoaa sähköisesti eristetyn virtalähteen
2	Profi A/N	A-linja, N-data
3	Profi GND	Profi maa
4	Profi B/P	B-linja, P-data
5	suoja	

6.1.4 Liittimet X4 ja X7

X4- ja X7-liittimiä käytetään takaisinkytkentään. Liitin X4 on malliltaan naaraspuolinen 5-nastainen M12-liitin. Liittimeen X4 voi liittää 2 analogista anturia, joko virta- tai jänniterajapintaan. X7-liittimen malli vaihtuu IAC-R-mallin mukaan, se voi olla kuten X4 tai malliltaan naaraspuolinen 12-nastainen M23. Jos X7-liitin on samanlainen kuin X4, se toimii myös kuten X4. On tärkeää huomioida, että anturien ulostulo voi olla joko jännite- tai virtasignaali, niiden sekoitus ei ole mahdollinen. Jos liitin X7 on malliltaan 12-nastainen M23, siihen voi liittää inkrementtianturin tai digitaalisen absoluuttisen asentoanturin. Kaikkien antureiden tulee käyttää 24 V tasajännitettä ja niiden yhteisvirrankulutus ei saa ylittää 360 mA. Inkrementtianturi saa lisäksi 5 V:n jännitteen M23-liittimestä, sen virrankulutus ei saa ylittää 200 mA. Liittimet X4 ja X7 vastaavat seuraavista tehtävistä:

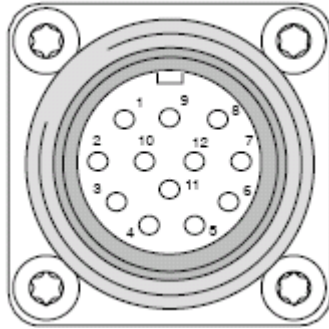
- asemasta
- nopeudesta
- paineesta (voima)



Kuva 13. Liitin X4 tai X7, 5-nastainen M12-liitin

Taulukko 6. 5-nastaisen liittimen X4- tai X7-nastojen tehtävät

Nasta	Tehtävä	Muuta
1	24 V käyttöjännite	IAC-R-järjestelmä tarjoaa käyttöjännitteen
2	sisääntulosignaali, anturi 3 tai 4 (4 .. 20 mA tai -10 .. +10 V)	X4 liittimeen anturi 3, X7 liittimeen anturi 4
3	nolla 0 V	referenssijännite signaaleille
4	sisääntulosignaali, anturi 1 tai 2 (4 .. 20 mA tai -10 .. +10 V)	X4 liittimeen anturi 1, X7 liittimeen anturi 2
5	suoja	



Kuva 14. Liitin X7, 12-nastainen M23-liitin

Taulukko 7. 12-nastainen liitin X7 SSI asemakäytössä

Nasta	Tehtävä	Muuta
1	0 V	referenssijännite
2	data +	
3	kello +	
4	-	ei käytössä
5	-	ei käytössä
6	-	ei käytössä
7	-	ei käytössä
8	-	ei käytössä
9	24 V	IAC-R-järjestelmä tarjoaa käyttöjännitteen
10	data -	
11	kello -	
12	-	ei käytössä

Taulukko 8. 12-nastainen liitin X7 inkrementtianturikäytössä

Nasta	Tehtävä	Muuta
1	\bar{B}	inkrementti signaali B käännetty
2	Aisti 5 V	takaisinkytketty käyttöjännitteestä, sisäisesti kytketty nastaan 12
3	R	referenssimerkki signaali R
4	\bar{R}	referenssimerkki signaali R käännetty
5	A	inkrementti signaali
6	\bar{A}	inkrementti signaali A käännetty
7	-	ei käytössä
8	B	inkrementti signaali B
9	-	ei käytössä
10	0V	referenssi potentiaali
11	Aisti 0 V	takaisinkytketty 0 V, sisäisesti kytketty nastaan 11
12	5 V käyttöjännite	IAC-R-järjestelmä tarjoaa käyttöjännitteen

6.2 Sähkökaapelit

Sähkökaapelina voidaan käyttää lähes mitä tahansa sähköjohtoa, joka kestää 24 V ja 360 mA, ja ne voidaan liittää sopiviin liittimiin juottamalla. Bosch Rexrothilta löytyy omasta tuotevalikoimasta sopivat sähköjohdot, joita käyttämällä päästään parhaaseen luotettavuuteen, ja varmistetaan kaapelien oikea ja riittävä koko. Profibus-signaalikaapeli tulee aina valita Profibus International -järjestön suositusten mukaan.

- X1-liittimen pinnit 1, 2 ja maa, vähintään 1,0 mm². Pinnit 3-11 signaalijohtoja, vähintään 0,14 mm². Bosch Rexrothilta saatavana 5 m (Mat.No. R900032356) ja 10 m (Mat.No R900860399) pituisena. Molemmissa kaapeleissa ovat liittimet valmiina.
- X2-liittimen tarvitsema sähköjohto liittimiseen toimitetaan tilauksen yhteydessä. (ks. 0)
- X3-liittimen johto on Profibus DP standardin mukainen nelijohtoinen kenttäväyläkaapeli. Tässä työssä käytettävän ifak system:in is Pro USBx12 -mallista USB D-Sub -liittymää (Mat.No. R901071962), jolla tietokoneen USB-portti saadaan kytketyksi Profibus-väylään ja D-Sub/M12 (Mat.No. R901078053) kaapelia, jolla is Pro USBx12 liitetään IAC-R-järjestelmän X3-liittimeen.
- X4-liittimen johto riippuu kytkettävästä anturista. Vaatimukset tarkistetaan anturin valmistajalta. Maksimi jännite 24 V ja virta 360 mA.
- X7-liittimen johto riippuu kytkettävästä anturista, tarkista vaatimukset anturin valmistajalta. Maksimijännite 24 V ja virta 360 mA. Inkrementtianturin maksimi virta 200 mA.

7 JÄRJESTELMÄN KÄYTTÖÖNOTTO

IAC-R-järjestelmän käyttöönotto on tehty käyttäjälle erittäin helpoksi. Valmistajan asettamien oletusarvojen avulla vain muutamaan parametriin joudutaan koskemaan. Ensimmäinen käyttöönotto onkin helpointa *Q-control* (tilavuusvirran säätö) -tilassa. Käyttöönotto tapahtuu kahdessatoista vaiheessa, kappaleessa 7.1 asennetaan tarvittavat ohjelmistot ja kappaleissa **Error! Reference source not found.-Error! Reference source not found.** järjestelmä otetaan käyttöön.

Ennen varsinaista käyttöönottoa tulee tietokoneella olla asennettuna WinHPT-konfigurointiohjelma sekä is Pro USBx12 -moduulin vaatima ifak

system:in is Pro Multidriver -ohjelmisto. WinHPT-ohjelman voi ladata Bosch Rexrothin kotisivuilta osoitteesta: http://www.boschrexroth.com/business_units/bri/en/products/p_specials/i_int_achsregler/i_iacr/i_software/index.jsp tai helpommin menemällä osoitteeseen www.boschrexroth.fi, ja syöttämällä "etsi" kenttään hakusanan "winhpt". Samasta osoitteesta voi myös ladata IAC-R Profibus DP GSD tiedoston. is Pro Multidriver sisältyy Bosch Rexrothin sivuilta ladattavaan WinHPT-tiedostoon, se toimitetaan myös moduulin mukana ja sen voi ladata myös erikseen osoitteesta <http://www.ifak-system.com/support/downloads.html>.

7.1 Ohjelmiston asennus

- tuplaklikataan WinHPT-tiedostoa
- valitaan asennuksessa käytettävä kieli, English
- painetaan ok, tietokone tarkistaa aiemmat asennukset
- painetaan Next-nappia
- hyväksytään lisenssisopimus, painetaan Accept-nappia
- painetaan Next-nappia
- valitaan asennuskansio, painetaan Next
- valitaan rajapinta, _is Pro USB/PCI for Profibus, painetaan Next-nappia
- valitaan asennettavat komponentit: Driver, WinView ja help. Painetaan Next-nappia
- painetaan Next-nappia
- aloitetaan asennus, painetaan Next-nappia
- ohjelma sanoo "Wählen Sie eine Setup-Sprache aus". Valitaan kieli uudestaan, English.
- painetaan Ok-nappia
- odotetaan kunnes Install Shield Wizard ehdottaa Pro Multidiver -ohjelman asennusta
- hyväksytään lisenssi, painetaan Yes-nappia
- valitaan asennuskansio, painetaan Next-nappia
- valitaan asennettavat toiminnot, kaikki
- painetaan Next-nappia
- Pro Multidiver -ohjelman asennus suoritettu, painetaan Finish-nappia
- asennusohjelma kysyy USB portin numeroa, jos portin oikeaa numeroa ei tiedetä, syötetään numeroksi 1000
- painetaan Ok-nappia

- WinHPT asennettu, painetaan Finish-nappia
- käynnistetään tietokone uudelleen.
- kun WinHPT-ohjelma käynnistetään, ohjelma esittää disclaimerin eli vastuuvapautuslausekkeen. Luetaan ja hyväksytään se painamalla Accept-nappia.

7.2 Ensimmäinen käyttöönotto

Vaatimukset ensikäyttöönololle, ohjelmistoasennusten lisäksi, ovat seuraavat. Nämä asetukset ovat valmiina tehtaan oletusasetuksina:

- Järjestelmä on analogia-tilassa.
- Järjestelmä on HOLD-tilassa.
- Ohjausmoodi on *Q control*.
- Järjestelmän ohjaustapa on analogia-tilassa.
- Asetusarvojen asetustila on analogia-tilassa.

7.2.1 Järjestelmän kytkeminen

Kytetään IAC-R-järjestelmän käyttöjännitteiden johdot sekä Profibus DP.

- X1-liittimen nastat 1 ja 2, venttiilin solenoidin käyttöjännite
- X1-liittimen nastat 9 ja 10, järjestelmän elektroniikan käyttöjännite
- Kytetään Profibus-kaapeli X3-liittimeen, D-SUB-liitin liitetään is Pro USBx12 -moduuliin joka kytketään tietokoneen USB-liittimeen.



Kuva 15. Tietokone, is Pro USBx12 ja IAC-R-järjestelmä

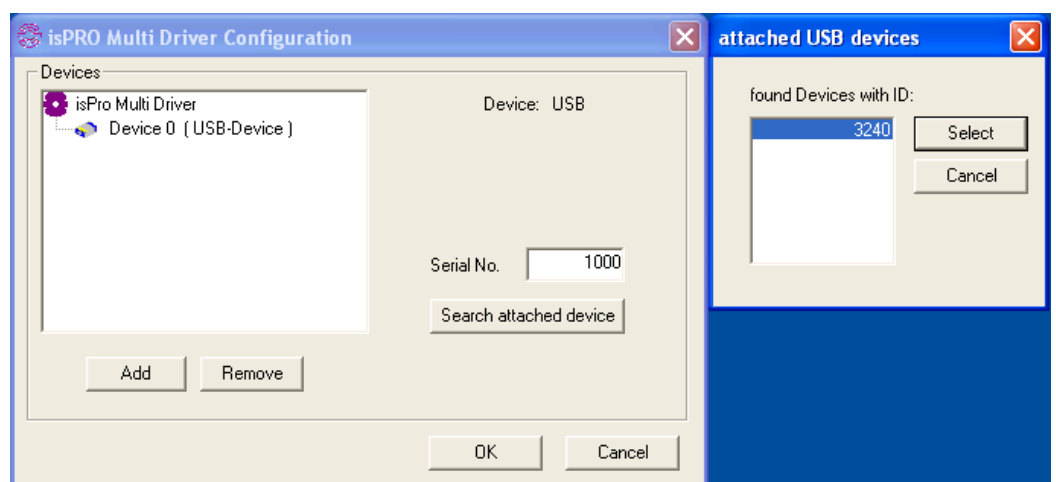
7.2.2 Elektroniikan käynnistäminen

Kytetään 24 V_{DC} käyttöjännite järjestelmän elektroniikalle (X1-liittimen nastat 9 ja 10). Heti virran kytkeytymisen jälkeen IAC-R-järjestelmä käynnistää itsensä INIT-tilaan analogisessa- ja HOLD-tilaan digitaalisessa moodissa. Ennen ensimmäistä käyttöönottoa järjestelmä lataa automaattisesti tehtaan asettamat oletusarvot. Jos järjestelmään on tallennettu parametritiedosto, ladataan viimeisin tallennus.

7.2.3 Yhteyden muodostaminen

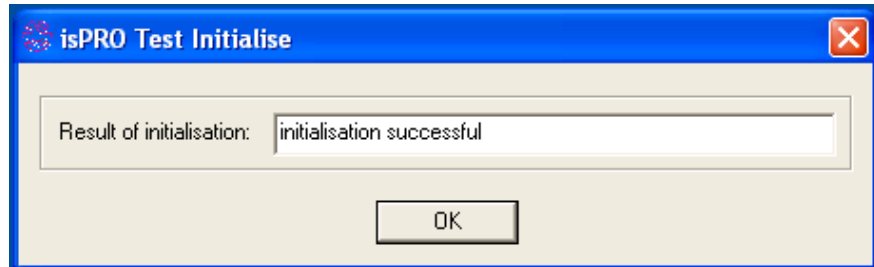
Tietokoneen ja IAC-R-järjestelmän välille asennetun moduulin, joka muuttaa tietokoneen USB liittimestä lähtevän tiedon Profibus DP -väylään sopivaksi, osoite asetettiin asennuksen yhteydessä arvoon 1000, joka on oletusarvo ja luultavasti väärä. is Pro Multidriver ohjelmistoa käytetään oikean USB-portin etsimiseen, ja sillä suoritetaan yhteyskokeilu (Kuva 16).

- käynnistetään is Pro Configurator -ohjelma, etsitään liitettyjä USB-laitteita painamalla *Search attached device* -nappia
- ohjelma avaa uuden ikkunan jossa näkyy liitetyt laitteet, valitaan oikea ja painetaan *Select*-nappia
- lisää laitteita voidaan liittää painamalla *Add*-nappia, ja valitsemalla laitteen tyyppin (esimerkiksi USB tai PCI)
- turhia laitteita voidaan poistaa valitsemalla poistettava laitte, ja painamalla *remove*-nappia



Kuva 16. is Pro Configurator -ohjelma

Valitun portin ja laitteen toiminnan voi vielä varmistaa is Pro Init Test -ohjelmalla (Kuva 17). Ohjelma tarkistaa käynnistyessään automaattisesti liitetyt USB-laitteet, jos kaikki on hyvin se antaa *initialisation successful* -viestin. Muussa tapauksessa saadaan viesti *could not find device with serial ID (run MultiDriverConfig.exe)*.



Kuva 17. is Pro Init Test -ohjelma

Kun is Pro Init Test -ohjelma käynnistetään, syttyy is Pro USBx12 -moduulissa kaksi LED-valoa. Vasemmanpuoleinen, vihreä LED palaa jatkuvasti ja oikeanpuoleinen punainen LED vilkkuu kolme kertaa ja sammuu. Kun is Pro Init -ohjelma sammutetaan, vilkkuu punainen LED kolme kertaa, ja molemmat LED:it sammuvat. Oikeanpuoleinen LED palaa oranssina, kun tietokone on Profibus DP isäntänä ja sillä on merkkirengas. Jos punainen LED jää palamaan, on moduulissa tai yhteydessä jotain vikaa.



Kuva 18. is Pro USBx12 -moduuli

Kun oikea portti on löydetty ja moduuli todettu toimivaksi voidaan muodostaa yhteys IAC-R-järjestelmään. Yhteys muodostetaan avaamalla WinHPT-ohjelma.

- Käynnistetään WinHPT-ohjelma, tietokone avaa *LoadBusParameter*-ikkunan (Kuva 19), josta Profibus DP:n arvoja voidaan muuttaa. Muutetaan Baudrate 500kBit arvoon. Painetaan *Forward*.

LoadBusParameter

Master Class2 Name

Warning: If WinHPT is to be connected to a PROFIBUS network where another active C1 and/or C2 PROFIBUS master exists (normally a PLC), the user has to ensure to use the same Bus parameters as they are used by the existing PROFIBUS master(s). Otherwise the network could be disturbed or the establishing of a connection could fail.

FDL Parameter
 Recommendation: Use a maximum baudrate of 500 kBit with cable set, material no. R901078053 when your PC is directly connected to an IAC-R

Address: Baudrate:

Tsl: tBit Tset: tBit

min. T sdr: tBit G: tBit

max. T sdr: tBit HSA:

TQUI: tBit max. Retry Limit:

Other Busparameter

Ttr: tBit Min. Slave Intervall: 0,1ms

Poll Timeout: ms Data Control Time: 10ms

< Backwards Forward > Cancel

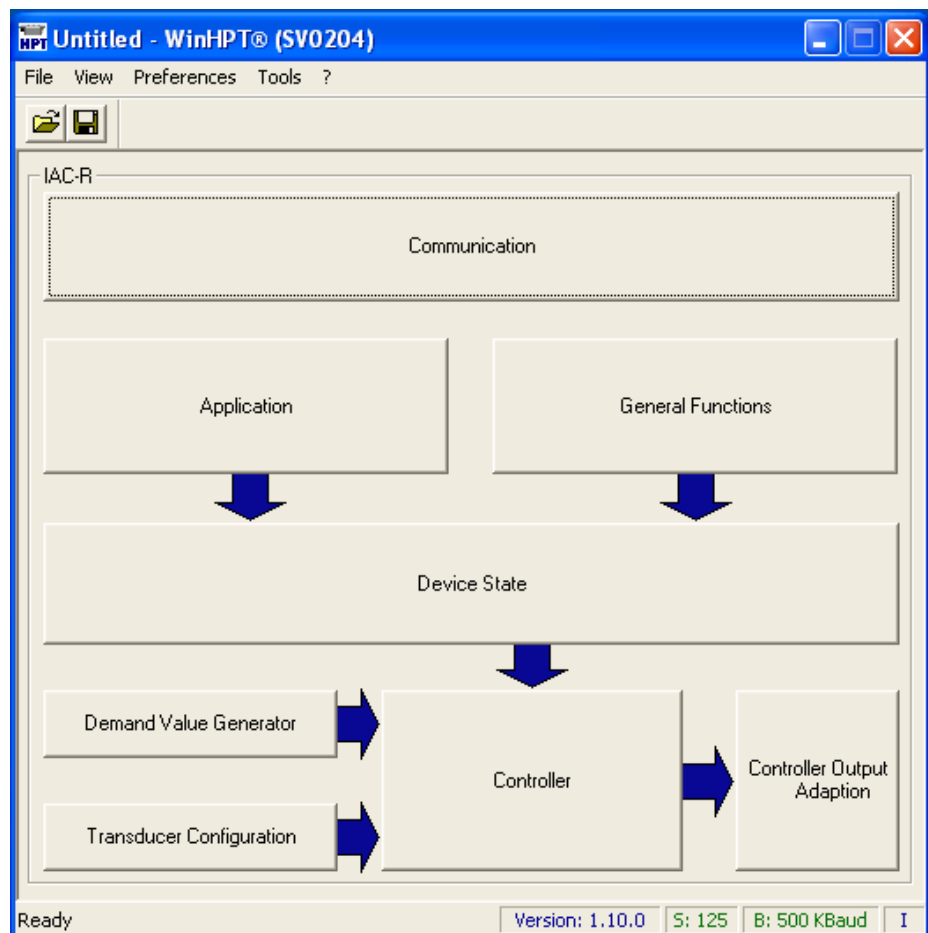
Kuva 19. *LoadBusParameter*-ikkuna

- Tietokone avaa *C2-Service Initiate* -ikkunan. IAC-R-järjestelmän oletus orjaosoite on 125. Jos osoitetta on muutettu eikä sitä tunneta, *Live List* -napilla nähdään kaikki väylälle liitetyt laitteet. Painetaan *Forward*.



Kuva 20. *C2-Service Initiate* -ikkuna

- Ohjelma avaa WinHPT-ohjelman pääikkunan (Kuva 21). Jos väylä on kunnossa ja yhteys toimii, oikeassa alakulmassa näkyy vihreällä S: 125 (orjan osoite) sekä B: 500kBaud (väylän nopeus).



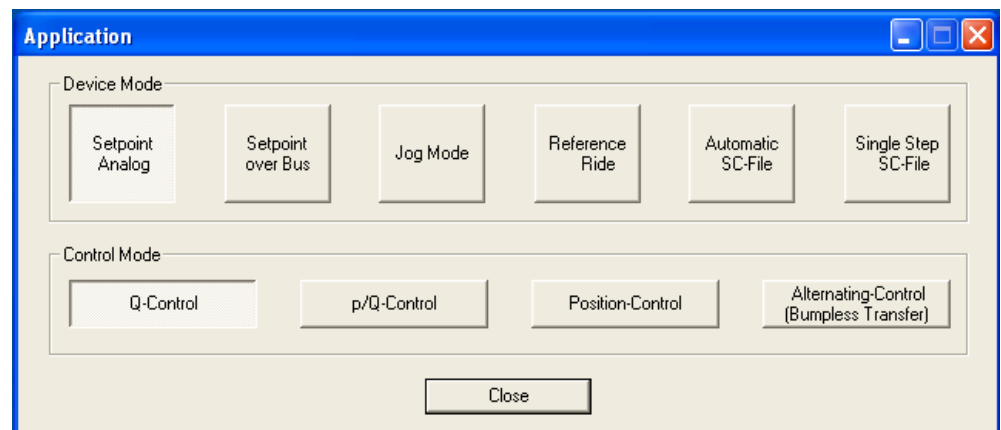
Kuva 21. WinHPT-ohjelman pääikkuna

7.2.4 Ohjaustilan valinta (Control Mode)

Ohjaustilalla tarkoitetaan sitä toimintoa, jota IAC-R-järjestelmällä halutaan ohjata, vaihtoehdot ovat:

- Q control (tilavuusvirran ohjaus, avoin järjestelmä)
- p/Q control (paineen- ja tilavuusvirransäätö, avoin järjestelmä tilavuusvirran ohjaamiseen ja suljettu järjestelmä paineen ohjaamiseen)
- position control (aseman ohjaus, suljettu järjestelmä)
- alternating control (vaihteleva ohjaustapa, suljetut järjestelmät sekä paine että asemanohjaukseen).

Ohjaustila valitaan painamalla WinHPT-ohjelman pääikkunan Kuva 21 *Application*-nappia. Ohjelma avaa *Application*-ikkunan (Kuva 22).



Kuva 22. *Application*-ikkuna

Valitaan *Q-control*.

Tilavuusvirran ohjaaminen on hyvä valinta ensi käyttöönotossa, koska se ei tarvitse niin monia asetusarvoja kuin muut ohjaustavat. Koska tilavuusvirran ohjaus ei ole oikea takaisinkytketty järjestelmä, takaisinkytkentäanturit ovat pois käytöstä.

7.2.5 Moodin valinta (Device Mode)

Laitteen moodilla tarkoitetaan sitä että ohjataanko järjestelmää analogisesti, digitaalisesti (vai mahdollisesti digitaalisesti sisäisillä ohjelmilla asetettujen parametrien mukaisesti). Laitteen moodi voi olla joku seuraavista:

- asetusarvo analogisesti (*Setpoint Analog*)
- asetusarvo kenttäväylän kautta (*Setpoint over Bus*)

- *Jog mode* (asetusarvot ovat sisäisesti kehitettyjä, nk. asennus-moodi)
- *Reference Ride* (referenssiajo)
- *automatic sequence file (G-file) mode*
- *automatic sequence file (G-file), single step mode*

Valitaan *Application*-ikkunasta *Setpoint over Bus* -toiminto (Kuva 22).

Asetusarvot analogisesti ja kenttäväylän kautta moodit tarvitsevat järjestelmän ulkoisen asetusarvon lähteen. WinHPT-ohjelmassa onkin asetusarvogeneraattori (*setpoint generator*), joka mahdollistaa hyvän työkalun järjestelmän testaukseen. Jos järjestelmää halutaan koeistaa analogisella signaalilla, tulee moodiksi valita ”setpoint input analog”. Tällöin X3-liittimeen kytketty Profibusliitäntä ei toimi signaalinlähteenä, mutta sillä voidaan antaa muita parametrejä. Tässä moodissa tarvitaan asetusarvojen antamiseen säädettävä jännitelähde, joka kytketään liittimen X1-signaalituloihin 6.1.1.

Muut moodit toimivat sisäisillä asetusarvoilla, parametriensä mukaisesti. Q control tilassa venttiilin karaa on helppo ohjata digitaalisella ohjauksella. Laitteen moodia voidaan muuttaa vain *INIT*-, *DISSABLED*- ja *HOLD*-tiloissa.

7.2.6 Tilavuusvirran ohjauksen säätö

Jotta tilavuusvirran ohjausta voidaan säätää, tulee ohjaustilan olla *Q-control*-tilassa. Painamalla *Demand Value Generator*-nappia, ohjelma avaa *Demand Value Generator*-ikkunan (Kuva 23).

The screenshot shows the 'Demand Value Generator' dialog box with the following settings:

- Reference Value:** Value for valve pos. = 100%: 100000
- Limitation:** min. -100000, max. 100000
- Hold Setpoint:** 0
- Ramp:** Type 0 (none), Acceleration Time 0 ms, Deceleration Time 0 ms
- Error Ramp:** Deceleration Time 0 ms
- Valve Setpoint in Disabled State:** 0.0 %

Kuva 23. Demand Value Generator -ikkuna

Säädettäviä arvoja ovat

- referenssiarvo
- min- ja max-arvot
- rampin arvot: kiihtyvyyssajat ja tyyppi (*Ramp Type 0 (no ramp)* ei ramppia, *Ramp Type -1 (time synchronous)* aikasykroninenrampppi, *Ramp Type 2 (linear ramp)* lineaarinenrampppi tai *Ramp Type 5 (profile/interpolator)* profiili- /interpolaattorirampppi)
- vikatilán ramppi
- venttiilin "ei käytössä" -tila.

Säädettävät arvot vaihtelevat asetetun ohjaustilan kanssa. Esimerkiksi profiilirampppi on mahdollinen vain aseman ohjauksen kanssa.

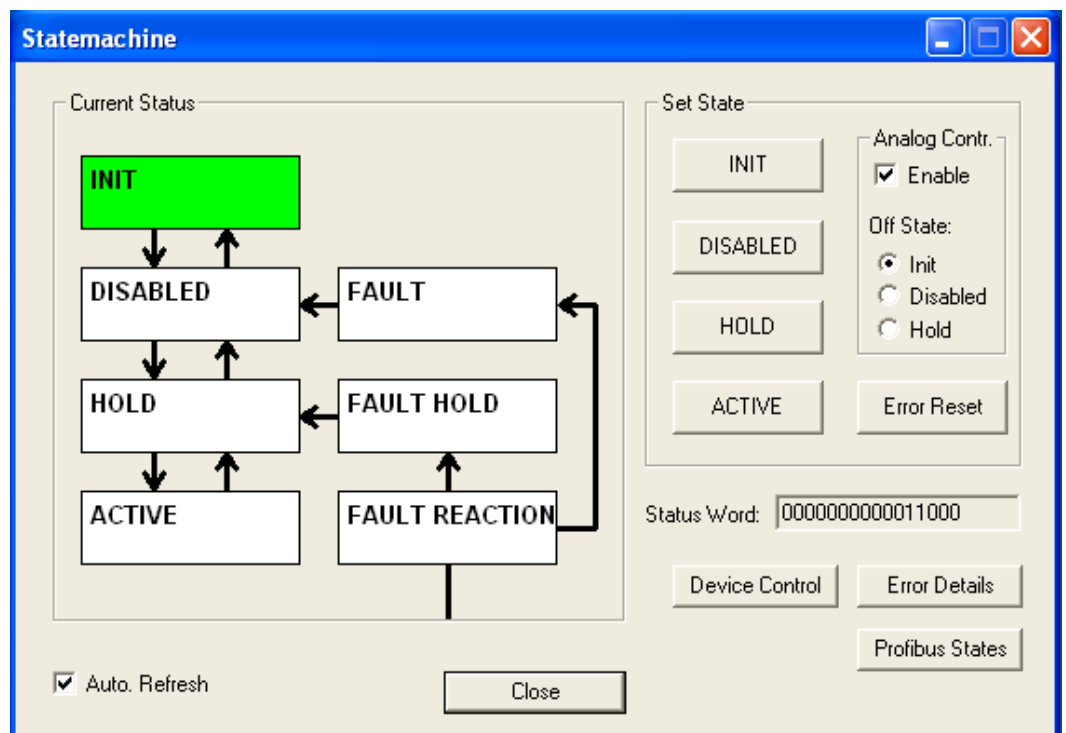
7.2.7 Parametrien tallennus /lataus

IAC-R-järjestelmä voi tallentaa parametreja kahteen eri muistialueeseen, tehdasmuistiin ja käyttäjämuistiin. Järjestelmän voi palauttaa tehdasmuistin avulla oletusarvoihin. Käyttäjämuisti-alue on tarkoitettu omien asetusten tallentamiseen. Valmiita parametritiedostoja voi käyttää hyväksi uusien IAC-R-järjestelmien käyttöönotossa. WinHPT-ohjelmalla tallentaminen on yhtä helppoa kuin esimerkiksi Microsoft Word -ohjelmalla: File -> Save Parameters. Parametrien lataus käy kuten tallennus: File -> Load Parameters. Huomaa että parametritiedoston tulee olla WinHPT-ohjelman Parameters-kansiossa.

7.2.8 IAC-R-järjestelmän käynnistys

Jos järjestelmä on liitetty hydraulikkalaitteeseen, tulee varmistua siitä, ettei kukaan tai mikään ole vaarassa, jos järjestelmä tekee tarkoittamattomia liikkeitä.

Järjestelmä käynnistetään tilakoneella, jonka saa painamalla WinHPT-ohjelman pääikkunan Kuva 21 *Device State* -nappia. WinHPT-ohjelma avaa *Statemachine*-ikkunan (Kuva 24).



Kuva 24. Statemachine-ikkuna

Järjestelmän voi käynnistää analogisella tai digitaalisella signaalilla.

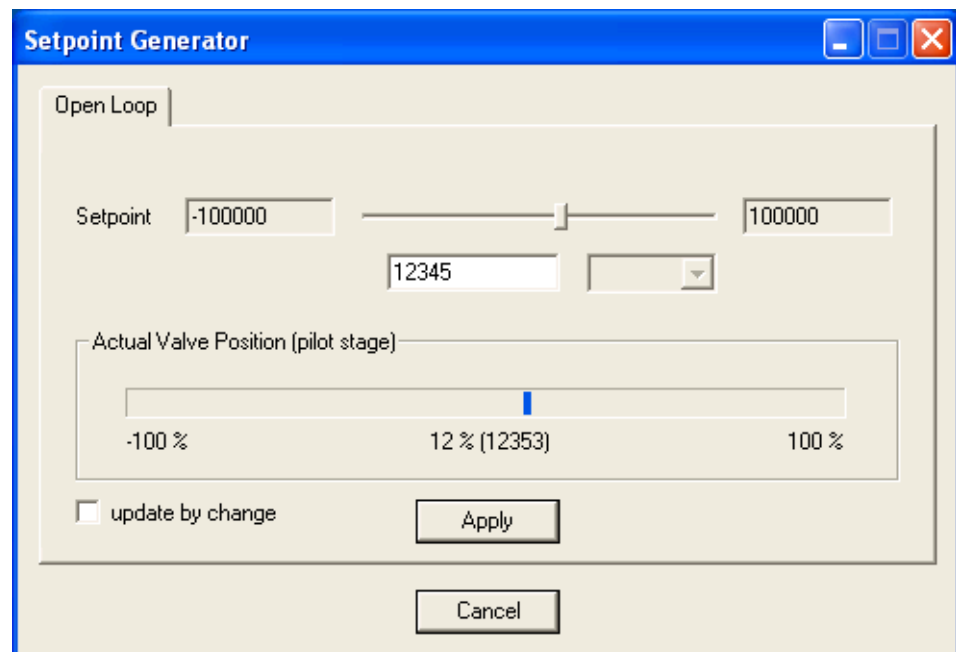
Digitaalinen käynnistys

Digitaalisessa käynnistyksessä *Statemachine*-ikkunan *Analog Contr.* kohdasta poistetaan väkänen. Käynnistys tapahtyy yksinkertaisesti painamalla *State Machine*-ikkunan *Active*-nappia

Analoginen käynnistys

Analogisessa käynnistyksessä *Statemachine*-ikkunan *Analog Contr.* kohdasta pitää olla väkänen. Järjestelmä käynnistyy, kun X1-liittimen pinnille 3 toimitetaan $24 V_{DC}$ jännite.

Kun järjestelmä on aktivoitu, voidaan WinHPT-ohjelman *Setpoint Generator* -toiminnolla ohjata järjestelmää. Setpoint Generator avataan Tools-valikosta. Syöttämällä arvoja, voidaan venttiilin karaa ohjata. Poistamalla *update by change* -kohdasta väkänen saadaan karaa liikutettua heti arvoa muutettaessa. Muussa tapauksessa kara liikkuu vasta *Apply*-nappia painamalla Kuva 25.



Kuva 25. *Setpoint Generator* -ikkuna

7.2.9 Parametrien muokkaus ja testaus

Valitulla *Q-control* ohjaustilalla muokattavia parametrejä on siis vain kappaaleessa 7.2.6 mainitut 9 kappaletta. Kaikkia parametrejä ei voida muokata esimerkiksi *ACTIVE*-tilassa, mutta kaikkia parametrejä voidaan muokata *INIT*-tilassa. Onkin suositeltavaa että venttiilin tila asetetaan *INIT*-tilaan ennen parametrien muokkausta.

Kun parametrit on muokattu halutuiksi, pitää ne muistaa tallentaa ne kohdan 7.2.7 mukaisesti.

7.3 Suljetun järjestelmän käyttöönotto

Kappaleessa (7.2) käyttöönotto tehtiin yksinkertaisimmalla vaihtoehdolla, *Q*-controllin avulla. Ensimmäisen käyttöönoton ja koekäytön jälkeen laite on todettu toimivaksi, *IAC-R*-järjestelmä ja sen parametrisointiohjelman käyttö on tullut tutuksi. Tämän jälkeen voidaan servojärjestelmä ottaa paremmin sille sopivaan käyttöön, takaisinkytketyksi järjestelmäksi. Tässä työssä käsitellään tarkemmin *p/Q*- ja asemanohjausta. Takaisinkytkentään tarvitaan vähintään yksi anturi. *p/Q*-ohjauksessa paine- ja asemanohjauksessa asemaanturi.

Servojärjestelmän säätämisessä tarvitaan useita muuttujia, ja säädettävästä järjestelmästä tulee tuntee useita eri asioita jotta näitä muuttujia voidaan laskea. Muutaman mainitakseni tunnettuja arvoja on esimerkiksi: järjestelmän vahvistus (*gain*), viive (*delay*) ja aikavakio (*lead time*). Tarkempaa tietoa aiheesta voit saada esimerkiksi Jari Savolaisen ja Reijo Vaittisen kirjoittamasta, Suomen Robottiikkayhdistys Ry:n julkaisemasta Säädetekniikan Perusteita -kirjasta (ISBN 978-951-97329-3-0). Tässä työssä ei puututa kaikkiin säätötekniikan vaatimiin kaavoihin ja vakioihin.

7.3.1 *p/Q*-ohjaus

p/Q-ohjaus on ohjaus, jolla hallitaan tilavuusvirtaa avoimessa järjestelmässä ja painetta suljetussa järjestelmässä. Ohjelma vaihtaa ohjaustapaa automaattisesti edestakaisin käyttäjän asetusten mukaisesti. *p/Q*-ohjausta käytetään yleensä lähestymiseen: ensin tilavuusvirtaa säädetään kunnes paine alkaa nousta. Tässä vaiheessa järjestelmä vaihtaa paineen säätöön, paineen annetaan nousta, kunnes saavutetaan haluttu taso.

p/Q-ohjaukseen joudutaan syöttämään enemmän parametreja kuin Q-säätöön. Kun järjestelmän ohjaustilaksi on valittu p/Q-Control 7.2.4, saadaan *Demand Value Generator*-nappia painamalla *Demand Value Generator*-ikkuna p/Q-ohjaukselle. Ikkunassa on kaksi välilehteä, joista toinen on *Open Loop*-niminen. *Open Loop*-välilehti on sama kuin *Q-control* ohjaustavan vastaava. Toinen välilehdistä on *Pressure*-niminen (Kuva 26). Tälle välilehdelle tehdään suljetun paineensäädön valinnat.

The image shows a software dialog box titled "Demand Value Generator" with a blue title bar and standard window controls. It has two tabs: "Pressure" (selected) and "Open Loop". The dialog is divided into several sections:

- Reference Value:** A text box containing "100000" and a dropdown menu set to "mbar".
- Limitation:** Two rows. The first row has "min." and a text box with "0" and a "mbar" dropdown. The second row has "max." and a text box with "100000" and a "mbar" dropdown.
- Hold Setpoint:** Two radio buttons. The first is "Actual Demand Value" (unselected). The second is "0" (selected) with a "mbar" dropdown.
- Ramp:** A section with a "Type" dropdown set to "0 (none)".
- Acceleration Time:** A text box with "0" and a "ms" dropdown.
- Deceleration Time:** A text box with "0" and a "ms" dropdown.
- Error Ramp:** A section with a "Deceleration Time" text box containing "0" and a "ms" dropdown.

At the bottom of the dialog are two buttons: "Apply" and "Cancel".

Kuva 26. *Demand Value Generator* -ikkuna p/Q-ohjaukselle

Demand Value Generator:in parametrien lisäksi p/Q-ohjaus vaatii suljetun järjestelmän säätöjä. Nämä parametrit voidaan syöttää p/Q-Controller-ikkunaan, joka aukeaa pääikkunan (Kuva 21) *Controller*-napista. Ohjelma avaa p/Q-Controller-ikkunan (Kuva 27).

p/Q-Controller

Sensor A

Interface-Reference:

1 <no Transducer configured>

2 <no Transducer configured>

3 <no Transducer configured>

4 <no Transducer configured>

5 <no Transducer configured>

Sensor B

Differential pressure control

Interface-Reference:

1 <no Transducer configured>

2 <no Transducer configured>

3 <no Transducer configured>

4 <no Transducer configured>

5 <no Transducer configured>

Parameterset 1

Kp 1000 10e-3

Ti 17000 10e-6

Tv pos 15000 10e-6

Tv neg 15000 10e-6

T 12000 10e-6

i0 1500000 10e-3

Ka 0 10e-3

p lower Limit -1000 10e-3

Note: The differential pressure is calculated by subtracting the actual value of sensor B from the actual value of sensor A. (Sensor A - Sensor B)

Integrator Options

pQ-Integrator bind for positive and negative Q setpoint values

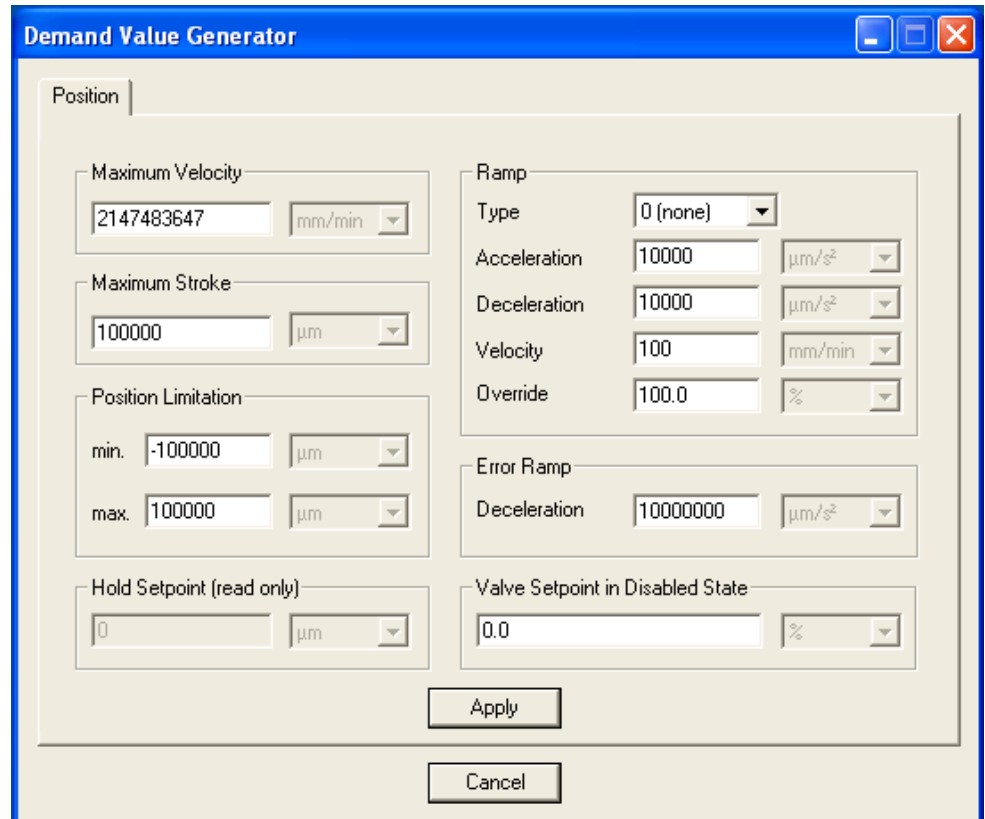
pQ-Integrator bind only for positive Q setpoint values

Apply Cancel

Kuva 27. p/Q-Controller-ikkuna

7.3.2 Asemanohjaus

Asemaohjaus on ohjaus, jolla järjestelmä voidaan ajaa tiettyyn asemaan asema-anturin avulla. Käyttäjä määrittää järjestelmän minimi- ja maksimiasemat. Tämän jälkeen näiden arvojen välillä voidaan ajaa anturin-resoluution rajoittamassa tarkkuudessa.



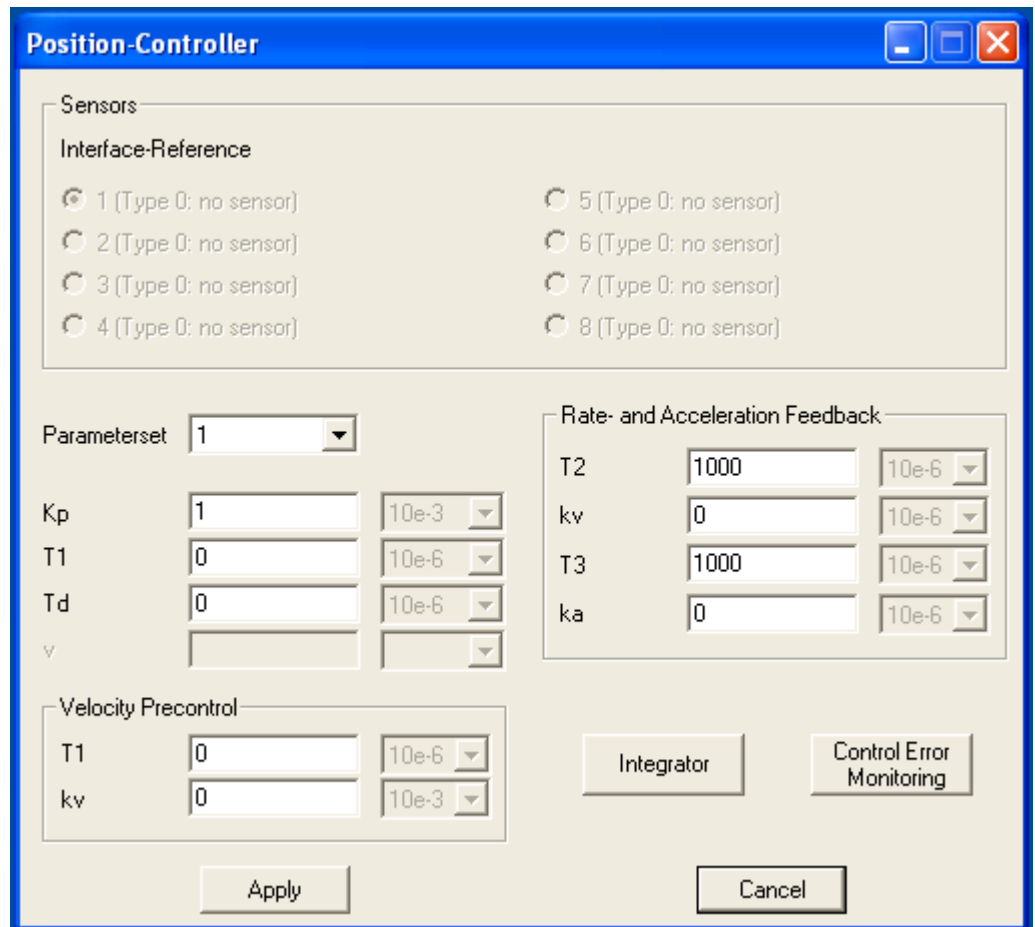
The image shows a software dialog box titled "Demand Value Generator" with a "Position" tab selected. The dialog contains several configuration sections:

- Maximum Velocity:** A text box containing "2147483647" and a dropdown menu set to "mm/min".
- Maximum Stroke:** A text box containing "100000" and a dropdown menu set to "µm".
- Position Limitation:** Two rows. The first row has "min." and a text box with "-100000" and a dropdown set to "µm". The second row has "max." and a text box with "100000" and a dropdown set to "µm".
- Hold Setpoint (read only):** A text box containing "0" and a dropdown set to "µm".
- Ramp:** A section with a "Type" dropdown set to "0 (none)", and three rows: "Acceleration" (10000, µm/s²), "Deceleration" (10000, µm/s²), and "Velocity" (100, mm/min). There is also an "Override" row with "100.0" and a dropdown set to "%".
- Error Ramp:** A section with "Deceleration" (10000000, µm/s²).
- Valve Setpoint in Disabled State:** A text box containing "0.0" and a dropdown set to "%".

At the bottom of the dialog are "Apply" and "Cancel" buttons.

Kuva 28. Demand Value Generator -ikkuna aseman ohjaukselle

Kuten p/Q-ohjauksessa 7.3.1, myös asemanohjauksessa tarvitaan säätimelle parametrejä. Parametrit syötetään *Position Controller*-ikkunaan, joka avataan pääikkunan (Kuva 21) *Controller*-napilla.



Kuva 29. *Position-Controller*-ikkuna

8 TOIMINTA VIKATILANTEESSA

IAC-R-järjestelmä kerää vika- ja varoitustietoja sisäiseen muistiinsa. Ne voidaan lukea joko analogisesti tai WinHPT-ohjelman avulla. Jokaisella virheelä on oma vikakoodi. Jos järjestelmä joutuu vikatilaan, ei toimintaa voida jatkaa ennen vian poistamista, muuten vika palaa jälleen. Vikatilaan joutuminen kertoo jonkun asian olevan huonosti ja se tulisi poistaa välittömästi turvallisuuden ja prosessin toimivuuden takaamiseksi.

8.1 Vikatilan määrittäminen ja toiminta

Vikatila määritetään digitaalisesti tilasanalla, joka kertoo sekä järjestelmän ajankohtaisen tilan, sekä tiedon ajankohtaisesta viasta. Analoginen vikatiieto saadaan kun "ei vikaa" -signaalin ulostulo antaa 0 V. Sama signaali antaa

0 V myös muissa järjestelmän tiloissa: NOT READY, INIT ja DISABLED (ei valmis-, alku ja ei käytössä). Tästä johtuen käyttäjän tulee tietää missä tilassa järjestelmä on, kun vikasignaali saadaan. Tarkkaa vikakoodia ei analogisella signaalilla saa, vaan myös analogisessa käytössä vian määrittäminen tulee tehdä kenttäväylän avulla.

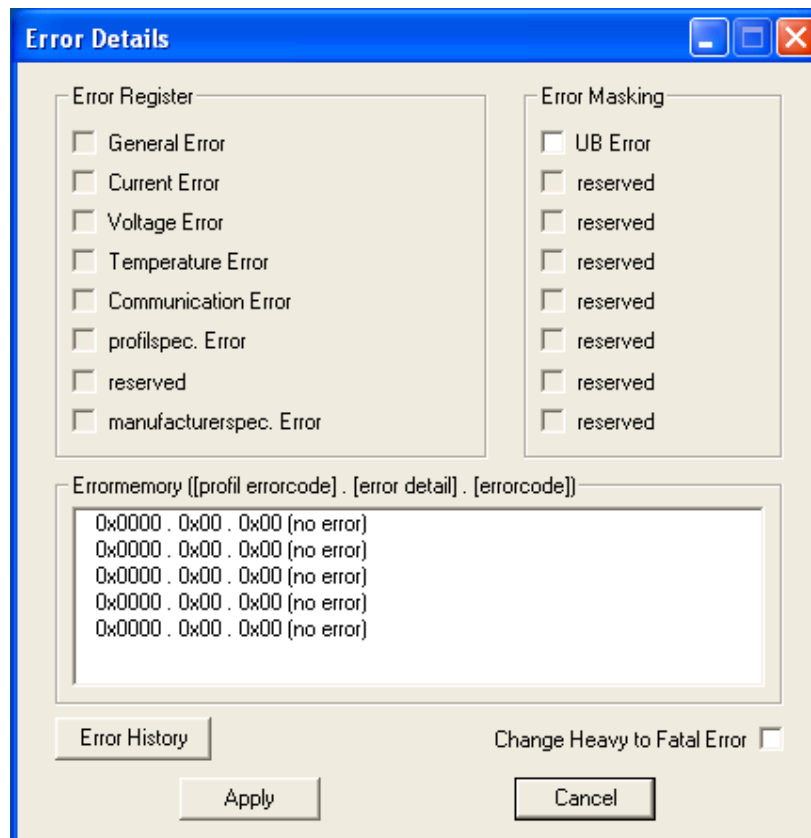
Järjestelmä jakaa virheet kuuteen kategoriaan:

- ei vikaa (kaikki kunnossa)
- varoitus (esim. elektroniikan lämpötila noussut yli varoitus rajan)
- pikkuvika (esim. epäkelpo asetusarvo)
- vakava virhe (esim. elektroniikan käyttöjännitteen syöttö on laskenut alle 19 V)
- kriittinen virhe (esim. elektroniikan lämpötila noussut yli sammutusrajan)
- kriittinen virhe, ei paluuta (esim. elektroniikan käyttöjännitteen syöttö on laskenut alle 16 V).

Toiminta eri kategorioissa on erilainen. Ei vikaa ja varoitus signaalit eivät aiheuta mitään toimenpiteitä. Pikkuvika, vakava- ja kriittinen virhe voidaan vielä nollata (reset). Nollaus on hyvä vaihtoehto vian korjaamiseksi, jos voidaan olettaa että käyttäjä on itse aiheuttanut, omalla toiminnallaan, vian. ”Kriittinen virhe, ei paluuta” vika johtaa aina koko järjestelmän sammuttamiseen, se sammuttaa kaikki järjestelmässä olevat anturit ja venttiili menee vika-asentoon. Listan kaikista virheistä ja niiden koodeista näkyy tuotteen käyttöohjeissa sekä liitteessä 2. Virhekoodi tulee lukea ennen järjestelmän nollautusta, sillä nollauksen yhteydessä myös virhemuisti nollautuu.

8.2 Vikakoodin lukeminen ja tulkitseminen

WinHPT-ohjelman avulla viasta saadaan yksiselitteinen heksadesimaalinen koodi. Koodi tallennetaan tilasanaan, ja samanaikaisia vikoja voi olla maksimissaan viisi kappaletta. Koodit tallennetaan kronologisessa järjestyksessä, ei siis esimerkiksi vian vakavuuden mukaan. Kun muistissa on viisi virhekoodia, uuden ilmetessä poistetaan vanhin koodi. Toisissa virhekoodeissa on yksiselitteisempi, yksityiskohtakoodi, joka auttaa käyttäjää selvittämään tarkemmin vian lähteen. Painamalla *Statemachine*-ikkunan *Error Details*-nappia ohjelma avaa *Error Details*-ikkunan (Kuva 30). *Error Details*-ikkunasta näkee kaikki järjestelmän viisi muistissa olevaa virhekoodia, ylin on uusin ja alin vanhin. WinHPT-ohjelma listaa myös kuvauksen vikakoodista heksadesimaalisten koodien jälkeen.



Kuva 30. *Error Details*-ikkuna

8.3 Havaitut viat ja ongelmat

Työn aikana havaittiin kolme vikaa/ongelmaa:

- Vaikka is Pro Multidriver asennettiin ohjeiden mukaisesti, Microsoft XP-käyttöjärjestelmä ei automaattisesti osannut tunnistaa is Pro USBx12 -moduulia, vaan Windowsin piti antaa etsiä asennus itse.
- WinHPT-ohjelmaan sisäänrakennettu oskiloskooppi vaatii paljon tietokoneen suorituskykyä. Testikoneena toimineen IBM ThinkPad sylimikron Intel 1500 MHz M -prosessorin suorituskyky ei aivan riitä yhtäaikaiseen IAC-R-järjestelmän ja oskiloskoopin prosessointiin. Suorittimen hitaus havaitaan vähintään järjestelmän hidastumisena, sekä mahdollisesti koko ohjelman kaatumisella. Ohjelman kaatuminen saattaa aiheuttaa Profibus DP-väylän jumitumisen, joka voidaan purkaa ainoastaan tekemällä järjestelmä virrattomaksi ja/tai poistamalla is Pro USBx12 Profibus -adapteri väkisin tietokoneesta (koska tietokone ei voi poistaa moduulia turvallisesti).
- Profibus DP-kenttäväylän yhteyden muodostamisen kanssa ilmeni ajoittain ongelmia: WinHPT-ohjelma ei saa yhteyttä IAC-R-järjestelmään koska se luulee että väylä on jo käytössä. Näistä tilanteista selviää yksinkertaisesti poistamalla is Pro USBx12 -moduulin USB-liitin tietokoneesta ja kytkemällä se takaisin.

9 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä selvitettiin nykyaikaisen digitaalisen servosolenoidiventtiilin käyttöönottoa ja siihen tarvittavaa kenttäväylän käyttöä. Työssä tutustuttiin IAC-R-järjestelmän komponentteihin ja järjestelmän parametrisointiin. Työn aikana tuotettiin käyttöönottomanuuaali Bosch Rexroth Oy:n tarpeisiin.

Työn alkupuolella oli suunniteltu, että järjestelmää päästäisiin koestamaan hydraulikalla, eritoten IAC-R-järjestelmälle suunnitellulla koestuskoneikolla. Tähän ei kuitenkaan pystytty ajanpuutteen ja komponenttILAUSTEN myöhästymisten takia. Järjestelmälle ei myöskään ehditty suunnittelemaan minkäänlaista loogista ohjelmaa, eikä näin ollen myöskään ehditty järjestelmää koestamaan PLC:n kanssa.

Järjestelmän käyttöönoton todettiin olevan suhteellisen helppoa teknisesti riittävän pätevälle ihmiselle. Maailma on kehittynyt nk. *plug and play*, eli kiinnitä ja soita, suuntaan. IAC-R-järjestelmän käyttöönotto onkin erittäin helppoa. Tarvittavat ohjelmat ladataan netistä ja asennetaan tietokoneelle. Johdot kiinnitetään ja järjestelmälle toimitetaan $24 V_{DC}$ käyttöjännite, jonka jälkeen järjestelmän voi kytkeä päälle. Tämän jälkeen voidaan aloittaa järjestelmän parametrisointi, joka sekin on tehty erittäin helpoksi graaffisen käyttöliittymän ansiosta. Parametrisointi voitaisiin suorittaa myös ilman erillistä parametrisointi-ohjelmaa, mutta se vaatisi käyttäjältä huomattavasti enemmän tuntemusta sekä kenttäväylistä että IAC-R-järjestelmästä. Järjestelmä voidaan kytkeä esimerkiksi p/Q- tai asematakaisinkytketyksi järjestelmäksi, riippuen järjestelmään kytketyistä antureista ja tietenkin siitä, mihin käyttötarkoitukseen järjestelmä on hankittu.

Työlle saavutetut tavoitteet saavutettiin kohtalaisesti. Järjestelmän käyttöönotto tuli tutuksi ja manuaali tuotettiin. Käsiteltyyn aiheeseen olisi voinut uppoutua vielä syvemmälle ja tuotetusta manuaalista tehdä monipuolisempi ja yksityiskohtaisempi. Tähän ei kuitenkaan pystytty aikataulun tiukkuuden takia ja koska aiheen laajuus olisi kasvanut liian suureksi. Tuotetun manuaalin käyttöönoton määrää viimekädessä työn tilaaja Bosch Rexroth Oy, jos sitä ei voida sellaisenaan ottaa käyttöön, voidaan sitä ainakin käyttää hyvänä pohjana tulevilla töillä. Opinnäytetyö syvensi koulussa opittuja servo- ja säätötekniikan oppeja.

VIITELUETTELO

- [1] Proportional and Servo Valve technology, *The Hydraulic Trainer Volume 2*, s. 131.
- [2] www.profibus.com, [viitattu 14.3.2008].
- [3] Hydrauliset servot [verkkodokumentti]. 26.2.2008 [viitattu 29.2.2008]. Saatavissa: <http://opetus.stadia.fi/paavilainen>.
- [4] Mobilehydrauliikka [verkkodokumentti]. 18.2.2004 [viitattu 21.2.2008]. Saatavissa: <http://opetus.stadia.fi/paavilainen>.

KÄYTTÖOHJE

YLEISTÄ

Tässä käyttöohjeessa käydään järjestelmällisesti läpi IAC-R järjestelmän käyttöönotto.

WINHPT:N ASENNUS

Lataa WinHPT osoitteesta www.boschrexroth.com/IAC. Asenna WinHPT -ohjelma tietokoneelle

- Tupla klikkaa WinHPT tiedostoa
- Valitse asennuksessa käytettävä kieli, English
- Paina ok, tietokone tarkistaa aiemmat asennukset
- Paina Next
- Hyväksy lisenssisopimus, paina Accept
- Paina Next
- Valitse asennuskansio, paina Next
- Valitse rajapinta, _is Pro USB/PCI for Profibus, paina Next
- Valitse asennettavat komponentit: Driver, WinView ja help. Paina Next
- Paina Next
- Aloita asennus, paina Next
- Ohjelma sanoo "Wählen Sie eine Setup-Sprache aus". Valitse kieli uudelleen, English.
- Paina Ok
- Odota kunnes Install Shield Wizard ehdottaa Pro Multidiver -ohjelman asennusta
- Hyväksy lisenssi, paina Yes
- Valitse asennuskansio, paina Next
- Valitse asennettavat toiminnot, kaikki
- Paina Next
- Pro Multidiver -ohjelman asennus suoritettu, paina Finish
- Asennusohjelma kysyy USB portin numeroa, jos et tiedä portin oikeaa numeroa syötä numeroksi 1000.
- Paina Ok
- WinHPT asennettu, paina Finish

- Käynnistä tietokone uudestaan.

Kun WinHPT -ohjelma käynnistetään ohjelma esittää disclaimerin eli vastuuvapautuslausekkeen. Lue ja hyväksy se painamalla Accept.

KAAPELEIDEN KYTKEMINEN

- Yhdistä 24 V_{DC} virtalähde IAC-R venttiin X1 liittimelle (katso taulukko)
- Kytke Profibus linja X3 liittimeen

OIKEAN USB-PORTIN ETSIMINEN

- Käynnistä is Pro Configuration -ohjelma
- Klikkaa device 0 ja paina "search attached device" -nappia, ohjelma etsii automaattisesti USB-portin numeron
- Paina Ok

YHTEYDEN VARMISTAMINEN

- Käynnistä is Pro Init Test -ohjelma
- Jos is Pro USBx12 on kytketty oikein ja ohjelma asennettu onnistuneesti "mokkulassa" syttyy vihreä LED käyttöjännitteen merkiksi sekä punainen LED vilkkuu käyttöäönnoton tai sammuttamisen merkiksi. Punaisen vilkkuvan LED:in pitäisi sammua käyttöäönnoton tai sammuttamisen jälkeen.
- Paina Ok, järjestelmä sammuu

JÄRJESTELMÄN KÄYTTÖÖNOTTO

- IAC-R-järjestelmän käyttöäönnotto on tehty käyttäjälle erittäin helpoksi. Valmistajan asettamien oletusarvojen avulla vain muutama parametriin joudutaan koskemaan. Ensimmäinen käyttöäönnotto onkin helpointa *Q-control* (tilavuusvirran säätö)

ENSIMMÄINEN KÄYTTÖÖNOTTO

Vaatimukset ensikäyttöäönnotolle, ohjelmistoasennusten lisäksi, ovat seuraavat. Nämä asetukset ovat valmiina tehtaan oletusasetuksina:

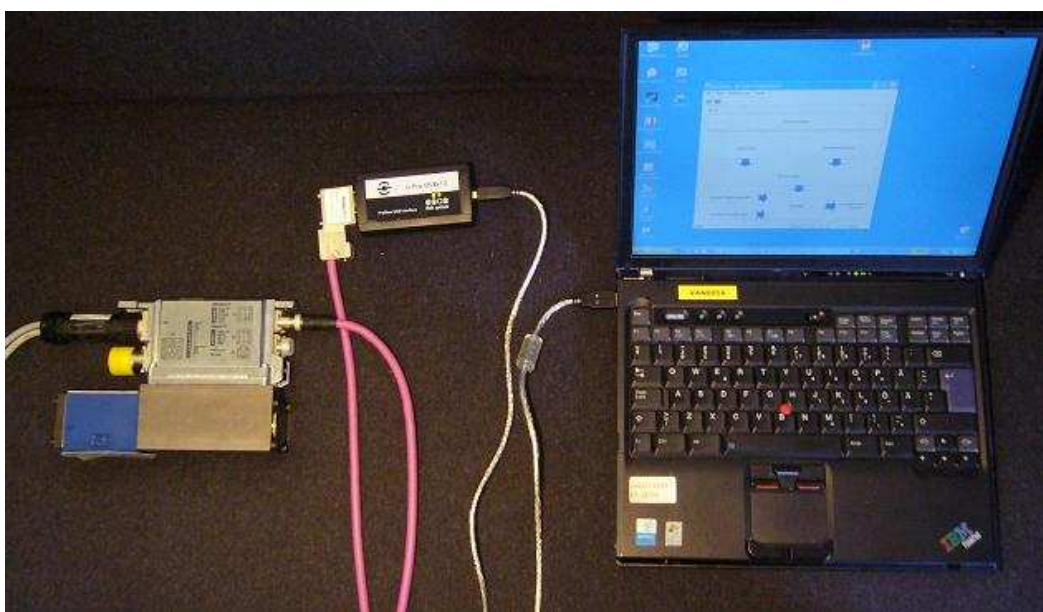
- järjestelmä on analogia-tilassa
- järjestelmä on HOLD-tilassa
- ohjausmoodi on "Q control"

- järjestelmän ohjaustapa on analogia-tilassa
- asetusarvojen asetustila on analogia-tilassa

KYTKE JÄRJESTELMÄ

Kytke IAC-R-järjestelmän käyttöjännitteiden johdot sekä Profibus DP.

- X1-liittimen nastat 1 ja 2, venttiilin solenoidin käyttöjännite
- X1-liittimen nastat 9 ja 10, järjestelmän elektronikan käyttöjännite
- kytke Profibus kaapeli liitetään X3 liittimeen, D-SUB liitin liitetään is Pro USBx12 moduuliin joka kytketään tietokoneen USB-liittimeen



Kuva 1. Tietokone, is Pro USBx12 ja IAC-R-järjestelmä

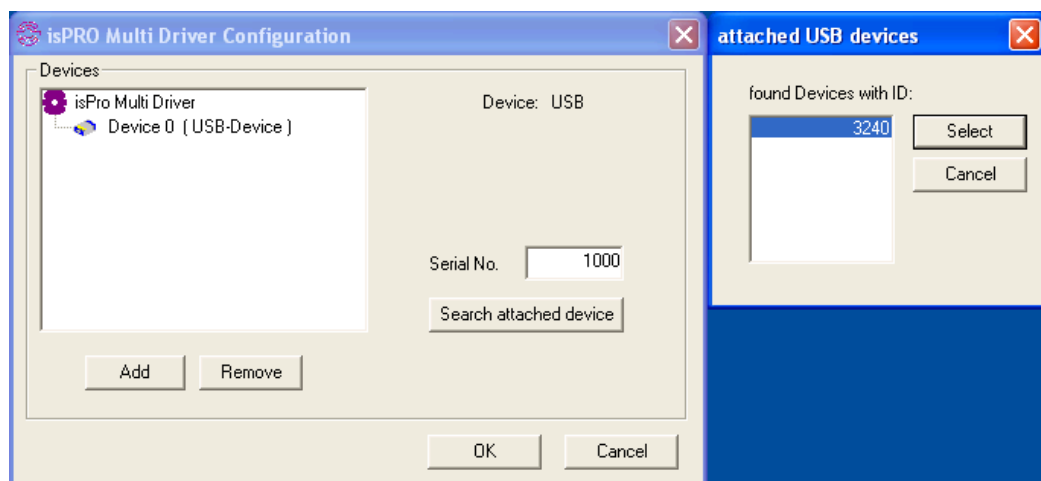
KÄYNNISTÄ ELEKTRONIIKKA

Kytke $24 V_{DC}$ käyttöjännite järjestelmän elektronikalle (X1-liittimen nastat 9 ja 10). Heti virran kytkemisen jälkeen IAC-R-järjestelmä käynnistää itsensä INIT-tilaan analogisessa- ja HOLD-tilaan digitaalisessa moodissa. Ennen ensimmäistä käyttöönottoa järjestelmä lataa automaattisesti tehtaan asettamat oletusarvot. Jos järjestelmään on tallennettu parametritiedosto, ladataan viimeisin tallennus.

MUODOSTA YHTEYS

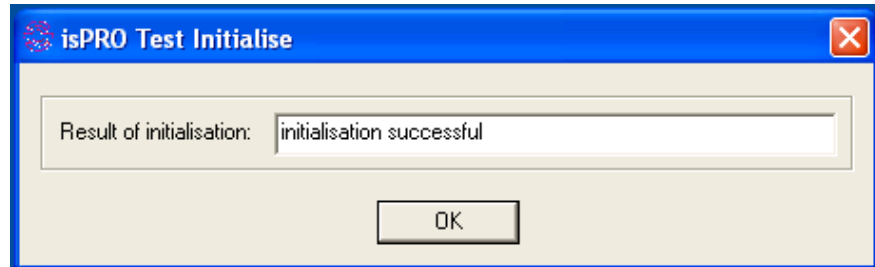
Tietokoneen ja IAC-R-järjestelmän välille asennetun moduulin, joka muuttaa tietokoneen USB liittimestä lähtevän tiedon Profibus DP väylään sopivaksi, osoite asetettiin asennuksen yhteydessä arvoon 1000, joka on oletusarvo ja luultavasti väärä. is Pro Multidriver ohjelmistoa käytetään oikean USB-portin etsimiseen, ja sillä suoritetaan yhteyskokeilu Kuva 2.

- käynnistä is Pro Configurator -ohjelma, etsi liitettyjä USB-laitteita painamalla *Search attached device*-nappia
- ohjelma avaa uuden ikkunan jossa näkyy liitetyt laitteet, valitse oikea ja paina *Select*-nappia
- lisää laitteita voit liittää painamalla *Add*-nappia, ja valitsemalla laitteen tyyppin (esimerkiksi USB tai PCI)
- turhia laitteita voit poistaa valitsemalla poistettavan laitteen, ja painamalla *remove*-nappia



Kuva 2. is Pro Configurator -ohjelma

Valitun portin ja laitteen toiminnan voi vielä varmistaa is Pro Init Test -ohjelmalla Kuva 3. Ohjelma tarkistaa käynnistyessään automaattisesti liitettyt USB-laitteet, jos kaikki on hyvin se antaa *initialisation successful* -viestin. Muussa tapauksessa saat viestin *could not find device with serial ID (run MultiDriverConfig.exe)*.



Kuva 3. is Pro Init Test-ohjelma

Kun is Pro Init Test -ohjelma käynnistetään, syttyy is Pro USBx12 -moduulissa kaksi LED-valoa. Vasemmanpuoleinen, vihreä LED palaa jatkuvasti ja oikeanpuoleinen punainen LED vilkkuu kolme kertaa ja sammuu. Kun is Pro Init -ohjelma sammutetaan, vilkkuu punainen LED kolme kertaa, ja molemmat LED:it sammuu. Oikeanpuoleinen LED palaa oranssina, kun tietokone on Profibus DP isäntänä ja sillä on merkkirengas. Jos punainen LED jää palamaan, on moduulissa tai yhteydessä jotain vikaa.



Kuva 4. is Pro USBx12 -moduuli

Kun oikea portti on löydetty ja moduuli todettu toimivaksi voidaan muodostaa yhteys IAC-R-järjestelmään. Yhteys muodostetaan avaamalla WinHPT-ohjelma.

- Käynnistä WinHPT-ohjelma, tietokone avaa *LoadBusParameter*-ikkunan Kuva 5, josta Profibus DP:n arvoja voidaan muuttaa. Muuta Baudrate 500kBit arvoon. Paina *Forward*.

LoadBusParameter

Master Class2 Name

Bosch Rexroth Master

Warning: If WinHPT is to be connected to a PROFIBUS network where another active C1 and/or C2 PROFIBUS master exists (normally a PLC), the user has to ensure to use the same Bus parameters as they are used by the existing PROFIBUS master(s). Otherwise the network could be disturbed or the establishing of a connection could fail.

FDL Parameter

Recommendation: Use a maximum baudrate of 500 kBit with cable set, material no. R901078053 when your PC is directly connected to an IAC-R

Address: 0 Baudrate: 500 kBit

Tst: 100 tBit Tset: 1 tBit

min. Tcdr: 11 tBit G: 10 tBit

max. Tcdr: 60 tBit HSA: 126

TQUI: 0 tBit max. Retry Limit: 1

Other Busparameter

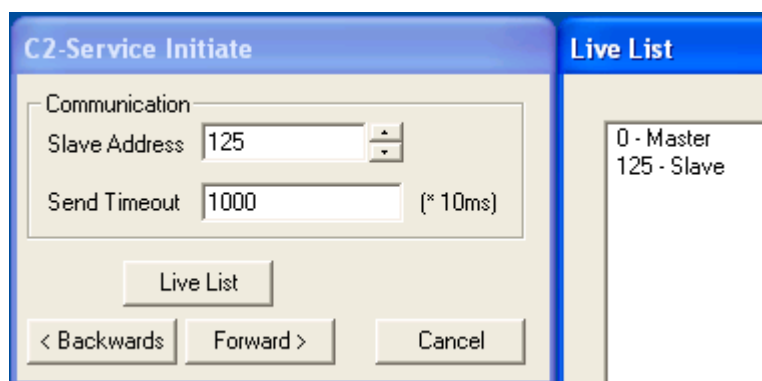
Ttr: 21401 tBit Min. Slave Intervall: 60 0,1ms

Poll Timeout: 1000 ms Data Control Time: 150 10ms

< Backwards Forward > Cancel

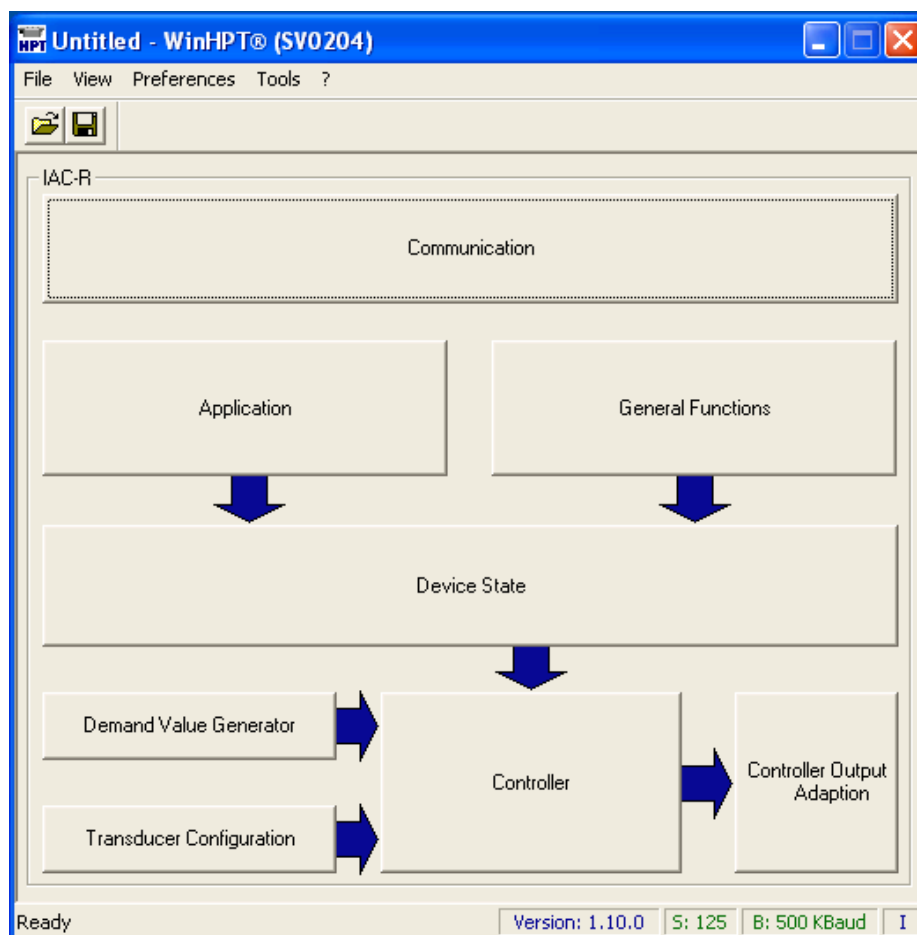
Kuva 5. *LoadBusParameter*-ikkuna

- Tietokone avaa *C2-Service Initiate*-ikkunan Kuva 6. IAC-R-järjestelmän oletus orjaosoite on 125. Jos osoitetta on muutettu eikä sitä tunneta, *Live List*-napilla nähdään kaikki väylälle liitetyt laitteet. Paina *Forward*



Kuva 6. *C2-Service Initiate*-ikkuna

- Ohjelma avaa WinHPT-ohjelman pääikkunan Kuva 21 Kuva 7. Jos väylä on kunnossa, ja yhteys toimii, oikeassa alakulmassa näkyy vihreällä S:125 (orjan osoite) sekä B:500kBaud (väylän nopeus).



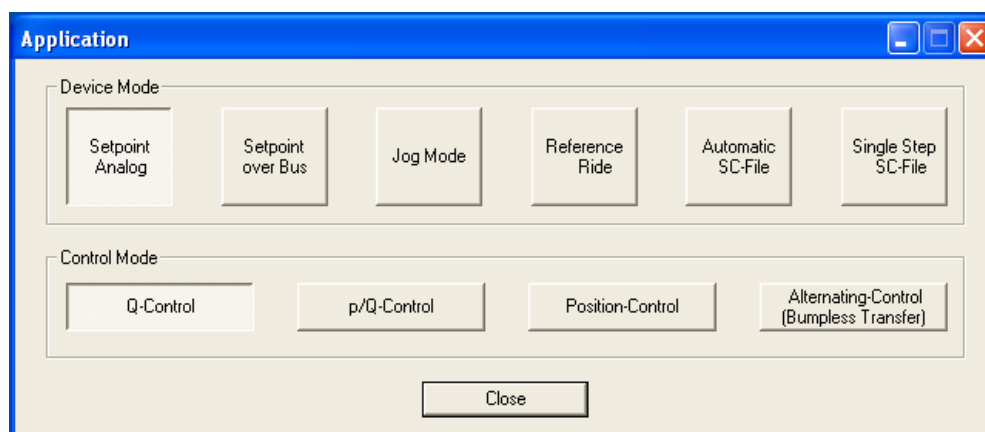
Kuva 7. WinHPT-ohjelman pääikkuna

VALITSE OHJAUSTILA (CONTROL MODE)

Ohjaustilalla tarkoitetaan sitä toimintoa jota IAC-R-järjestelmällä halutaan ohjata, vaihtoehdot ovat:

- Q control (tilavuusvirran ohjaus, avoin järjestelmä)
- p/Q control (paineen- ja tilavuusvirransäätö, avoin järjestelmä tilavuusvirran ohjaamiseen ja suljettu järjestelmä paineen ohjaamiseen)
- position control (aseman ohjaus, suljettu järjestelmä)
- alternating control (vaihteleva ohjaustapa, suljetut järjestelmät sekä paine että asemanohjaukseen)

Ohjaustila valitaan painamalla WinHPT-ohjelman pääikkunan Kuva 7 *Application*-nappia. Ohjelma avaa *Application*-ikkunan Kuva 8.



Kuva 8. *Application*-ikkuna

Valitse *Q-control*.

Tilavuusvirran ohjaaminen on hyvä valinta ensi käyttöönotossa, koska se ei tarvitse niin monia asetusarvoja kuin muut ohjaustavat, vain venttiilin karaa, ja täten sylinterin liikenopeutta, ohjataan. Ja koska tilavuusvirran ohjaus ei ole oikea takaisinkytketty järjestelmä, takaisinkytkentä anturit ovat pois käytöstä.

VALITSE LAITTEEN MOODI (DEVICE MODE)

Laitteen moodilla tarkoitetaan sitä että ohjataanko järjestelmää analogisesti, digitaalisesti (vai mahdollisesti digitaalisesti sisäisillä ohjelmilla asetettujen parametrien mukaisesti). Laitteen moodi voi olla joku seuraavista:

- asetusarvo analogisesti (*Setpoint Analog*)
- asetusarvo kenttäväylän kautta (*Setpoint over Bus*)
- *Jog mode* (asetusarvot ovat sisäisesti kehitettyjä, nk. asennus-moodi)
- *Reference Ride* (referenssiajo)
- automatic sequence file (G-file) mode
- automatic sequence file (G-file), single step mode

Valitse *Application*-ikkunasta *Setpoint over Bus*-toiminto Kuva 8.

Asetusarvot analogisesti ja kenttäväylän kautta moodit tarvitsevat järjestelmän ulkoisen asetusarvon lähteen. WinHPT-ohjelmassa onkin asetusarvogeneraattori (*setpoint generator*), joka mahdollistaa helpon työkalun järjestelmän testaukseen. Jos järjestelmää halutaan koeistaa analogisella signaalilla, tulee moodiksi valita ”setpoint input analog”. Tällöin X3 liittimeen kytketty Profibusliitäntä ei toimi signaalinlähteenä, mutta sillä voidaan antaa muita parametrejä. Tässä moodissa tarvitaan asetusarvojen antamiseen säädettävä jännitelähde, joka kytketään liittimen X1-signaalituloihin.

Muut moodit toimivat sisäisillä asetusarvoilla, parametriensä mukaisesti. Q-control tilassa venttiilin karaa on helppo ohjata digitaalisella ohjauksella. Laitteen moodia voidaan muuttaa vain *INIT*, *DISABLED* ja *HOLD* tiloissa.

TILAVUUSVIRRRAN OHJAUKSEN SÄÄTÖ

Jotta tilavuusvirran ohjausta voidaan säätää, tulee ohjaustilan olla *Q-control*-tilassa. Painamalla *Demand Value Generator*-nappia, ohjelma avaa *Demand Value Generator*-ikkunan Kuva 9.

Kuva 9. Demand Value Generator-ikkuna

Säädettäviä arvoja ovat:

- referenssiarvo
- min ja max arvot
- rampin arvot: kiihtyvyyssajat ja tyyppi (*Ramp Type 0 (no ramp)* ei ramppia, *Ramp Type -1 (time synchronous)* aikasynkroninenrampppi, *Ramp Type 2 (linear ramp)* lineaarinenrampppi tai *Ramp Type 5 (profile/interpolator)* profiili- /interpolaattorirampppi)
- vikatilán ramppi
- venttiilin ei käytössä-tila

Säädettävät arvot vaihtelevat asetetun ohjaustilan kanssa. Esimerkiksi profiilirampppi on mahdollinen vain aseman ohjauksen kanssa.

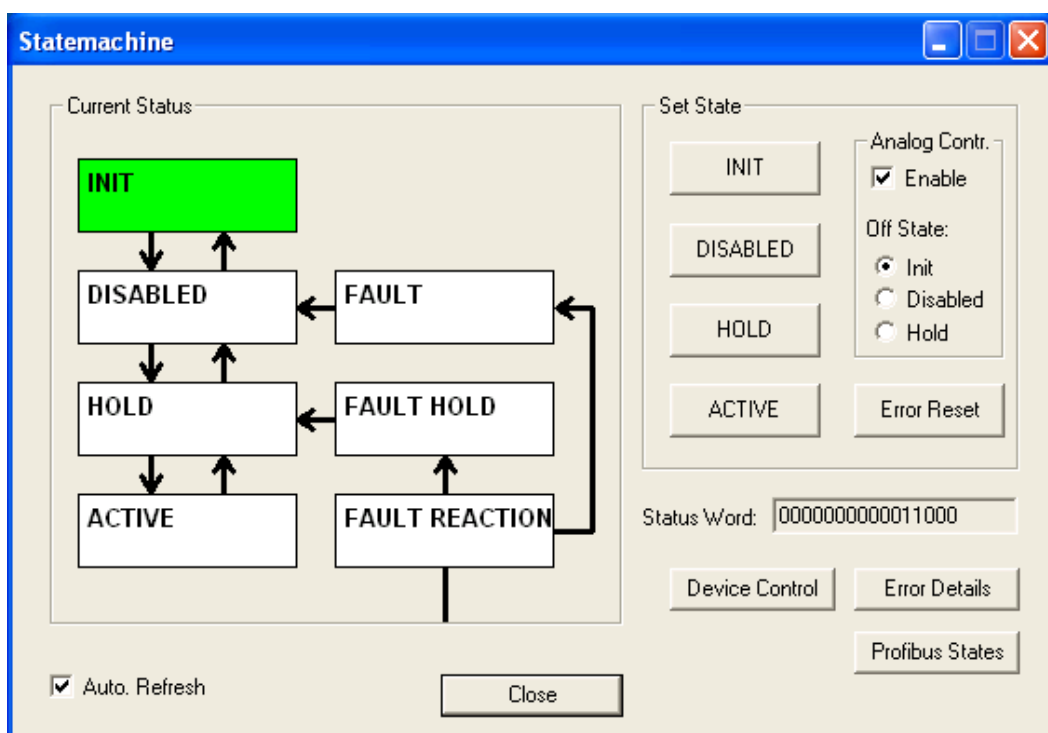
TALLENNA/LATAA PARAMETRIT

IAC-R-järjestelmä voi tallentaa parametreja kahteen eri muistialueeseen, tehdasmuistiin ja käyttäjämuistiin. Järjestelmän voi palauttaa tehdasmuistin avulla oletusarvoihin. Käyttäjämuisti-alue on tarkoitettu omien asetusten tallentamiseen. Valmiita parametritiedostoja voi käyttää hyväksi uusien IAC-R järjestelmien käyttöönotossa. WinHPT-ohjelmalla tallentaminen on yhtä helppoa kuin esimerkiksi Microsoft Word-ohjelmalla: File -> Save Parameters. Parametrien lataus käy kuten tallennus: File -> Load Parameters. Huomaa että parametritiedoston tulee olla WinHPT ohjelman Parameters kansiossa.

IAC-R-JÄRJESTELMÄN KÄYNNISTYS

Jos järjestelmä on liitetty hydraulikalaitteeseen, tulee varmistua siitä, ettei kukaan tai mikään ole vaarassa, jos järjestelmä tekee tarkoittamattomia liikkeitä.

Järjestelmä käynnistetään tilakoneella, jonka saa painamalla WinHPT-ohjelman pääikkunan Kuva 7 Kuva 21 *Device State*-nappia. WinHPT-ohjelma avaa *Statemachine*-ikkunan Kuva 10.



Kuva 10. Statemachine-ikkuna

Järjestelmän voi käynnistää analogisella tai digitaalisella signaalilla.

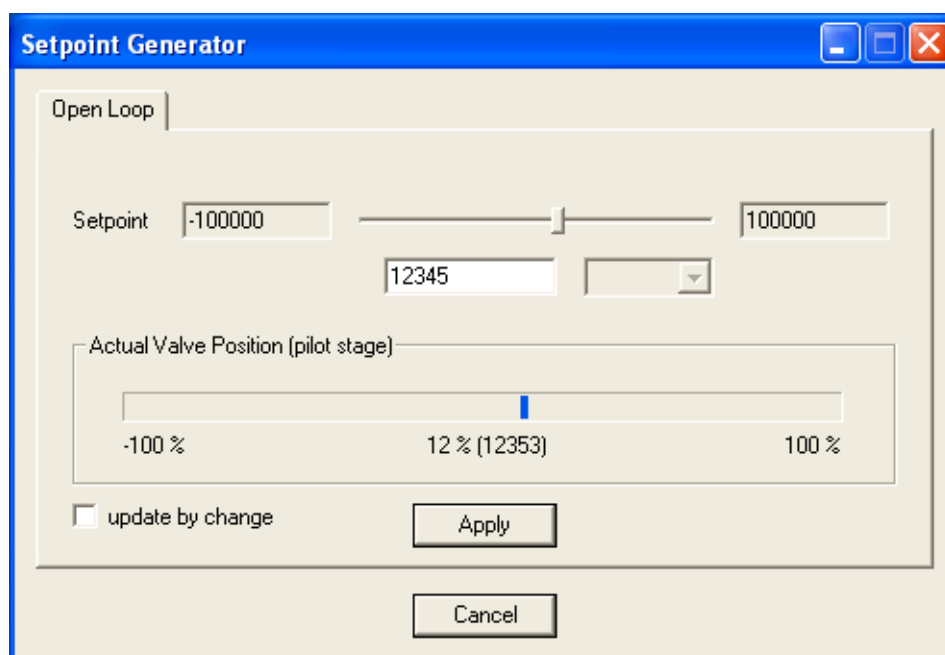
Digitaalinen käynnistys

Digitaalisessa käynnistyksessä *Statemachine*-ikkunan *Analog Contr.* kohdasta poistetaan väkänen.

Analoginen käynnistys

Analogisessa käynnistyksessä *Statemachine*-ikkunan *Analog Contr.* kohdasta pitää olla väkänen. Järjestelmä käynnistyy, kun X1-liittimen pinnille 3 toimitetaan 24 V_{DC} jännite.

Kun järjestelmä on aktivoitu, voidaan WinHPT-ohjelman *Setpoint Generator* -toiminnolla ohjata järjestelmää. Setpoint Generator avataan Tools-valikosta. Syöttämällä arvoja, voidaan venttiilin karaa ohjata. Poistamalla *update by change* -kohdasta väkänen saadaan karaa liikutettua heti arvoa muutettaessa. Muussa tapauksessa kara liikkuu vasta *Apply*-nappia painamalla. Kuva 11



Kuva 11. *Setpoint Generator* -ikkuna

VIRHEVIESTIKOODIT

Vika-koodi (hex)	Yksityiskohta koodi (hex)	Virheen aiheuttaja	Virheen kategoria	Merkitys/tarkennus	Ratkaisu/syy
0x00	0x00	-	ei vikaa	ei vikaa	-
0x01	0x00	-	varoitust	tuntematon varoitus	tarkista järjestelmän vaste ja -virhemuisti
0x02	0x00	elektroniikan lämpötila kohonnut yli varoitusrajan	varoitust	lämpötilan varoituskynnys ylitetty	laske ympäristön lämpötilaa
0x03	0x00	-	pikkuvika	täsmenämätön pikkuvika	tarkista järjestelmän vaste ja -virhemuisti
0x04	0x00	epäkelpo asetusarvo	pikkuvika	ei hyväksyttävä asetusarvo	vaihda asetusarvoa
0x05	0x00	elektroniikan lämpötila noussut yli sammutusrajan	kriittinen virhe	lämpötila noussut yli sammutuskyynnksen, moduuli saattaa tuhoutua	laske ympäristön lämpötilaa tai muuta käyttöympäristöä
0x06	0x00	ohjainvirhe	pikkuvika	ohjaimen laskutoimitukset ylittäneet rajoituksen (voidaan konfiguroida)	tarkista ohjaimen parametrit
0x07	0x07	väyläohjain	kriittinen virhe	kenttäväylä välittänyt hyväksymättömän- tai ei signaalia järjestelmälle	tarkista kenttäväylän asetukset ja liittimet
0x08	0x00	ei voi kirjoittaa EEPROM:iin	pikkuvika	EEPROM raportoi virheen tallennettaessa	ota yhteyttä tekniseen tukeen
0x09	0x00	yleisvirhe	vakava virhe	järjestelmä raportoi yleisen vakavan virheen ilman tarkempaa määrittelmää	ota yhteyttä tekniseen tukeen
0x09	0x81	anturi liittymä	vakava virhe	ohjaimen liitetty vääränlainen anturi	vaihda oikea ohjaimen referenssi

0x0A	0x00	käyttöjännite, anturilinja alle 19V	vakava virhe	antureiden käyttöjännite laskenut alle 19V	tarkista jännitelähde
0x0B	0x00	käyttöjännite, ulostuloille alle 19V	vakava virhe	ulostulojen käyttöjännite laskenut alle 19V	tarkista jännitelähde
0x0C	0x00	käyttöjännite, elektroniikalle tai sisäisille antureille alle 19V	vakava virhe	elektroniikan tai sisäistenantureiden käyttöjännite laskenut alle 19V	tarkista jännitelähde
0x0D	0x00	epäkelpo anturisignaali	vakava virhe	järjestelmän anturi (paine tai asema) antaa epäkelvon signaalin	tarkista liitin, kaapeli ja anturi
0x0E	0x00	-	kriittinen virhe	järjestelmä raportoi yleisen kriittisen virheen ilman tarkempaa määritelmää	ota yhteyttä tekniseen tukeen
0x0F	0x00	käyttöjännite ulostuloille alle 16V	kriittinen virhe	ulostulojen käyttöjännite laskenut minimi työskentelytason	tarkista jännitelähde
0x10	0x00	anturi liittymä 5, päävaiheanturi	kriittinen virhe, ei paluuta	epäkelpo, tai ei signaalia lainkaan anturilta 5	tarkista liitin, kaapeli ja anturi
0x11	0x00	epäkelpo signaali, "pilot stage" anturi	kriittinen virhe	epäkelpo, tai ei signaalia lainkaan anturilta "pilot stage"	tarkista liitin, kaapeli ja anturi
0x12	0x00	prosessori virhe	kriittinen virhe	järjestelmä raportoi prosessorivirheen	ota yhteyttä tekniseen tukeen
0x13	0x00	sisäinen analogiajännite epäkelpo	kriittinen virhe, ei paluuta	sisäinen käyttöjännite liian pieni	jos tämä tapahtuu usein, ota yhteyttä tekniseen tukeen
0x14	0x00	pumpunhuuhteluvaihde-piiri	kriittinen virhe	huuhteluvaihdepiirin vaste raportoi virheen	tarkista pumpun toiminta
0x15	0x00	yleiskriittinen virhe	kriittinen virhe, ei paluuta	järjestelmä raportoi yleiskriittisen virheen ilman paluuta, ilman tarkempaa määritelmää	virhe voidaan nollata voim sammuttamalla, ja käynnistämällä se uudelleen

0x16	0x00	käyttöjännite, ulostuloille alle 16V	kriittinen virhe, ei paluuta	ulostulojen käyttöjännite laskenut alle 16V kynnyksen	tarkista jännitelähde
0x17	0x00	3.3V jännite prosessorille	kriittinen virhe, ei paluuta	prosessorin käyttöjännite saavuttanut kriittisen tason	jos tämä tapahtuu usein, ota yhteyttä tekniseen tukeen
0x18	0x00	anturiliittymä 1	vakava virhe	epäkelpo signaali anturiliittymältä 1	tarkista liitin, kaapeli ja anturi
0x19	0x00	anturiliittymä 2	vakava virhe	epäkelpo signaali anturiliittymältä 2	tarkista liitin, kaapeli ja anturi
0x1A	0x00	yleinen interpolaatio	pikkuvika	interpolaatiomoduuili raportoi yleisvirheen ilman tarkempaa määritelmää	-
0x1A	0x01	Kulku yli tarkkailualueen sMin on rikottu	pikkuvika	tarkkailualueet aktivoitu, minimiraja on alitettu	tarkista tarkkailualueiden arvot
0x1A	0x02	kulku yli tarkkailualueen sMax on rikottu	pikkuvika	tarkkailualueet aktivoitu, yläraja on ylitetty	tarkista tarkkailualueiden arvot
0x1A	0x03	mahdoton vikaramppi tarkkailualueen lopussa, sMin rikottu	pikkuvika	mahdoton vikaramppi lopussa	tarkista rampin parametrit
0x1A	0x04	mahdoton vikaramppi tarkkailualueen lopussa, sMax rikottu	pikkuvika	mahdoton vikaramppi lopussa	tarkista rampin parametrit
0x1A	0x05	suunnanmuutos sMin rikottu	pikkuvika	tarkkailualueet aktivoitu, minimiraja on alitettu	tarkista tarkkailualueiden arvot, sekä rampin parametrit
0x1A	0x06	suunnanmuutos sMax rikottu	pikkuvika	tarkkailualueet aktivoitu, yläraja on ylitetty	tarkista tarkkailualueiden arvot, sekä rampin parametrit
0x1A	0x07	tarkkailunopeus vFeed rikottu	pikkuvika	sallittu maksimikulunopeus ylitetty	tarkista parametrit
0x1A	0x08	tarkkailunopeus vEnd rikottu	pikkuvika	sallittu maksimilopunopeus ylitetty	tarkista parametrit

0x1A	0x09	loppuasemaa ei voida saavuttaa jarrutusrampilla	pikkuvika	asetetulla jarrutusrampilla ei voida saavuttaa loppuasemaa	tarkista rampin parametrit
0x1A	0x0A	loppuasemaa ei voida saavuttaa kiihdytysrampilla	pikkuvika	asetetulla kiihdytysrampilla ei voida saavuttaa loppuasemaa	tarkista rampin parametrit
0x1A	0x0B	kiihtyvyyys ≤ 0	pikkuvika	epäkelpo arvo laskeutu kiihtyvyydeksi	tarkista rampin parametrit
0x1A	0x0C	hidastuvuus ≤ 0	pikkuvika	epäkelpo arvo laskeutu hidastuvuudeksi	tarkista rampin parametrit
0x1A	0x0D	vikahidastuvuus ≤ 0	pikkuvika	epäkelpo arvo laskeutu vikatilan hidastuvuudeksi	tarkista rampin parametrit
0x1B	0x00	yleinen G-koodin kääntäjän virhe	pikkuvika	G-koodin kääntäjä raportoi yleisen vian ilman tarkempaa määritelmää	tarkista G-koodi ohjelma ja parametrit
0x1B	0x01	G-kooditiedoston alustaminen epäonnistunut	pikkuvika	alustaminen epäonnistunut kääntäjän aloittaessa	ei ladattua G-koodia, väärä ohjelman tunnus, toinen moduuli yrittää päästä G-koodiin, epäkelpo G-kooditiedosto
0x1B	0x02	aliohjelman kutsu epäonnistunut	pikkuvika	aliohjelman kutsu epäonnistunut	aliohjelmaa ei ole olemassa, tunnuksen osoitin liian suuri, P-Parametri puuttuu
0x1B	0x03	hyppyoperaatio epäonnistunut	pikkuvika	ohjelman hyppyä ei voitu suorittaa	hypyn kohdetta ei ole olemassa, osoitin on liian suuri, L-parametri puuttuu
0x1B	0x04	tukematon operaatio nastajärjestyksessä	pikkuvika	digitaalisella ulostulolla epäkelpo osoite	digitaalisen ulostulon osoite väärä (≤ 0 tai >2)
0x1B	0x05	G01 kutsuttu ilman F-parametria	pikkuvika	F-parametri puuttuu	ohjelman ensimmäinen G01 komento ohjelmoitu ilman F-parametria, G04 ohjelmoitu ilman F-parametria
0x1B	0x06	liian monta ohjelmanimeä	pikkuvika	otsikkovirhe	syitä: liian monta ohjelman otsikkoa, ohjelman otsikko liian suuri
0x1B	0x07	hyppy- ja aliohjelmakasa täynnä	pikkuvika	kasan ylivuoto	liian monta sisäkkäistä aliohjelmakutsua, itseensä palautuva kutsu

0x1B	0x08	ohjelman loppu ilman M2 tai M30	pikkuvika	ohjelman loppu saavutettu ilman ohjelman tunnistetta	M02 tai M30 puuttuu tai on väärin ohjelmoitu
0x1B	0x09	epäkelpo ohjelman muuttuja	pikkuvika	epäkelpo ohjelmoitava muuttuja	liian monta ohjelman otsikkoa on ohjelmoitu tai ohjelman otsikko on liian suuri
0x1B	0x0A	epäkelpo X-parametri (G58 tai G59)	pikkuvika	X-parametri puuttuu	sivun asetukset ohjelmoitu ilman X-parametria
0x1B	0x0B	epäkelvöllinen G-funktioiden järjestys	pikkuvika	epäkelvöllinen G-funktioiden kutsujärjestys	G01 funktion jäännösnopeutta ei jatketa kulkukomennolla
0x1B	0x0C	uudelleen määritely funktion parametri	pikkuvika	uudelleen määritetty parametri G-funktiossa	G-funktion parametri on määritetty toistuvasti
0x1B	0x0D	epäkelpo kokonaislukumuuttuja	pikkuvika	epäkelpo kokonaisluku	vain int16 tuettu, luku ylittää 65535 arvon
0x1B	0x0E	epäkelpo float-tyyppinen arvo	pikkuvika	epäkelpo float-tyyppinen arvo	float-luku saa olla -99999999.0 - 99999999.0
0x1B	0x0F	tukematon funktio kutsuttu	pikkuvika	tukematonta G- tai M-funktio kutsuttu	G- tai M-funktiolle annettua indeksiä ei löydy
0x1B	0x10	epäkelpo funktion numero	pikkuvika	epäkelvöllinen G- tai M-funktion numero	G- tai M-funktiolle annettu indeksi liian suuri
0x1B	0x11	maksimi asemarvojen määrä saavutettu	pikkuvika	ohjelmointirajojen ylittävä asema lähestyy	syitä: X-parametri liian suuri, nollakohtan siirto + X-parametri liian suuri, ohjelmoitava parametri liian suuri
0x1B	0x12	ei aktivoitua kohdeikkunan tarkkailua	pikkuvika	kohdeikkunan tarkkailua ei ole kytketty	käynnistä kohdeikkunan tarkkailu
0x1B	0x13	epäkelpo akselin nimi	pikkuvika	ohjelmoitu akselin nimi ei sovi NC-ohjelmassa olevaan	muuta akselin nimeä
0x1B	0x14	epäkelpo S-parametri	pikkuvika	kelvöllinen S-parametri puuttuu	karan nopeus on väärin ohjelmoitu tai puuttuu kokonaan

0x1B	0x15	uusi ohjelman nimen määrittäminen	pikkuvika	useita ohjelman nimen määrittämiä	ohjelman otsikkoon on toistuvasti kirjoitettu
0x1B	0x16	ei aktivoitua ohjausvirheen tarkkailua	pikkuvika	seuraavaa asemantarkkailua ei ole aktivoitu	aktivoi seuraava asemantarkkailu
0x1B	0x17	karan nopeus >255	vakava virhe	karan nopeuden resoluutio on liian pieni	karan nopeus/resoluutio (1 tavu) on liian korkea
0x1C	0x00	1 Vpp LVDT	vakava virhe	1 Vpp LVDT raportoi epäkelvosta signaalista	tarkista kytkentä, kaapeli ja anturi
0x1D	0x00	käyttölaitetta ei ole vertailtu	pikkuvika	inkrementianturilla varustettua käyttölaitetta ei ole ajettu referenssipisteeseen	inkrementianturilla varustettu käyttölaite tulee ajaa referenssipisteeseen
0x1E	0x00	virheellinen liitäntä	pikkuvika	anturin liitäntä on epäkelpo (<1 tai >8)	tarkista parametrit
0x1F	0x00	väyläliikenne	varoitust	kommunikaatiomoduli raportoi varoituksen	tarkista väyläliikenteen kommunikaatio
0x20	0x00	väyläliikenne	pikkuvika	kommunikaatiomoduli raportoi vähäisen virheen	tarkista väyläliikenteen kommunikaatio
0x21	0x00	väyläliikenne	vakava virhe	kommunikaatiomoduli raportoi vakavan virheen	tarkista väyläliikenteen kommunikaatio
0x22	0x00	väyläliikenne	kriittinen virhe	kommunikaatiomoduli raportoi kriittisen virheen	tarkista väyläliikenteen kommunikaatio
0x23	0x00	anturiliityntä 3	vakava virhe	epäkelpo signaali anturilta 3 (esim. kaapelirikko)	tarkista kytkentä
0x24	0x00	anturiliityntä 4	vakava virhe	epäkelpo signaali anturilta 4 (esim. kaapelirikko)	tarkista kytkentä
0x25	0x00	referenssipiste virhe	pikkuvika	virhe referenssipisteen asetuksessa, esim. referenssipistettä ei löytenyt	tarkista anturi, vähennä referenssinopeutta, korjaa loppuasema

0x25	0x01	liian kova nopeus	pikkuvika	referenssinopeus liian kova	vähennä nopeutta
0x25	0x02	referenssipistettä ei löytynyt	pikkuvika	kova pysäytys ennen referenssipisteen löytämistä	tarkista anturi, referenssiparametrit
0x25	0x03	etsintäväli ylitetty	pikkuvika	etsintäväli ylitetty, referenssipistettä ei löytynyt väliltä	tarkista anturi, tarkista parametrit
0x25	0x04	lopetuspistettä ei saavutettu	pikkuvika	asetettua loppupistettä ei saavutettu	tarkista anturi, tarkista parametrit
0x26	0x00	parametrivirhe	vakava virhe	yleinen konfiguraatio virhe, jokin parametri ei sovi	tarkista konfiguraatio
0x26	0x01	anturityyppi ei sovi asetettuun ohjausmoodiin	vakava virhe	valittu anturi ei sovi ohjausmoodiin	tarkista konfiguraatio
0x26	0x02	virhe ohjausvirheen tarkkailun asennuksessa	vakava virhe	seuraavan virheen tarkkailun epäkelpo kofigurointi	tarkista konfiguraatio
0x26	0x03	kohdeikkunan tarkkailun asennusvirhe	vakava virhe	kohdeikkunan tarkkailun epäkelpo konfigurointi	tarkista konfiguraatio
0x26	0x04	asetusarvojen rajoituksen asennusvirhe	vakava virhe	asetusarvojen asennuksen epäkelpo konfigurointi	tarkista konfiguraatio
0x27	0x01	avoin ulostulo	vakava virhe	virheellinen ulostulo on sillattu, siten tulokseton	tarkista virheellisen ulostulon kaapelointi
0x27	0x02	oikosulku / ylikuumentuminen	vakava virhe	virheellinen ulostulo on ylikuormitettu, ylivuotosuoja on aktivoitu, ulostulo on sammutettu	tarkista virheellisen ulostulon kaapelointi
0x2C	0x00	kaapelirikko, sisääntulo 1 (X1/E4)	kriittinen virhe	analoginen asetusarvo 1 ei saa signaalia, tai signaali on epäkelpo	tarkista kytkentä
0x2D	0x00	kaapelirikko, sisääntulo 2 (X1/E7)	kriittinen virhe	analoginen asetusarvo 2 ei saa signaalia, tai signaali on epäkelpo	tarkista kytkentä