

Juha-Matti Pösö

TUTKIMUSMATKA SAKSALAISEEN LIIKKEENOHJAUKSEEN

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

2010

## TUTKIMUSMATKA SAKSALAISEEN LIIKKEENOHJAUKSEEN

Pösö, Juha-Matti  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Toukokuu 2010  
Suvela, Timo  
Sivumäärä: 79  
Liitteitä: 1

Asiasanat: säätötekniikka, ohjausautomaatiikka, ohjausjärjestelmät, ohjauslaitteet, hydrauliset koneet

---

Opinnäytetyön aiheena oli kartoittaa erilaisia liikkeenohjausratkaisuja Satakunnan ammattikorkeakoulun Tekniikka Porin yksikön konelaboratoriossa olevaan laitteeseen. Kyseisen laitteen on tarkoitus havainnollistaa mahdollisimman visuaalisesti erilaisia säätötekniisiä säätöjä, kuten esimerkiksi PID-säätöä. Lisäksi sillä halutaan graafisesti visualisoida askelvasteita ja venttiilin ohjauskäyrän epäsuoruuden korjausta. Tässä hydraulisessa laitteessa sylinteri liikuttaa proportionaaliventtiilin ohjaamaa massaa kiskoilla edestakaisin.

Laitteen aiempi ohjaus ei enää toimi ja on lisäksi tekniikaltaan vanhentunut. Aieman ohjauksen kehittäjä on poistunut oppilaitoksen palveluksesta, joten vanhan ohjauksen korjaaminen on vaikeaa. Työn tekemistä ohjaavana tavoitteena oli löytää uusi, nykyaikainen liikkeenohjausratkaisu, joka parhaiten täyttää sovelluksen asettamat toiminnalliset ja oppilaitoksen asettamat taloudelliset vaatimukset.

Työ tehtiin pääasiassa kirjallisuustutkimuksen tapaan, joskin kaikki lähteet olivat sähköisiä. Sähköisiä lähteitä jouduttiin käyttämään, koska aihepiiristä on olemassa hyvin vähän kirjallista aineistoa ja sekin aineisto on useimmiten helpoiten saatavissa sähköisessä muodossa. Pyrittiin myös kuuntelemaan valmistajien mielipidettä siitä, mikä heidän järjestelmänsä parhaiten soveltuisi tähän käyttötarkoitukseen. Omien tutkimustulosten, eri vaihtoehtojen vertailemisen ja valmistajien suositusten perusteella pystyttiin tekemään perusteltu järjestelmävalinta.

Työ rajattiin kolmen saksalaisen valmistajan Siemensin, Beckhoffin ja Bosch Rexrothin tarjoamiin järjestelmiin. Rajaus tehtiin puhtaasti aikataulullisista syistä tiedostaen, että kaikkiin mahdollisiin vaihtoehtoihin ei pystyttäisi tutustumaan opinnäytetyön laajuuden rajoissa. Siemensiltä vertailussa mukana oli teknologia-CPU 315T-DP/317T-2DP ja Simotion-tuoteperhe kaikilla saatavissa olevilla laitteistoalustoilla, jotka ovat PC-pohjainen Simotion P, PLC-pohjainen Simotion C ja käyttöpohjainen Simotion D. Beckhoffin TwinCAT-tuoteperheestä mukana vertailussa olivat TwinCAT PLC ja TwinCAT NC PTP. Bosch Rexrothilta mukana vertailussa oli VT-HNC100...3X digitaalinen akseli-ohjain.

Lopullinen valinta kohdistui Beckhoffin TwinCAT NC PTP:hen, joka on PC-pohjainen liikkeenohjausjärjestelmä. Ratkaisun tekemistä auttoi se, että järjestelmä oli paitsi joukon edullisin, niin myös ominaisuuksiltaan parhaiten käyttötarkoitukseen sopiva.

## EXPEDITION TO GERMAN MOTION CONTROL

Pösö, Juha-Matti

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

May 2010

Suvela, Timo

Number of pages: 79

Appendices: 1

Key words: control engineering, control automation, control systems, control devices, hydraulic machines,

---

The purpose of this thesis was to chart different motion control solutions to a device that is located in the Mechanical Engineering Laboratory of Satakunta University of Applied Sciences in the School of Technology Pori. The purpose of the device is to illustrate in a very visual way different controls used in control engineering, e.g. a PID-control. In addition, a graphical illustration of step responses and a correction of valve control curve can also be one use for this device. In this hydraulic device the cylinder moves a mass that is on the rails with the help of a proportional valve.

The previous control of the device is no longer functional and is also outdated. The developer of the previous control does not work for the school anymore and thus it is hard to repair it. The goal of the thesis was to find a new modern motion control solution that best fulfills all the functional and economical requirements of the application imposed by the school.

The thesis was done mainly in the form of a literary research although all the source material was in electronic form. Electronic source material was used because there is very little literary material available about this subject and almost all of that material is also more easily available in electronic form. Manufacturers' opinions about which of their systems are best for this use were also taken into consideration. It was possible to make a justified decision based on my own investigations, a comparison of different systems and the opinions of system manufacturers.

The thesis was delimited to three German motion control system manufacturers Siemens, Beckhoff and Bosch Rexroth. Delimitation was made purely based on scheduling reasons because it would have been impossible to be able to get to know all the systems available. Drive-based Siemens Simotion D, controller-based Simotion C and PC-based Simotion P were compared as well as Siemens technology CPU 315T-DP/317T-2DP. Beckhoff TwinCAT NC PTP, TwinCAT PLC and Bosch Rexroth VT-HNC100...3X digital axis controller took also part in the comparison.

The system that was selected is a PC-based motion control system Beckhoff NC PTP. It was quite easy to make the decision because NC PTP had the best fitting features for this application and it was also the most affordable system.

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	11
2	TYÖN TEKEMINEN.....	13
3	LAITTEISTO .....	16
4	BECKHOFF TWINCAT.....	20
4.1	Rakenne ja ominaisuudet .....	23
4.2	Toiminta ja ohjelmointi .....	24
4.3	Alustat ja liitynnät.....	26
4.4	TwinCAT I/O.....	27
4.5	Järjestelmänhallinta .....	28
4.6	TwinCAT PLC.....	29
4.6.1	Ohjelmointi.....	30
4.6.2	Vianetsintä ja ominaisuudet .....	31
4.7	TwinCAT NC PTP.....	33
4.7.1	Pisteohjaus.....	34
4.7.2	Ohjelmointi.....	34
4.7.3	Akselit ja akselifunktiot .....	34
5	SIEMENS SIMOTION .....	35
5.1	Järjestelmän osat .....	37
5.1.1	Ajonaikainen järjestelmä.....	38
5.1.2	Suunnittelujärjestelmä.....	38
5.1.3	Laitteistoalustat .....	42
5.1.4	Simotion D .....	42
5.1.5	Simotion C.....	46
5.1.6	Simotion P .....	48
5.2	Käyttäminen ja käyttökohteet .....	52
6	SIEMENS TEKNOLOGIA-CPU .....	54
6.1	Käyttäminen ja käyttökohteet .....	55
6.2	Hyvät ominaisuudet .....	55
6.3	Ominaisuudet .....	56
7	BOSCH REXROTH DIGITAALINEN AKSELIOHJAIN .....	57
8	JÄRJESTELMIEN VERTAILU .....	60
8.1	Siemens Simotion .....	61
8.1.1	Simotion C.....	62
8.1.2	Simotion P .....	63

8.1.3 Simotion D .....	63
8.2 Beckhoff TwinCAT .....	64
8.2.1 Beckhoff TwinCAT PLC .....	66
8.2.2 Beckhoff TwinCAT NC PTP .....	67
8.3 Siemens Teknologia-CPU.....	68
8.4 Bosch Rexroth digitaalinen akseliohjain .....	69
9 YHTEENVETO .....	69
LIITTEET	

## SYMBOLI- JA TERMILUETTELO

**.NET**-framework on Microsoftin kehittämä ohjelmistokomponenttikirjasto, jota Microsoftin VisualStudio.NET-ympäristössä kehitetyt ohjelmistot käyttävät /27/.

**ADS OCX** on Active-X komponentti, joka tarjoaa standardiliittymän esimerkiksi Visual Basicille, Delphille, jne. /28/.

**Beckhoff** Automation GmbH on keskikokoinen kansainvälisesti toimiva yritys, joka sijaitsee Verlissä, Westphalian alueella, Saksassa /27/.

**Bosch Rexroth** AG on maailman markkinajohtaja voimansiirtoteknologiassa ja liikkeenhallinnassa /29/

**CANopen** on kommunikaatio-protokolla ja laiteprofiilimääritelmä sulautetuille järjestelmille, joita käytetään automaatioissa /27/.

**CFC** (Continuous Function Chart) ei ole IEC61131-3-standardin ohjelmointikieli. Se on laajennus FBD:hen /30/.

**CF-kortti** (CompactFlash) on muistikortti, jota käytetään kannettavissa elektroniikkalaitteissa. Tyypillisesti tallennusvälineenä käytetään flash-muistia /27/.

**CNC** (Computerized Numerical Control) eli tietokoneistettu numeerinen ohjaus (kts. NC) /27/.

**COM-väylä** (Component Object Model) on binääriliittymästandardi ohjelmakomponenteille /27/.

**CPU** (Central Processing Unit) eli suoritin tai prosessori on tietokoneen osa, joka suorittaa tietokoneohjelman sisältämiä konekielisiä käskyjä /27/.

**DCC** (Drive Control Chart) on joukko vapaasti ohjelmoitavissa olevia käyttöön liittyviä avoimen ja suljetun säätöpiirin ohjaus- ja aritmetiikkafunktioita /31/.

**DeviceNet** on kommunikaatio-protokolla, jota käytetään automaatioteollisuudessa liittämään yhteen ohjauslaitteita tiedonvaihtoa varten /27/.

**DLL** (Dynamic-Link Library) eli dynaamisesti linkitettävä kirjasto on Microsoftin toteutustapa jaetusta kirjastokonseptista Microsoft Windowsissa ja OS/2-käyttöjärjestelmissä /27/.

**DPRAM** (Dual-Ported RAM) on RAM-muistia, jota voidaan lukea tai kirjoittaa useasti samaan aikaan tai ainakin melkein samaan aikaan /27/.

**EMC** (ElectroMagnetic Compatibility) eli sähkömagneettinen yhteensopivuus tarkoittaa elektronisen laitteen tai järjestelmän kykyä toimia luotettavasti luonnollisessa

toimintaympäristössään. Laite ei saa myöskään tuottaa kohtuuttomasti sähkömagneettisia häiriöitä ympäristöönsä /27/.

**ERP-järjestelmä** (Enterprise Resource Planning) on yrityksen tietojärjestelmä, joka integroi eri toimintoja, kuten tuotantoa, jakelua, varastonhallintaa, laskutusta ja kirjanpitoa. Suomen kielessä ERP-järjestelmästä voidaan käyttää esimerkiksi nimeä toiminnanohjausjärjestelmä /27/

**EtherCAT** on korkean suorituskyvyn omaava Ethernet-pohjainen kenttäväyläjärjestelmä /27/.

**FBD** (Function Block Diagram) eli toimilohkokaavio on yksi viidestä logiikka- tai ohjauskonfiguraatiossa käytettävistä kielistä, joita IEC 61131-3-standardi tukee /27/.

**FIFO-akselit** on ohjelmistotyökalu kahden tai useamman akselin synkronointiin /11/.

**HMI** (Human-Machine Interface) on ihmisen ja ohjelmoitavan logiikan välisessä kommunikaatiossa käytettävästä käyttöliittymästä käytetty termi. HMI voidaan toteuttaa logiikkaan liittyvillä näyttölaitteilla tai PC-valvomo-ohjelmistojen avulla /27/.

**IEC60870-5-101** on kansainvälinen TC57:n valmisteleva standardi sähkövoimajärjestelmän seurantaan, ohjaukseen ja siihen liittyvään kaukokäytön kommunikointiin, etäsuojaukseen, ja sähkövoimajärjestelmään liittyvään tietoliikenteeseen /27/.

**IEC 61131-3** on kolmas osa avoimesta kansainvälisestä IEC 61131-standardista. Kolmas osa käsittelee ohjelmointikieliä määrittellen kaksi graafista ja kaksi tekstiin perustuvaa PLC:n ohjelmointikielistandardia /27/.

**IL** (Instruction List) eli käskylista on yksi viidestä IEC 61131-3-standardin tukemasta ohjelmointikielestä /27/.

**Interbus** on sarjaliikenneväyläsystemi, joka lähettää tietoa ohjausjärjestelmän ja antureiden sekä toimilaitteisiin kytkettyjen hajautettujen I/O-moduuleiden välillä /27/

**I-säädin** eli integroiva säädin /27/

**IPC** (Industrial PC) eli teollisuus-PC

**IRT** (Isochronous Real-Time) eli isokroninen (samanaikainen) reaaliaikatoiminnallisuus /27/.

**Isoprofibus-kortti** on liityntäyksikkö, jossa on kaksi Profibus DP-liityntää PROFIDrivella varustettuna /32/.

**Kv-kerroin** eli vahvistuskerroin /27/.

**LD** (Ladder Diagram) eli tikapuukaavio on erikoistunut toimituskaavio, jota yleisimmin käytetään dokumentoimaan teollisuuden logiikkaohjausjärjestelmiä /33/.

**Lightbus** on kenttäväylä, joka hyödyntää optista kuitua tiedonsiirrossaan /27/.

**MCI-PN-kortti** on liityntäyksikkö Profinetin liittämistä varten /34/.

**MES-järjestelmä** (Manufacturing Execution System) on tuotannon- tai valmistuksenohjausjärjestelmä, joka yhdistää ERP-järjestelmän varsinaiseen tehdasautomaatioon /27/.

**MMC** (MultiMediaCard) on flash-muistikorttityyppi /27/.

**Modbus RTU** on kompakti binaarinen datanesitysmuoto, joka käyttää sarjaliikennettä. RTU-formaatissa käytetään tiedon eheyden tarkistukseen CRC-tarkistussummaa /27/.

**MPI** (Message Passing Interface) on määritelmä ohjelmointirajapinnalle, jonka avulla useiden tietokoneiden on mahdollista pitää yhteyttä toistensa kanssa /27/.

**NC** (Numerical Control) eli numeerinen ohjaus tarkoittaa työstö- tai muun koneen käyttöä sovitun koodin mukaisilla komennoilla, jotka koneen ohjauselektroniikka toteuttaa muuntamalla ne tarvittaviksi servo-ohjattujen moottorien liikkeiksi /27/.

**NOVRAM** (NVRAM) (NON-Volatile Random Access Memory) on yleisnimi, jota käytetään kuvaamaan erityyppisiä RAM-muisteja, jotka eivät menetä tietoa, kun virta kytketään pois /27/.

**OCX** (OLE Control eXtension) on OLE:n (Object Linking and Embedding) kehittäjille tuoma tapa kehittää ja käyttää mukautettuja käyttöliittymäelementtejä /27/.

**OP** (Operator Panel) eli käyttöpaneeli /35/.

**OPC-liittymä** (OPen Connectivity via open standards) on avoimen tiedonsiirron standardi, jota käytetään teollisuuden automaatiosovelluksissa lähinnä PC-valvomojen ja ohjelmoitavien logiikoiden välillä /27/.

**PDT1-ohjain** on klassisen PD-säätimen digitaalinen versio, jossa on proportionaalista ja derivoivaa toimintaa /36/.

**PG** (ProGramming device) eli ohjelmointilaite /37/.

**PID-säädin** (Proportional-Integral-Derivative) on yksi säätötekniikan perussäätimistä. Säätimen nimi muodostuu kolmesta toimintoa kuvaavasta termistä, jotka ovat suhde, integroiva ja derivoiva /27/.

**PI-säädin** (Proportional-Integral) on yksi säätötekniikan perussäätimistä. Säätimen nimi muodostuu kahdesta toimintoa kuvaavasta termistä, jotka ovat suhde ja integroiva /27/.



**PLC** (Programmable Logic Controller) eli ohjelmoitava logiikka on pieni tietokone, jota käytetään reaaliaikaisten automaatioprosessien ohjauksessa, kuten esimerkiksi NC-koneen tai tehtaan kokoamislinjan ohjaamisessa /27/.

**PLCopen** on IEC61131-3-standardin määrittelemä ohjelmointitapa, joka mahdollistaa ohjelmoinnin joustavasti jopa viidellä eri tyylillä /38/.

**P-säädin** (Proportional) on yksi säätötekniikan perussäätimistä. Suhdeosalla (P) tarkoitetaan siis sitä, että säätimen sisäänmeno (ohjaussuure) on suoraan verrannollinen säätimen ulostuloon, siis vahvistukseen (proportion) /27/.

**POU** (Program Organisation Unit) on koodirivejä sisältävä yksikkö, jota toinen POU pystyy kutsumaan /39/.

**Profibus DP** on johtava avoin kenttäväyläjärjestelmä /40/.

**Profibus MC** eroaa Profibus DP:stä siinä, että sen Profibus-sykli on tasainen. Hajonta on vain muutamia mikrosekunteja, kun taas Profibus DP:ssä hajonta on yli 100 mikrosekuntia. Lisäksi syklin alussa lähetetään globaali ohjaussähke, jota MC-slavet voivat käyttää synkronisointiin /41/.

**PROFIdrive** on standardiprofiili käyttöteknologialle, joka hyödyntää Profibus ja Profinet-kommunikaatiojärjestelmiä /42/.

**Profinet** on avoin teollisuus-Ethernet-standardi teollisuuden automaatioon, joka yhdistää kenttätason laitteet suoraan tuotannonohjaustasolle /43/.

**ProTool** on universaali konfigurointiohjelma kaikille Simatic-käyttöpaneelille ja Simatic-käyttöliittymille /44/.

**PTP** (point-to-point) eli pisteestä pisteeseen.

**RS232** on kahden tietokonelaitteen väliseen tietoliikenteeseen tarkoitettu tietoliikenneportti, jossa data siirtyy yksi bitti kerrallaan ”peräkkäin” asynkronisesti sarjamuotoisena /27/.

**RS485** on differentiaalinen sarjaväylä, johon voi liittyä useita väylälaitteita samanaikaisesti /27/.

**RT** (Real Time) eli reaaliaika /27/.

**BK8100** on väyläkytkentä, joka käyttää fyysikaltaan RS485 tai RS232C (V.24) kaltaista tiedonsiirtoa /45/.

**SCADA** (Supervisory Control And Data Acquisition) on tietokoneohjelmistotyyppi, joka tunnetaan ehkä paremmin nimillä valvomo-ohjelmisto tai PC-valvomo /27/.

**SERCOS**-liityntä (SERial Real-time COmmunication System) on globaalisti standardisoitu, avoin, digitaalinen liityntä teollisten ohjausten, liikkeenohjauslaitteiden ja

I/O-laitteiden väliseen kommunikointiin. Se on määritelty IEC 61491- ja EN 61491-standardeissa /27/.

**SERCOS 2**-liityntä esiteltiin vuonna 1999. Se laajensi SERCOS-liitynnän tuetut tiedonsiirtonopeudet 2, 3, 8 ja 16 MB/s /27/.

**SFC** (Sequential Function Chart) on graafinen ohjelmointikieli, jota käytetään muun muassa PLC:ssä. Se on yksi viidestä IEC 61131-3-standardin määrittelemästä ohjelmointikielestä /27/.

**Siemens** (AG) on saksalainen konglomeraatti (monialayhtymä), jonka päätoimialoja ovat tieto- ja tietoliikennetekniikka, automaatiotekniikka, energiantuotanto, liikennetekniikka, terveydenhuollon tekniikka ja valaistus /27/.

**SSI**-liitäntä (Synchronous Serial Interface) on synkroninen sarjaliitäntä /46/.

**ST** (Structured Text) eli rakenneteksti on yksi viidestä IEC 61131-3-standardin määrittelemästä ohjelmointikielestä /27/.

**Step 7** on Siemensin suunnittelujärjestelmä /47/.

**Sulautettu järjestelmä** (embedded system) on tiettyyn tarkoitukseen tehty tietokonejärjestelmä. Sille on tyypillistä, että käyttäjän ei tarvitse olla tietoinen laitteen sisällä olevasta tietokoneesta, vaikka voikin sen olemassaolon helposti päätellä /27/.

**TCP/IP** (Transmission Control Protocol / Internet Protocol) on usean Internet-liikennöinnissä käytettävän tietoverkkoprotokollan yhdistelmä. IP-protokolla on alemman tason protokolla, joka vastaa päätelaitteiden osoitteiden antamisesta ja pakettien reitittämisestä verkossa. Sen päällä voidaan ajaa useita muita verkko- tai kuljetuskerroksen protokollia, joista TCP-protokolla on yleisin /27/.

**UPS** (Uninterruptible Power Supply) on järjestelmä tai laite, jonka tehtävä on taata tasainen virransyöttö lyhyissä katkoksissa ja syöttöjännitteen epätasaisuuksissa. UPS liitetään virtalähteen ja virtaa käyttävän laitteen väliin /27/.

**WinCC** on Siemensin valvomo-ohjelmisto /48/.

**XFC** (eXtreme Fast Control technology) on Beckhoffin nopea ohjausteknologia /49/.

# 1 JOHDANTO

Työssä oli tarkoitus tutkia, millaisia erilaisia vaihtoehtoja on toteuttaa tietty liikkeenohjaustoiminnallisuus. Toiminnallisuuden ehdot sanelee Satakunnan ammattikorkeakoulun Tekniikka Porin konelaboratoriossa oleva laite, jota on tarkoitus käyttää erilaisten säätötekniikkaan liittyvien säätöjen, kuten esimerkiksi PID-säädön, havainnollistamiseen mahdollisimman visuaalisella tavalla. Laitteella halutaan havainnollistaa lisäksi askelia ja askelvasteita käyrien muodossa. Laitetta saatetaan myös käyttää venttiilin ohjauskäyrän epäsuoruuden matemaattisen korjaamisen havainnollistamiseen.

Laitteen alkuperäinen ohjaus on hajonnut ja henkilö, joka sen on kehittänyt, ei ole enää oppilaitoksen palveluksessa. Näin ollen on helpompaa hankkia uusi ohjaus kuin lähteä korjaamaan vanhaa. Lisäksi on huomionarvoista, että vanha ohjaus on nykymittapuun mukaan vanhanaikainen, joten sen käyttö opetustarkoituksessa on siten kyseenalaista.



**Kuva 1. Alkuperäinen ohjaus**

Laitteessa massaa liikutetaan proportionaaliventtiilin ohjaaman sylinterin avulla edestakaisin kiskoilla. Massan liikkeitä seurataan pulssianturilla. Hydraulisessa järjestelmässä on lisäksi hydrauliliikkamoottori, paineenrajoitusventtiili, solenoidiventtiili

-li, käyttökytkimiä, hätäpysäytys, öljymittari, hydraulikkaneesteen suodatin ja paikka paluusuodattimelle.



**Kuva 2. Massa kiskoilla**



**Kuva 3. Hydraulikkakoneikon kupu**



**Kuva 4. Näkymä kuvun alta.**



**Kuva 5. Proportionaaliventtiili ja sylinteri**

Opinnäytetyö rajattiin koskemaan selvitystyötä, jonka perusteella hankintapäätös tehdään. Rajaus tehtiin puhtaasti aikataulullisista syistä. Työssä vertaillaan Siemensin, Beckhoffin ja Bosch Rexrothin tarjoamia liikkeenohjausjärjestelmiä ja pohditaan niiden soveltuvuutta aiemmin kuvattuun käyttötarkoitukseen. Vertailussa on mukana Siemensin Simotion-tuoteperhe kaikilla saatavissa olevilla laitteistoalustoillaan, jotka ovat käyttöpohjainen Simotion D, logiikkapohjainen Simotion C ja PC-pohjainen Simotion P. Mukana on samalta valmistajalta myös S7-300-tyypin ohjelmoitavaa logiikkaa muistuttava teknologia-CPU 315D-2DP ja 317D-2DP. Pelkästään PC-pohjaiseen liikkeenohjaukseen luottavalta Beckhoffilta mukana vertailussa olivat TwinCAT NC PTP ja TwinCAT PLC. Näiden lisäksi mukana vertailussa oli Bosch Rexrothin digitaalinen akseliohjain VT-HNC100...3X.

Valitsin opinnäytetyön aiheen, koska sitä minulle tarjottiin, se vaikutti kiinnostavalta ja koska se automaatioon liittyvänä sopii hyvin opintoihini. Opinnäytetyön aiheen

ajankohtaisuus tuli ilmi vasta, kun olin tutustunut Siemensin ja Beckhoffin tarjoamiin järjestelmiin. Ilmi tuli vallalla oleva kilpailu PLC-pohjaisten ja PC-pohjaisten järjestelmien välillä. Opinnäytetyö tarjoaa mahdollisuuden tutustua molempiin.

Työ tehtiin kirjallisuustutkimuksen tapaan, joskaan kirjallisia lähteitä ei ollut. Kaikki käytetyt lähteet ovat sähköisiä. Sähköisiä lähteitä päädyttiin käyttämään, koska kirjallisia lähteitä oli tästä aihepiiristä hyvin vähän saatavissa ja ne kirjalliset lähteet, joita olisi voinut käyttää, olivat helpommin saatavissa ja hyödynnettävissä sähköisessä muodossa. Omien tutkimuksien lisäksi pyrittiin kuuntelemaan valmistajien mielipiteitä siitä, mikä heidän edustamistaan järjestelmistä parhaiten soveltuu tähän käyttötarkoitukseen. Kaikilta valmistajilta pyrittiin saamaan tarjous.

Työn tuloksena valittu järjestelmä lienee paras mahdollinen tähän tarkoitukseen, vaikkakin olisi ollut hyvä kuulla kaikkien valmistajien mielipide ja saada virallinen tarjous heidän tarjoamastaan ratkaisusta. Toisaalta hankinnat tehdään usein sieltä mistä ne on helpoin tehdä. Harvoin tuotteita ostetaan paikasta, josta sitä ei aktiivisesti haluta myydä. Olisi ollut toisaalta järkevää ottaa Bosch Rexroth mukaan vertailuun jo heti työn alussa, jotta tarjouksen odottamiseen olisi jäänyt enemmän aikaa.

Työ toimii suomenkielisenä tietopakettina vertailun kohteena olevista liikkeenohjausjärjestelmistä. Tiedonhaun yhteydessä huomasi, että suomenkielistä materiaalia tästä aiheesta on hyvin vähän saatavilla. Työ täyttää omalta osaltaan tätä aukkoa. Työ toimii myös pohjamateriaalina henkilölle, joka tulee toteuttamaan kyseisen laitteen ohjauksen, käyttäen valittua järjestelmää.

## 2 TYÖN TEKEMINEN

Sain ensin ohjaavalta opettajalta selvityksen siitä, mitä laitteella pitäisi tehdä ja millaisia vaatimuksia laitteen toiminnalle on. Vaatimuksena oli se, että laitteesta saataisiin ulos jonkinlaista grafiikkaa, joka havainnollistaisi erilaisia säätötekniisiä säätöjä, kuten PID-säätöä. Askelvasteista olisi hyvä saada aikaan jotain graafista kuvaajaa. Lisäksi oli tärkeää, että laite kykenee antamaan proportionaaliventtiilille oikeanlaisen

ohjausviestin. Taloudellisista vaatimuksista ei vielä tässä vaiheessa keskusteltu, mutta itsestään selvää oli, että mitä halvempi sitä parempi.

Työn tekeminen lähti siitä, että pyrin ottamaan järjestelmän komponenteista selvää niin tarkasti kuin mahdollista. Selvitin komponenttien merkit ja mallit sekä venttiilien kaaviot. Valokuvasin järjestelmän myös perusteellisesti. Kuvat auttoivat siinä, että järjestelmä ikään kuin kulki mukana kaikille kuvien muodossa. Kuvaamalla sain myös komponenttien tiedot nopeasti otettua ylös. Osa kuvista päätyi myös tähän opinnäytetyöhön.

Sain ohjaavalta opettajalta vinkin, jonka mukaan Siemensin Simotion-liikkeenohjausjärjestelmään ja teknologia-CPU:hun kannattaisi tutustua. Hain tämän jälkeen tietoa Siemens Simotion P:stä, C:stä ja D:stä sekä Siemensin teknologia-CPU 315T-2DP:stä.

Tiedonhaun jälkeen aloin ensin kirjoittaa opinnäytetyön Siemensiä koskevaa teoriaosuutta. Lisäksi kirjoitin laitteiston tiedot ylös opinnäytetyöhön. Aloittelin myös alustavasti tiedonhakuja muiden valmistajien liikkeenohjausjärjestelmiin liittyen, jolloin tuli selväksi, että en pysty opinnäytetyössä mitenkään paneutumaan niihin kaikkiin. Tapasimme ohjaavan opettajan kanssa muutaman kerran ja näiden tapaamisten tuloksena päädyimme rajaamaan työtä sen verran, että toinen vertailtava liikkeenohjausjärjestelmä olisi Beckhoffin TwinCAT.

Samoihin aikoihin päätimme kutsua molempien valmistajien edustajat koululle esittelemään järjestelmiään. Näistä vierailuista toteutui lopulta vain toinen. Siemensin myyntipäällikkö Jukka Pusa kävi koululla 26.2.2010. Hän toi meille Siemensiin liittyen materiaalia ja kertoi, että Simotion D voisi olla parhaiten sopiva järjestelmä kyseessä olevaan sovellukseen. Selvisi myös, että teknologia-CPU:lla on kallista toteuttaa tarvittava toiminnallisuus. Vierailun yhteydessä syntyi useita ideoita siitä, miten järjestelmää voitaisiin tulevaisuudessa hyödyntää. Venttiilin ohjauskäyrän epäsuoruden matemaattinen korjaaminen saattaisi esimerkiksi olla havainnollisesti toteutettuna yksi mahdollinen opetussovellus tälle järjestelmälle. Saimme myöhemmin tarjouksen Simotion D:llä toteutetusta järjestelmästä.

Vierailun aikaan Siemensin teoriaosuus opinnäytetyössä oli Simotionin suhteen tehtynä ja kirjoitin parhaillaan teknologia-CPU:n teoriaa. Aloitin samaan aikaan tiedonhaku Beckhoffin TwinCAT:iin liittyen. Ennen kuin Beckhoffin tiedonhaku oli ohi, ohjaava opettaja oli saanut tiedon vielä yhdestä tutustumisen arvoisesta järjestelmästä, joka oli Bosch Rexrothin digitaalinen akseliohjain VT-HNC100...3X.

Bosch Rexrothin mukaan tuleminen aiheutti sen, että opinnäytetyön nimi piti vaihtaa. Alun perin työnimenä oli ”Liikkeenohjaukartoitus: Siemens ja Beckhoff”, joka muuttui tässä kohtaa lopulliseen muotoonsa ”Tutkimusmatka saksalaiseen liikkeenohjaukseen”. Täytyy kuitenkin tässä vaiheessa mainita, että erityisenä tarkoituksena ei ollut keskittyä nimenomaan saksalaiseen liikkeenohjaukseen. On siis täysin sattumaa, että saksalaisuus on kolmea vertailuun otettua valmistajaa yhdistävä tekijä.

Opinnäytetyöhön liittyvästä tiedonhausta voisi sanoa sen verran, että aiheesta johtuen lähestulkoon kaikki materiaali oli englanninkielistä. Tiedonhakuvaihetta seurasi siis aina käänkösvaihe, jonka jälkeen vasta pääsin muotoilemaan tekstiä ja lisäämään sen varsinaiseen työhön.

Lähetin 10.3.2010 sähköpostia Beckhoffin aluemyyntipäällikölle Teppo Lepistölle. Sähköpostissa tiedustelin mikä Beckhoffin TwinCAT-järjestelmistä sopisi parhaiten kyseessä olevaan sovellukseen. Vastauksena sain, että TwinCAT NC PTP sopisi parhaiten. Sähköpostin liitteenä oli myös tarjous, joka on myös opinnäytetyössä liitteenä (Liite 1). Tarjous hyväksyttiin myöhemmin ja järjestelmä tilattiin. Aiemmin oli jo käynyt selväksi, että Bosch Rexrothiin liittyen ei saatu valmistajaan luotua sellaista yhteyttä, että tarjouksen saaminen olisi onnistunut. Siemensin tarjous taas oli osoittautunut jossain määrin kalliimmaksi kuin hyväksytty Beckhoffin tarjous.

Saatuani teoriaosuuden valmiiksi kaikkien vertailtavien liikkeenohjausjärjestelmien osalta, siirryin vertailemaan niiden ominaisuuksia ja tekemään symboli- ja termilueteloa. Vertailuosiossa vertailen järjestelmien yksilöllisiä ominaisuuksia ja sopivuutta kyseessä olevaan sovellukseen.

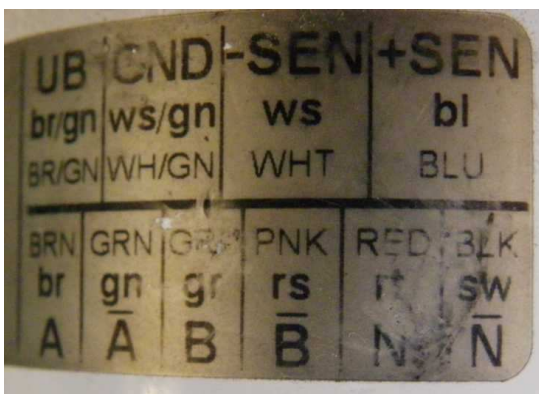
Järjestelmän vertailuosion jälkeen aloin kirjoittamaan laitteiston tietoja työhön lopulliseen muotoonsa. Tämän jälkeen kirjoitin tämän työn kulkua kuvaavan osion. Lopuksi kirjoitin johdannon, tiivistelmän molemmilla kielillä ja yhteenvedon.

### 3 LAITTEISTO

Massan liikkeitä kiskolla alkuperäisessä järjestelmässä seuraa Hengstlerin pulssianturi (0524 106, R158-0/500DAK.H2TF, 5 VDC, sarjanumero 29254/0002/0699). Anturi on kytketty 15-piikkisellä sarjaliityntä D-liittimellä. Anturi voidaan joutua vaihtamaan, jos sen yhteensopivuudesta valitun liikkeenohjausjärjestelmän kanssa tulee ongelma. Tämä ei kuitenkaan ole ongelma, sillä anturit eivät ole kovin kalliita.



**Kuva 6. Pulssianturi**



**Kuva 7. Pulssianturin kilpiarvot**

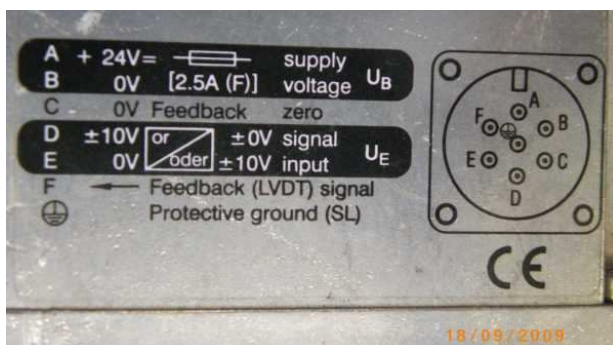


Sylinterinä järjestelmässä on Hydoringin HD6020-sarjan sylinteri, jonka männän halkaisija on 32mm, männänvarren halkaisija 18mm ja iskun pituus 1000mm. Sylinterin kiinnikkeenä on laippa etupäädysssä ja männänvarren kiinnikkeenä ulkokierre.



**Kuva 8. Sylinterin kilpiarvot**

Sylinterille menevän öljyn virtausta säättää Boschin proportionaaliventtiili (0811 404 812, 1389 UFF 870 1837 001 378), jonka  $P_{\max}$  on 315 baaria ja joka on kytketty vanhaan ohjausjärjestelmään 9-piikkisellä sarjaliikenteeseen tarkoitetulla D-liitännällä. Venttiilin päässä liityntä on tämän näköinen:



**Kuva 9. Proportionaaliventtiilin liitynnät**

Proportionaaliventtiili tulee pysymään järjestelmässä myös silloin, kun järjestelmä on saanut uuden ohjauksen. Siemensin myyntipäällikön, Jukka Pusan, vierailulla selvisi, että venttiilien valmistajat lupaavat usein venttiilin ohjaukseyksen olevan suora, vaikka se harvemmin sellainen on. Tämän oletetun epäsuoruuden matemaattisen korjauksen havainnollistamisesta saattaa tulla järjestelmän yksi käyttötarkoitus.



**Kuva 10. Proportionaaliventtiili**

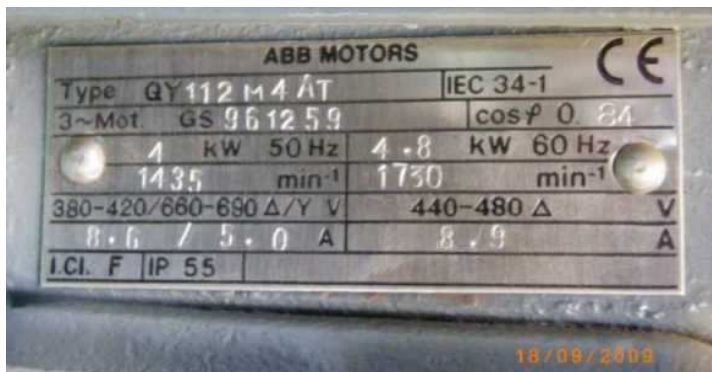


**Kuva 11. Proportionaaliventtiilin kaavio**

Hydrauliikkamoottorina järjestelmässä on ABB Motorsin 3-vaihemoottori QY112M4AT, jonka teho on 4/4,8kW taajuudella 50/60Hz 1435/1730r/min kierros-  
lukualueella. Oheisissa kuvissa on moottorin kilpiarvot ja itse moottori.

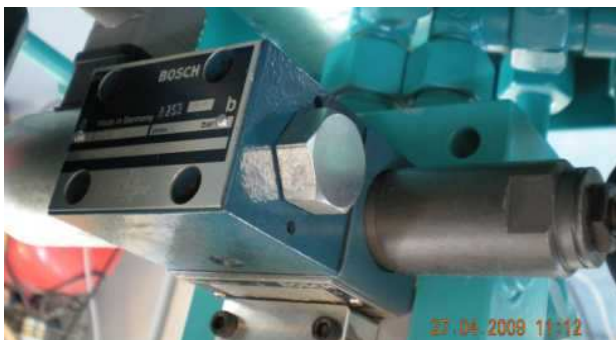


**Kuva 12. Hydrauliikkamoottori**

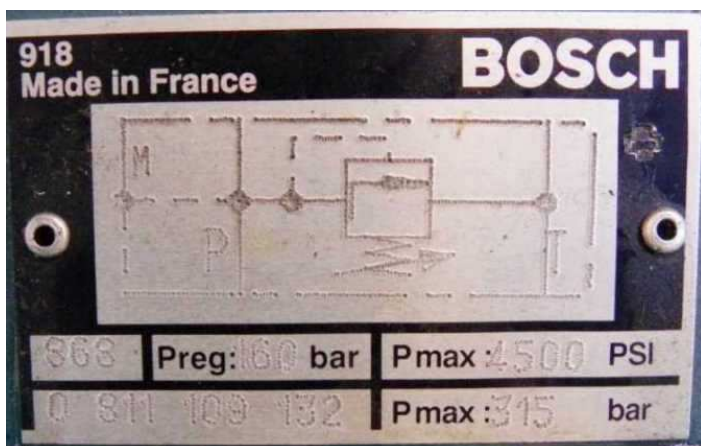


**Kuva 13. Hydraulikkamoottorin kilpiarvot**

Järjestelmässä on näiden lisäksi Boschin paineenrajoitusventtiili (0 811 109 132) ja tämän kyljessä saman valmistajan solenoidiventtiili (0 810 091 253). Mukana on myös hydraulikkanesteen suodatin, kaksi 0/1-käyttövipua, hätäpysäytys, öljymittari ja paikka paluusuodattimelle.



**Kuva 14. Paineenrajoitusventtiili ja sen kyljessä oleva solenoidiventtiili**



**Kuva 15. Paineenrajoitusventtiilin kilpiarvot**



**Kuva 16. Solenoidiventtiilin kaavio**



**Kuva 17. Hydraulikkaneesteen suodatin**



**Kuva 18. Käyttövipuja**

#### 4 BECKHOFF TWINCAT

Lähes jokaisessa tietokoneessa voidaan käyttää Beckhoffin TwinCAT-ohjelmaa, joka muuttaa laitteiston reaaliaikaohjaimeksi, jossa on PLC-järjestelmä, NC-akseliohjaus, ohjelmointiympäristö ja käyttöasema. TwinCAT korvaa tavallisen PLC:n ja NC-/CNC-ohjaimet sekä käyttölaitteet avoimella PC-laitteistolla, sisäänrakennetulla IEC-

61131-3 standardin mukaisella ohjelmallisella PLC:llä, ohjelmallisella NC:llä ja ohjelmallisella CNC:llä Windows NT/2000/XP/Vista/7-käyttöjärjestelmässä /11/.



**Kuva 19. TwinCAT-ohjelma (Beckhoff Automation /15/)**

PC-pohjaisella ohjausjärjestelmällään Beckhoff on luonut yhdenmukaisen standardin, jolla täyttää eri teollisuuden alojen hyvin erilaiset vaatimukset. Tämä on johtanut yhdenmukaiseen, täysin skaalattavissa olevaan ja avoimeen järjestelmään. Tämä avoimuus niin ohjelman kuin laitteistoliitäntöjenkin osalta, auttaa heidän mukaansa laitteen valmistajaa sopeuttamaan järjestelmänsä moninaisiin ja muuttuviin vaatimuksiin ilman korkeita muutuskustannuksia.

Toinen Intelin perustajista, Gordon Moore, on ennustanut, että PC-ohjaustekniikan CPU:n suorituskyky kaksinkertaistuu kehityksen myötä 18 kuukauden välein. Tohtori Josef Papenfortin, TwinCAT:n tuotejohtajan mukaan PC on jo nyt tehokkain ohjausalusta, mutta prosessorin suorituskyvyn edelleen lisääntyessä PC:llä voi ohjata myös monia sellaisia tehtäviä, jotka ylittävät PLC:n perustoiminnallisuuden. Tämä tarkoittaa erikoisfunktioita, kuten konenäköä, robotti- ja mittaustekniikkaa, jotka nykyisin vaativat erityisiä laiteyksiköitä. Nämä kaikki voivat pian olla osa alati kasvavaa ohjelmisto-PLC:tä /11/.





**Kuva 20. TwinCAT-ohjelma (Beckhoff Automation /15/)**

Beckhoffin mielestä koneenrakentajien ja loppukäyttäjien tulee vaatimuksissaan unohtaa PLC-pohjaiset järjestelmät. PC-pohjainen järjestelmä on heidän mukaansa kompaktimpi, nopeampi, joustavampi ja edullisempi. Beckhoffin mukaan ei ole olemassa hyvää teknistä syytä käyttää PLC:tä. Heidän mukaansa PC-pohjainen järjestelmä edustaa alan tulevaisuutta. Beckhoff tarjoaa teollisuus-PC:itä energiaa säästävällä Intel Atom-monyydinprosessorilla /12/.



**Kuva 21. Beckhoff Teollisuus-PC (Beckhoff Automation /15/)**

Beckhoffin mukaan PC-pohjaisella järjestelmä on mahdollista säästää erilaisissa koneen ohjausjärjestelmissä jopa yli 30 % kustannuksista ja yli 50 % paneelin koosta. Neliydinprosessori voi toimia 10 GHz kellotaajuudella käsitellen 4000:ta I/O pistettä 400:lla skannauksella sekunnissa ja silti sijaita yhdessä pienessä laatikossa.

Beckhoff tekee omat PC:nsä, joten riskiä tekniikan vanhentumiselle ei ole. Päivityksiä on saatavissa ilman kustannuksia tai vuosilisenssejä. Koneet omaavat heidän mukaansa suuremman suorituskyvyn, maksavat vähemmän, ovat joustavampia ja helpommin kytkettävissä valvontaan, ERP- ja MES-järjestelmiin. Tästä seuraa se, että

yritykset pystyvät paremmin vastaamaan asiakkaiden ajamiin muutoksiin ja tekemään ne kannattavasti ja kestävästi /12/.



**Kuva 22. Beckhoff Teollisuus-PC (Beckhoff Automation /15/)**

Esteenä PC-pohjaisten järjestelmien yleistymiselle on vastarinta, jota vahvistavat PLC-tekniikan puolesta puhuvat markkinajohtajat, kuten Rockwell Automation, Siemens ja Mitsubishi. Loppukäyttäjät vastustavat joskus PC-pohjaisia järjestelmiä, koska ovat huolissaan niiden kunnossapidon aiheuttavan ongelmia. Beckhoffin mukaan heidän edustamansa PC-pohjainen järjestelmä vaatii hyvin harvoin kunnossapitoa /12/.

#### 4.1 Rakenne ja ominaisuudet

TwinCAT:ssä ohjelmointi ja ajonaikaiset järjestelmät ovat PC:ssä tai erillisinä. TwinCAT:ssä on liityntä kaikkiin yleisiin kenttäväyliin, ja lisäksi käytettävissä ovat myös kaikki PC-liitynnät. TwinCAT:ssä tiedon kommunikointi käyttöliittymissä ja muissa ohjelmissa voidaan hoitaa avoimien Microsoftin standardien (OPC, OCX, DLL, jne.) mukaan /11/.

TwinCAT koostuu ajonaikaisista järjestelmistä, jotka suorittavat reaaliaikaisesti liikkeenhallintaohjelmia ja kehitysympäristöjä ohjelmoinnille, diagnostiikalle ja konfiguroinnille. Mitkä tahansa Windows-ohjelmat, esimerkiksi visualisointi ohjelmat tai toimisto-ohjelmat, voivat päästä käsiksi TwinCAT:n tietoihin Microsoftin liityntöjen kautta.

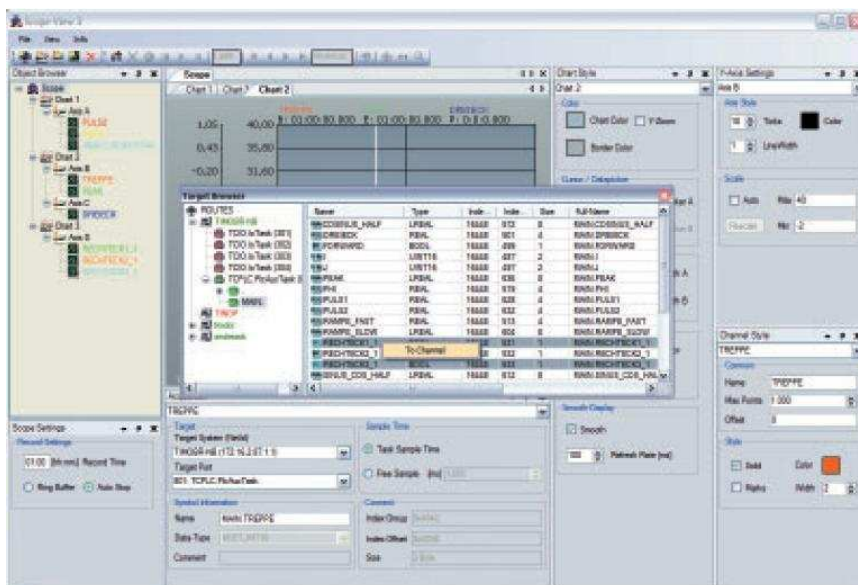
TwinCAT tarjoaa tarkan aikaikkunan, jossa ohjelmat suoritetaan niin deterministisesti kuin mahdollista, itsenäisinä prosessoritehtävinä. PC:n reaaliaikainen suorituskky voidaan jakaa tehtävien kesken käyttäen TwinCAT:iä. Jakamalla suorituskky pystytään varmistamaan, että jokainen tehtävä suoritetaan halutulla tavalla, koska jokaiselle tehtävälle on varattuna tietty ennalta määritelty osuus järjestelmän kokonaissuorituskkyvystä.

Laitteiston ja ohjelmien valinnassa pitää olla tarkkana, sillä sopimattomat komponentit voivat häiritä PC-järjestelmän toimintaa. Bechhoff on integroinut mukaan indikaattorin reaaliaikavirheiden varalle. Tämä taas antaa ylläpidolle tavan arvioida laitteiston ja ohjelmiston toimintaa.

#### 4.2 Toiminta ja ohjelmointi

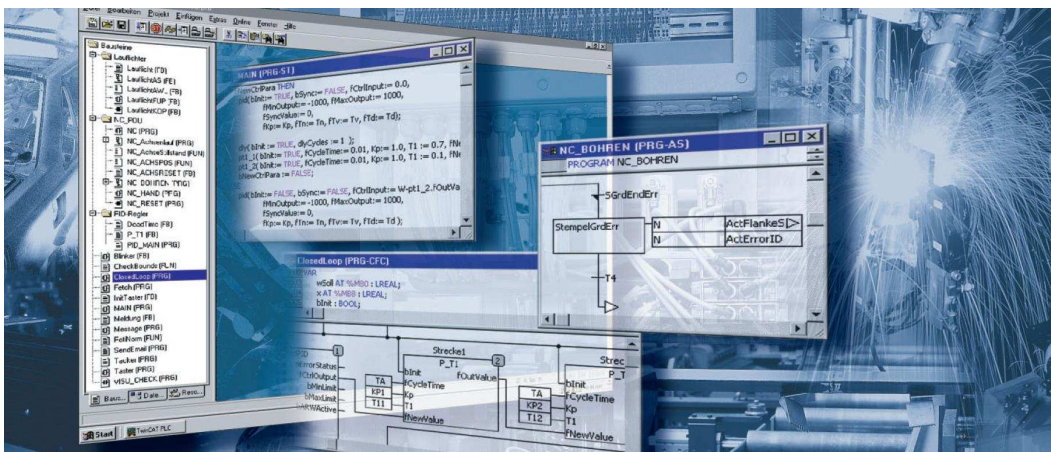
TwinCAT integroi PLC:n ja liikkeenohjausfunktiot kontrolloiden yksittäisiä prosessin osia. Ohjelmisto-PLC:n ohjelmointi perustuu kansainväliseen IEC61131-3-standardiin. Laaja valikoima ohjelmamoduuleita erilaisille tehtäville on saatavissa. Monenlaisia liikkeenohjaustehtäviä pystytään ratkaisemaan erilaisten master-slave-yhdistelmien ja korkean suorituskkyvyn tarjoavien moninaisten liikkeenohjausfunktioiden aiheuttaman joustavuuden ansiosta. Työkalut, kuten TwinCAT:n erilaiset suunnittelutyökalut ja TwinCAT ScopeView, tukevat järjestelmän suunnittelua ja käyttöönottoa. On saatavissa PLC-kirjastoja, joiden toimilohkot perustuvat PLCopen-liikkeenohjaus-standardeihin. Beckhoffin mukaan nämä helpottavat ohjelmointia ja mahdollistavat standardikomponenttien käytön /11/.





### Kuva 23. TwinCAT ScopeView (Beckhoff Automation /15/)

Asetuksista riippuen TwinCAT käynnistetään ja pysäytetään joko manuaalisesti tai automaattisesti. Koska TwinCAT on integroitu Windows-käyttöjärjestelmään palveluna, käyttäjää ei tarvita käynnistämään järjestelmää; koneen päälle kytkeminen riittää. Kun ohjelma käynnistetään tai uudelleen käynnistetään, TwinCAT lataa ohjelmat ja jäännöstiedon. Tiedon säilymisen ja Windowsin oikean sulkemisen turvaamiseen UPS on oiva laite, myös Beckhoff suosittelee sen käyttöä. TwinCAT voidaan konfiguroida sellaiseksi, että reaaliaika-toiminnallisuus pystytään ylläpitämään jopa vakavan järjestelmävirheen aikana. Reaaliaikatehtävät kuten PLC ja NC voivat näin ollen jatkaa toimintaansa ja saattaa prosessin turvalliseen tilaan. Lopulta se on ohjelmoijan päätettävissä, hyödyntääkö hän UPS:ia. Täytyy pitää mielessä, että tieto tai ohjelmat saattoivat jo hävitä vakavan järjestelmävirheen seurauksena /11/.



**Kuva 24. TwinCAT-ohjelma (Beckhoff Automation /15/)**

### 4.3 Alustat ja liitynnät

Etäyhteys on luontainen järjestelmän osa. Toimintaresurssien vaatimusten mukaan TwinCAT-ohjelmalaitteet voidaan hajauttaa. TwinCAT PLC-ohjelmat voivat pyöriä PC:ssä tai Beckhoffin väyläterminaaliyhjaimissa. PC-järjestelmät voivat olla liitettynä toisiinsa TCP/IP:n kautta. Viestin reititin hallitsee ja jakaa kaikki viestit, systeemin sisäiset ja TCP/IP-yhteyksien kautta kulkevat viestit. Väyläterminaaliyhjaimet on integroitu mukaan sarjaliitöntöjen tai kenttäväylien kautta (EtherCAT, Lightbus, PROFIBUS DP, CANopen, RS232, RS485, Ethernet TCP/IP). Maailmanlaajuinen tiedonvaihto on mahdollista, koska Windowsin standardeja TCP/IP-yhteyksiä voidaan käyttää. Systemi tarjoaa skaalattavaa yhteydenpitokykyä ja muunneltavissa olevia yhteyden aikakatkaisuaikoja yhteyksien valvontaan. OPC tarjoaa standardisoidut keinot, joilla päästä käsiin moniin eri SCADA/MES/ERP-paketteihin.

XFC edustaa nopeaa ohjausteknologiaa, joka perustuu optimoituun ohjaukseen ja viestintä arkkitehtuuriin, joka yhdistää teollisuus-PC:n, I/O-terminaalin, EtherCAT Ethernet-järjestelmän ja TwinCAT automaatio-ohjelman. Beckhoffin mukaan se luo perustan tulevaisuuden ohjaustekniikalle. He lupaavat, että XFC:tä käyttäen saavutetaan uudenlaisia nopeuksia, 10–20 kertaa nopeampia kuin aiemmat ratkaisut. Sillä on heidän mukaansa myös kilpailukykyisiä etuja kone- ja laitesovelluksissa. Heidän mukaansa PC-pohjainen ohjaustekniikka tekee prosessin optimaalisesta kontrolloinnista mahdollista. Radikaali sykli-aikojen lyhentyminen mahdollistaa prosessin laa-

dun parantumisen. Osat voidaan tehdä entistä tarkemmin ja tehokkaammin. Myös materiaalikustannukset pienenevät.

#### 4.4 TwinCAT I/O

TwinCAT I/O on reaaliaika-ajuri Windows-ohjelmille, jotka pyörivät Windows-käyttöjärjestelmässä. Ohjelmamuuttajat, järjestelmässä olevat I/O-laitteet ja kytketyt I/O-kanavat saatetaan siinä yhteyteen toistensa kanssa. TwinCAT I/O tarjoaa muuttuja-orientoituneen linkin I/O-laitteille ja tehtäville sekä tehtävien väliin. Muuttuja-orientoitunut tarkoittaa, että pienin yksikkö, jolle voidaan antaa osoite ja joka voidaan linkittää, on muuttuja. Pienin mahdollinen muuttuja on yksi bitti. TwinCAT I/O hallinnoi muuttujia, mahdollistaen tuonti- ja vientifunktioiden saatavuuden kaikilla tasoilla. Muuttujiin pääsee käsiksi OPC:n ja Beckhoff ADS OCX/DLL:n kautta. TwinCAT I/O toimii standardissa PC/IPC-laitteistossa samoissa käyttöjärjestelmissä kuin itse TwinCAT. Käyttäjätilassa pyörivä käyttäjäohjelma voi esimerkiksi pyöriä syklisesti multimediатеhtävänä /11/.

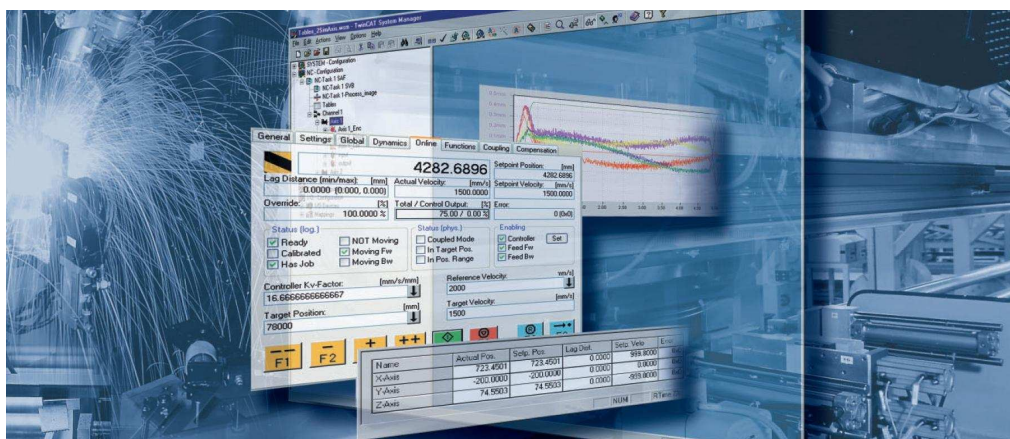
TwinCAT I/O tukee sekä synkronista että asynkronista yhteyttä. TwinCAT I/O:ssa tietoaalueet ja prosessikuvat vaihdetaan yhdenmukaisesti. Pääsy I/O-prosessikuviin tarjotaan DLL-funktioiden syklisten kutsujen kautta CE:ssä. Reaaliaikatoiminta on mahdollista synkronoidulla yhteydellä prosessikuviin. TwinCAT I/O hallinnoi I/O-kanavien rakenteita ja organisoii tiedonsiirron kartoituksen. TwinCAT I/O mahdollistaa palvelinprosessikuvien linkityksen biteittäin I/O-kanaviin ja tarjoaa työkalut, joilla voidaan esimerkiksi linkittää monta kanavaa jatkuvasti yhdellä käskyllä. Liityntöjä voidaan siirtää ”leikkaa ja liitä”-menetelmällä. TwinCAT I/O-järjestelmän avulla tehtävän tulot ja lähdöt, voidaan syklisesti vaihtaa toisen tehtävän tulojen ja lähtöjen kanssa, tiedon johdonmukaisuuden säilyessä.

TwinCAT I/O on yleismaailmallinen I/O-liityntä kaikille yleisille kenttäväylille, joita ovat EtherCAT, Lightbus, PROFIBUS DP (master ja slave), PROFIBUS MC (liikkeenohjaus), Interbus, CANopen, SERCOS, DeviceNet, Ethernet, PC-tulostinportti, USB, sarjaliityntäkytkin BK8100 COM-väylään, muistiliityntä (DPRAM) PC-korteille ja SMB (järjestelmänhallintaväylä).

TwinCAT I/O tukee eri valmistajien PC-kenttävyölkortteja. TwinCAT I/O:ssa on mahdollista käyttää useampaa kuin yhtä kenttävyölkorttia samassa PC:ssä. Master ja slave-toiminnallisuutta tuetaan. Kenttävyölkortteja voidaan konfiguroida ja diagnosoida kätevästi TwinCAT-järjestelmänhallinnan kautta. TwinCAT I/O sisältää TwinCAT-reaaliaikajärjestelmän kenttävyölyien ja DLL-liittynnän hallintaa varten. TwinCAT I/O luo osoitesuhteita tehtävien ja I/O-laitteiden väliin ja sisältää verkko-työkaluja. Lisäksi diagnostiikkatieto esitetään yhdenmukaisessa muodossa kaikille I/O-laitteille.

#### 4.5 Järjestelmänhallinta

TwinCAT-järjestelmänhallinta on järjestelmän konfigurointityökalu. PLC-järjestelmien, PLC-järjestelmän ohjelmien, akselinohjauksen konfiguraation ja liitettyjen I/O-kanavien väliset suhteet määrittää järjestelmänhallinnassa. Järjestelmänhallinta liittää I/O-laitteet tehtäviin ja tehtävät tehtäviin muuttuja-orientoidusti. Pienin kytkettävä yksikkö, jolle voidaan antaa osoite, on siis bittitason muuttuja. Järjestelmänhallinta tukee sekä yksiköitä bittitasolla että synkronisia ja asynkronisia vuorovaikutus-suhteita. Järjestelmänhallinnassa tapahtuu yhdenmukaisen tiedon ja prosessikuvien vaihto /11/.



**Kuva 25. TwinCAT Järjestelmänhallinta (Beckhoff Automation /15/)**

Järjestelmänhallinta edustaa useita PLC-järjestelmän ohjelmia, akselin säädön konfigurointia ja kytkettyjä I/O-kanavia. Se organisoii myös tiedon kartoituksia komponenttien välillä. Järjestelmänhallinta mahdollistaa bitteihin perustuvat liittynnät pal-

velimen prosessikuvien ja I/O-kanavien välillä. Se hallinnoi työkaluja jotka voivat esimerkiksi ottaa jatkuvasti yhteyden sataan kanavaan yhdellä käskyllä. Liityntöjä voidaan siirtää ”leikkaa ja liitä”-periaatteella. TwinCAT I/O-järjestelmää voidaan käyttää tulojen ja lähtöjen sykliseen vaihtamiseen tehtävien välillä, tiedon tarkoituksenmukaisuuden siitä kärsimättä. TwinCAT-järjestelmähallinta hallinnoi IEC-PLC-projekteja ja tehtävämuuttujia. Tuonti- ja vientifunktiot ovat saatavilla kaikilla tasoilla.

TwinCAT-järjestelmänhallinta tukee kaikkia hajautettuja kenttäväyliä samanaikaisesti. Järjestelmänhallinta on tarvittava työkalu seuraavien väylien konfigurointiin: EtherCAT, Beckhoff Lightbus, PROFIBUS DP (master ja slave), PROFIBUS MC (liikkeenohjaus), ProfiNET, Interbus, CANopen, SERCOS, DeviceNet, Ethernet I/P, Ethernet, PC:n tulostinportti, USB, sarjaväyläkytkin BK8100 COM:ssa, muistiliityntä PC-korteille (DP RAM) ja SMB (järjestelmänhallintaväylä) /11/.

#### 4.6 TwinCAT PLC

TwinCAT PLC toimii standardissa PC/IPC-laitteistossa, jossa on lisänä Beckhoffin reaaliaika-laajennus. Ajonaikaisessa järjestelmässä voi olla maksimissaan neljä PLC:tä, jotka kykenevät hoitamaan useita tehtäviä samanaikaisesti. Kehitysympäristö ja ajonaikainen järjestelmä voivat olla PC:llä tai erikseen /11/.

Ohjelmien ja tietojen muutoksia tuetaan yhteydellä ajonaikaiseen järjestelmään, jota voidaan käyttää myös verkon yli. Ajonaikainen järjestelmä tukee myös virheiden etsimistä ja korjaamista. Kaikki tavalliset PLC:n ominaisuudet ovat käytettävissä. Kaikki Windowsin ohjelmat kuten visualisointiohjelmat tai toimisto-ohjelmat pääsevät TwinCAT:n tietoihin käsiksi Microsoftin liitäntöjen kautta ja voivat myös kontrolloida PLC:tä.

Windows NT/2000/XP/Vista/7-käyttöjärjestelmässä pyörivä TwinCAT PLC sisältää sekä ohjelmointiympäristön että ajonaikaisen järjestelmän, joten ylimääräistä ohjelmointilaitetta ei tarvita. TwinCAT:n ajonaikainen järjestelmä on saatavissa CE-käyttöjärjestelmään ja BX- ja BC-sarjan väyläterminaaliyhjaimille tarkoitettuun käyttöjärjestelmään. Ohjelmamuutokset toteutetaan verkkokommunikaation keinoin

ajonaikaisessa järjestelmässä. Ohjelmointi voidaan tehdä paikallisesti, TCP/IP:n tai kenttäväylän kautta.

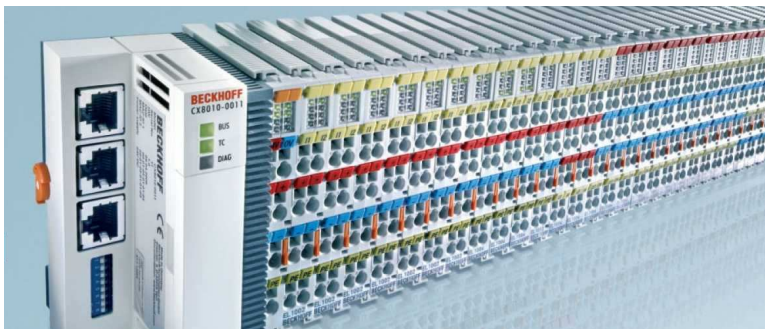
#### 4.6.1 Ohjelmointi

IEC 61131-3 on ohjelmointistandardi kaikille Beckhoffin ohjaimille. TwinCAT PLC tarjoaa rakenteellista ohjelmointia modulaarisella ohjelmanhallinnalla. Se on ohjelmoitu IEC 61131-3 mukaisesti, täysin valmistajariippumattomasti. Se tukee kaikkia IEC 61131-3 mukaisia ohjelmointikieliä. Nämä kielet ovat IL, LD, FBD/CFC, SFC ja ST.

TwinCAT PLC:ssä on kehitysympäristö ohjelmille, joiden koodimäärä ja tietalueet voivat Beckhoffin mukaan ylittää tavallisen PLC-järjestelmän suorituskyvyn, sekä tarvittavat editorit ja kääntäjät. Tavoitteena on ollut saada jopa suuren PLC-ohjelman kiertosykli mahdollisimman pieneksi. Osittaisen kääntämisen mahdollisuus ehkäisee pitkiä kääntämisaikoja. Tällöin vain aidosti uudet ohjelmajaksot käännetään. Uudelleenkääntäminen on mahdollista PLC:n suorittaessa ohjelmaa. Kaikissa ohjelmointikielissä saatavissa oleva projektin vertailufunktio auttaa eroavaisuuksien tunnistamisessa ja mahdollisessa hyväksymisessä. Konsepti, jossa asennetaan toimilohkoja siten, että jokainen tapahtuma on yhdistetty omaan tietoonsa, johtaa luonnollisesti objekti-orientoituu ja rakenteelliseen ohjelmointityyliin. TwinCAT PLC on sertifioitu IL- ja ST-kielelle.

PLC-ohjelmat, jotka on luotu TwinCAT PLC:llä, voidaan suorittaa monilla eri alustoilla. Teollisuus-PC:n ja sulautetun PC:n lisäksi PLC-projekti voidaan myös ladata Beckhoffin BC- tai BX-sarjan kenttäväyläohjaimen tai kenttäväylän PLC-boksiin (IL230x-Cxxx). Lähdekoodi varastoidaan kohteena olevassa järjestelmässä. Ohjelman kehitys ja testaus voidaan suorittaa samassa työskentely-ympäristössä, riippumatta siitä mikä yksikkö suorittaa ohjelmaa /11/.





**Kuva 26. Beckhoffin Sulautettu PC (Beckhoff Automation /15/)**

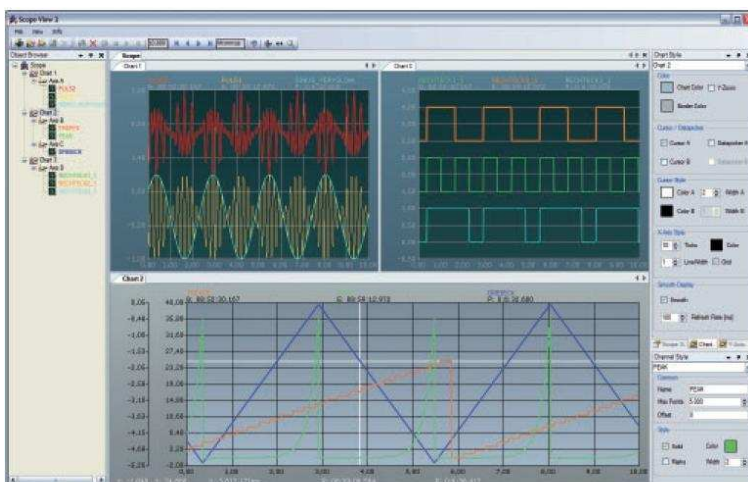
Käytävissä on hyödyllisiä ominaisuuksia, kuten osittaiskäännös, ohjelmointituki, projektin vertailu, ohjelman muuntaminen kaikkien kielten välillä ja yhteys lähdekoodin hallintatyökaluihin. Käytössä ovat kaikki yleisimmät tietotyypit, rakenteet, järjestelmät ja monikerroksiset järjestelmät. Kirjastojen hallinta on Beckhoffin mukaan tehty käteväksi.

Lisänä toimilohkoille, jotka on luotu IEC-standardin kielillä, Beckhoff tarjoaa laajan valikoiman lisäkirjastoja, tyypillisille automaatioissa käytettäville tehtäville. Saatavissa olevia TwinCAT PLC-kirjastoja ovat muun muassa ohjaintyökalupakki, lämpötilaohjain, hydraulinen paikoitus, Modbus RTU, sarjaliikenne, rakennusautomaatio ja IEC 60870-5-101/4. Ohjaintyökalupakki sisältää toimilohkoja perusohjaimille (P, I, D), monimutkaisemmille ohjaimille (PI, PID), pulssileveysmodulaatioon, rampeille, signaaligeneraattoreille ja suodattimille. Lämpötilaohjain on tarkoitettu lämpötilan hallintaan ja hydraulinen paikoitus hydraulikka-akseleiden kontrollointiin. Modbus RTU on ohjelmistokirjasto, joka sisältää Modbus RTU-toimilohkot sarjaliikennekommunikaatioon Modbus-laitteiden kanssa. Sarjaliikenne-kirjasto on tarkoitettu kommunikointiin sarjaväyläterminaalien tai PC:n COM-porttien kautta. Rakennusautomaatiokirjasto on tarkoitettu perusfunktioiden suorittamiseen rakennusautomaation alueella. IEC 60870-5-101/4 on ohjelmistokirjasto telekommunikaatio protokollan avulla tapahtuvaan kommunikointiin (TCP/IP-mukainen tiedonsiirto).

#### 4.6.2 Vianetsintä ja ominaisuudet

Virheiden etsimisfunktiot TwinCAT PLC:ssä pyrkivät ratkaisemaan mahdolliset ongelmat paikan päällä tai etänä. Vianetsintää helpottavia ominaisuuksia ovat muun

muassa ajonaikaisen järjestelmän muuttujien, tehtävien ja ohjelmien vaihtaminen verkossa, muuttujien, niiden nimien, rakenteiden, ohjelmien ja tapahtumien tilan ja tehovirtauksen seuranta verkossa, muuttujien luominen, ylikorjaus ja säätäminen. Toiminnoista vianetsintää helpottavat ohjelman ja sen muuttujien arvojen monitorointi, kutsupinon näyttö ja jäljitystoiminto. Helpotusta tuo Beckhoffin mukaan myös TwinCAT ScopeView:n käyttäminen graafisena diagnostiikka- ja analysointityökaluna arvojen esittämiseksi /11/.



**Kuva 27. TwinCAT ScopeView (Beckhoff Automation /15/)**

Verkkoyhteydet PLC:n ajonaikaisten järjestelmien välillä ovat mahdollisia maailmanlaajuisesti TCP/IP:n ja kenttäväylien kautta. Sykliaika on vapaasti säädettävissä 50  $\mu$ s lähtien. Linkkiaika on 1  $\mu$ s tuhannelle PLC-käskylle. I/O-järjestelmään voi kuulua EtherCAT, Lightbus, PROFIBUS DP/MC, Interbus, CANopen, DeviceNet, SERCOS, Ethernet ja PC-laitteisto. Muistissa ovat prosessin kuvakoko, ilmaisinalue, ohjelman koko, POU-koko ja niiden muuttujien määrä, joita rajoittaa vain käytössä olevan muistin määrä. Muuttujiin on mahdollista päästä käsiksi OPC:n, Beckhoff ADS OCX/DLL:n ja .NET:n välityksellä. Tiedon säilyvyys on varmistettu varastoi- malla tieto kovalevyille. UPS:n käyttöä suositellaan tämän lisäksi. Optiona on myös tiedon varastointi NOVRAM:ssa.



#### 4.7 TwinCAT NC PTP

TwinCAT NC PTP sisältää akselin pisteohjausohjelman (asetusarvogeneraattori, pisteohjaus), integroidun ohjelmallisen PLC:n NC-liitynnöillä, hallintaohjelman käyttöönottoa varten ja I/O-yhteyden akseleille erilaisten kenttäväylien kautta. Ohjelmallisen NC:n ja ohjelmallisen PLC:n välinen kommunikointi on puhtaasti kahden ohjelman välistä kommunikaatiota minimaalisilla viiveajoilla. TwinCAT NC PTP korvaa tavalliset pisteohjausmoduulit ja NC-ohjaimet /11/.

TwinCAT NC PTP toimii standardissa PC-laitteistossa Windows NT/2000/XP/Vista/7-käyttöjärjestelmässä, jossa on Beckhoff reaaliaika-laajennus. I/O-järjestelmässä voivat olla EtherCAT, Lightbus, PROFIBUS DP/MC, Interbus, CANopen, DeviceNet, SERCOS, Ethernet ja PC-laitteisto. Rajapinta Windows NT/2000/XP/Vista/7/CE-ohjelmiin tapahtuu avoimien standardien mukaan (OPC, Beckhoff ADS).

PC:n kapasiteetti mahdollistaa akselien liikuttamisen rinnakkaisesti PLC-toiminnan kanssa. PC:n tehokkuus saa aikaan sen, että joitakin kymmeniä akseleita voidaan helposti pisteohjata samanaikaisesti. TwinCAT mahdollistaa PC:n suorittaa hallintaohjelmia, PLC:tä ja NC:tä samaan aikaan. Systemin kuormitus voidaan jakaa TwinCAT:n avulla halutuille funktioille. Reaaliaikatoiminnallisuuden takaa Beckhoff reaaliaika-laajennus TwinCAT:n komponenttina. Tiedon säilyvyys on taattu UPS-tuetulla tiedonvarastoinnilla kovalevyllä.

NC-toimintoja kutsutaan PLC-ohjelmasta standardisoitujen, PLCopen-sertifioitujen toimilohkojen kautta. Akseleiden liikkeet voidaan simuloida ilman laitteistoa. TwinCAT ScopeView on Beckhoffin mukaan hyödyllinen käyttöönotossa ja ylläpidossa; se tallentaa kaikki akselimuuttujat, kuten paikan, nopeuden ja kiihtyvyyden. Akselit on sijoitettu kanaviin PTP ja interpoloitua liikettä silmälläpitäen. TwinCAT NC PTP käyttää muuttujia akselien kontrollointiin. Jokaisella akselilla on muuttujia antureille, käytölle ja ohjaimelle. Vianmääritys tapahtuu valvomalla kaikkia akselin tilamuuttujia verkossa. Muuttujiin pääsee käsiksi OPC:n ja Beckhoff ADS OCX/DLL:n kautta. Akseli voidaan linkittää I/O-liityntöihin ja parametrit voidaan asettaa.

#### 4.7.1 Pisteohjaus

Pisteestä pisteeseen siirtymiseen lisäksi TwinCAT NC mahdollistaa myös useiden akseleiden koordinoitua liikettä monitasoisessa master-slave-toiminnassa. Pisteohjaus suoritetaan paikoitusalgoritmilla, jossa luodaan ohjausprofiileita, joissa on liikkeellelähtönopeuden rajoitin ja esisäädety nopeus/kiihtyvyys virheiden minimoimiseksi. Pisteohjausvälineitä ovat muokattavat ohjainrakenteet, ohitusfunktiot, P-säädin, PID-säädin, PID-säädin esisäädetyllä nopeudella sekä PID-säädin esisäädetyllä nopeudella ja kiihtyvyydellä. Pisteohjaus lasketaan normaalisti PC:n prosessorissa ja tiedot vaihdetaan käyttöjen ja mittausjärjestelmien kanssa syklisesti kenttäväylän kautta. Pisteohjain hankkii todellisen paikkatiedon inkrementtiantureista, absoluuttiantureista ja digitaalisista käyttöjen liitynnöistä. Käyttöjen liityntöjä ovat analogiset liitynnät, EtherCAT, SERCOS, SSI, Lightbus, PROFIBUS DP/MC ja pulssijono. Liityntä NC-ohjelmien ja käyttöjen välillä tapahtuu ”leikkaa ja liitä”-menetelmällä. Ajonaikaisessa järjestelmässä tapahtuu NC:n pisteestä pisteeseen ajaminen TwinCAT PLC:n avulla.

#### 4.7.2 Ohjelmointi

Ohjelmointi suoritetaan toimilohkoja käyttäen TwinCAT PLC:lle IEC 61131-3-standardin mukaan tai standardisoitujen PLCopen-liikkeenohjauskirjastojen avulla. Akseleiden käyttöönottovalikot sijaitsevat järjestelmänhallinnassa.

Valinnaisia kirjastoja ovat muun muassa TwinCAT NC nokka-akselit/-levyt, FIFO-akselit, etäsynkronointi ja ohjauskäyrän suunnittelu. Ohjauskäyrän suunnittelu on graafinen kehitystyökalu ohjauskäyrän ohjelmointiin.

#### 4.7.3 Akselit ja akselifunktiot

TwinCAT NC:n akseleiden kontrollointiin käyttämät algoritmit ottavat huomioon kyseisen akselin dynaamiset parametrit, kuten nopeuden, kiihtyvyyden ja liikkeellelähtöihin liittyvät rajoitukset. Tällä tavoin akselia liikutetaan aina sen dynaamisen liikkuvuuden rajoissa ja tarkan analyttisesti koordinoitusti. Valikoima erilaisia säätöalgoritmeja säätöpoikkeaman vähentämiseen on saatavilla. Erilaisissa valikoissa on mahdollista asettaa tärkeät parametrit, kuten kohdepisteen sijainti, asetettu nopeus,

kiihtyvyys, liikkeellelähtönopeus, referenssinopeus ja ohjaimen Kv-kerroin. Normaalit akselifunktiot, kuten käynnistys, pysäytys/hätäpysäytys, nollaus, vertailuarvo ja uusi kohdepiste uudella nopeudella, on mahdollista kutsua. Erikoisfunktioita ovat muun muassa lineaarinen liittyminen, matkan kompensointi, verkkomaster/-slave ja slave-/master-muunnos, nokka-akselien/-levyjen käyttö, FIFO-akselit, muutosanturit/-ohjaimet, ulkoinen akselin asetusarvogeneraattori ja usean masterin kytkentä. Akselifunktiot voidaan sisäänrakentaa IEC 61131-3 mukaiseen PLC-järjestelmään toimilohkokirjastoina. Akseleiden maksimilukumäärä on 255. Akselityyppejä ovat elektroniset ja hydrauliset servokäytöt, taajuusmuuttajakäytöt, askelmoottorikäytöt, DC-käytöt ja kytkinkäytöt. Sykلياika on vapaasti valittavissa 50  $\mu$ s ylöspäin ja on tyypillisesti 1 ms /11/.

## 5 SIEMENS SIMOTION

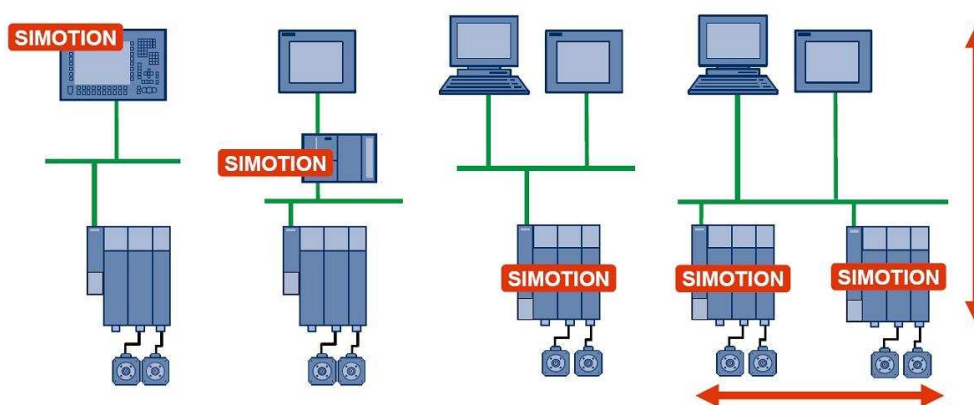
Siemensin Simotion-liikkeenohjausjärjestelmä tarjoaa vapautta modernien koneiden rakentamiseen. Simotion-liikkeenohjausjärjestelmä on kehitetty sopimaan kaikille liikkeenohjaustehtäville /1/, yksinkertaisista koneista korkean suorituskyvyn monipuolisempiin koneisiin /2/. Simotion on tehty käytettäväksi koneissa, joissa liikkeenohjaus on keskeisessä osassa. Simotion keskittyy yksinkertaisiin ja joustaviin ratkaisuihin, joilla toteutetaan monenlaiset liikkeenohjaustehtävät /1/.



**Kuva 28. Simotion P, C ja D (Siemens AG /21/)**

Järjestelmässä liikkeenohjaus yhdistyy kahden muun yleisen ohjausfunktioyhmän, logiikkafunktioiden ja toimilaitefunktioiden kanssa. Lähestymistapa mahdollistaa kaikkien liikkeiden ja kaikkien liikepohjaisten logiikkafunktioiden ja toimilaitefunktioiden toteuttamisen samassa järjestelmässä. Kolmen funktiotyypin yhdistämisellä on saatu aikaan muun muassa, että aikakriittiset liitännät eri komponenttien välillä ovat tulleet tarpeettomiksi, ohjelmointi ja diagnostiikkakulut komponenttien välisistä liitännöissä ovat jääneet historiaan, laitteiston erityistarpeet ovat vähentyneet, ja koneiden suorituskyky on kohonnut /1/. Siemensin mukaan näin on saatu aikaan yksinkertainen, yhdenmallinen, yhdenmukainen ja ymmärrettävä koko koneen ohjelmointi ja diagnostiikka.

Simotionissa liikkeitä ohjaava äly on hajautettu lähelle moottoreita, joka taas vähentää oleellisesti tiedonsiirtoväylän kuormitusta. Pienissä koneissa käyttöön sijoitettu logiikka riittää ohjaamaan koko laitetta. Suuremmissa laitoksessa älyn hajauttaminen auttaa rakentamaan modulaarisia kokonaisuuksia, jotka hoitavat pääosan laskenta-, mittaus- ja ohjaustoimistaan itsenäisesti. Tämä taas vähentää tiedonsiirron tarvetta ohjauskeskukseen. Näin väylän kapasiteetti ei muodostu toiminnan pullonkaulaksi /2/.



**Kuva 29. Simotion Topologiat (Siemens AG /23/)**

Ohjelmoitava käyttö on Simotion-tuoteperheen kolmas osa, nimeltään Simotion D. Tuoteperheeseen kuuluu kompakti laiteohjaus Simotion C sekä teollisuus-PC:tä hyödyntävä Simotion P. Kaikki Simotionit ohjelmoidaan samalla graafisella Scout-

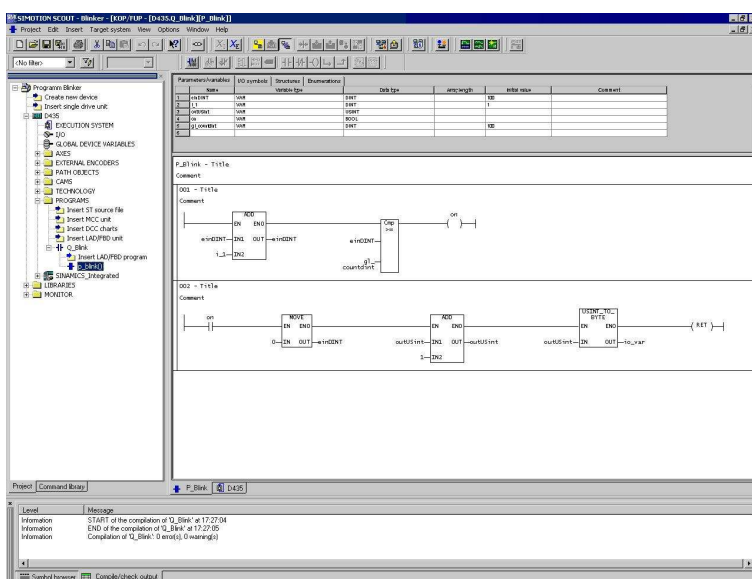
ohjelmointityökalulla vuokaaviomaisesti. Tuoteperheen avulla voidaan Siemensin lupauksen mukaan hallita kaikki liikeautomaatioon liittyvät osa-alueet /2/.



**Kuva 30. Simotion D, C ja P (Siemens AG /21/)**

### 5.1 Järjestelmän osat

SIMOTION-järjestelmässä on kolme osaa, jotka ovat suunnittelujärjestelmä, ajon aikaiset ohjelmistomoduulit ja laitteistoalustat. Suunnittelujärjestelmä mahdollistaa liikkeenohjaus-, logiikka- ja toimilaitetehtävien ratkaisemisen samassa integroidussa järjestelmässä. Järjestelmä tarjoaa myös tarpeelliset työkalut aina ohjelmoinnista parametriasetteluun kautta testaukseen, ja siitä eteenpäin aina käyttöönottoon ja diagnostiikkaan asti /1/.



**Kuva 31. Scout-suunnittelujärjestelmä (Siemens AG /18/)**

Ajonaikaiset ohjelmistomoduulit tarjoavat lukuisia liikkeenohjaus- ja toimilaitefunktioita. Tarvittavat moduulit voidaan valita, mistä taas saadaan joustavuutta tehdä järjestelmä juuri laitteen toiminnallisuutta silmälläpitäen.

Laitteistoalustat ovat perusta liikkeenohjausjärjestelmälle. Suunnittelujärjestelmällä luotua ohjelmistoa, johon on yhdistetty ajonaikaiset ohjelmistomoduulit, voidaan käyttää erilaisilla laitteistoalustoilla, joka mahdollistaa sen, että voidaan valita parhaiten käyttötarkoitukseen sopiva alusta. SIMOTIONISSA on kolme erilaista alustaa, PLC-pohjainen, PC-pohjainen ja käyttö-pohjainen /1/.

### 5.1.1 Ajonaikainen järjestelmä

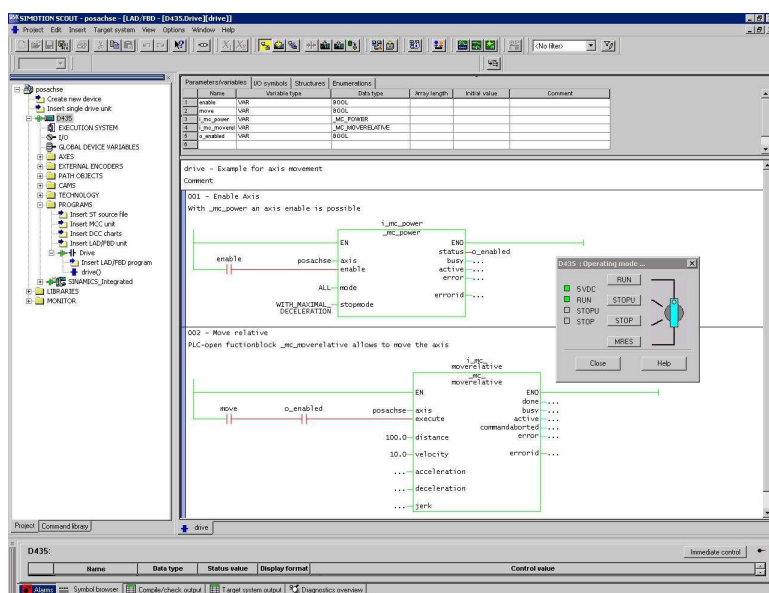
Jotta pystytään yleensäkin yksinkertaisesti käsittelemään suurta joukkoa eri laitteiden liikkeenohjaustehtäviä, tarvitaan erityinen monikerroksinen ajonaikaisen järjestelmän arkkitehtuuri. Perusfunktiot, kuten PLC-toiminnallisuus, ovat valmiiksi integroituina jokaiseen Simotioniin. Suorituskykyä voidaan kasvattaa tarpeen mukaan tekniikkapaketeilla ja funktiokirjastoilla. Tekniikkapaketit tarjoavat täyden toiminnallisuuden johonkin toimintoon, kuten esimerkiksi liikkeenohjaukseen tai suljetun säätöpiirin lämpötilan hallintaan. Funktiokirjastot taas sisältävät standardifunktioita tehtäviin, joita tarvitaan usein. Käyttäjä voi luoda omia funktioitaan omiin kirjastoihinsa. Simotionin erityinen toiminnallisuus saavutetaan yhdistämällä tekniikkapaketit, funktiokirjastot ja ajonaikainen järjestelmä /10/. Tekniikkapakettien, toimintokirjastojen ja ajonaikaisen järjestelmän monikerroksisen arkkitehtuurin ansiosta Simotionin toiminta on Siemensin mukaan skaalattavaa, joustavaa ja laajennettavaa.

### 5.1.2 Suunnittelujärjestelmä

Kun järjestelmästä tulee tehokkaampi, sen käyttäjäystävällisyydestä tulee entistä tärkeämpää. Käyttäjäystävällisyys on tärkeää, jotta käyttäjä pystyy paremmin hallitsemaan järjestelmää. Simotion Scout-suunnittelujärjestelmässä käyttäjäystävällisyys otetaan huomioon integroimalla liikkeenohjauksen, logiikan ja toimilaitteiden suunnittelu, sekä käytön konfigurointi ja käyttöönotto samaan järjestelmään. Lisäksi kaikki tehtävät ovat ratkaistavissa graafisesti. Käyttäjää pyritään opastamaan ja hä-

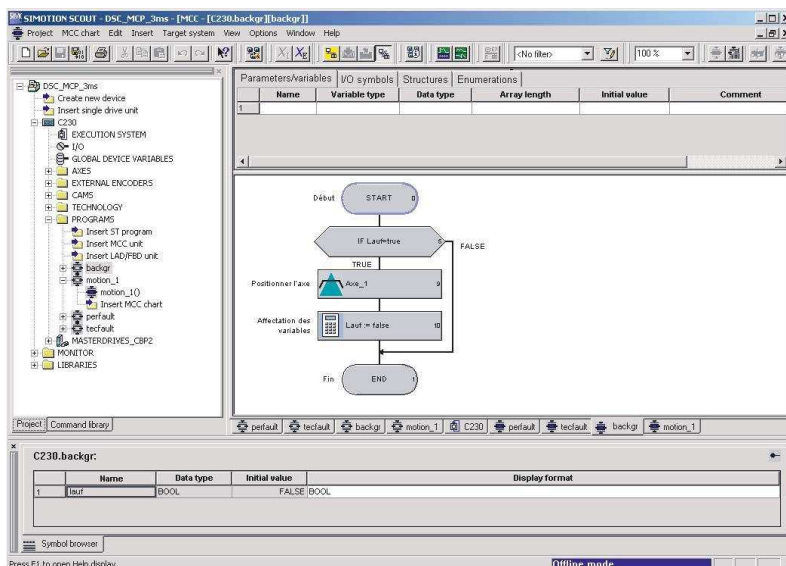
nen kirjoittamansa ohjelma tarkistetaan automaattisella johdonmukaisuuden tarkistuksella. Kaikki työkalut Scout-suunnittelujärjestelmässä ovat integroituja ja ulkoisesti samantyyppisiä. Siemens lupaa Scoutin tekevän suunnittelun erittäin yksinkertaiseksi ja tehokkaaksi. Järjestelmää voidaan käyttää Simatic Step 7:ssä integroidulla tiedonkäsittelyllä ja konfiguroinnilla /1/.

Simotion tarjoaa, Siemensin lupauksen mukaan, täyden vapauden ohjelmoitiin. Tämä siksi, että järjestelmä osaa ”puhua” useita kieliä samaan aikaan, tikapuukaavion (LAD) lisäksi toimilohkokaaviota (FBD) ja rakennetekstiä (ST). Liikkeenohjaus voidaan ohjelmoida myös käyttäen liikkeenohjauskaaviota (MMC). Laajennettuja ohjaustehtäviä voidaan hyödyntää rakennemuodossa käyttäen käyttöohjauskaaviota (DCC) /10/.



**Kuva 32. Scout-suunnittelujärjestelmä ja LAD/FBD (Siemens AG /18/)**

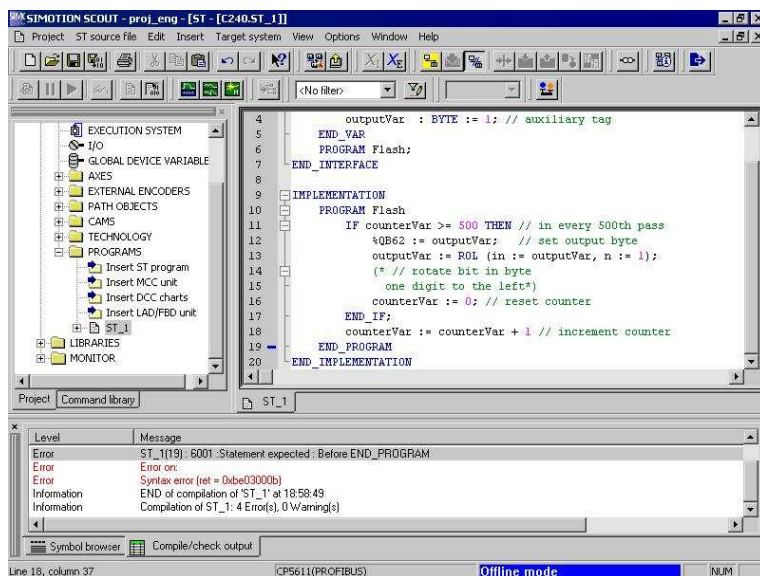
Liikkeenohjauskaavio (MCC) mahdollistaa koneen ohjelmajaksojen grafiikkapohjaisen ohjelmoinnin kulkukaaviomuodossa. Liikkeenohjaustehtävien lisäksi on olemassa käskyjä myös I/O:n käsittelyyn, logiikalle ja aritmetiikalle, aliohjelmakutsuille ja ohjelman kulun kontrollointiin. Integroidun LAD- ja FBD-kaavioiden Zoomnäytössä konfiguroinnin lisäksi Simotion-järjestelmään voidaan myös integroida kokonaisia LAD-ohjelmia /1/.



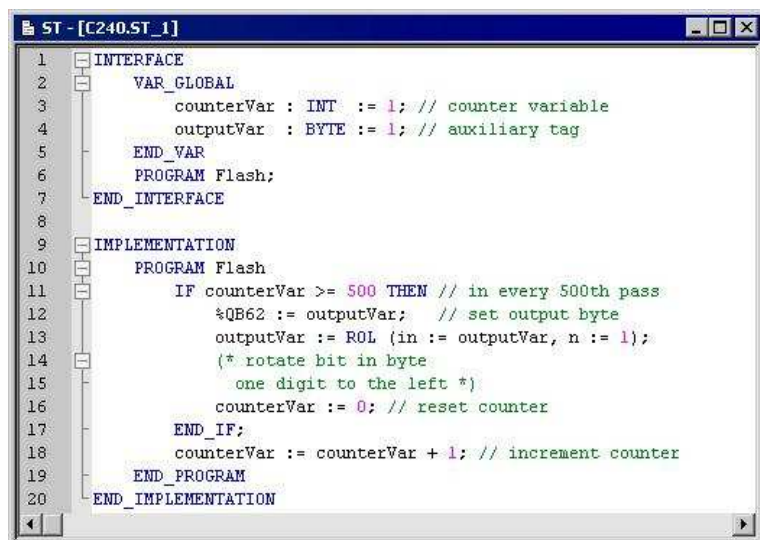
**Kuva 33. Scout-suunnittelujärjestelmä ja liikkeenohjauskaavio (MCC) (Siemens AG /19/)**

Korkeimpaan tehokkuuteen päästään kun ohjelmoidaan rakennetekstinä (ST). Tällöin pystytään käyttämään Simotionin koko toiminnallisuus ja joustavuus ympäristössä, joka soveltuu korkean tason kielille. Tästä seuraa erittäin tehokasta ohjelmointia. Toimilohkot, jotka on luotu ST:llä, voidaan kutsua millä tahansa muulla Simotionin tukemalla kielellä milloin vain. Helposti konfiguroitavia toimilaitefunktioita saadaan luotua käytönohjauskaaviolla (DCC). Avoimen ja suljetun säätöpiirin ohjausfunktioiden konfiguroiminen on erittäin yksinkertaista DCC-editorilla. Moniin tehtäviin kykenevät toimilohkot valitaan esimääritellystä kirjastosta ja ovat graafisesti toisiinsa kytkettävissä ”leikkaa ja liitä”-menetelmällä. DCC:n kanssa ei ole rajoituksia käytettävien funktioiden määrälle. Toimilohkokirjasto sisältää suuren valikoiman suljetun säätöpiirin ohjaus-, aritmetiikka- ja logiikkalohkoja, kuten laajan valikoiman avoimen- ja suljetun säätöpiirin ohjausfunktioita. Avoimen- ja suljetun säätöpiirin ohjausrakenteet, jotka on konfiguroitu DCC:llä, on näytetty läpinäkyvästi. Kaaviot jotka on kerran luotu, voidaan yksinkertaisesti kutsua, käyttää uudelleen ja yhdistellä muiden ohjelmajaksojen kanssa, jotta saadaan muodostettua kokonainen ohjelma /10/.





**Kuva 34. Scout-suunnittelujärjestelmä ja ST (Siemens AG /20/)**



**Kuva 35. Scout-suunnittelujärjestelmän ST-editori (Siemens AG /20/)**

Käyttöjen ja moottoreiden valinnan ja mitoituksen lisäksi, helppokäyttöisessä Sizer-suunnittelutyökalussa voidaan valita ja mitoittaa aina kaapeleista lähtien, myös kaikki lisäkomponentit, joita tarvitaan käyttöratkaisun toteuttamiseksi. Ohjelma on suunniteltu siten, että se tarjoaa käyttäjälle mahdollisimman helposti ratkaisun hänen ongelmaansa. Funktioiden ja apufunktioiden takia on helppoa luoda käyttö-sovellus erityisine ominaisuuksineen ja erityispiirteineen. Sizer ohjaa käyttäjää askel askeleelta, kun hän mitoittaa käyttö-ratkaisuaan /10/.

### 5.1.3 Laitteistoalustat

Simotion on jaettu kolmeen laitteistoalustaan, jotka ovat Simotion D, Simotion C ja Simotion P. Jokaisella laitteistoalustalla on omat vahvuutensa tietyillä sovellusaloilla. Näitä alustoja voidaan myös helposti yhdistää, mistä on suurta etua modulaarisissa koneissa ja järjestelmissä. Yksittäisillä laitteistoalustoilla on aina samat järjestelmäominaisuudet, esimerkiksi toiminnallisuus ja suunnittelu ovat aina identtiset, riippumatta mitä alustaa käytetään. Asiakas voi valita juuri omaan koneeseensa sopivan alustan /2/.



**Kuva 36. Simotion P, C ja D (Siemens AG /26/)**

### 5.1.4 Simotion D

Simotion D on kompakti, käyttöpohjainen versio Simotionista, joka perustuu Sinamics-sarjan käyttöihin /2/. Se on suoraan integroitu Sinamics S120-käyttöön ohjausmoduulina. Yhdessä kompaktissa moduulissa on integroituna liikkeenohjaus ja toimilaitefunktiot PLC:n ja suljetun säätöpiirin käytönohjauksen kanssa. Tästä seuraa, että liikkeenohjauksen lisäksi myös koko laitetta voidaan kontrolloida /10/. Liikkeenohjauksen ja käytön integroiminen tekee systeemistä nopean /1/. Simotion D:tä tarjotaan eri tehoisina versioina. Tästä johtuen skaalautuvuus ja joustavuus ovat taattuja. Sisäänrakennetun PLC:n ansiosta Simotion D voi ohjata, ei pelkästään liikettä, vaan koko konetta. Käyttöä, valvontaa ja visualisointia varten voidaan laitteessa olevaan Profibus- tai Ethernet-liityntään kytkeä HMI-laitteita. HMI-laite voidaan tarvittaessa liittää myös Profinetin kautta /10/. Näiden liityntöjen kautta toiminnot kuten

etähuolto, -käyttö ja diagnostiikka ovat mahdollisia /2/. Profinettiä ja Profibussia käytetään liittämään hajautettu I/O /10/.



**Kuva 37. Simotion D (Siemens AG /24/)**



**Kuva 48. Sinamics käytöt (Siemens AG /24/)**

Simotion D:stä on saatavissa kaksi versiota, joista ensimmäinen D410 on suunniteltu yksiakselisiin sovelluksiin ja on kiinnitetty Sinamics S120 PM340-virtamoduuliin. Simotion D4x5 on ohjainyksikkö moniakselisille sovelluksille ja on kiinni Sinamics S120:ssä. Siitä on tarjolla useita eri suorituskykyvaihtoehtoja maksimaalisen skaalautuvuuden ja joustavuuden aikaansaamiseksi, joista ensimmäinen D425 tarjoaa normaalin suorituskyvyn 16 akselille ja toinen, eli D435 tarjoaa normaalin suorituskyvyn 32 akselille. Korkean suorituskyvyn sovelluksiin on suunniteltu D445 ja D445-1, jotka soveltuvat normaalisti 64 akselille. Sovellus-riippuvainen D445-1 tarjoaa keskimäärin 30 % enemmän PLC- ja liikkeenohjaussuorituskykyä kuin D445 /8/.

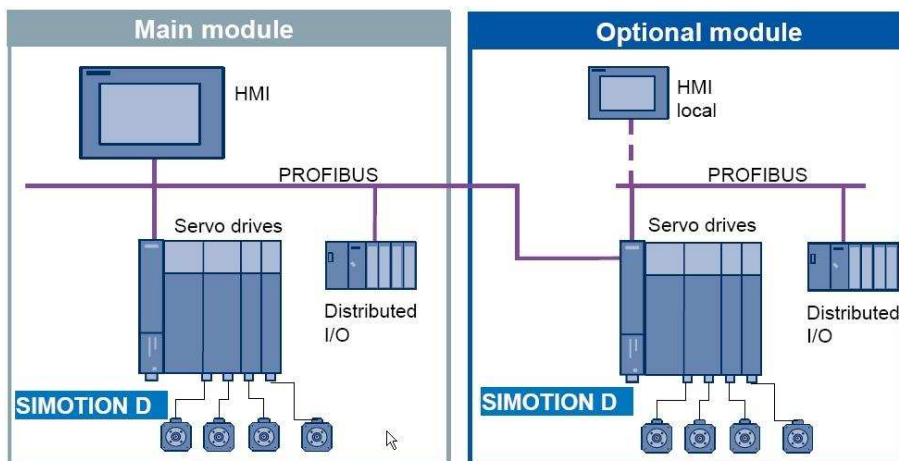


**Kuva 39. Simotion D410 (Siemens AG /17/)**



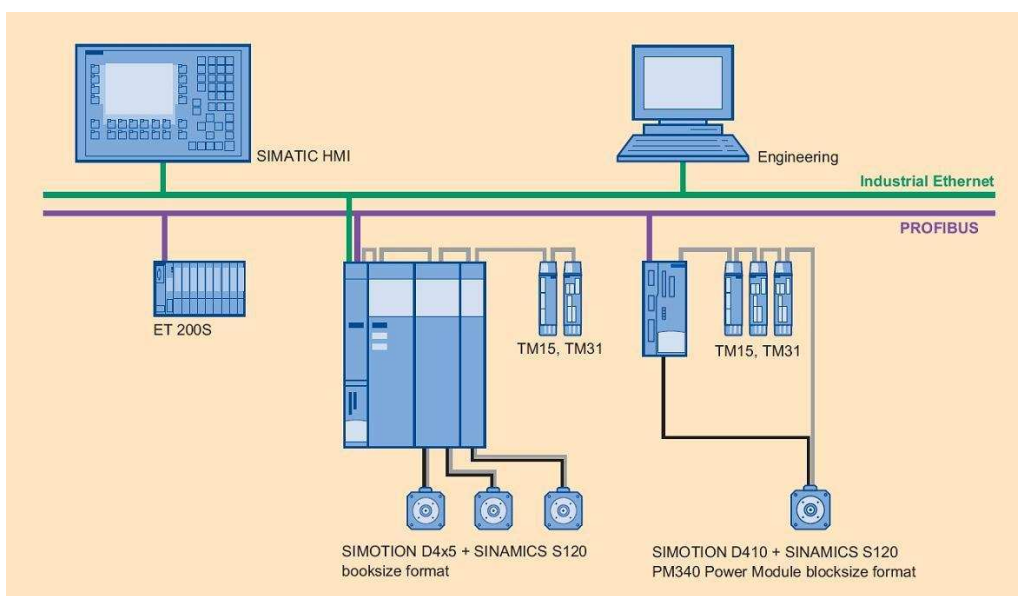
**Kuva 40. Simotion D4x5 (Siemens AG /24/)**

Simotion D:n hyviä puolia ovat muun muassa kustannustehokkuus, joka saavutetaan suoraan käyttöön integroidun liikkeenohjauksen, toimilaitte- ja PLC-toimintojen ansiosta. Kompakti rakenne vähentää ohjainkaapin kokoa ja Sinamics S120 kaltainen suunnittelu lisää käyttäjäystävällisyyttä, joka voidaan myös lukea Simotion D:n hyväksi puoleksi. Lisäksi Simotion D sopii hyvin modulaarisiin ja hajautettuihin järjestelmiin sekä omaa joustavan verkkoliikenteen integroitujen liitännöiden ansiosta. Simotion D on suunnittelultaan yksinkertainen ja useiden saatavissa olevien toimilaitte-funktioiden ansiosta tehokas. Helppo huollettavuus on saavutettu helposti vaihdettavan ja kaiken tiedon sisältävän CF-kortin avulla. Koska liityntöjä PLC:n ja liikkeenohjauksen väliin ei enää tarvita, on toiminta myös hyvin dynaamista /8/.



**Kuva 41. Modulaarinen järjestelmä Simotion D:tä hyödyntäen (Siemens AG /23/)**

Simotion D sopii pieniin kohteisiin, hajautettua ohjausta hyödyntäviin järjestelmiin, modulaarisiin koneisiin ja suurta nopeutta vaativiin moniakselikäyttöihin /1/. Tärkeimpiä Simotion D:n sovelluskohteita ovat pakkauslaitteet, muovin- ja kumin- käsittelylaitteet, prässit ja langanvetolaitteet, tekstiiliteollisuuden laitteet, tulostuslaitteet, puun-, lasin-, keramiikan- ja kivityöstölaitteet sekä koneiden muunnokset /8/.



**Kuva 42. Hajautettu ohjaus Simotion D (Siemens AG /24/)**

### 5.1.5 Simotion C

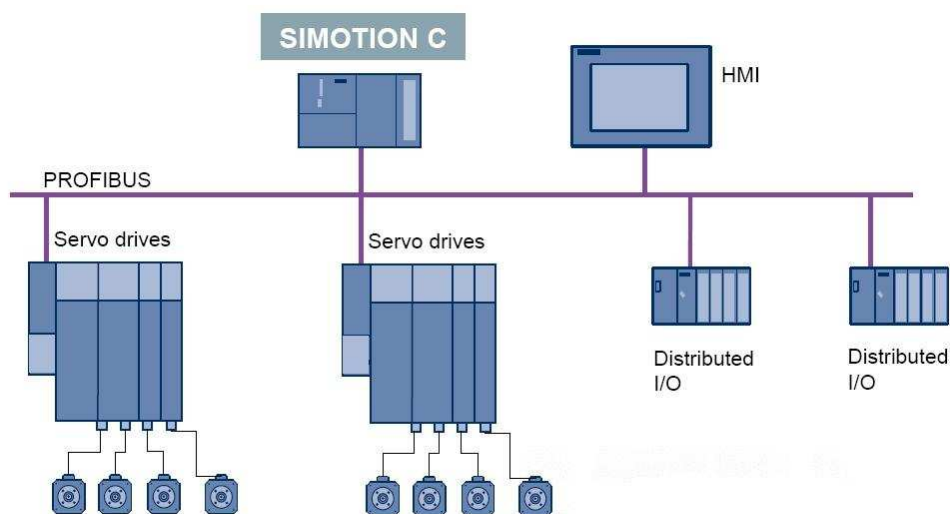
Simotion C on modulaarinen ohjainvariantti Simatic S7-300 mallilla, käyttäen sen yksinkertaisia laajennusominaisuuksia /2/. Mukana on neljä analogiliitäntää ja useita digitaalisia tuloja ja lähtöjä. Mukana on myös kaksi isokronista (samanaikaista) Profibus-liitäntää ja yksi Ethernet-liityntä. Hajautettu käyttöjen ja I/O:n liittäminen toisiinsa on mahdollista Profibusta hyödyntäen. Profibusta voidaan myös käyttää kommunikointiin ohjauspaneelien tai ylemmän tason logiikoiden kanssa /1/. Profibus- ja Ethernet-liityntöjen kautta voidaan toteuttaa myös etähuolto, -käyttö ja diagnostiikka /2/. Profidrive ja teollisuus-Ethernet-liitynnät takaavat täydellisen kommunikation laitteen muiden osien kanssa. Käyttöjärjestelmänä voidaan käyttää Simatic HMI-paneeleita, sekä tietokoneita, joissa on asennettuna ProTool/Pro, joustava WinCC tai OPC-liityntä /10/.



**Kuva 43. Simotion C (Siemens AG /24/)**

Kahta liikkeenohjainversiota on saatavissa, Simotion C240 ja Simotion C240 PN. Molemmissa versioissa on sama PLC- ja liikkeenohjainsuorituskyky. Erona ovat erilaiset liitynnät. C240 versio sisältää neljä liityntää analogisille askelvasteisille hydraulikkakäyttöille /3/. Liityntöjä on siis esimerkiksi asetettaville lähdöille servo-/vektorikäyttöihin, asetettaville käyttöille hydraulisten käyttöjen venttiilien liikuttamiseen ja vapaasti siirrettäville analogisille lähdöille. Lisäksi on liityntöjä pulssilähdöille askelkäyttöjen ohjaukseen, inkrementti-/absoluuttiantureille tiedonkeruuseen todellisista paikkatiedoista tai yhtä vapaasti siirrettäville ylös/alas-laskureille. Mukana on kiinteä I/O huippunopeille I/O-signaaleille /7/. C240 PN sisältää kolmeporttisen Profinet-liitynnän. Molemmissa ohjaimissa on useita digitaalisia tulo- ja lähtöportte-

ja, sekä kaksi Profibus-liityntää, PROFIdrive ja teollisuus-Ethernet viestintää varten /3/.



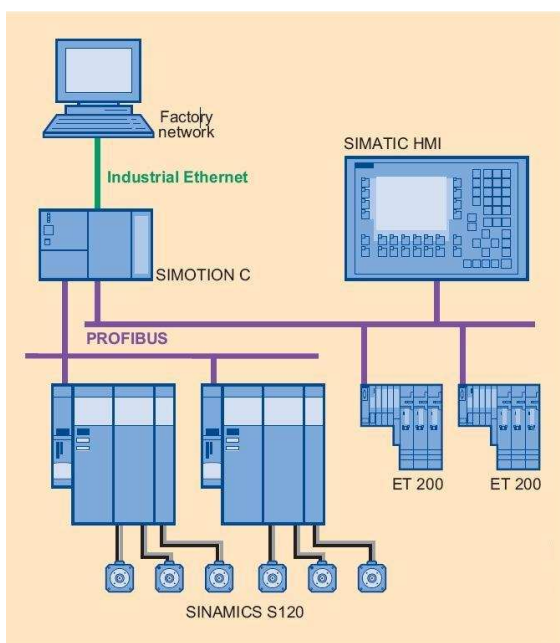
**Kuva 44. Simotion C:n käyttö (Siemens AG /23/)**

Simotion C:tä käytetään siellä, missä halutaan suurin mahdollinen vapaus käyttöjen valinnassa ja prosesseissa, joissa on paljon erilaisia signaaleita /1/. Simotionia voidaan käyttää siellä, missä liikkeenohjaus, toimilaite ja PLC-toiminnot halutaan ohjelmoida, konfiguroida ja suorittaa samassa yksikössä, tai kun modulaarisesti laajennettava järjestelmä halutaan asettaa lähelle laitetta tai laitteeseen itseensä. Tarve kommunikoida muiden ohjainten kanssa saattaa myös ohjata käyttämään Simotion C:tä /7/. Simotion täyttää korkeimmat teollisuuskäytön asettamat vaatimukset, korkean EMC-yhteensopivuuden sekä iskun- että värinänkestävyyden ansiosta. Pääasiallisia käyttökohteita ovat pakkauslaitteet, muovin- ja kuminkäsittelylaitteet, prässit, langan vetolaitteet, tekstiiliteollisuuden laitteet, tulostuslaitteet, puun-, lasin-, keramiikan- ja kiventyöstölaitteet ja jälkiasennus /4/.

Simotion C:n kaltaisilla modulaarisilla järjestelmillä on mahdollista luoda useita eri versioita samasta koneesta käyttäen vain muutamaa moduulia. Yksittäiset moduulit on helpompi saada vastaamaan asiakkaan asettamia erityistarpeita. Moduulit voidaan suunnitella myös täysin asiakkaan toivomuksien pohjalta. Modulaariset järjestelmät nopeuttavat merkittävästi käyttöönottoa. Modulaarisista järjestelmistä puhuttaessa on tärkeää huomata, että eri konemoduuleita voidaan helposti yhdistellä. Tämä voidaan



saavuttaa esimerkiksi hajautetussa ohjauksessa servokäyttöillä ja liikkeenohjausfunktioilla. Modulaarisuus asettaa vaatimuksia liikkeenohjausohjelmalle. Sen pitää esimerkiksi kyetä ohjaamaan kaikkien moduuleiden kaikkia toimintoja, tukea itsenäisiä moduuleita, tarjota yksinkertaiset liitynnät moduuleiden väliin. Modulaarinen suunnittelu tarjoaa joustavampia koneita, nopeampaa tuotantoa ja käyttöönottoa, joista seuraa lyhyempi toimitusaika. Myös konekustannukset alenevat modulaarisuuden myötä /1/.



**Kuva 45. Simotion C:n käyttö (Siemens AG /24/)**

### 5.1.6 Simotion P

Simotion P:ssä on liikkeenohjaus ja käyttöliittymä samalla alustalla. Se on avoin, PC-pohjainen liikkeenohjausjärjestelmä, joka perustuu uusimpaan Intel-teknologiaan /2, 10/. PLC, liikkeenohjaus ja HMI-funktiot suoritetaan samassa ympäristössä standardisoitujen PC-ohjelmien kanssa yhdellä alustalla. Tuotannon ja toimistotason väliset rajat tulevat kokoajan sumeammiksi. Simotion P:llä on toimiston tiedonkäsittely-ympäristön edut eli verkko-ympäristö, suuri kapasiteetti tiedolle, tiedon varmuuskopiointimahdollisuus ja integroitu kommunikointi. Simotion P:llä visualisointi tehtävät ja jopa suunnittelua voidaan tehdä suoraan PC:ltä. Kun käytetään toisen valmistajan HMI-ohjelmistoa, voidaan käyttää standardoitua OPC-server-liityntää. Funkti-

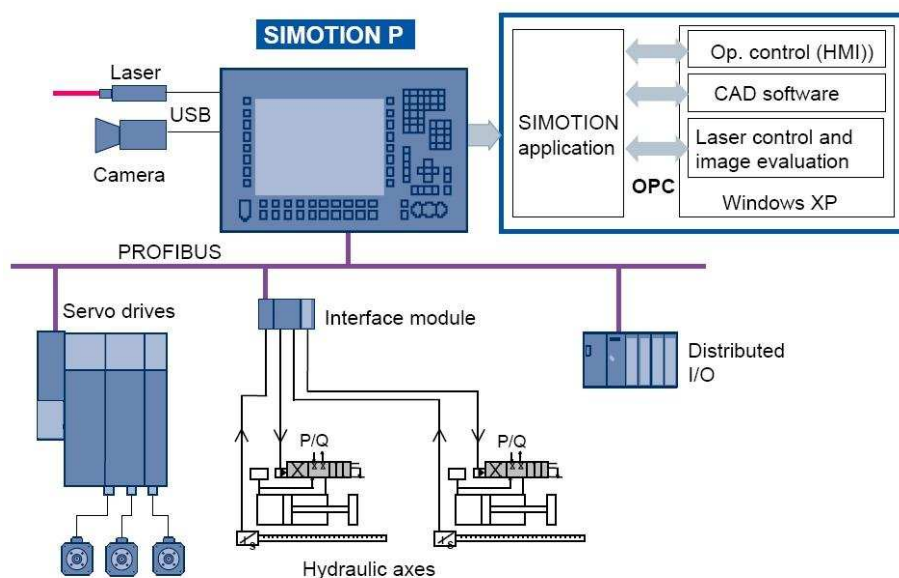


oita, kuten etähuoltoa, diagnostiikkaa ja etätukea, voidaan toteuttaa sisäänrakennetun Ethernet-liitynnän avulla /2/.



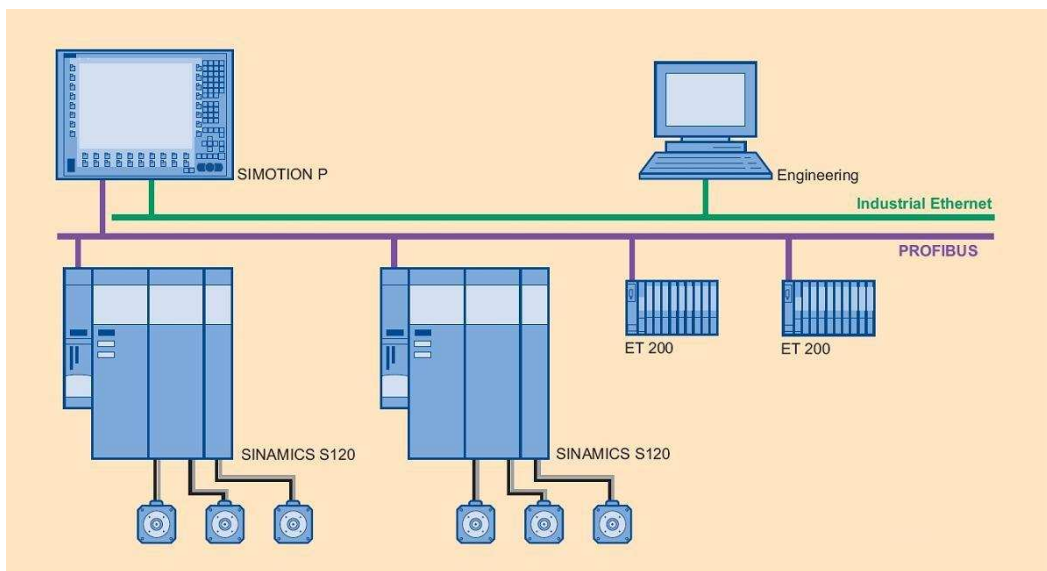
**Kuva 46. Simotion P (Siemens AG /22/)**

Simotion P-järjestelmässä ei ole painonappeja tai vipuja järjestelmän tilojen valitsemiseksi. Tämä tehtävä suoritetaan ohjelmallisesti hiirtä ja näppäimistöä käyttäen. Järjestelmän sammutuksen aikana tärkeä tieto varastoidaan. Uusin tieto on siten valmiina käyttöön heti kun laite käynnistetään uudelleen. Simotion P:n diagnostiikkajärjestelmä kontrolloi systeemin toimintaa kokoajan ja rekisteröi virheitä tai tiettyjä systeemin sisäisiä tapahtumia /9/.



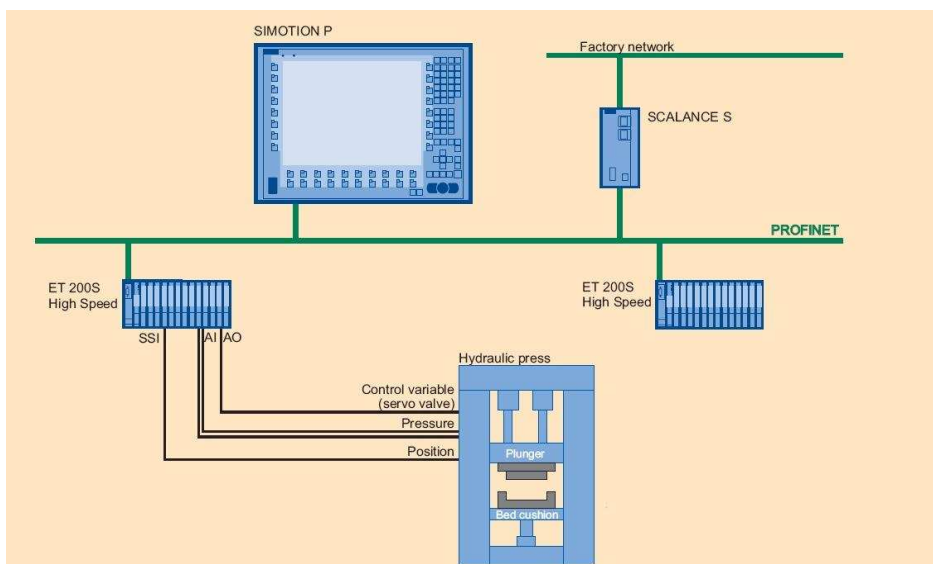
**Kuva 47. Simotion P:n käyttö (Siemens AG /23/)**

PC-kohtaisia toimintoja, kuten tuulettimen nopeutta ja erilaisia lämpötiloja, voidaan jatkuvasti valvoa luoden niistä hälytyksiä. Simotion-keskusjärjestelmän vakaus perustuu sen itsenäisyyteen Windowsin rinnalla. Edes Windowsissa tapahtuva järjestelmän kaatuminen ei saa Simotion P:tä lopettamaan toimintaansa, vaan laite voi jatkaa toimintaansa tai se voidaan sammuttaa ilman, että vahinkoa tapahtuu /9/.



**Kuva 48. Simotion P:n käyttö (Siemens AG /24/)**

Simotion P:tä käytetään siellä, missä tarvitaan PC-ympäristön luomaa avoimuutta ja siellä missä on korkeita vaatimuksia ohjauspaneelille sekä toiminnan visualisoinnille. Sitä käytetään myös kohteissa, joissa kaivataan tiedonkäsittelyyn tehoa, tai silloin kun tietoa halutaan analysoida ja laatia siitä raportteja. Korkeatasoisen etädiagnostiikan ja -käytön tarve saattaa myös suosia Simotion P:n käyttämistä /1/.



**Kuva 49. Simotion P:n käyttö (Siemens AG /24/)**

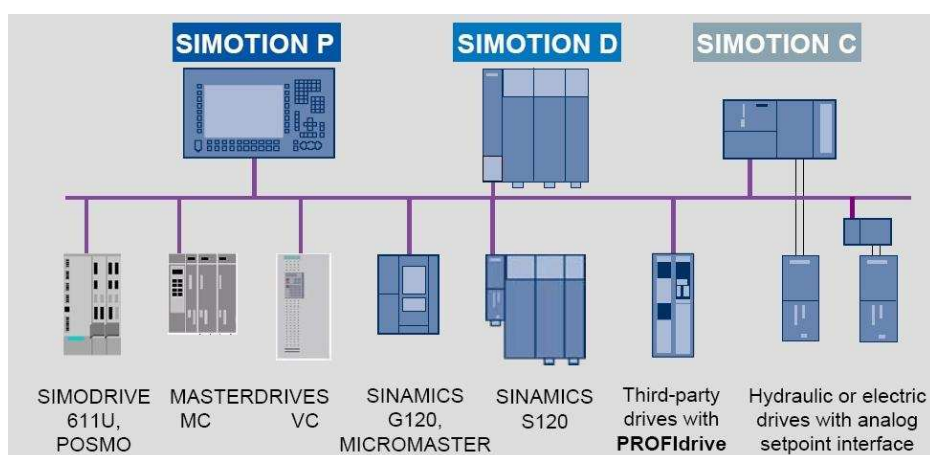
Simotion P-liikkeenohjausjärjestelmä voi kontrolloida käyttöjä ja hajautettuja I/O-moduuleita Profibus DP:tä tai Profinettiä hyödyntäen. Profibus-versio voi sisältää myös Profinetin jos tarve vaatii, ja tukea tällöin Profibus- ja Profinet-kommunikaatiota samassa laitteessa. Liityntä Profibus-verkkoon on tehty integroidun IsoProfibus-kortin kautta. Tämä on PCI-kortti kahdella Profibus DP-portilla (maksimissaan 12 Mb/s). Käyttäjät voivat parametroida väylän kellopulssien nopeuden. Vaihtoehtoisesti toinen kahdesta Profibus DP-liitynnästä voidaan myös määrittellä olemaan ohjelmointiliityntä (MPI-protokolla). Liityntä Profinet-verkkoon on tehty integroidun MCI-PN-kortin kautta. Tämä on PCI-kortti neljällä Ethernet-portilla ja integroiduilla viputoiminnoilla. Profinet-kortti tukee Profinet I/O:ta IRT:nä ja RT:nä. Standardi Ethernet-viestintä (TCP/IP) on myös mahdollista tällä liitynnällä. Yhdistämällä ET 200S I/O:n ja Profinetin voidaan saavuttaa jopa 250  $\mu$ s sykliäikoja. Tämä on erityisesti tarpeen nopeaa vasteaikaa vaativissa sovelluksissa /9/.



**Kuva 50. Simotion P350-3 (Siemens AG /24/)**

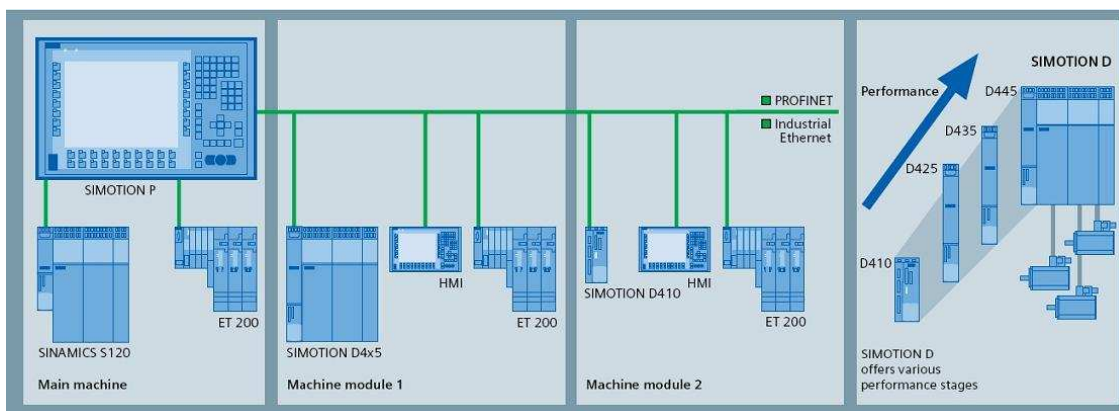
## 5.2 Käyttäminen ja käyttökohteet

Simotion voi ohjata servokäyttöistä konetta. Tämä toteutuu käyttäen Simotion-ohjainta, joka käsittelee kaikki sisääntulevat ja uloslähtevät signaalit ja servokäyttöjen liikkeit. Paikallista I/O:ta ohjaimen kehikossa ja hajautettua I/O:ta Profibus DP:ssä käytetään sovittamaan yhteen prosessisignaalit. Servokäyttöjä voidaan käyttää Profibus DP:ssä. Käyttöjä ja sovelluksia käytetään kellotahdisteisesti Profibusin kautta. Tässä käytössä Profibusilla on reaaliaikaista suorituskykyä, jolla suorittaa liikkeenohjaustehtäviä. Simatic-käyttöpaneelia, joka on liitetty suoraan Simotio- niin Profibus DP:n kautta, käytetään käytönvalvontaan ja visualisointiin /1/.



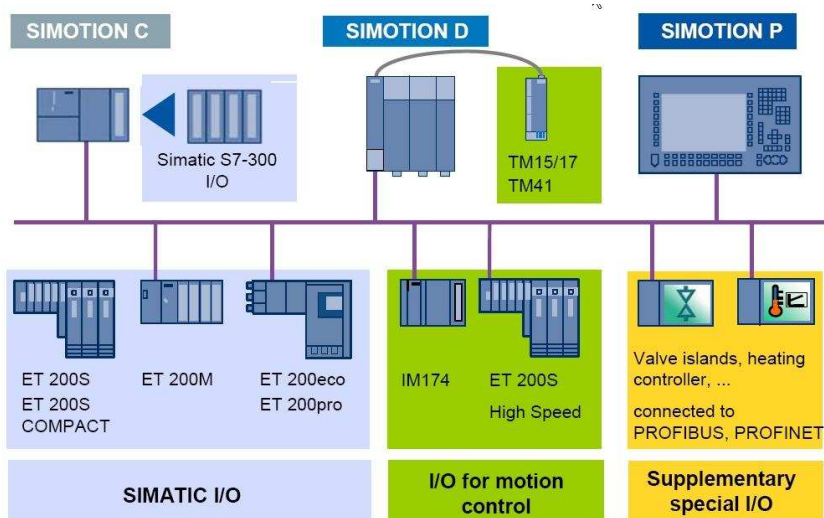
**Kuva 51. Simotion P, D ja C samassa järjestelmässä (Siemens AG /23/)**

Kone koostuu kahdesta osasta, joita molempia ohjaa Simotion-järjestelmä. Koneen osia voidaan ohjelmoida ja käyttöönottaa itsenäisesti ja toisistaan riippumatta. Ensimmäistä koneen osaa, jossa on useita servokäyttöjä ja hajautettu I/O, ohjaa Simotion P teollisuus PC. Toinen koneen osa on riippumaton moduuli, jossa myös on servokäyttöjä ja hajautettu I/O, mutta jota kontrolloi Simotion C-ohjain. Vaihtoehtoisesti sovellus voidaan toteuttaa suoraan käytöstä Simotion D:llä. Simotion-järjestelmät ja servokäytöt on synkronoitu Profibus DP:n kautta liikkeenohjaukseen. Käyttäjärjestelmä sijaitsee Simotion P:ssä. Simatic Protocol/Pro:ta tai Microsoftin Windows-sovellusta voidaan käyttää tähän tarkoitukseen. Kommunikointi Simotionin ja Windows-ohjelman välillä tapahtuu standardoidun OPC-prosessin tietorajapinnan kautta /1/.



**Kuva 52. Simotion P ja D samassa järjestelmässä (Siemens AG /21/)**

Koneet, joissa on monia akseleita ja monimutkainen liikkeenohjaus-toiminnallisuus, asettavat tiukat vaatimukset systeemin suorituskyvylle, sillä jokainen akseli lisää systeemin ja väylien kuormitusta. Simotion tarjoaa hajautetun automaattiorakenteen, jossa kone on jaettu eri akseliryhmiin, joita kaikkia ohjaa Simotion-järjestelmä. Kommunikointi eri Simotion-järjestelmien välillä tapahtuu isokronisesti Profibusin kautta. Näin ollen väylän kuormitus ja yksittäisen Simotion-järjestelmän kuormitus on merkittävästi alhaisempi, mahdollistaen myös moniakselisten koneiden automatisoinnin, monimutkaisen toiminnan ja tiukkojen vaatimusten täyttämisen. Kompaktin rakenteen ja akseliryhmän nopean sisäisen viestinnän takia, käyttöpohjainen Simotion D sopii erityisen hyvin juuri tällaisiin sovelluksiin /1/.



**Kuva 53. Simotion C, D ja P samassa järjestelmässä (Siemens AG /23/)**

## 6 SIEMENS TEKNOLOGIA-CPU

Teknologia-CPU:ssa CPU on yhdistynyt PLC:n avoimiin ja yhteensopiviin ohjaus-funktioihin. S7-300 tekniikkaan perustuvat S7-315T-2DP ja 317T-2DP tarjoavat saman toiminnan kuin standardi keskusyksiköt integroiduilla toimilaitefunktioilla. Teknologia-CPU on rakenteeltaan kompakti. Siihen on integroitu neljä digitaalista tuloa, kahdeksan digitaalista lähtöä ja kaksi Profibus DP-liityntää, jotka ovat isokroninen Profibus DP dynaamista liikkeenohjausta varten ja MPI/DP-liityntä muihin Simatic-komponentteihin liityntää varten. Teknologia-CPU:iden ohjelmoinnissa voidaan käyttää S7 Simatic Manager-ohjelmointiympäristöä /5/.



**Kuva 54. Siemens S7-315T-2DP (Siemens AG /6/)**

## 6.1 Käyttäminen ja käyttökohteet

PLC:n avoimien ja yhteensopivien ohjausfunktioiden avulla teknologiaohjaimet sopivat erityisen hyvin usea-akselisten yhteenkytkettyjen liikejaksosten ohjaukseen. Paikkaohjatun yhden akselin paikoittamisen lisäksi monimutkaiset synkronoidut liikejaksot ovat mahdollisia. Synkronoidut akselit voidaan yhdistää virtuaaliseen tai fyysiseen masteriin. Isokroninen Profibus sallii akseleiden kontrolloimisen digitaalisen väyläjärjestelmän yli. Toista Profibus DP-liityntää voidaan käyttää käyttäjäystävälliseen parametriasetteluun ja käyttöönottoon PC:ltä tai muusta ohjelmointilaitteesta. Tästä seuraa se, että teknologiaohjaimia voidaan käyttää prosessointi-/kokoonpanolinjoissa, läpisyöttölaitteissa, palletointilaitteissa, poikkivarsissa, yksinkertaisissa nostureissa, pakkauskoneissa, telasyöttimissä, saattoleikkureissa, laati-konasantajissa ja nimiöimiskoneissa.

## 6.2 Hyvät ominaisuudet

Teknologia-CPU:n etuja ovat korkea taloudellinen tehokkuus ja joustavuus. Näitä etuja ilmentävät skaalattava PLC:n teho, digitaalisen liikkeenohjauksen integroiminen Simatic-CPU:ssa, sekä keskitetty ja hajautettu laajennettavuus suurelle joukolle tehtäviä, Simatic-tuotevalikoiman ansiosta. Teknologia-CPU vähentää myös soveltamiskustannuksia intergroidun ja yksinkertaisen suunnitteluympäristön ansiosta. Kaikki käyttöihin, PLC:hen ja liikkeenohjaukseen liittyvät asiat tehdään samalla S7 Simatic Manager-ohjelmointiympäristöllä. Olemassa olevien S7-ohjelmien hyödynnettävyys vähentää sekin osaltaan ohjelmointikuluja ja toimitusaikaa. PLCopen-sertifioitujen liikkeenohjausfunktioiden helpottavat suunnittelua ja huoltamista. Lukuisien kielivaihtoehtojen ansiosta käyttöönotto helpottuu ja huoltohenkilökunnan koulutus-tarve pienenee /5/.



**Kuva 55. Siemens S7-315T-2DP (Siemens AG /16/)**

### 6.3 Ominaisuudet

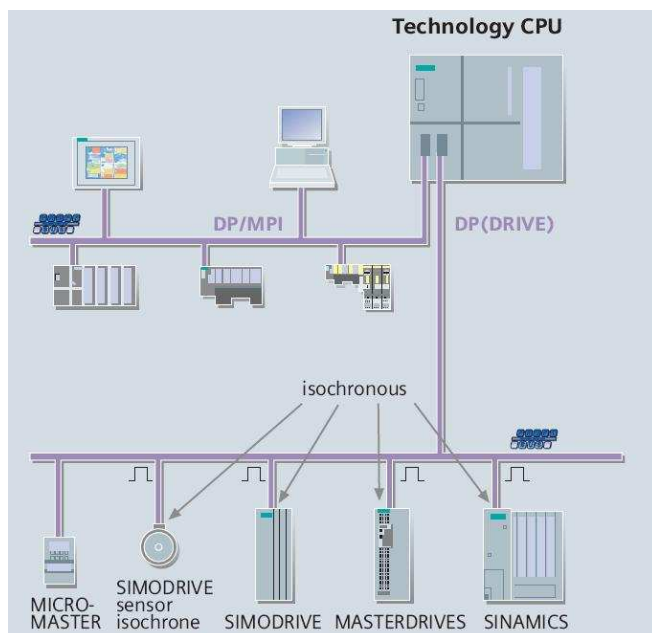
Teknologia-CPU 315T-2DP:ssä on mikroprosessori, joka saavuttaa suunnilleen 100 nanosekunnin prosessointiajan yhtä binäärikäskyä kohden ja 3 mikrosekunnin prosessointiajan yhtä liikkuvan pisteen toimintoa kohti. Siinä on 256 kB työmuisti ohjelmakomponenteille. Simaticin MMC-kortin avulla voidaan CPU:lle tallentaa projekti. Korttia voidaan käyttää tiedon arkistointiin ja reseptien hallintaan. 315T-2DP:ssä on integroidut tulot (4) ja lähdöt (8), joita voidaan käyttää toimilaitefunktioidiin. Digitaalisia lähtöjä voidaan käyttää myös Step 7-käyttäjiohjelmassa.

Teknologia-CPU on laajennettavissa aina kahdeksaan moduuliin saakka. Siinä on yhdistetty MPI/DP-liityntä. Ensimmäinen MPI/DP-liityntä voi muodostaa jopa 16 yhteysttä samanaikaisesti S7-300/400:een, PG:hen, PC:hen ja OP:hen. Yksi näistä yhteyksistä on aina varattu PG:lle ja toinen OP:lle. Yksinkertainen, jopa 32 CPU:n muodostama verkko voidaan pystyttää MPI:n avulla globaalien tiedonvälityksen keinoin. Tämä liityntä voidaan uudelleen konfiguroida MPI:stä DP-liitynnäksi.

DP-liityntää voidaan käyttää DP-masterina tai DP-slavena. Profibus DP-liityntä tukee täysin Profibus DP V1-standardia. Tämä parantaa diagnostiikka- ja parametriasetteluominaisuuksia DP V1-standardi slaveissa. Profibus DP-liityntä tukee isokronista tilaa ja täyttää siten perusvaatimuksen huippunopeiden ja aikakriittisten toimintojen ohjaamiseksi. Tällaisia löytyy esimerkiksi hajautetuista akseleista synkronoiduista sovelluksista. Liityntää voidaan ainoastaan käyttää DP-masterina. Sen



tehtävä on käyttökomponenttien yhteen liittäminen. Käyttöjen lisäksi DP-V0-slaveja voidaan myös käyttää DP:ssä rajoitetulla liitännällä /6/.



**Kuva 66. Teknologia-CPU:n liitännät (Siemens AG /16/)**

## 7 BOSCH REXROTH DIGITAALINEN AKSELIOHJAIN

Digitaalinen akseliohjain VT-HNC100...3X on ohjelmoitava NC-ohjain, korkeintaan neljälle suljetussa säätöpiirissä ohjatulle akselille. Se täyttää hydraulisten käyttöjen ohjauksen asettamat vaatimukset. Häiriöitä, tärinää, iskuja ja lämpöä hyvin kestävä VT-HNC100...3X on suunniteltu vaativiin teollisuusympäristöihin. VT-HNC100...3X:n toiminnan perusta on sovelluskohtaisten profiilien luominen. Nämä profiilit luodaan PC:ssä ja lähetetään sarjaliittymän kautta VT-HNC100...3X:n. Käyttäjän ohjelman ja profiilien muodostama kokonaisuus sanotaan projektiksi. Projektin valmistelu ohjelmiston näkökulmasta lähtee liikkeelle siitä, että VT-HNC100...3X:n tehtävät määritellään ja syötetään vuokaavioon. Tulosten ja lähtöjen sekä parametrien merkitykset määritellään samassa paikassa. Seuraavaksi vuokaavio-funktiot käännetään NC-käskyjen jaksoksi. Tämän jälkeen määritellään konetie-

dot ja NC-ohjelman parametrit, lähetetään tiedot VT-HNC100...3X:n, lopuksi asetukset ja ohjelmajaksot optimoidaan laitteessa /13/.



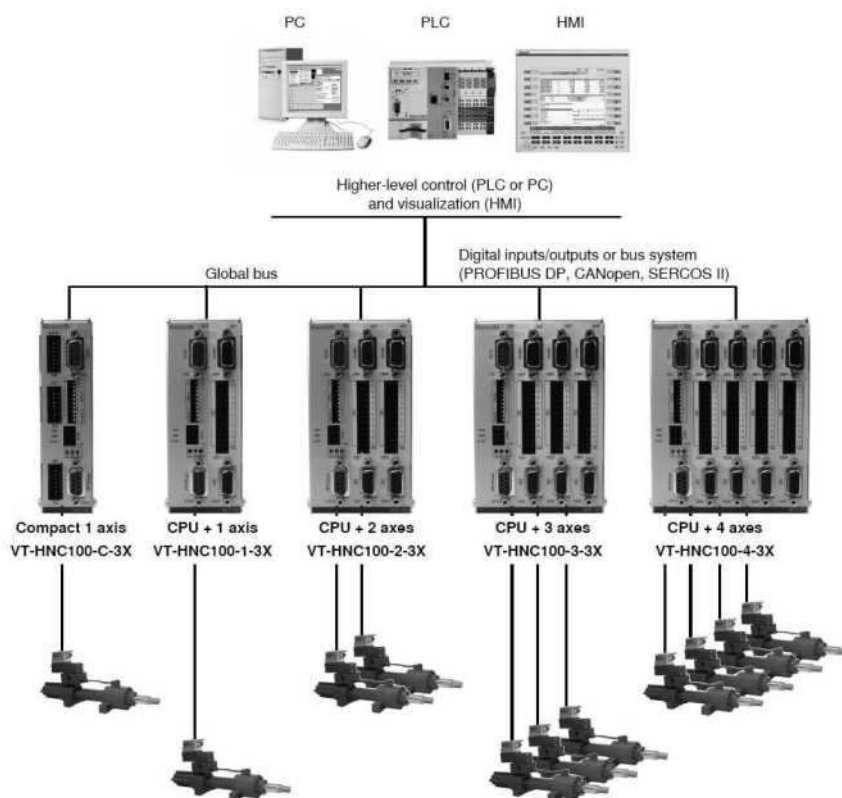
**Kuva 57. VT-HNC100...3X (Bosch Rexroth AG /14/)**



**Kuva 58. VT-HNC100...3X (Bosch Rexroth AG /13/)**

Sovelluskohteita ovat työstökoneet, muovinkäsittelylaitteet, erikoislaitteet, prässit ja kuljetinlinjastot. Tekniikkafunktioita ovat sekventtiohjelmointi, paikoitus, suljetun säätöpiirin paineohjaus, synkronointi, kaarteet ja nokat. Prosessiliityntöjä ovat digitaaliset tulot/lähdöt, analogiset tulot/lähdöt, Profibus DP, CANopen ja SERCOS II.

Hydrauliikka-akseleiden mittausjärjestelmä voi koostua inkrementti- tai absoluuttiantureista (SSI), analogisista antureista (0,  $\pm 10V$ , 4-20mA), joissa ohjausarvona lähtevä jännite tai virta, ja joissa on vapaasti konfiguroitavat ohjainmuuttujat. Se voi koostua myös paikan-/paineen-/voiman-/nopeudenohjauksesta, paikkariippuvaisesta jarrutuksesta, muuttuvasta ohjauksesta (paikka/paine) ja synkronointiohjauksesta korkeintaan neljälle akselille, jotka voivat olla ryhmissä /13/.



**Kuva 59. VT-HNC100...3X vaihtoehdot akseliyhjaukseen (Bosch Rexroth AG /13/)**

Käyttäjän suorittama ohjelmointi tapahtuu PC:ssä, NC-kielellä, jossa on aliohjelmatekniikkoja ja mahdollisia hyppyjä. Yksi NC-ohjelma akselia kohden on toiminnallisille liikejaksuille, lisäksi on yksi kaikille akseleille yhteinen lisäohjelma, sekä muuttujasäätö NC:n käsittelynopeudelle ja ohjaimen lukunopeudelle. Konetiedon ja mitatun tiedon hallinta tapahtuu myös PC:ssä.

PC-ohjelma “WIN-PED 6” auttaa käyttäjää ymmärtämään projektia valmistelevat tehtävät. Sitä voidaan käyttää VT-HNC100...3X:n ohjelmointiin ja säätämiseen sekä diagnostiikkatarkoituksiin. WIN-PED 6 sisältää hyvät dialogifunktiot konetiedon asettamiseen verkossa ja sen ulkopuolella. Mukana on NC-editori integroidulla syntaksintarkistuksella ja ohjelmankääntäjällä, sekä tuki NC:ssä käytetyille parametrimäärittämisille ja dialogi-ikkuna parametrien verkossa tapahtuvaa määrittystä varten. Ohjelmassa on vaihtoehtoja prosessitiedon ja digitaalisten tulosten/lähtöjen esit-

tämiseen. Korkeintaan kahdeksan prosessin tiedot voidaan tallentaa ja graafisesti esittää hyvin monenlaisilla aktivointivaihtoehdoilla.

Paikoitinfunktioita ovat PDT1-ohjain, lineaarinen tuoton ominaiskäyrä, suunta-riippuvainen tuoton säätö, tuoton säätö NC-ohjelman kautta, venttiilin ominaiskäyrän korjaus, hienopaikoitus, jäännösjännitteen periaate, nollapistesiirron kompensointi, aktiivinen vaimeneminen paineen/eropaineen/paikan mukaan, asetusarvolisäys, ohjauslähdön rajoitus NC-ohjelmasta, paikkariippuvainen jarrutus, välielektroniikka ja synkronoinnin hallinta.

Paineen-/voimanohjausfunktioita ovat PIDT1-ohjain, I-komponentin aktivointi/deaktivointi ikkunassa, eropaineen arviointi ja omalukunopeus. Nopeudenohjaimen funktioita ovat PI-säätimen ja I-komponentin aktivointi ja deaktivointi ikkunassa. Synkronointiohjaimen funktioita ovat master-slave-periaate ja keskiarvoperiaate. Valvontafunktioita ovat dynaaminen virheiden valvonta, jonomittausalueen rajaus (elektroniset rajakytkimet) ja kaapelikatkoksen valvontainkrementti, SSI-antureille sekä antureille, joissa 4-20mA lähtö /13/.

## 8 JÄRJESTELMIEN VERTAILU

Vertailtavana on erilaisia järjestelmiä, joilla toteuttaa sama liikkeenohjaustehtävä. Siemensin Simotion P, C ja D ovat ominaisuuksiltaan samanlaisia, joten niiden keskinäinen vertailu kohdistuu lähinnä alustaratkaisun toimivuuteen kyseisessä sovelluskohteessa. Siemensin teknologia-CPU ja Bosch Rexrothin digitaalinen akseli-ohjain edustavat kumpikin keskenään erilaista lähestymistapaa, joka eroaa myös Siemensin Simotionin ja Beckhoffin TwinCAT:n edustamista järjestelmistä riittävästi, jotta näitä kaikkia voidaan vertailla keskenään. Beckhoffin TwinCAT tarjoaa neljä erilaista järjestelmää, jotka ovat NC PTP, NC I (interpolaatio), PLC ja CNC. Näistä työn ulkopuolelle rajattiin TwinCAT CNC ja TwinCAT NC I. Rajaus oli tarpeen lähinnä siksi, että NC I:n interpolointiominaisuus on tarpeeton sovelluskohteessa ja toisaalta ei myöskään olla ohjaamassa CNC-konetta.

## 8.1 Siemens Simotion

Simotionin hyviä puolia ovat ehdottomasti sen valmistajan lupaama vapaus rakentamiseen ja soveltuvuus kaikille liikkeenohjaustehtäville. Erilaisten alustaratkaisujen ansioista pystyy paremmin valitsemaan juuri omiin tarpeisiin sopivan järjestelmän. Liikkeenohjauksen yhdistyminen logiikka- ja toimilaitefunktioiden kanssa samaan järjestelmään lisää varmasti toimivuutta, alentaa kustannuksia ja parantaa suorituskykyä. Laboratoriojärjestelmässä näistä hyödyllisiä ominaisuuksia ovat toimivuus ja alhaisemmat kustannukset. Suorituskyky ei ole kovin keskeinen valintakriteeri, sillä vaatimukset sen suhteen eivät ole kovin suuret. Valmistajan lupaamasta joustavuudesta saattaa olla myöhemmin hyötyä, jos järjestelmän toimintaa aletaan muokata. Siemensin lupaama laitteiston erityistarpeiden pienentyminen voi sekkin olla hyödyllinen ominaisuus, jos se yksinkertaistaa laitteistoa ja pienentää hintaa.

Mahdollisuus älyn hajautukseen ei ole laboratoriojärjestelmässä keskeinen vaatimus, mutta ei liene täysin poissuljettua, että sitä voitaisi joskus silti hyödyntää. Hajautus tehtäisiin kuitenkin todennäköisesti opetusmielessä eikä niinkään vähentämään tiedonsiirtoväylän kuormitusta. Hajautuksella aikaansaatu modulaarisuus lienee myös hyödytön ominaisuus oppilaitosympäristössä.

Simotionissa Scout-ohjelmointityökalulla suoritettava graafinen ohjelmointi sopii hyvin opetuskäyttöön visuaalisuutensa, luvattun käyttäjäystävällisyytensä ja yksinkertaisuutensa ansiosta. Ohjelmoinnin tehokkuus ei ole keskeinen valintakriteeri, mutta on silti hyödyllinen ominaisuus. Monien toimintojen integroiminen samaan suunnittelujärjestelmään, soveltuu hyvin opetuskäyttöön ja on omiaan selkeyttämään asioita. Mahdollisuus ohjelmoida eri kielillä on myös hyödyllinen ominaisuus. Sizersuunnittelutyökalun mitoitustoiminnoista saisi varmaan paljonkin irti opetuskäytössä. Valmistajan lupaama helppokäyttöisyys myös tämän työkalun osalta on selkeä etu. Tekniikkapaketeista, toimintokirjastoista ja ajonaikaisesta järjestelmästä on varmasti etua opetuskäytössä. Nämä tekevät valmistajan lupauksen mukaan toiminnasta skaalattavaa, joustavaa ja laajennettavaa, jotka kaikki voivat olla hyödyllisiä ominaisuuksia tulevaisuudessa.

Kaikissa Siemensin Simotioneissa erilaiset konelaboratoriojärjestelmässä tarvittavat visualisointitehtävät hoituvat järjestelmään kuuluvien työkalujen, kuten graafisen ohjelmointityökalun, Scoutin avulla. Hieman epäselväksi jäi miten nämä tehtävät tarkalleen ottaen toteutetaan ja kuinka helppoa tämä hoitaminen on. Valmistajan edustajan vierailu koululla antoi kuitenkin vakuutuksen siitä, että ne on kaikki mahdollista toteuttaa. Siemens on pyrkinyt omien sanojensa mukaan ohjelmissaan erityisen korkeaan käyttäjäystävällisyyteen, joten voidaan olettaa, että myös tämän kaltaiset tehtävät olisi järjestelmässä helppo hoitaa.

### 8.1.1 Simotion C

Simotion C:ssä on paljon sellaisia ominaisuuksia, joita ei laboratoriosovelluksessa tarvita. Tällaisia ominaisuuksia ovat muun muassa EMC-yhteensopivuus, sekä iskun- ja värinänkestävyys. Modulaarisuus ja PLC-pohjaisuus saattaisivat tulla myöhemmin hyödyllisiksi, mutta tällä hetkellä ne pääasiassa vain kasvattavat hintaa. Kaikkien versioiden vakiosuorituskyky vain liityntöjen määrän vaihdellessa ei myöskään ole hyvä ominaisuus, sillä liitynnät riittävät joka mallissa, mutta suorituskykyä ei tarvita niin paljon kuin moni teollisuusympäristön sovellus vaatisi. Väkisinkin tulee siis maksettua ylimääräisestä tehosta.

Käyttöjen vapaa valinta ei ole tarpeen myöskään, eikä prosessissa ole paljon erilaisia signaaleja. Ei oikeastaan ole väliä ohjelmoidaanko ja konfiguroidaanko liikkeenohjaus-, toimilaite- ja PLC-toiminnot samassa yksikössä, eikä hajautukseen ole ollut keskeisimpiä vaatimuksia. On mahdollista, että tulevaisuudessa halutaan kommunikoida muiden ohjainten kanssa, mutta tällä hetkellä siihen ei ole tarvetta.

Etähuoltoa, -käyttöä ja diagnostiikkaa saatetaan käyttää joltain osin tulevaisuudessa. On kätevää, että järjestelmä on joustava ja helposti mukautettavissa erilaisia tarpeita varten, mutta toisaalta korkeammalla tuotantonopeudella eikä nopeammalla käyttönotolla ei saavuteta juuri mitään hyötyä. Simotion C on turhan kallis ja ylimitoitettu ratkaisu laboratoriosovellukseen.

### 8.1.2 Simotion P

Simotion P:ssä on paljon hyviä, mutta myös jonkin verran tarpeettomia ominaisuuksia. Laboratorioympäristössä PC-pohjaisen järjestelmän tarjoamat toimiston tiedonkäsittely-ympäristön edut voisivat olla hyödyllisiä. Voi helposti kuvitella, että verkkoympäristöä, suurta tietokapasiteettia ja integroitua kommunikointia voitaisiin hyödyntää jotenkin. Tiedonkäsittelyn tehoa voitaisiin hyödyntää myös tiedon analysoinnissa ja raporttien laatimisessa. PC:n tarjoamat visualisointimahdollisuudet täyttäisivät hyvin perusvaatimuksen siitä, että laitteiston toiminnan tehokas visualisointi on tarpeen, jotta laite toimii hyvin opetuskäytössä.

Mahdollisuus etäkäyttöön saattaisi myös mahdollistaa mielenkiintoisien opetusmenetelmien käyttämisen. Laitteiston kannalta etuna on muun muassa se, että erillisiä HMI-laitteita ei välttämättä tarvita, sillä Simotion P:ssä HMI-funktiot suoritetaan liikkeenohjauksen ja PLC:n kanssa samalla alustalla, eli PC:ssä. PC:llä tapahtuva ohjelmointi sopii hyvin opetuskäyttöön, sillä ympäristö on opiskelijoille tuttu ja mahdollisimman visuaalinen. Käyttöjen ja hajautetun I/O:n kontrollointimahdollisuus tulee myös olemaan hyödyllinen ominaisuus.

Vähemmän hyödyllisiä ominaisuuksia ovat muun muassa tiedon varmuuskopiointimahdollisuus, etähuolto, diagnostiikka ja etätuki ja nopea vasteaika. Korkeita vaatimuksia ohjauspaneelille ei varsinaisesti ole. Myöskään ohjelmiston vakaudesta ei suuressa määrin hyödytä, sillä laitteisto ei ole tuotantokäytössä. Ratkaisuna Simotion P olisi varmasti toimiva ja hyvä, mutta valitettavasti hinta on turhan korkea.

### 8.1.3 Simotion D

Simotion D sopii laitteistoalustoista kaikkein parhaiten laboratoriolaitteistoon. Ensinnäkin se on hinnaltaan edullinen, kun sitä verrataan muihin Simotion-laitteistoalustoihin, mutta toisaalta osoittautuu kalliiksi, kun sitä verrataan Beckhoffin TwinCAT:iin. Kompaktista ulkomuodosta, suunnittelun tehokkuudesta, nopeudesta ja dynaamisuudesta ei juurikaan laboratoriolaitteistossa hyödytä, sillä vaatimukset näiden suhteen ovat varsin pienet. Ohjattavien akselien määrä on pieni, joten

kannattava hankinta voisi olla lähinnä vain heikkotehoisempi versio. Mahdollisuus valita heikkotehoisempi versio on tietysti hyvä asia kustannuksia ajatellen.

Hyödyllisiä ominaisuuksia laboratoriolaitteistoa silmälläpitäen ovat yksinkertainen suunnittelu, helppo huollettavuus ja käyttäjäystävällisyys. Myös HMI-laitteen kytkentämahdollisuus voi olla hyödyllinen ominaisuus. Laitteen joustavuus auttaa siinä, että se pystytään jatkossa mukauttamaan paremmin muuttuvien tarpeiden mukaan. Etähuolto, -käyttö, diagnostiikka ja I/O:n hajautus voivat myös tulla hyödyllisiksi opetuskäytössä. Nyt hyödyntämättä jäävät ominaisuudet voivat myöhemmin tulla hyödyllisiksi, sillä vielä ei tiedetä varmasti kuinka laajasti nyt hankittavaa liikkeenohjausta tullaan hyödyntämään.

## 8.2 Beckhoff TwinCAT

Beckhoff TwinCAT:n standardisoidusta toiminnasta, yhdenmukaisuudesta, skaalattavuudesta ja avoimuudesta on hyötyä, kun järjestelmää käytetään koululla. On myös kätevää, että TwinCAT on mukautuva ilman, että muutokustannukset ovat korkeat. Oppilaitosympäristössä suorituskykyä ei pistetä koetukselle, mutta on etu, että järjestelmä edustaa uusinta mahdollista tekniikkaa, joka valmistajan lupauksen mukaan tulee yhä vahvemmin haastamaan PLC-järjestelmät tulevaisuudessa. Opetuskäytössä tämän kaltainen järjestelmä antaa opiskelijoille käytännön esimerkin toisenlaisesta mahdollisuudesta ratkaista liikkeenohjaustehtävät.

TwinCAT:n luvataan olevan kompaktimpi, nopeampi ja edullisempi kuin PLC-pohjainen järjestelmä. Näistä ominaisuuksista ainoastaan edullisuudesta voidaan sanoa olevan jotain hyötyä tässä sovelluksessa. On etu, että järjestelmä on helpommin kytkettävissä valvontaan, ERP- ja MES-järjestelmiin, sillä näitä saatetaan käyttää jollain tavalla tulevaisuudessa. Hieman huolta on herättänyt kunnossapito-ongelmat, joita kuulemma muiden valmistajien mukaan PC-pohjaisissa järjestelmissä esiintyy, mutta todennäköisesti Beckhoff ei olisi ottanut asiaa edes esiin Internet-sivuillaan, jos ongelmalle ei olisi löydetty ratkaisua. Valmistaja väittääkin, että heidän järjestelmänsä vaatii hyvin vähän kunnossapitoa.



Hyvästä liitettävyydestä kenttäväyliin tullaan varmasti hyötymään ja todennäköisesti myös PC:n omille, myös käytettävissä oleville, liitynnöille löydetään käyttöä. Jonkinlaisia tekstinkäsittely- ja taulukkolaskentaohjelmia halutaan varmasti ajaa TwinCAT:n rinnalla, joten on hyvä, että tämä on tehty mahdolliseksi. Deterministisyys on tiedonsiirrossa aina hyödyllinen ominaisuus.

PC:n kuorman jakamista tuskin tarvitaan, sillä en usko, että tietokoneesta joudutaan kuitenkaan ottamaan tehoja irti siinä määrin, että olisi tarvetta varata TwinCAT:lle tietty osa koneen suorituskyvystä. Suorituskykyä riittänee TwinCAT:lle ilman erityistä tehovarausta, vaikka rinnalla sitten käytettäisi jotakin kevyttä tekstinkäsittely-/taulukkolaskentaohjelmaa. Windowsin sinisiä näyttöjä vastaan varautumisesta on aina hyötyä, sillä niiden esiintymiseltä ei kuitenkaan voi välttyä. Toisaalta koska laitteisto ei ole tuotantokäytössä, mitään tappioita ei synny, vaikka TwinCAT lopettaisi-kin toimintansa järjestelmävirheen seurauksena.

On hyödyllistä, että ohjelmointi voidaan tehdä standardien mukaisilla kielillä ja sitä on erityisesti helpotettu ohjelmamoduulien ja PLC-kirjastojen olemassaololla. Suunnittelua, ylläpitoa ja käyttöönottoa tukeva ja helpottava Scopeview, jota voidaan käyttää myös graafisena diagnostiikka- ja analysointityökaluna, on varmasti pätevä työkalu, joka lisää havainnollisuutta ja käytön helppoutta. Scopeview:n avulla voidaan myös mitata PID-parametrien vaikutus liikkeenohjaukseen. Tämä osaltaan lisää ohjelman hyödyllisyyttä kyseisessä sovelluksessa.

Mahdollisuutta etäyhteyteen tullaan todennäköisesti hyödyntämään tulevaisuudessa. Erilaiset alustaratkaisut mahdollistavat laitteen sopeuttamisen erilaisiin tarkoituksiin sopivaksi. XFC:n tarjoama nopeus ja PC-pohjaisen järjestelmän tarjoama sykliaikojen lyhentymisen ja prosessin optimaalinen kontrollointi menevät laboratoriosovelluksessa hyvin pitkälti hukkaan. Beckhoff TwinCAT:ssä ylimääräinen suorituskyky ei ole sellainen ongelma kuin Siemensin Simotionissa, sillä TwinCAT on selvästi halvempi kuin kilpailijansa.

### 8.2.1 Beckhoff TwinCAT PLC

Todennäköisesti ei ainakaan heti tule tarpeelliseksi hoitaa useita tehtäviä samanaikaisesti, joten mahdollisuus käyttää maksimissaan neljää PLC:tä lienee ylimitoitettua. Toisaalta ne antavat mahdollisuuden laajentaa TwinCAT:n käyttöä tulevaisuudessa. Verkon yli käytettävälle, ohjelmien ja tietojen muutoksia tulevalle ajonaikaiselle järjestelmälle on varmasti käyttöä. Ajonaikaisen järjestelmän virheiden etsimis- ja korjaamisfunktiot tulevat olemaan hyödyllisiä.

On tarpeellista, että kaikki normaalit PLC-ominaisuudet ovat käytettävissä ja Windows-ohjelmien on myös hyvä päästä käsiksi TwinCAT:n tietoihin. Etuna on, että ylimääräistä ohjelmointilaitetta ei tarvita, sillä se lisäisi vain kustannuksia. Lisäksi se, että ohjelmointi voidaan suorittaa sekä paikallisesti että etänä, antaa erilaisia mahdollisuuksia hyödyntää järjestelmää ja kehittää sitä tarpeen mukaan.

Tehokas kehitysympäristö on hyödyllinen ominaisuus, vaikka koko suorituskykyä ei tarvitsekaan hyödyntää. PLC:n toiminnallisuutta ei tässä sovelluksessa tarvitse ylittää, vaikka se valmistajan mukaan mahdollista onkin. Kehityssyklin lyhentämisestä ei tässä sovelluksessa ole hyötyä, sillä ohjelman toteutuksella ei varmaankaan ole suurempi kiire. Projektin vertailufunktion eroavaisuuksia tunnistava ominaisuus auttaa varmaan aloittelevia ohjelmoijia tuottamaan toimivaa koodia.

Erilaiset alustat ohjelmien suorittamiseen auttavat mukauttamaan järjestelmän sovelluksen vaatimusten mukaan. Samassa työskentely-ympäristössä tapahtuva ohjelmien kehitys ja testaus lisää käyttäjäystävällisyyttä ainakin siinä mielessä, että ei tarvitse opetella useita ohjelmia. Kirjastojen kätevä hallinta ja toimilohkojen lisäksi saatavissa olevat lisäkirjastot helpottavat ohjelmointia. Sykliajan säätömahdollisuudesta ja maailmanlaajuisista ajonaikaisten järjestelmien välisistä verkkoyhteyksistä voi olla hyötyä laboratoriosovelluksessa. Beckhoffin järjestelmän etu on halvempi hinta verrattuna Siemensin Simotion-järjestelmään.

## 8.2.2 Beckhoff TwinCAT NC PTP

Koska laitteisto ei ole tuotantokäytössä, ei hyödytä juurikaan siitä, että NC:n ja PLC:n välisessä kommunikoinnissa viiveajat ovat minimaaliset. Suorituskykyvaatimukset ovat niin matalat, että PC:n kapasiteetin mahdollistama useiden akseleiden liikuttaminen samanaikaisesti PLC-toiminnan kanssa, tuskin tulee tarpeelliseksi. PC:n jaettavasta kuormituksesta tuskin hyödytään, sillä järjestelmän käyttöön tulevaa tietokonetta tuskin kuormitetaan muuten, kuin korkeintaan TwinCAT:llä ja tekstinkäsittelyllä/taulukkolaskennalla.

Akseleiden simulointi ilman laitteistoa voi hyvinkin osoittautua hyödylliseksi ominaisuudeksi, jos sitä aletaan opetuskäytössä hyödyntää. Käyttöönnotossa ja ylläpidossa hyödyllistä Scopeview-ohjelmaa tullaan varmasti hyödyntämään monin tavoin. Sillä pystytään mittaamaan liikkeen nopeuden muutosta, joka taas auttaa havainnollistamaan erilaisia säätöjä. Muuttujiin käsiksi pääseminen monenlaisten liityntöjen kautta monipuolistaa osaltaan laitteiston käyttömahdollisuuksia. Useiden akseleiden koordinoituja liikkeitä monitasoisessa master-slave-toiminnassa ei varmaan tarvita, sillä sovelluksessa voidaan keskittyä yksinkertaisiin ratkaisuihin.

Pisteohjausvälineet ovat syy, jonka vuoksi järjestelmän ohjaus päädyttiin toteuttamaan TwinCAT NC PTP:llä. Pisteohjausvälineitä ovat P-säätö, PID-säätö, PID-säätö esisäädetyllä nopeudella ja PID-säätö esisäädetyllä nopeudella ja kiihtyvyydellä. Näillä pystytään kätevästi ja mahdollisimman pienellä vaivalla toteuttamaan järjestelmän haluttu toiminnallisuus, eli juuri näiden mainittujen säätöjen havainnollistaminen.

Käyttäjävälisyyttä lisää, että NC-ohjelmien ja käyttöjen välillä voidaan tehdä liityntöjä ”leikkaa ja liitä”-menetelmällä. IEC 61131-3-standardin mukainen ohjelmointi, jota on helpotettu vielä standardien PLCopen-liikkeenohjauskirjastojen avulla, mahdollistaa sen, että ohjelmointi voidaan suorittaa yleisesti tunnetuilla kielillä. Tämä tekee laitteistosta vieläkin paremmin opetuskäyttöön sopivan. Akselien kontrolloinnissa käytetyt algoritmit ottavat huomioon akseleiden dynaamiset ominaisuudet, joka auttaa suojelemaan akseleita, jos taitamaton opiskelija vahingossa pyrkii ohjaamaan niitä tavalla, joka voisi vahingoittaa niitä.

Verkossa olevassa valikossa voi asettaa tärkeitä parametreja. Tämä mahdollistaisi ainakin jonkinlaisen etäkäytön oppilaitosympäristössä. Akselifunktioiden sisään rakentaminen järjestelmään toimilohkokirjastoina voi hyvinkin olla hyödyllinen ominaisuus tulevaisuudessa. Kontrolloitujen akseleiden maksimimäärä 255 on ylimitoitettu laboratoriosovellukseen. Ylimitoituksesta ei Beckhoff TwinCAT:ssä ole haittaa, sillä hinta on joka tapauksessa alhaisempi kuin Siemensin Simotionissa.

### 8.3 Siemens Teknologia-CPU

Kompaktista rakenteesta ei juurikaan hyödytä laboratoriosovelluksessa. On hyvä, että ohjelmointi tapahtuu opiskelijoille tutussa S7 Simatic Manager-ohjelmointiympäristössä. Kykenevyys usea-akselisten yhteenkytkettyjen liikejaksoiden ohjaukseen ylittää hieman tarvittavan suorituskyvyn. Akseleiden kontrollointi digitaalisen väyläjärjestelmän yli tulee hyvin todennäköisesti olemaan hyödyllinen ominaisuus. On etu, että parametriasettelu ja käyttöönotto voidaan suorittaa tavallisessa PC:ssä, jotta vältetään lisäkustannuksilta laitteiston suhteen.

Korkea taloudellinen tehokkuus, yleinen joustavuus ja skaalattava PLC:n teho ovat hyödyllisiä ominaisuuksia. Joustavuus on hyödyllistä tulevaisuutta ajatellen ja kaksi muuta ominaisuutta lähinnä hintaa silmälläpitäen. Toimilaitteiden ja liikkeenohjauksen integroiminen tuo toivottavasti yksinkertaisuutta. Simatic-tuotevalikoiman tarjoama keskitetty ja hajautettu laajennettavuus suurelle joukolle tehtäviä helpottaa ohjausjärjestelmän mukauttamista tulevaisuuden muuttuviin tarpeisiin.

Valmistaja lupaa teknologia-CPU:n vähentävän työvoimakustannuksia nopean ja yksinkertaisen suunnittelujärjestelmän ansiosta. Tosin nopea ja yksinkertainen suunnittelu on silti aina toivottava piirre ohjausjärjestelmässä. Yksinkertaisuutta lisää se, että kaikki käyttöihin, PLC:hen ja liikkeenohjaukseen liittyvät asiat tehdään samassa S7 Simatic Managerilla. Olemassa olevia S7-ohjelmia voitaisiin hyödyntää, jos niitä olisi. Laboratoriojärjestelmään valmista ohjelmaa ei ole. PLCopen-sertifioitujen liikkeenohjausfunktioiden hyödyntäminen on mahdollista, joka taas helpottaa suunnittelua ja huoltamista.

Lukuisat kielivaihtoehdot helpottavat käyttöä. Laajennettavuutta 8:n moduuliin saakka ei varmaan täydessä mitassa koskaan käytetä, mutta tulevaisuuden tarpeita varten laajennettavuutta on hyvä olla olemassa. Diagnostiikka- ja parametriasetteluominaisuuksia omalta osaltaan parantaa DP V1-standardin tukema Profibus.

#### 8.4 Bosch Rexroth digitaalinen akseliohjain

Bosch Rexrothin digitaalinen akseliohjain ei ylitä laboratoriosovelluksen tarpeita aivan yhtä suurella marginaalilla kuin muut järjestelmät, sillä kykenee ohjaamaan vain neljää akselia suljetussa säätöpiirissä. Tämä tietysti riittää hienosti. Valmistajan mukaan ohjain täyttää hydraulisten käyttöjen asettamat vaatimukset, mikä on tietysti hyvä, onhan laboratoriojärjestelmä nimenomaan hydraulisjärjestelmä.

Oppilaitosympäristössä häiriöiden, tärinän, iskujen ja lämmön kesto ei joudu juuriin koetukselle, joten ominaisuudet niiden suhteen jäävät hyödyntämättä. Toiminnan perustana on sovelluskohtaisten profiilien luominen. Käyttäjän suorittama ohjelmointi tapahtuu PC:ssä NC-kielellä. PC:ssä tapahtuu myös konetiedon ja mitatun tiedon hallinta.

PC:ssä oleva Win-Ped 6-ohjelma auttaa valmistajan lupausten mukaan käyttäjää ymmärtämään projektia valmistelevat tehtävät. Ohjelmaa voidaan käyttää ohjelmointiin, säätämiseen ja diagnostiikkatarkoituksiin. Siinä on kattavasti vaihtoehtoja prosessitiedon, digitaalisten tulojen ja lähtöjen esittämiseen. Kyseessä on siis monipuolinen ohjelma, jota voidaan hyödyntää laajasti.

## 9 YHTEENVETO

Lopullisen järjestelmävalinnan tekeminen oli lopulta varsin helppoa. Valinta kohdistui Beckhoff TwinCAT NC PTP:hen. Harvoin on mahdollista valita joukon edullisin järjestelmä ilman, että joudutaan tinkimään ominaisuuksista. Hieman harmillista oli, että kaikista järjestelmistä ei saatu tarjousta. Tämä saattaa toisaalta johtua siitä, että

Bosch Rexrohin tarjoama vaihtoehto otettiin mukaan vasta työn loppuvaiheessa, jolloin tarjousta ei voinut enää jäädä odottelemaan kovin pitkäksi aikaa. Tarjous saatiin Siemensiltä ja Beckhoffilta.

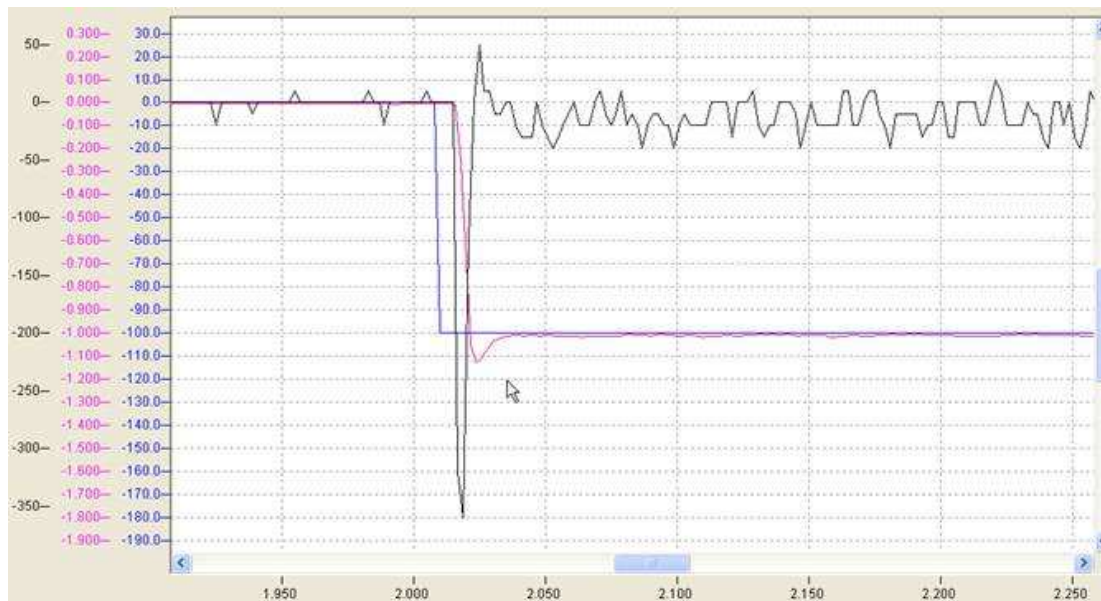
Siemensiltä saatu tarjous hylättiin valittua järjestelmää korkeamman hintansa vuoksi. Hinta oli siinä määrin korkeampi, että myös ominaisuuksien olisi pitänyt olla selvästi paremmat. Merkittävää eroa ominaisuuksien suhteen ei kuitenkaan ole, ainakaan jos verrataan sellaisia ominaisuuksia, jotka konelaboratorion järjestelmässä ovat tarpeellisia. Ratkaisu oli vain hieman erilainen.

Beckhoff mainostaa olevansa edullisempi ja tehokkaampi järjestelmä kuin kilpailijansa. Näistä tarpeellinen ominaisuus on lähinnä vain edullisempi hinta, mutta toisaalta ei liiallisesta suorituskyvystä haittaakaan ole, jos se ei merkittävästi lisää kustannuksia.

Beckhoffin TwinCAT NC PTP:n valintaan vaikutti se, että kyseessä on mielenkiintoinen ratkaisu, joka edustaa uusinta tekniikkaa. Beckhoffin mukaan PC-pohjainen liikkeenohjaus saattaa tulevaisuudessa syrjäyttää PLC-pohjaisen liikkeenohjauksen korkeamman suorituskäytönsä ansiosta. On etu, että oppilaitosympäristössä opiskelijat työskentelevät mahdollisimman nykyaikaisen tekniikan parissa, jotta he valmistuessaan osaavat sitä soveltaa työelämässä. Koululla ei ole aiemmin ollut Beckhoffin ohjainta, joten kyse on uuden valmistajan ottamisesta mukaan opetukseen. On luonnollisesti hyvä, että opiskelijoilla on kokemusta mahdollisimman monen valmistajan edustamista järjestelmistä, jotta he työelämäänsä siirryttyään lähtevät ennakkoluulottomasti kilpailuttamaan eri valmistajien järjestelmiä ja edistävät siten koko alan kehitystä.

Perusvaatimuksena oli järjestelmän kyky havainnollistaa erilaisten säätötekniikkien säätöjen toimintaa sekä askelia ja askelvasteita. Mahdollisesti järjestelmää tullaan myös käyttämään venttiilin ohjauksen epäsuoruuksien korjaamisen havainnollistamiseen. Näitä tehtäviä Beckhoffin TwinCAT NC PTP:ssä hoitaa TwinCAT Scope, jolla pystytään havainnollistamaan tarvittaessa näitä kaikkia. Lisäksi mittausarvot on mahdollista siirtää esimerkiksi Exceliin tai muuhun havainnollistamiseen käytettyyn ohjelmaan. PID-säädön havainnollistaminen onnistuu erityisen helposti, sillä ohjel-

man pisteohjausvälineiden joukossa on valmiina PID-säätö ja lukuisia muita säätöjä. Alla on kuva askelien ja askelvasteiden havainnollistamisesta TwinCAT Scopella.



**Kuva 60. Askelien ja askelvasteiden havainnollistaminen TwinCAT Scopella (Beckhoff Automation /50/)**

Suorituskyvyn suhteen TwinCAT NC PTP ylittää konelaboratoriosovelluksen vaatimukset monilla eri tavoin, mutta toisaalta tämä ylimääräinen suorituskyky ei maksa ylimääräistä, sillä kyse on ohjelmallisesta suorituskyvystä. TwinCAT-ohjelman kylkiäisenä ei väkisin myydä tietyn tehoista laitteistoalustaa, kuten esimerkiksi Beckhoffin valmistamaa teollisuus-PC:tä, vaan laitteistoalustan saa itse valita. Toisaalta teollisuus-PC:itä on tarvittaessa saatavissa eri tehoisina versioina, joten ylimääräisestä tehosta ei välttämättä joudu maksamaan.

Vertailussa oli Beckhoff TwinCAT NC PTP:n lisäksi mukana saman valmistajan TwinCAT PLC. TwinCAT PLC:ssä säätötekniikkaan liittyvien säätöjen havainnollistaminen olisi voitu tehdä ohjaintyökalupakin sisältämien valmiiden toimilohkojen avulla. Kyseinen työkalupakki sisältää valmiita toimilohkoja perusohjaimille (P, I, D) ja monimutkaisemmille ohjaimille (PI, PID). TwinCAT PLC:llä oltaisi varmasti myös saatu aikaan haluttu toiminta, mutta valmiiden PID-pisteohjausvälineiden puuttuessa se jäi valitsematta. Vertailussa oli mukana myös Siemensin Simotion kaikilla laitteistoalustoillaan, jotka ovat Simotion P, Simotion D ja Simotion C. Kaikilla Si-

motion-alustoilla oltaisi pystytty toteuttamaan konelaboratorion järjestelmässä tarvittu toiminnallisuus, mutta niitä ei Beckhoffia korkeampien kustannusten takia päädytty valitsemaan. Sama kohtalo oli myös Siemensin teknologia-CPU:lla 315T-2DP/317T-2DP. Sekin oli liian kallis verrattuna Beckhoffin tarjoamaan ratkaisuun, mutta silläkin haluttu toiminnallisuus oltaisi varmasti saatu toteutettua. Bosch Rexrothin tarjoaman digitaalisen akseli ohjaimen VT-HNC100...3X valinta kaatui siihen, että valmistajaan ei saatu luotua yhteyttä tarjouksen saamiseksi. Sinänsä akseli ohjaimen valmiiden ohjaus- ja säätöfunktioiden avulla toiminnallisuus oltaisi hyvinkin voitu toteuttaa, mutta koska järjestelmän hinnasta emme saaneet mitään tietoa, se jäi valitsematta.

Opinnäytetyön työprosessi alkoi sähköisiin lähteisiin nojaavasta tutkimuksesta ja eteni edelleen eri vaihtoehtojen vertailuun. Lisäksi pyrittiin kuuntelemaan valmistajien mielipiteitä siitä, mikä heidän järjestelmistään parhaiten sopii tähän käyttötarkoitukseen. Pyrittiin lisäksi saamaan tarjoukset kaikista vartenotettavista järjestelmistä.

Työ rajattiin koskemaan selvitystyötä, jonka perusteella laitevalinta tehtiin. Itse ohjauksen fyysisen toteutuksen tulee tekemään joku muu. Työ toimii pohja-aineistona ohjauksen fyysisen toteutuksen suorittajalle. Työtä voidaan käyttää tausta-aineistona liikkeenohjaukseen liittyvissä asioissa. Työn jatkohaasteena on toteuttaa haluttu liikkeenohjaustoiminnallisuus valittua järjestelmää, Beckhoffin TwinCAT NC PTP:tä käyttäen.

Työn tuloksena syntyi suomenkielinen tietopaketti työssä käsitellyistä liikkeenohjausjärjestelmistä. Työtä tehtäessä tuli selväksi, että suomenkielistä materiaalia näistä järjestelmistä ei juuri ole saatavilla, joten toivon tämän työn omalta osaltaan täyttävän tuota aukkoa. Työn tuloksien perusteella oli mahdollista tehdä perusteltu järjestelmävalinta. Järjestelmien ominaisuuksia verrattiin vain konelaboratorion sovellusta silmälläpitäen, joten lopputulos olisi voinut olla erilainen, jos järjestelmän käyttötarkoitus olisi ollut toinen. Tarkoituksena ei ollut selvittää mikä vertailuista liikkeenohjausjärjestelmistä on yleisesti ottaen paras, vaan haettiin ainoastaan parhaiten kyseiseen käyttötarkoitukseen sopivaa ja mahdollisimman edullista järjestelmää.



## LÄHTEET

1. Provendora Oy. Siemens: Simotion Brochure [verkkodokumentti]. Pori: 2003 [viitattu 31.3.2010]. Saatavissa: [http://www.provendo.fi/siemens/manuals/simotion\\_brochure.pdf](http://www.provendo.fi/siemens/manuals/simotion_brochure.pdf)
2. Provendora Oy. Siemens: Simotion Motion Control [verkkodokumentti]. Pori: 2010 [viitattu 31.3.2010]. Saatavissa: <http://www.provendo.fi/index.php?page=siemenssimotion>
3. Siemens AG. Motion Control Systems: SIMOTION C - Controller based [verkkodokumentti]. Saksa: 2010 [viitattu 31.3.2010]. Saatavissa: <http://www.automation.siemens.com/mc/mc-sol/en/e81063c5-bdca-11d5-86dc-080006278927/index.aspx>
4. Siemens AG. PM 10: SIMOTION C Controller-based [verkkodokumentti]. Saksa: 2005 [viitattu 15.2.2010]. Saatavissa: [http://www.impol-1.pl/siemens/PM10\\_03.pdf](http://www.impol-1.pl/siemens/PM10_03.pdf)
5. Siemens AG. Technology controller: Technology CPUs S7-315T-2DP and 317T-2DP [verkkodokumentti]. Saksa: 2009 [viitattu 2.11.2009]. Saatavissa: [http://www.automation.siemens.com/simatic/regelsysteme/html\\_76/produkte/techn\\_controller.htm](http://www.automation.siemens.com/simatic/regelsysteme/html_76/produkte/techn_controller.htm)
6. Siemens AG. Guest catalogue: CPU 315T-2 DP [verkkodokumentti]. Saksa: 2010 [viitattu 31.3.2010]. Saatavissa: <https://mall.automation.siemens.com/WW/guest/content.asp?display=C&aktTab=1&lang=en&nodeID=10028433>
7. Siemens AG. Interaktiivinen tuoteluettelo: Simotion C [verkkodokumentti]. Saksa: 2010 [viitattu 31.3.2010]. Saatavissa: <https://mall.automation.siemens.com/FI/guest/index.asp?aktprim=0&nodeID=10001160&lang=en&foldersopen=-2186-1104-1-2205-2194-2196-2195-&jumpto=2195>
8. Siemens AG. Interaktiivinen tuoteluettelo: Simotion D [verkkodokumentti]. Saksa: 2010 [viitattu 31.3.2010]. Saatavissa: <https://mall.automation.siemens.com/FI/guest/index.asp?aktprim=0&nodeID=10014179&lang=en&foldersopen=-2186-1104-1-2205-2194-2196-2195-2441-2440-2433-1341-1340-2451-&jumpto=2451>
9. Siemens AG. Interaktiivinen tuoteluettelo: Simotion P [verkkodokumentti]. Saksa: 2010 [viitattu 31.3.2010]. Saatavissa: <https://mall.automation.siemens.com/FI/guest/index.asp?aktprim=0&nodeID=10001157&lang=en&foldersopen=-2186-1104-1-2205-2194-2196-2195-2441-2440-2433-1341-1340-2451-2443-&jumpto=2443>
10. Siemens AG. Simotion: Dynamic, fast, precise [verkkodokumentti]. Saksa: 2008 [viitattu 31.3.2010]. Saatavissa: <http://www.ysad.co.jp/en/catalogue/dl/e20001-a320-p650-v1-7600.pdf>

11. Beckhoff GmbH. Beckhoffin Internet-sivu (sivun vasemman reunan valikko) [verkkodokumentti]. Saksa: 2010 [viitattu 31.3.2010]. Saatavissa: <http://www.beckhoff.fi/english/beckhoff/default.htm?id=10>
12. Hoske, M.T. Beckhoff Automation: Use PC-based control, not PLCs; here's why [verkkolehti]. Control Engineering, 2010 [viitattu 31.3.2010]. Lehti ilmestyy myös painettuna. Saatavissa: [http://www.controleng.com/article/446809-Beckhoff\\_Automation\\_Use\\_PC\\_based\\_control\\_not\\_PLCs\\_here\\_s\\_why.php](http://www.controleng.com/article/446809-Beckhoff_Automation_Use_PC_based_control_not_PLCs_here_s_why.php)
13. Bosch Rexroth AG. Digital axis control Type VT-HNC100 Component series 3X [verkkodokumentti]. Saksa: 2008 [viitattu 31.3.2010]. Saatavissa: [http://www.boschrexroth-us.com/borexmvz2/Detailview.jsp;jsessionid=1FF3A1F3E8F9882305E595C50DF432FE?language=en-GB&publication=NET&ccat\\_id=23420&edition\\_id=1111127&document\\_id=1079916](http://www.boschrexroth-us.com/borexmvz2/Detailview.jsp;jsessionid=1FF3A1F3E8F9882305E595C50DF432FE?language=en-GB&publication=NET&ccat_id=23420&edition_id=1111127&document_id=1079916)
14. Bosch Rexroth AG. Digital axis control Type VT-HNC100...3X - Operation Manual [verkkodokumentti]. Saksa: 2007 [viitattu 31.3.2010]. Saatavissa: [http://www.boschrexroth.com.ua/borexmvz2/Detailview.jsp;jsessionid=5CCCE02133DB8CC0E7785DD35AB8B1941?language=en-GB&publication=NET&ccat\\_id=23420&edition\\_id=1109074&document\\_id=1080650](http://www.boschrexroth.com.ua/borexmvz2/Detailview.jsp;jsessionid=5CCCE02133DB8CC0E7785DD35AB8B1941?language=en-GB&publication=NET&ccat_id=23420&edition_id=1109074&document_id=1080650)
15. Beckhoff Automation GmbH. Main Catalog 2010 [verkkodokumentti]. Saksa: 2010 [viitattu 31.3.2010]. Saatavissa: [http://download.beckhoff.com/download/Document/Catalog/Main\\_Catalog/english/Main\\_catalog\\_2010.pdf](http://download.beckhoff.com/download/Document/Catalog/Main_Catalog/english/Main_catalog_2010.pdf)
16. Siemens AG. Simatic: Technology CPUs of the S7-300 [verkkodokumentti]. Saksa: 2005 [viitattu: 31.3.2010]. Saatavissa: [http://www.scantime.co.uk/\\_docs/Siemens%20PLC300cpu.pdf](http://www.scantime.co.uk/_docs/Siemens%20PLC300cpu.pdf)
17. Drives & Controls. Single-axis controller can supervise whole machine [verkkolehti]. Drives & Controls: Product news, 2007, August [viitattu 1.4.2010]. Lehti ilmestyy myös painettuna. Saatavissa: <http://www.drives.co.uk/fullstory.asp?id=2094>
18. Siemens AG. Simotion: Simotion Scout/LAD/FBD - Programming and Operating Manual [verkkodokumentti]. Saksa: 2009 [viitattu 1.4.2010]. Saatavissa: [https://a248.e.akamai.net/cache.automation.siemens.com/dnl/TU/TU0NjKxAAAA\\_27002252\\_HB/LAD\\_FBD\\_programming\\_en-US.pdf](https://a248.e.akamai.net/cache.automation.siemens.com/dnl/TU/TU0NjKxAAAA_27002252_HB/LAD_FBD_programming_en-US.pdf)
19. Siemens AG. Simotion: Simotion Scout - Configuration Manual [verkkodokumentti]. Saksa: 2009 [viitattu 1.4.2010]. Saatavissa: [https://a248.e.akamai.net/cache.automation.siemens.com/dnl/jE/jE0MjMwOQAA\\_27002825\\_HB/SCOUT\\_en-US.pdf](https://a248.e.akamai.net/cache.automation.siemens.com/dnl/jE/jE0MjMwOQAA_27002825_HB/SCOUT_en-US.pdf)

20. Siemens AG. Simotion: Simotion Scout/ST Structured Text - Programming and Operating Manual [verkkodokumentti]. Saksa: 2009 [viitattu 1.4.2010]. Saatavissa: [https://a248.e.akamai.net/cache.automation.siemens.com/dnl/TU/TU2NTMyMwAA\\_27002409\\_HB/ST\\_Programming\\_en-US.pdf](https://a248.e.akamai.net/cache.automation.siemens.com/dnl/TU/TU2NTMyMwAA_27002409_HB/ST_Programming_en-US.pdf)
21. Siemens AG. Simotion: Motion Control and more without limits (\_05 SIMOTION – EN.pdf) [DVD-levy]. Sinamics New Drive Collection, 2009, Edition 04 [viitattu 1.4.2010]. Saatavissa: Siemens kauppiaaltsi.
22. Siemens AG. Simotion: Motion Control System – Flexibility with Motion Control at a glance (\_05 Motion Control – EN.pdf) [DVD-levy]. Sinamics New Drive Collection, 2009, Edition 04 [viitattu 1.4.2010]. Saatavissa: Siemens kauppiaaltsi.
23. Siemens AG. Simotion: The Motion Control System (\_03 SIMOTION.pdf) [DVD-levy]. Sinamics New Drive Collection, 2009, Edition 04 [viitattu 1.4.2010]. Saatavissa: Siemens kauppiaaltsi.
24. Siemens AG. Motion Control: Simotion, Sinamics S120 and Motors for Production Machines (\_01 PM21 – 2008.pdf) [DVD-levy.] Sinamics New Drive Collection, 2009, Edition 04 [viitattu 1.4.2010]. Saatavissa: Siemens kauppiaaltsi.
25. Siemens AG. Simotion: Champion in Motion Control - Top in Highscore (\_01 Brochure.pdf) [DVD-levy]. Sinamics New Drive Collection, 2009, Edition 04 [viitattu 1.4.2010]. Saatavissa: Siemens kauppiaaltsi.
26. Siemens AG. Simotion: Motion Control System (\_02 PM10 News 2006) [DVD-levy]. Sinamics New Drive Collection, 2009, Edition 04 [viitattu 1.4.2010]. Saatavissa: Siemens kauppiaaltsi.
27. Wikimedia Foundation. Wikipedia , vapaa tietosanakirja [verkkodokumentti]. [Viitattu 21.4.2010]. Saatavissa: <http://www.wikipedia.org/>
28. Hayes Control Systems. What is ADS? [verkkodokumentti]. Iso-Britannia: 2010 [viitattu 21.4.2010]. Saatavissa: <http://www.hayescontrols.co.uk/general-questions/what-is-ads-.html>
29. Bosch Rexroth AG. Avaintiedot yrityksestämme [verkkodokumentti]. Suomi: 2010 [viitattu 21.4.2010]. Saatavissa: [http://www.boschrexroth.fi/country\\_units/europe/finland/fi/yritys/index.jsp](http://www.boschrexroth.fi/country_units/europe/finland/fi/yritys/index.jsp)
30. Lahden ammattikorkeakoulu. Automaatiotekniikan laboraatiot: Laboratorioharjoitus n:o 18 [verkkodokumentti]. Lahti: 2010 [viitattu 21.4.2010]. Saatavissa: [http://tl-automatio.lpt.fi/automaatio/opetus/tiedotteet/labrat/ETHERCAT\\_laboraatio\\_18.htm](http://tl-automatio.lpt.fi/automaatio/opetus/tiedotteet/labrat/ETHERCAT_laboraatio_18.htm).
31. Siemens AG. Sinamics drives: Flexible and high performance [verkkodokumentti]. Saksa: 2010 [viitattu 21.4.2010]. Saatavissa: <http://literature.puertoricosupplier.com/~Pending~/SL23470.pdf?CFID=12877840&CFTOKEN=54486830>

32. Qeshm Voltage. Simotion P – PC-based – Simotion P350 [verkkodokumentti]. Teheran: 2010 [viitattu 21.4.2010]. Saatavissa: <http://qeshmvoltage.com/Tech/MOTION%20CONTROL%20&%20CNC/simotion/simotion%20p/SIMOTION%201.pdf>
33. Kuphaldt, T.R. (open book project). Lessons In Electric Circuits: Chapter 6: Ladder logic [verkkodokumentti]. Volume IV [viitattu 21.4.2010]. Saatavissa: [http://openbookproject.net//electricCircuits/Digital/DIGI\\_6.html](http://openbookproject.net//electricCircuits/Digital/DIGI_6.html)
34. Siemens AG. Motion Control System Simotion [verkkodokumentti]. Saksa: 2010 [viitattu 22.4.2010]. Saatavissa: <http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll?func=cslib.csinfo&objid=23379030&nodeid0=10805436&lang=en&siteid=cseus&aktprim=0&objaction=csopen&extranet=standard&viewreg=WW>
35. Automation Direct (aiemmin PLCDirect). OP-1500/OP-1510 Operator Panel, Manual Number op-1510-M [verkkodokumentti]. USA: 1997 [viitattu 22.4.2010]. Saatavissa: <http://www.automationdirect.com/static/manuals/op1510/op1510.pdf>
36. Lovrec, D. & Deticek, E. Improvement of the Statically Behaviour of Pressure Controlled Axial Piston Pumps [verkkodokumentti]. Slovenia: Journal of Mechanical Engineering, 2000 [viitattu 22.4.2010]. Saatavissa: [http://www.svjme.eu/data/upload/2009/Clanki\\_za\\_tisk\\_2009/2009\\_069\\_Lovrec.pdf](http://www.svjme.eu/data/upload/2009/Clanki_za_tisk_2009/2009_069_Lovrec.pdf)
37. Siemens AG. Simatic Field PG: the ideal rugged laptop for industry [verkkodokumentti]. Saksa: 2010 [viitattu 22.4.2010]. Saatavissa: <http://www.automation.siemens.com/mcms/industrial-automation-systems-simatic/en/rugged-laptop/Pages/Default.aspx>
38. Epec Oy. PLCopen [verkkodokumentti]. Seinäjoki: 2009 [viitattu 22.4.2010]. Saatavissa: <http://www.epec.fi/63.html>
39. 3S-Smart Software Solutions. TechGlossary: POU [verkkodokumentti]. Saksa: 2007 [viitattu 22.4.2010]. Saatavissa: [http://www.3s-software.com/index.shtml?en\\_infosys&infosys=POU\\_Gloss](http://www.3s-software.com/index.shtml?en_infosys&infosys=POU_Gloss)
40. Vacon PLC. Profibus ajaa vaconeja [verkkodokumentti]. Vaasa: 2010 [viitattu 22.4.2010]. Saatavissa: <http://www.vacon.com/Default.aspx?Id=461144>
41. Beckhoff Automation GmbH. Profibus MC [verkkodokumentti]. Saksa: 2010 [viitattu 22.4.2010]. Saatavissa: [http://infosys.beckhoff.com/english.php?content=../content/1033/TcSystemManager/Reference/FC310x\\_ProfibusMC.htm&id=](http://infosys.beckhoff.com/english.php?content=../content/1033/TcSystemManager/Reference/FC310x_ProfibusMC.htm&id=)
42. PI – Profibus & Profinet International. PROFIdrive Technology and Application – System Description [verkkodokumentti]. Saksa: 2007 [viitattu 22.4.2010]. Saatavissa: <http://www.profibus.com/nc/downloads/downloads/profidrive-technology-and-application-system-description/display/>

43. Siemens AG. Profinet [verkkodokumentti]. Saksa: 2010 [viitattu 22.4.2010]. Saatavissa:

<http://www.siemens.fi/CMSTeollisuus.nsf/all/5A172BAFF01632E0C22573EC00502BFB?opendocument&expand=.4>

44. CNC design Pty Ltd. Programming Systems: ProTool [verkkodokumentti]. Australia: 2009 [viitattu 22.4.2010]. Saatavissa:

[http://www.cncdesign.com/product/programming\\_systems02.html](http://www.cncdesign.com/product/programming_systems02.html)

45. Beckhoff Automation GmbH. BK8000, BK8100 | RS485/RS232 Bus Couplers [verkkodokumentti]. Saksa: 2010 [viitattu 22.4.2010]. Saatavissa:

[http://www.beckhoff.com/english.asp?bus\\_terminal/bk8000\\_bk8100.htm](http://www.beckhoff.com/english.asp?bus_terminal/bk8000_bk8100.htm)

46. Beijer Electronic AB. MELSEC ST –sarja: SSI-liitäntä[verkkodokumentti]. Ruotsi: 2010 [viitattu 22.4.2010]. Saatavissa:

[http://www.beijer.se/web/web\\_aut\\_fi.nsf/AllDocuments/4A20362FEF44A9B8C12573590025C9C3](http://www.beijer.se/web/web_aut_fi.nsf/AllDocuments/4A20362FEF44A9B8C12573590025C9C3)

47. Siemens AG. Simatic Step 7: The Comprehensive Engineering System [verkkodokumentti]. Saksa: 2010 [viitattu 22.4.2010]. Saatavissa:

<http://www.automation.siemens.com/MCMS/SIMATIC-CONTROLLER-SOFTWARE/EN/STEP7/Pages/Default.aspx>

48. Siemens AG. Simatic WinCC Version 6.2 [verkkodokumentti]. Saksa: 2010 [viitattu 22.4.2010]. Saatavissa:

<http://www.siemens.fi/CMSTeollisuus.nsf/all/516ECF9EED06AAADC22573F4004D93EF?opendocument&expand=.1>

49. Beckhoff Automation GmbH. Lehdistöiedote: XFC: eXtreme Fast Control Technology [verkkodokumentti]. Saksa: 2007 [viitattu 22.4.2010]. Saatavissa:

<http://www.beckhoff.ae/fi/default.htm?press/pr1207.htm>

50. Lepistö, T. Beckhoff Automation Oy. VS: Opinnäytetyön tekijän kysymys [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: juha-matti.poso@student.samk.fi. Lähetetty 15.3.2010 klo 9:44. [viitattu 26.4.2010]

**BECKHOFF**

New Automation Technology

**TARJOUS**

NOT PRINTED

Sivu 1

10.03.2010

Satakunnan ammattikorkeakoulu

Asiakasno	Tarjous	
	201003035	
Tilauksenne	Yhteyshenkilö	Puhelin
Juha-Matti Pösö	Teppo Lepistö	020-7423860

Pos.	Tuotenumero/-kuvaus	Kpl
1	CX1010-0012 Modular DIN Rail Industrial PC - 500 MHz Pentium MMX compatible CPU - 256 MB DDR333-RAM (not expandable) - battery case with exchangeable Li battery - Compact Flash Storage Slot Type I or II with ejector (bootable) - Front LED indicators for: Power, LAN Link, 1 x 10/100 MB Activity, 1 x TC and 1 x CF Access - max. power loss: 6 W (inclusive CX1010-N0xx system interface) - Protection class IP 20 - Operating/storage temperature: 0° ... + 50° C/-25 °C ... + 85 °C - Weight: approx. 355 g - Dimensions (W x H x D): 57 x 100 x 91 mm (2,24" x 3,94" x 3,58") - Preequipped with CX1010-N000 = Ethernet RJ45 connector + battery case - Preequipped with Microsoft Windows CE.NET - Preequipped with TwinCAT NC PTP licence	1

1.1	CX1100-0004 Power supply unit for CX1010 and CX1020, core with E-bus capability - power supply 24 V DC (-15%/+20%) - E-bus connection (adapter terminal)	1
-----	---	---

Beckhoff Automation Oy

PL 23

05801 HYVINKÄÄ

puh. 020 7423 800

fax 020 7423 801

Tiedekatu 2

60220 SEINÄJOKI

1806412-1

puh. 020 7423 850

fax 020 7423 851

Harmiinkatu 1 B

33720 TAMPERE

puh. 020 7423 870

fax 020 7423 871

info@beckhoff.fi

www.beckhoff.fi

IBAN FI28 5062 0320 0556 54

SWIFT OKO YRHH

Kaski-Uudenmaan OP

506203-255654

Y-tunnus

ALV rek.

TARJOUS

NOT PRINTED

Sivu 2

10.03.2010

Satakunnan ammattikorkeakoulu

Asiakasno	Tarjous		
	201003035		
Tilauksenne	Yhteyshenkilö	Puhelin	
Juha-Matti Pösö	Teppo Lepistö	020-7423860	

Pos.	Tuotenumero/-kuvaus	Kpl
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- E-bus power supply up to 2 A</li> <li>- 8 kbyte NOVRAM</li> <li>- FSTN display 2 rows x 16 chars, lighted</li> <li>- diagnostics LED: 1 x PWR, 1 x L/A, 1 x RUN</li> <li>- protection class IP 20</li> <li>- operating/storage temperature: 0 °C ... +55 °C/-25 °C ... + 85 °C</li> <li>- weight approx. 250 g</li> <li>- dimensions (W x H x D) 39 x 100 x 91 mm</li> </ul>	
2	EL5101 Incremental- Encoder-Interface differential inputs, 16 / 32 bit (adjustable), 1 Mhz	1
3	EL4132 Analog Output Terminal, 2 analog outputs +/-10V, single ended, 16 bit	1
4	EL1008 8-channel digital input terminal 24 V DC, filter 3.0 ms, 1-wire system	1
5	EL2008 8 channel digital output terminal 24 V DC, 0,5 A, 1-wire connection	1
6	EL9011 Bus end plate	1

Beckhoff Automation Oy  
PL 23  
05801 HYVINKÄÄ

Tiedekatu 2  
60220 SEINÄJOKI  
1606412-1

Hermiankatu 1 B  
33720 TAMPERE

info@beckhoff.fi  
www.beckhoff.fi

Kaski-Uudenmaan OP  
506209-255654

Y-tunnus:

puh. 020 7423 800  
fax 020 7423 801

puh. 020 7423 850  
fax 020 7423 851

puh. 020 7423 870  
fax 020 7423 871

IBAN FI28 5062 0220 0558 54  
SWIFT OKO YRIH

ALV rek: