

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU
Energiatekniikka / Automaatio- ja prosessitekniikka

Joonas Järvimäki

LÄMMITYSPROSESSIN OHJAUS LOGIIKKAJÄRJESTELMÄLLÄ

Opinnäytetyö 2015

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Energiatekniikka

JÄRVIMÄKI, JOONAS

Opinnäytetyö

Työn ohjaaja

Toimeksiantaja

Helmikuu 2015

Avainsanat

Lämmitysprosessin ohjaus logiikkajärjestelmällä

34 sivua ja 22 liitesivua

Vesa Kankkunen, lehtori

Arja Sinkko, lehtori

Kymenlaakson ammattikorkeakoulu

säätö, PID, virittäminen, opetus

Opinnäytetyön aiheena on lämmitysprosessin ohjaus, sen ohjelmointi ja opetusmateriaalin teko. Työn tarkoituksena on tarjota käytännön harjoittelun mahdollistavat opetusmateriaalit Kymenlaakson ammattikorkeakoulun säädön opetukseen.

Työssä käytetään Siemensin tarjoamaa mittauksella varustettua lämmitysprosessia, jota ohjataan S7-1200-ohjelmoitavalla logiikalla. Työssä esitellään kyseinen prosessi, ohjeistetaan sen kytkentä, ohjelmointi ja säätimen parametrien viritys sekä manuaalisesti että automaattisesti.

Säädön virittämisestä esitellään Ziegler-Nicholsin askelvasteeseen pohjautuva menetelmä teoreettisesti ja esimerkkilaskennan avulla.

Lopuksi esitellään Siemens S7-1200 -ohjelmoitavien logiikoiden säädön parametrien automaattinen laskenta ominaisuus ja ohjeistetaan sen käyttö ja automaattisten parametrien käyttöönotto säätimessä.

Ohjeet onnistuivat hyvin ja niitä on käytetty opetukseen jo työn kirjoitusvaiheessa.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Energy Engineering

JÄRVIMÄKI, JOONAS

Bachelor's Thesis

Supervisor

Commissioned by

February 2015

Keywords

Temperature Control Process

34 pages and 22 pages of appendices

Vesa Kankkunen, Senior Lecturer

Arja Sinkko, Senior Lecturer

Kymenlaakso University of Applied Sciences

control, PID, tuning, education

This thesis focuses on temperature process control, its programming and creation of educational materials for Kymenlaakso University of Applied Sciences. The purpose of this thesis is to offer educational materials that enable practical training as part of automation control studies at Kymenlaakso University of Applied Sciences.

This thesis makes use of a temperature control process provided by Siemens, controlled by a Siemens S7-1200 programmable logic controller. The thesis demonstrates the process, guides how to wire it, how to program it and how to tune its parameters both manually and automatically.

In the theory part, the Ziegler-Nichols open-loop parameter tuning method is presented both theoretically and with example calculations. Finally the S7-1200 programmable logics automatic parameter tuning feature is demonstrated and instructions are provided on how to use it.

The instructions compiled as part of this thesis have been found useful as they have already been used as educational materials while this thesis was still being written.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

LYHENTEET

1	JOHDANTO	6
2	LAITTEISTON ESITTELY	7
	2.1 Sensor box lämpötilan säädöllä	7
	2.2 Siemens S7-1200 ohjelmoitava logiikka	8
3	KYTKENTÄTAULUKOT	9
4	LOGIIKAN OHJELMOINTIOHJE	10
	4.1 PLC-ohjelmointi	10
5	SÄÄTÖTEKNIIKAN PERUSTEITA	19
	5.1 PID-säätö	19
6	SÄÄDÖN VIRITTÄMINEN	20
	6.1 Askelvastemenetelmä, teoria	20
	6.2 Laskentaesimerkki	22
7	MANUAALISTEN PARAMETRIEN SYÖTTÄMINEN	25
	7.1 Parametrien syöttämisohje	25
8	SIEMENS AUTOMAATTINEN VIRITYS	30
9	YHTEENVETO	32
	LÄHTEET	34

LIITTEET

Liite 1. Toimintakuvaukset

Liite 2. PLC-ohjelmointi englanniksi

Liite 3. Askelvastemenetelmä, teoria englanniksi

Liite 4. Laskentaesimerkki englanniksi

Liite 5. Parametrien syöttämisohje englanniksi

Liite 6. Automaattisen virityksen ohje englanniksi

LYHENTEET

PLC	Ohjelmoitava logiikka
CPU	Suoritin eli keskusyksikkö
RTD	Anturi, jonka vastusarvo muuttuu lämpötilan mukaan.
HMI	Käyttöliittymä
AQ1	Analoginen lähtö
Aikavakio	Aika, jonka kuluessa prosessi on saavuttanut 63 % lopullisesta arvostansa.

1 JOHDANTO

Laitteiden ja prosessien puute on ongelma säädön opetuksessa. Yksi mahdollinen ratkaisu on Siemensin tarjoama lämpötilansäädöllä varustettu sensor box. Kyseessä on opetuskäyttöön soveltuva pieni lämmitysprosessi, jota ohjataan PLC:llä.

Pienikokoisena ja suhteellisen yksinkertaisena laite on hyvä vaihtoehto säädön opetukseen. Pienen koon ansiosta laitteita voisi olla yhdessä luokassa jopa kymmeniä ja yksinkertaisuus mahdollistaa omatoimisen harjoittelun myös aloittelijoille kattavien ohjeiden avulla. Laitteella opiskelija voi harjoitella säädön PLC-ohjelmointia, viritystä ja askelvastekokeiden tekoa. Tässä työssä esitellään tuo laite, sen kytkentä sekä annetaan ohjeet säädön ohjelmointiin ja säätimen viritukseen. Edellä mainitut ohjeet on tehty myös englanniksi kansainvälisiä vaihto-oppilaita varten. Kaikki työssä olevat kuvat ovat omia kuvia.

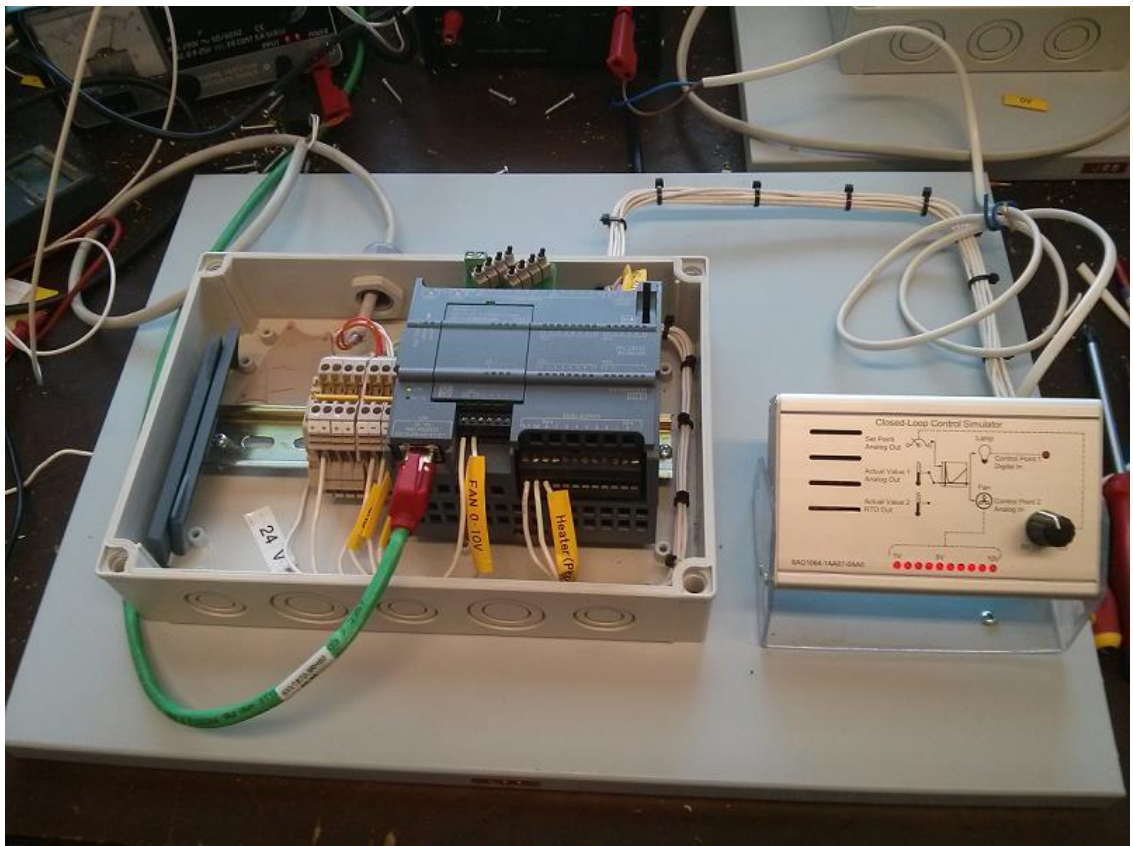
Automaatiosta yleisesti

Automaatio on tärkeässä asemassa suomalaisessa teollisuudessa. Sen ansiosta tuottavuus on noussut, mikä on yksi tärkeä syy siihen että teollisuus on pysynyt Suomessa halpatuotantomaihin siirtymisen sijaan. Automaatiota ei tule nähdä yksittäisenä alana vaan yleisenä apuna, jonka avulla voidaan parantaa ja kehittää niin teollista tuotantoa, rakennuksia kuin energiantuotantoakin, sekä muita lukemattomia kohteita. Teollinen tuotanto tulee muuttumaan tulevaisuudessa, koska länsimaat joutuvat kilpailemaan kehittyvien maiden kanssa. Toisaalta kehittyviin maihin myös syntyy valtavat markkinat automaatiolle, kun esimerkiksi Kiinan ja Intian noin kahden ja puolen miljardin asukkaan tulot nousevat ja he haluavat länsimaista elintasoja. (Suomen automaatioseura 2010:1.)

Muita automaation mahdollisia tulevaisuuden näkymiä ovat informaation lisääntyminen ja digitalisoituminen. Nämä ovat teollisuudessa tätä päivää, mutta tekevät vasta tuloaan koneisiin, autoihin ja ihmisten koteihin. Viimeisenä automaation tulevaisuuden mahdollisuutena mainitaan ympäristönsuojelu ja cleantech-ala, joka on kasvanut noin kymmenellä prosentilla per vuosi vuodesta 2009 alkaen. (Suomen automaatioseura 2010:1.)

2 LAITTEISTON ESITTELY

Laitteisto koottiin kiinnittämällä alustaan Siemensin sensor box ja sitä ohjaava S7-1200 PLC eli ohjelmoitava logiikka. Muita tarvittavia komponentteja ovat kytkentäjohtimet ja ohjelmointiin käytettävä tietokone sekä virtalähteet.



Kuva 1. Laitteisto koottuna

2.1 Sensor box lämpötilan säädöllä

Sensor box koostuu lämpötilan mittauksesta ja säätimestä, jonka säätöalue on nolhasta sataan Celsiusasteeseen. Lämpötila mitataan kahdella PT-100 anturilla. Ensimmäinen antureista antaa lämpötilan mukaan muuttuvan vastusarvon ja toinen 0 – 10 volttiin olevan jänniteviestin. Laitetta lämmitetään lämmitysvastuksella ja siinä on myös halogeenivalo merkkinä lämmityksen aktiivisena olosta. Säätö on toteutettu

pulssinleveysmodulaationa. Jäähdyttimenä on sisäinen puhallin, jota voidaan käyttää myös prosessin häiriöiden simulointiin. Puhallinta ohjataan 0 – 10 voltin jänniteviestillä. Led-valot näyttävät puhaltimen jänniteviestin volttimäärän. Laitteessa on potentiometri, jota normaalisti käytettäisiin asetusarvon antamiseen, mutta tässä tapauksessa sillä säädetään puhaltimen pyörimisnopeutta. Potentiometrin käyttökohte muutettiin, koska PLC:n säätimen parametrien automaattinen viritys vaatii vakiona pysyvän asetusarvon. Potentiometriltä tulevassa arvossa on kohinaa, joka aiheuttaa muutoksia asetusarvoon. (Siemens 2014:1.)

2.2 Siemens S7-1200 ohjelmoitava logiikka

S7-1200 on ohjelmoitava logiikka, jossa on muun muassa mikroprosessori, lähtötulopiirit sekä sisäänrakennettu Profinet-yhteys. CPU:hun voidaan liittää toimintoja laajentava board, signal board useammille analogisille viesteille tai battery board reaaliaikaisen kellon virransyötön varmistamiseksi. Muita laajennusmahdollisuuksia tuovat moduulit, joilla voidaan lisätä ominaisuuksia, kuten signal module, joka mahdollistaa RTD- ja termopariantureiden kytkemisen CPU:hun. CPU sisältää myös HMI-paneeliohjauksen sekä Web-serverin verkkoyhteyden kautta tapahtuvaa ohjausta varten.

S7-1200:ssa on kahdeksan digitaalista tuloa ja kuusi digitaalista lähtöä sekä kaksi analogista tuloa. Tässä työssä käytetään kahta analogista tuloa, yhtä analogista lähtöä ja yhtä digitaalista lähtöä. Puuttuva analoginen lähtö saadaan PLC:hen lisäämällä siihen AQ1 x 12 bits -tyyppinen signal board. (Siemens 2009:1.)

3 KYTKENTÄTAULUKOT

Laitteisto kytketään oheisten kytkentätaulukoiden mukaan (Taulukot 1 ja 2) . PT-100 antureista vain yksi on kerrallaan käytössä. Potentiometrillä ohjattava 0 – 10 voltin jänniteviesti toimisi normaalisti säädön asetusarvona, mutta se on tässä työssä vaihdettu ohjaamaan puhaltimen pyörimisnopeuden asetusarvoa.

Taulukko 1. Laitteiston kytkentätaulukko suomeksi.

Plug connection PID-Controller-Box 6AG1064-1AA07-0AA0			
Nasta	Kuvaus	S7-1200	
Phoenix-liitin 2nastaa			
1	+12V	ulk. Jännitelähde 12V/2A	Jännitelähde 12V
2	0V		
Phoenix-liitin 3nastaa			
1	Lämmitin, 24V pulssi	DQ 1.0 (PWM)	Säätösuure, max.noin 120 °C
2	GND	M	
3	0-10V, Puhallin	AQ 0	Häiriö arvo 0-10V
Phoenix-liitin 6nastaa			
1	PT-100		Mittausarvo 2 (vaihtoehtoinen)
2	PT-100		
3	0-10V Lämpötila	AI 0	Mittausarvo 1, max.noin 120 °C
4	0-10V Asetusarvo	AI 1	Asetusarvo, ohjaa puhallinta
5	GND	M	
6	GND	M	

Taulukko 2. laitteiston kytkentätaulukko englanniksi.

Plug connection PID-Controller-Box 6AG1064-1AA07-0AA0			
Pin	Description	S7-1200	
Phoenix-Connector 2pins			
1	+12V	ext. Power Supply 12V/2A	Power Supply 12V
2	0V		
Phoenix-Connector 3pins			
1	Heater, 24V pulsed	DQ 1.0 (PWM)	Actuating variable, max.approx. 120 °C
2	GND	M	
3	0-10V, Fan	AQ 0	Disturbance value 0-10V
Phoenix-Connector 6pins			
1	PT-100		Actual value 2 (alternative)
2	PT-100		
3	0-10V Temperature	AI 0	Actual value 1, max.approx. 120 °C
4	0-10V Setpoint	AI 1	Setpoint, used to control Fan
5	GND	M	
6	GND	M	

(Siemens 2008: 1.)

4 LOGIIKAN OHJELMOINTIOHJE

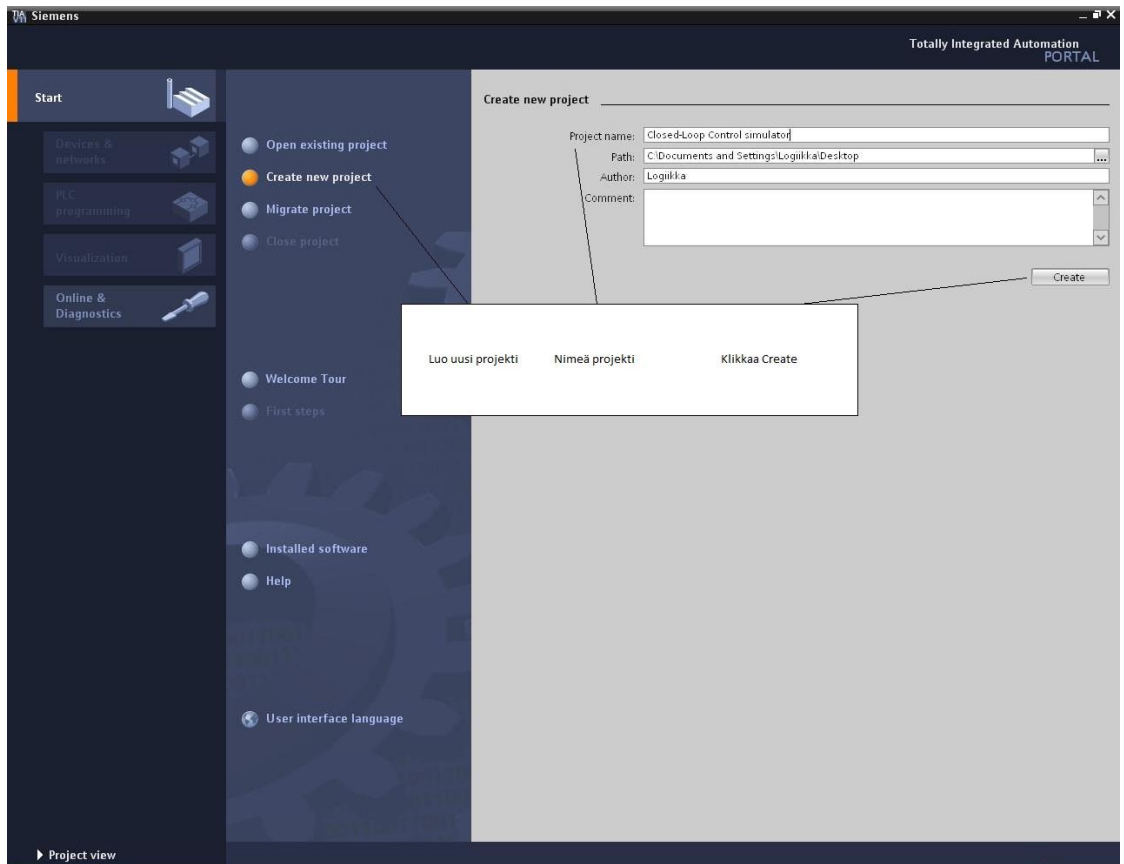
Sensor boxia ohjataan ohjelmoitavalla logiikalla. Tässä tapauksessa Siemens S7-1200:lla. Seuraavassa annetaan ohjeet logiikan ohjelmointiin, ohjelman lataamiseen ja prosessin ohjaamiseen logiikan avulla. Ohjelmointi tehdään Step-7 Professional (TIA Portal) -ohjelmalla. Ohje on tekstimuodossa vaiheittain ja kuvissa yksityiskohtaisemmin aloittelijoita varten. (Siemens 2014: 2.)

4.1 PLC-ohjelmointi

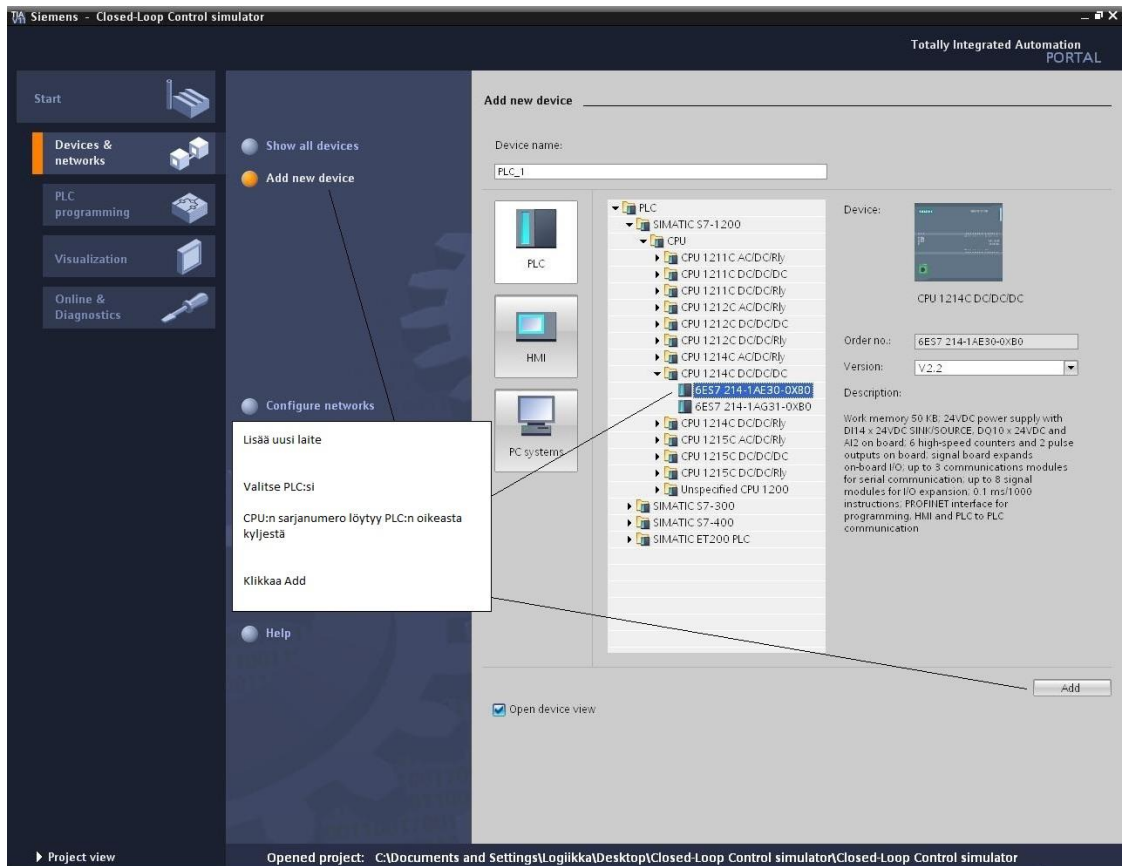
Tekstimuotoinen ohje

1. Avataan TIA Portal ja luodaan uusi projekti.
2. Valitaan PLC ja lisätään se projektiin.
3. Valitaan signal board ja lisätään se PLC:hen.
4. PLC:n IP-osoite voidaan tarkistaa Accessible devices-näkymästä, jos se ei ole tiedossa.
5. Annetaan projektille PLC:n IP-osoite.
6. Lisätään Organization block, Cyclic interrupt, 100 ms.
7. Lisätään PID_Compact edellä mainittuun Organization Blockiin.
8. Annetaan PID_Compactille osoitteet: Setpoint: MD0, Input_PER: IW64, Output_PER: Q1.0.
9. Annetaan PID_Compactille tarvittavat asetukset: Controller type: Temperature, °C ja Output: Output_PWM.
10. Lisätään MOVE puhaltimen ohjaamiseksi ja annetaan sille osoitteet: IN: IW66, OUT1:QW80.
11. Yhdistetään PLC:hen (go online) ja ladataan projekti siihen.
12. Mittaus tapahtuu Commissioning-näkymässä, asetusarvon muutokset tehdään joko suoraan PID_Compactiin tai Watch/force table:n kautta.
13. Commissioning-näkymässä voidaan myös asetella ohjaussuureen arvoa manuaalisesti.

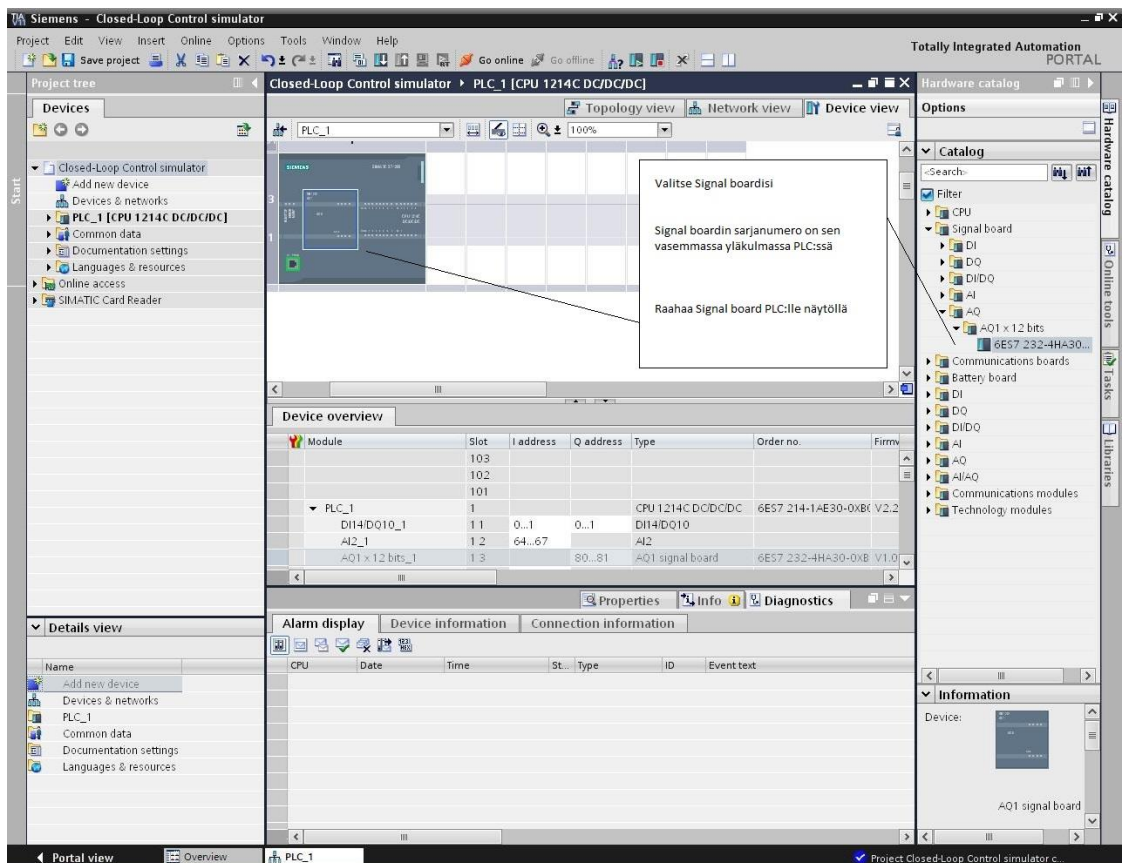
Ohje kuvina



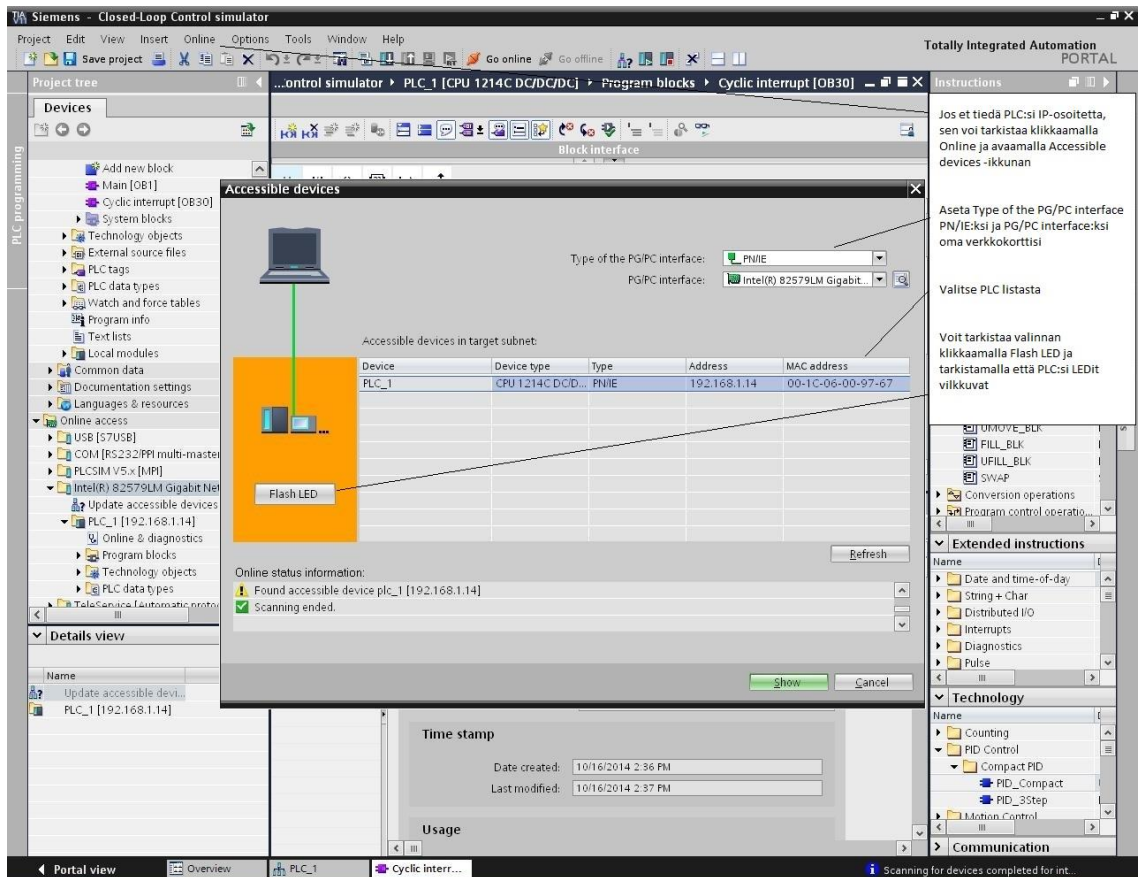
Kuva 2. Projektin luominen



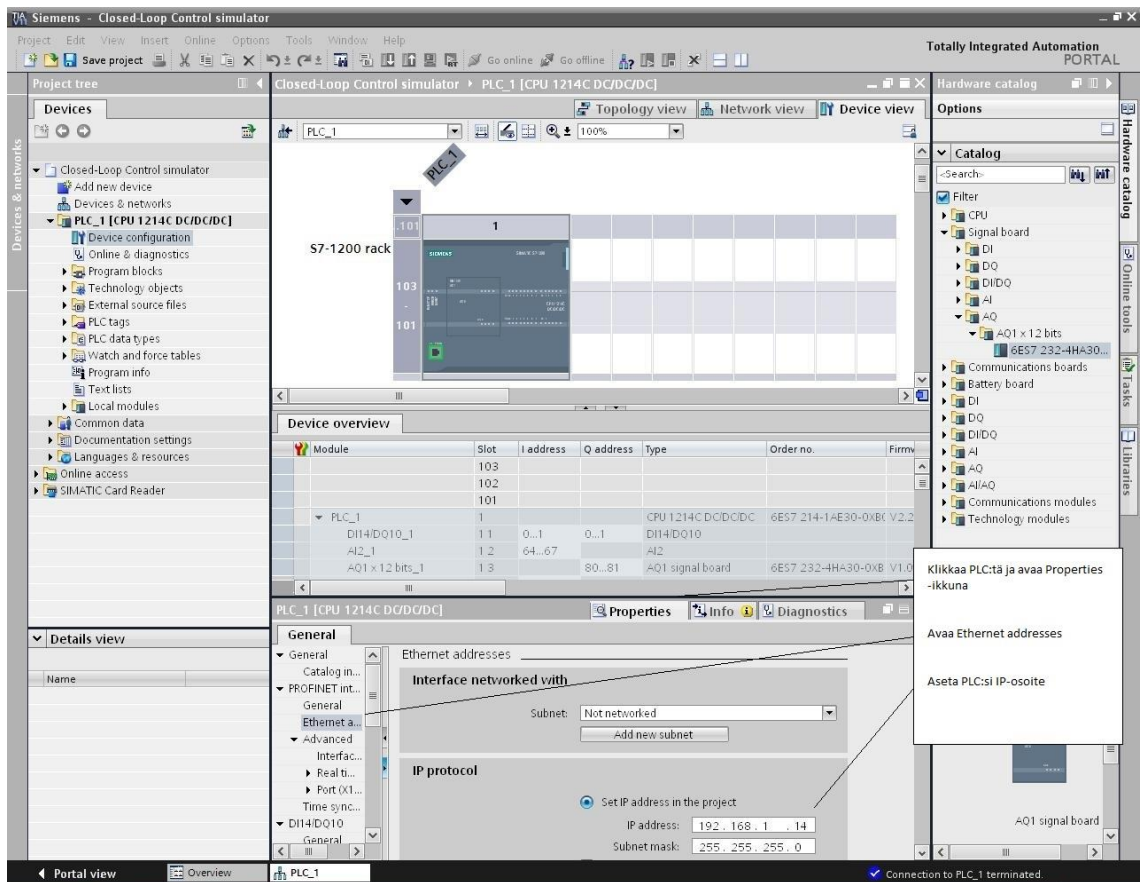
Kuva 3. CPU:n valinta



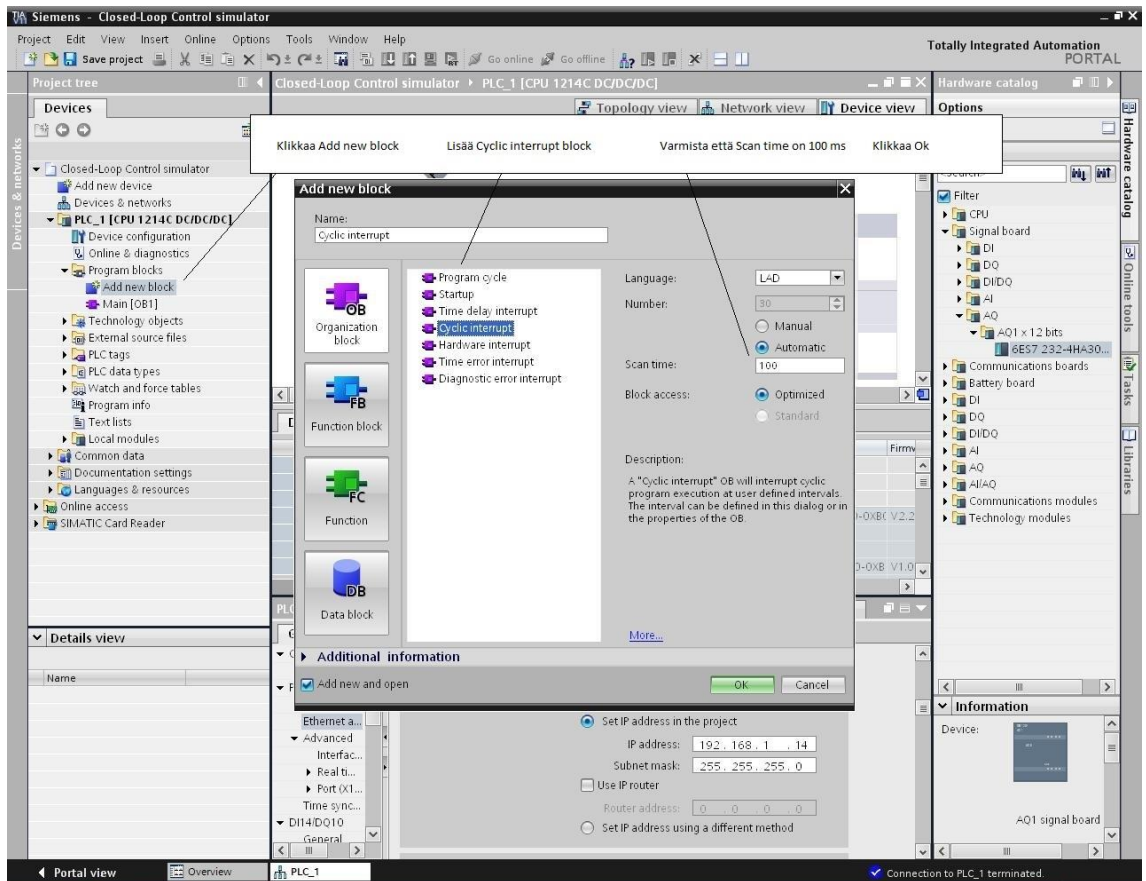
Kuva 4. Signal boardin lisääminen



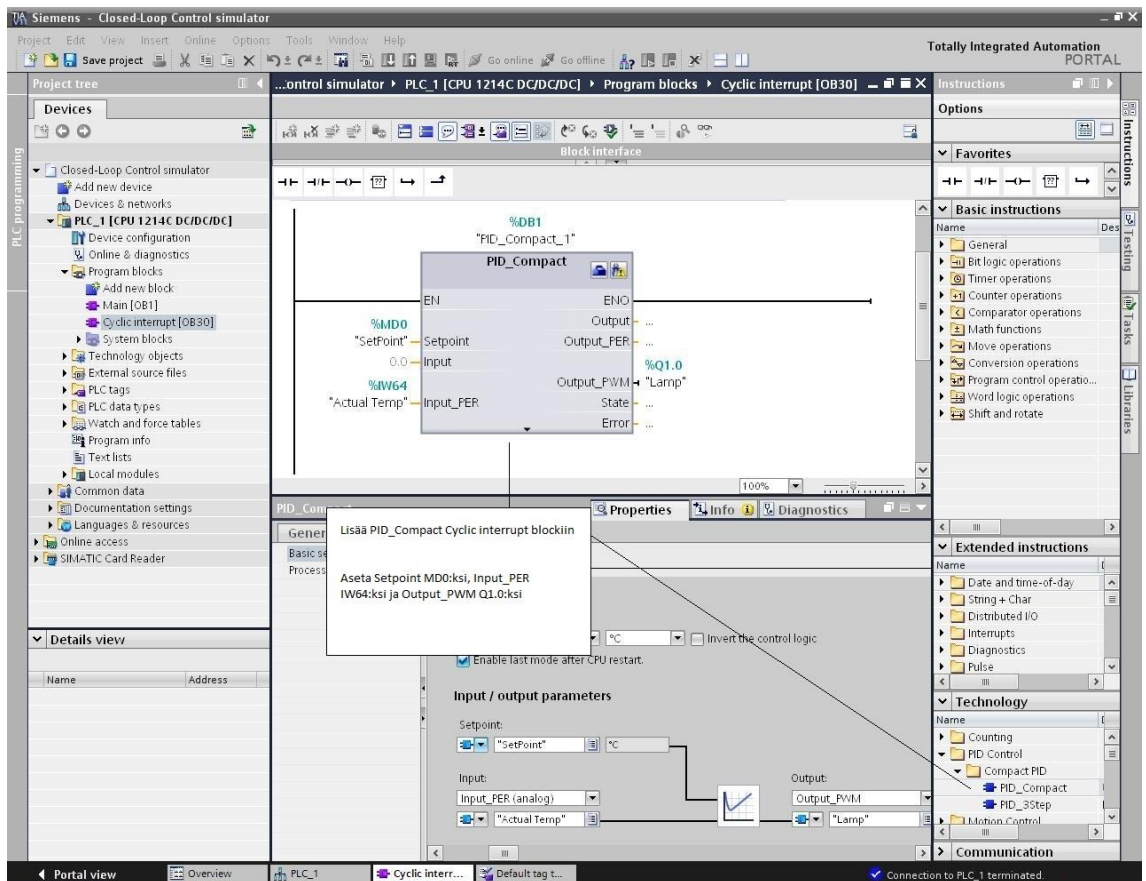
Kuva 5. Käytettävissä olevat laitteet



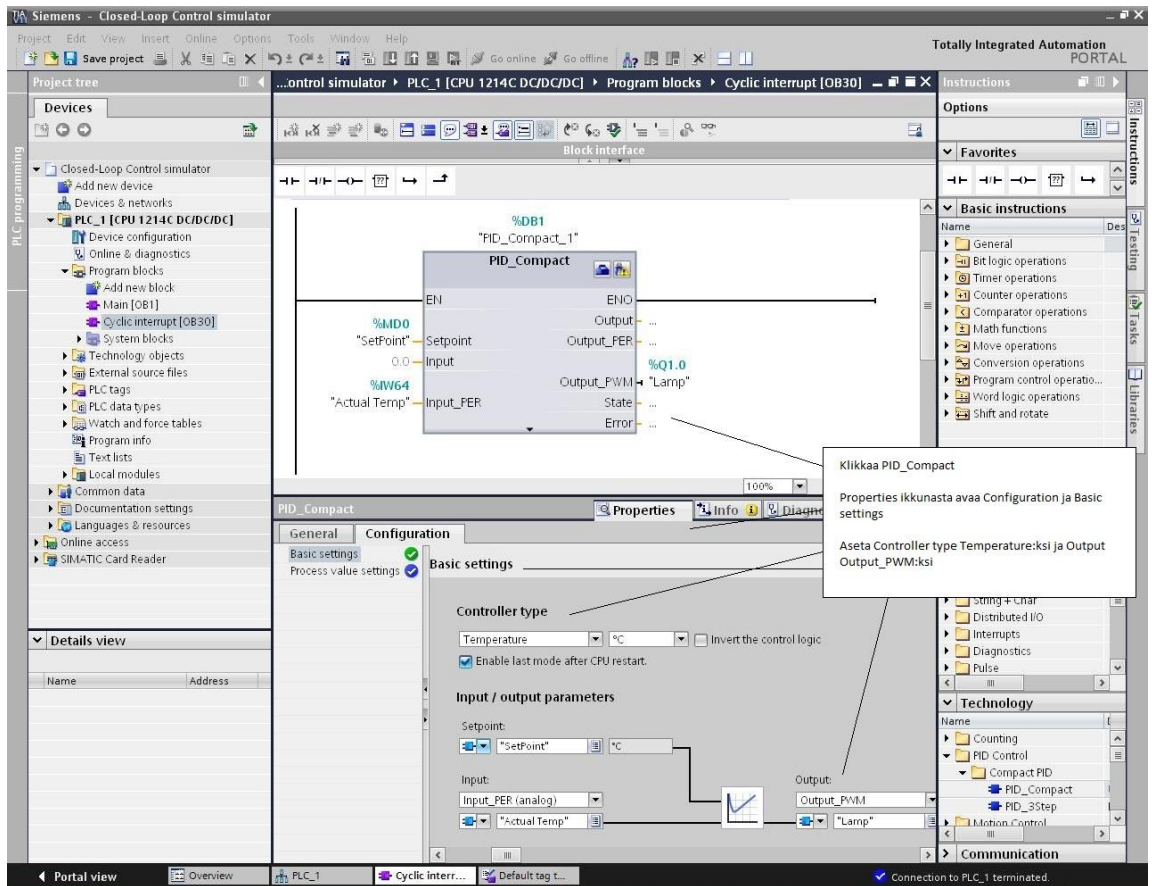
Kuva 6. IP-osoite



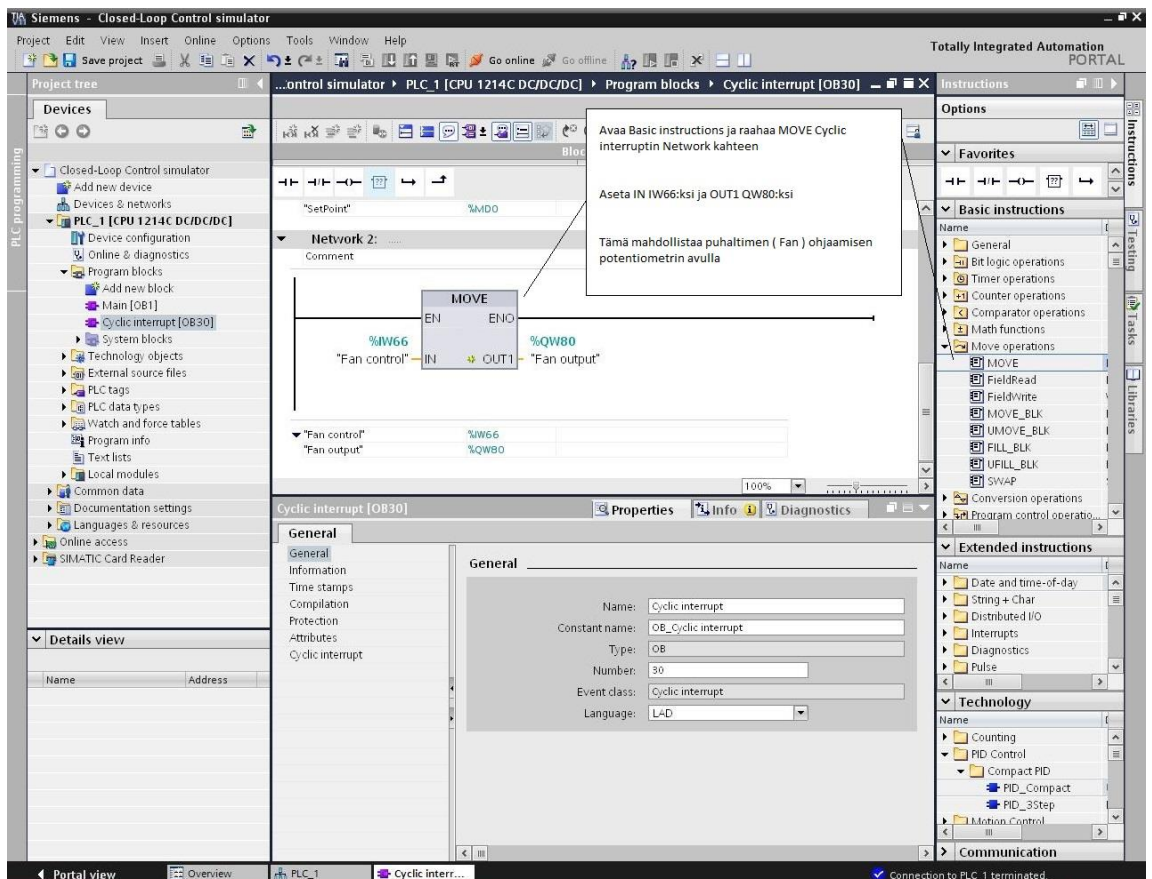
Kuva 7. Organization blockin lisääminen



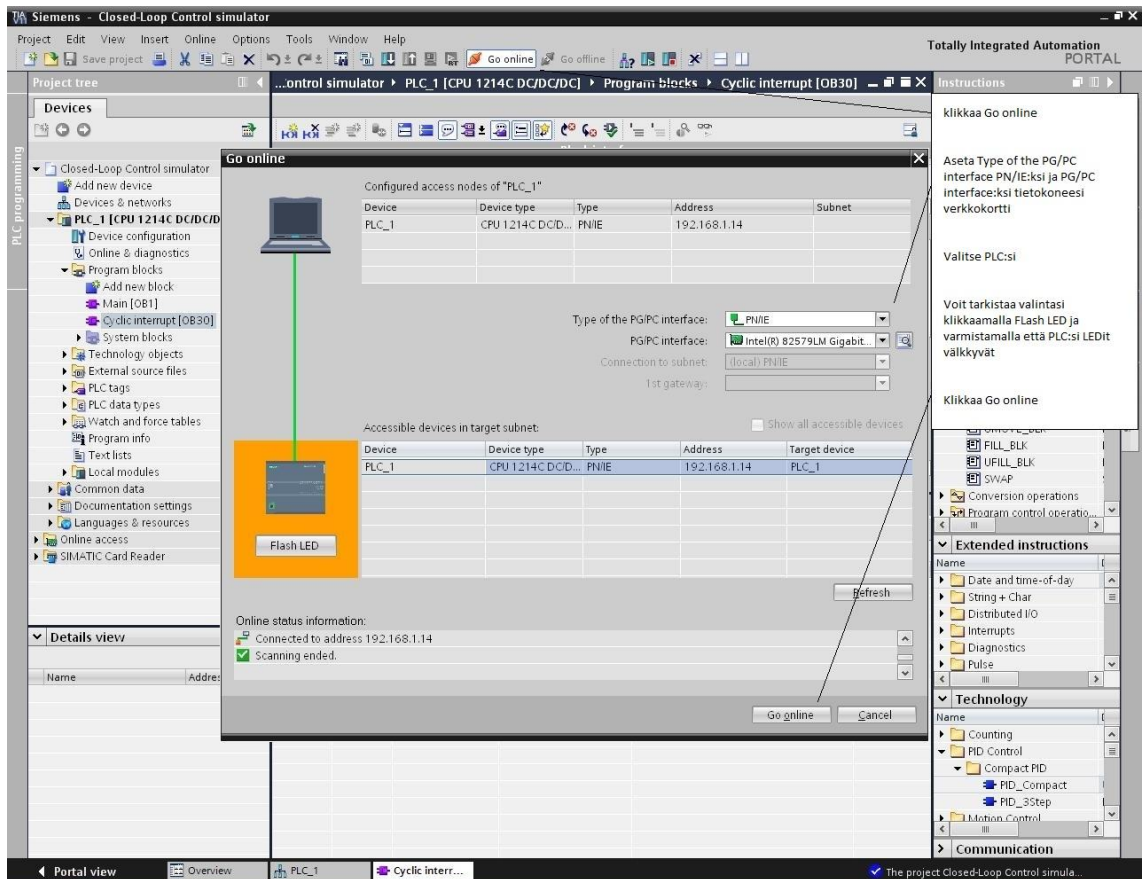
Kuva 8. PID:n lisääminen



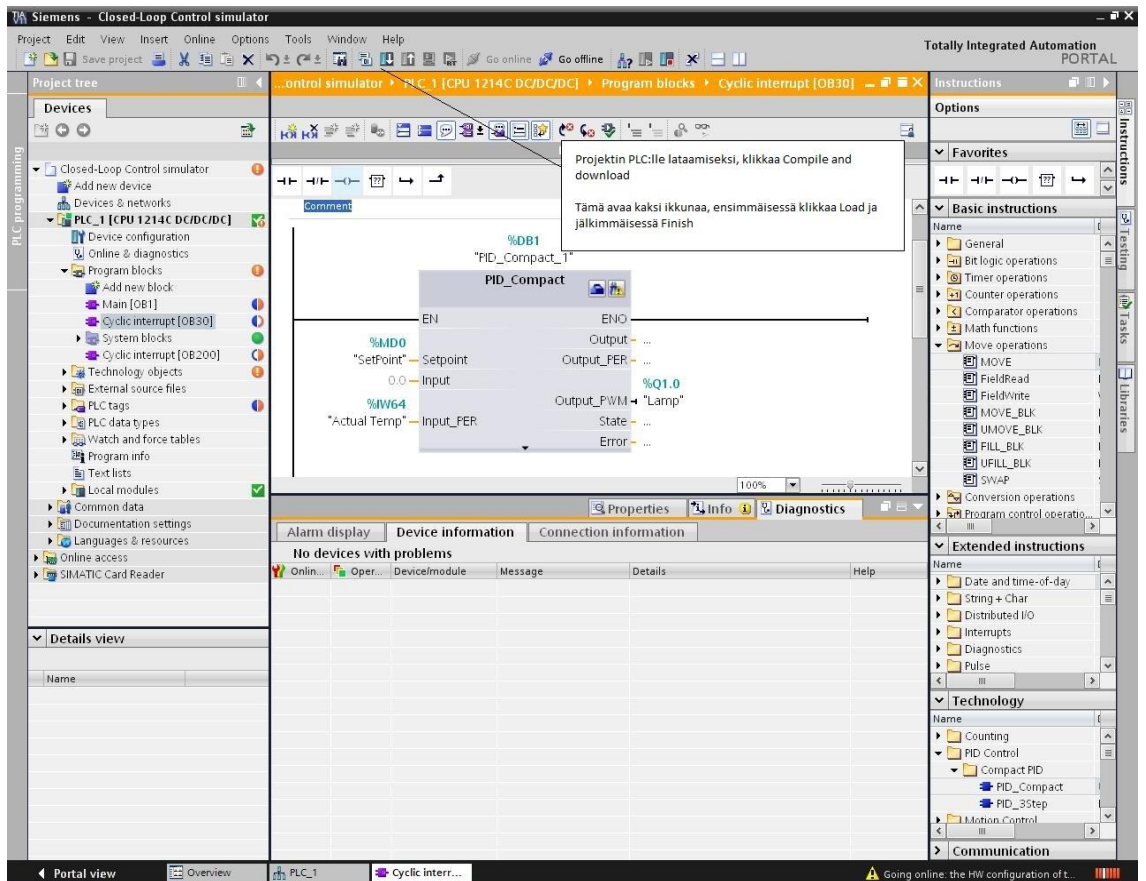
Kuva 9. PID:n asetukset



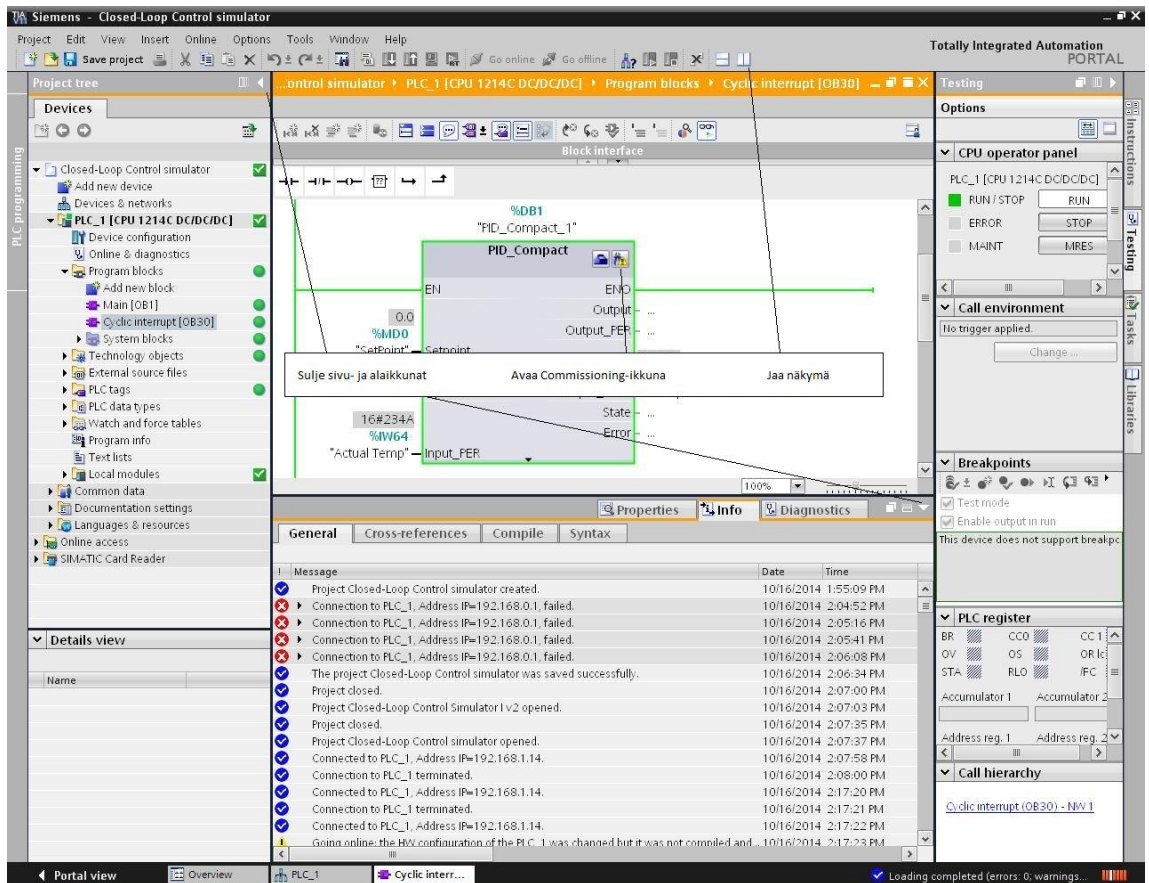
Kuva 10. Puhaltimen ohjaus



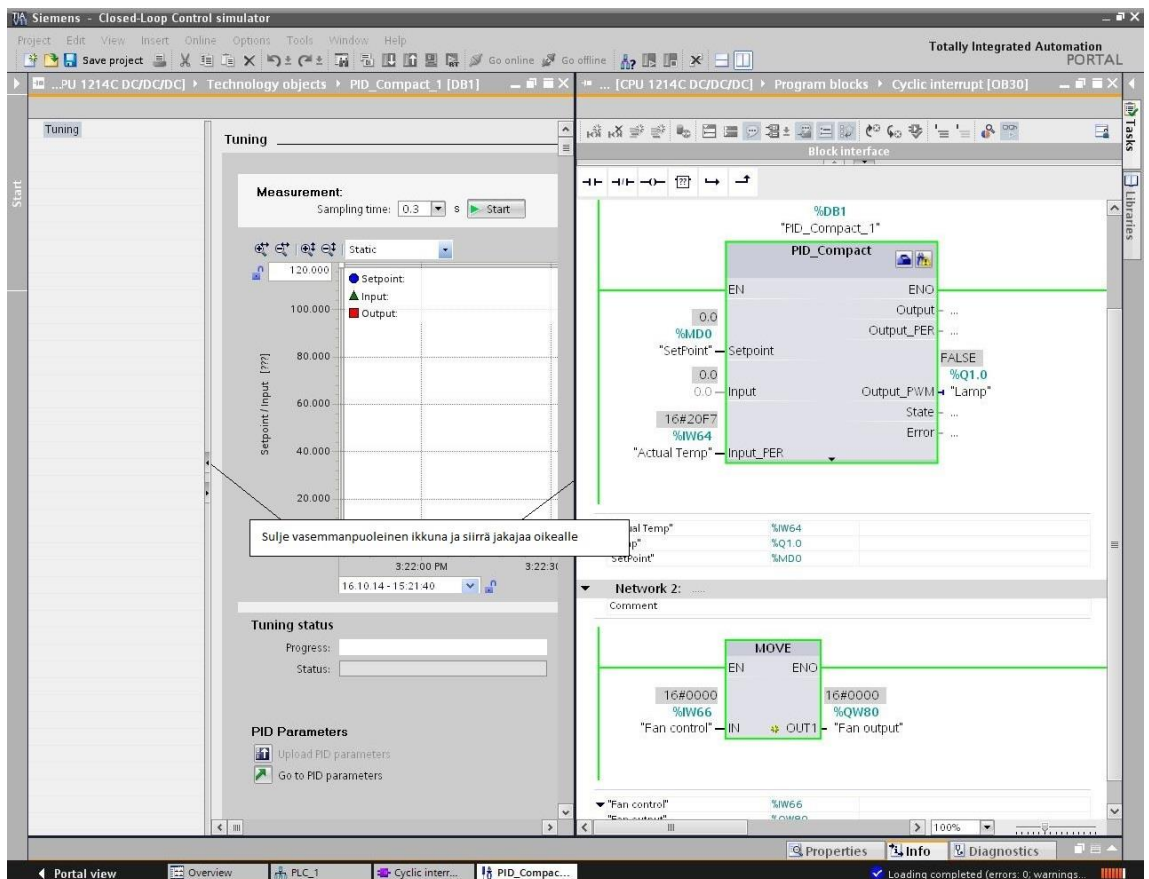
Kuva 11. Yhteyden muodostaminen



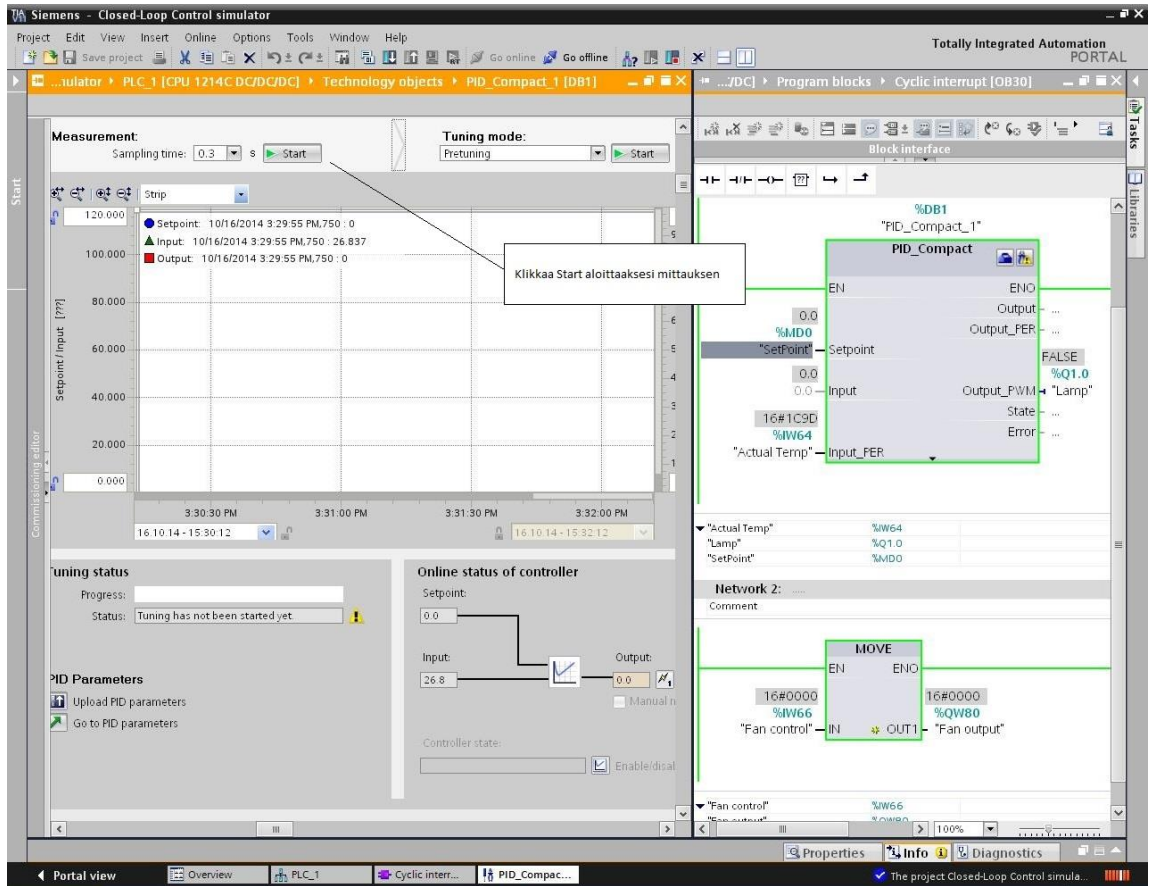
Kuva 12. Projektin lataaminen



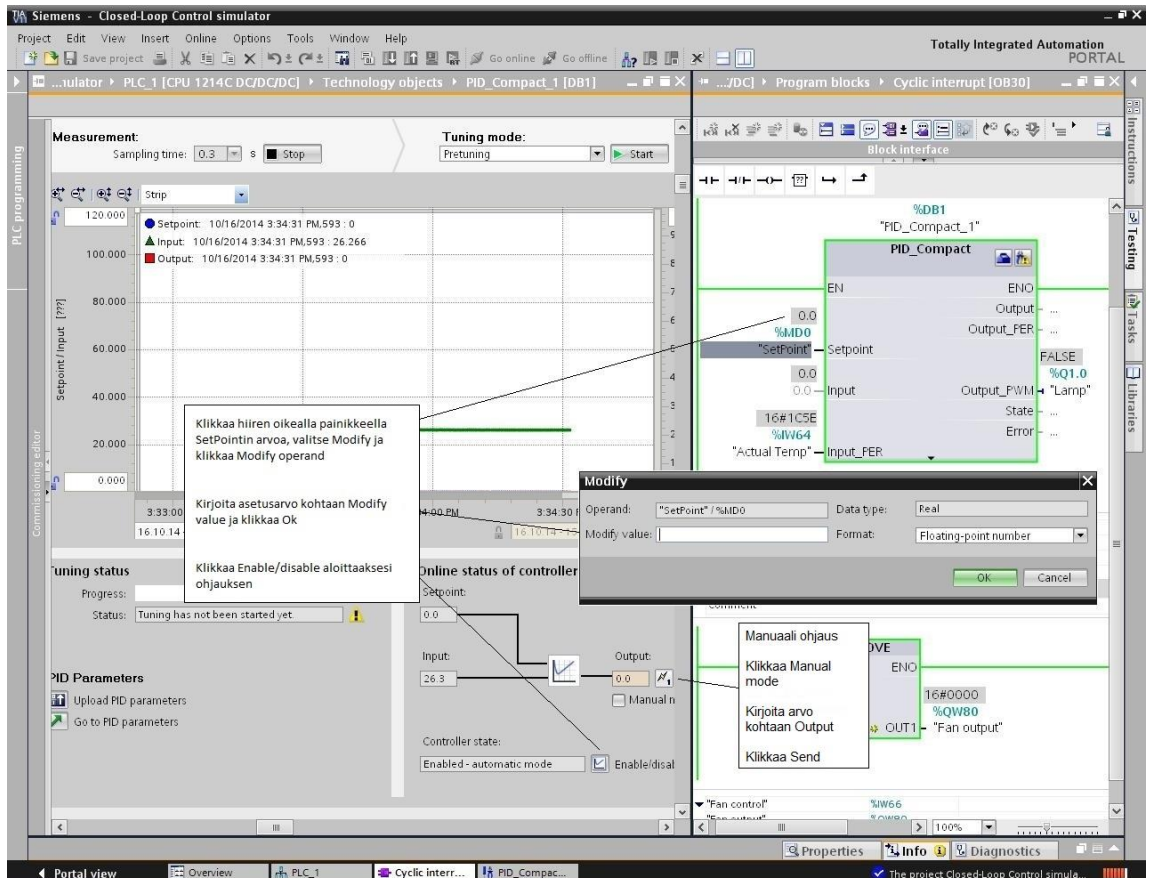
Kuva 13. Näkymän järjesteleminen 1



Kuva 14. Näkymän järjesteleminen 2



Kuva 15. Prosessin mittaaminen



Kuva 16. Asetusarvon asettelu ja manuaalinen lähtöarvon asettelu

5 SÄÄTÖTEKNIIKAN PERUSTEITA

Säätötekniikka on säätämiseen keskittyvä automaation osa-alue. Säätö voi olla käyttäjän tekemä manuaalinen ohjaustoimenpide tai säätimen tekemää säätöä. Automaattisella säädöllä tarkoitetaan sitä, että ohjaus perustuu mittauksesta saatuun tietoon. Tuo mittaustieto tuodaan säätimelle, joka vertaa mitattua arvoa asetusarvoon ja antaa toimilaitteelle ohjaussignaalin niiden erosuureen perusteella. Esimerkiksi pinnankorkeuden säädössä mitataan säiliön pinnankorkeutta ja säädin säätää toimilaitteena olevan venttiilin asentoa sen mukaan, onko pinta asetusarvon ylä- vai alapuolella. Tällaista säätöä kutsutaan takaisinkytketyksi säädöksi. (Suomen automaatioseura 2004:1.)

Yleensä pyritään säätämään yksimuuttujasäädöllä (yksi säädettävä suure ja yksi ohjaus), mutta joissain tapauksissa on käytettävä monimuuttujasäätöä (monta toisistaan riippumatonta säädettävää suuretta ja monta ohjausta). Yksi tällainen tilanne on paperikoneen laatusäätöjen ylätasen monimuuttujasäätö, joka antaa asetusarvot alatason säätöpiireille. (Harju-Marttinen 2001:1.)

5.1 PID-säätö

Teollisuudessa yleisin säädin on PID-säädin (Proportional-Integral-Derivative). PID-säädin laskee ohjauksen kolmen eri osan summasta, kun sen tulona on mitta-arvon ja asetusarvon välinen erotus eli erosuure. PID-säätimen viritys perustuu K_p -, T_i - ja T_d -kertoimien suhteisiin. Näitä suhteita kutsutaan yleisesti säätimen parametreiksi. Vahviskerroin (K_p) on säätimen ohjauksen ja erosuureen välinen suhdekerroin. Vahvistuksen kasvattaminen nopeuttaa järjestelmän käyttäytymistä. Integrointiosa (T_i) käyttää erosuureen vanhoja arvoja. Sen päätarkoituksena on poistaa säätöpoikkeama. Pieni integrointiaika nopeuttaa ohjauksen kasvunopeutta ja äärettömän suuri T_i saa sen vaikutuksen katoamaan. D-osa on ohjaus erosuureen tai säädettävän suureen muutosnopeuden pohjalta. Prosessin dynamiikasta johtuen ohjauksen muutokset havaitaan lähdessä vasta pienen ajan kuluttua. D-osa kompensoi edellä mainittua aikaa ennustamalla järjestelmän käyttäytymistä muutosnopeuden pohjalta. Pieni D-osa nopeuttaa ohjauksen reaktionopeutta ja saattaa aiheuttaa piikin ohjaukseen. (Harju-Marttinen 2001:1.)

6 SÄÄDÖN VIRITTÄMINEN

6.1 Askelvastemenetelmä, teoria

Jos säädettävä kohde on niin monimutkainen että sen toimintaa ei voida tai osata mallintaa matemaattisesti, on käytettävä kokeellisia keinoja säätimen parametrien valintaan. Tätä kutsutaan säätimen virittämiseksi. Ziegler-Nichols menetelmät tarjoavat ohjeet säätimen virittämiseksi prosessin askelvastekokeen reaktioiden perusteella. Näin saadaan arvot prosessin vahvistukselle (K_p), integrointi ajalle (T_i) ja derivointi ajalle (T_d). Näillä ohjeilla saaduilla arvoilla on kuitenkin mahdollisuus että prosessi ylittää halutun mittausarvon. Tällaisessa tapauksessa tarvitaan tarkempaa virittämistä, jonka avulla päästään lähemmäs haluttua arvoa. Ziegler-Nicholsin viritysmenetelmät ovatkin enemmän suuntaa antavia, kuin valmiita ja lopullisia arvoja antavia. (Ziegler-Nichols 1942: 1.)

Ziegler-Nichols menetelmät PID säätimen virittämiseksi

Yleisimmät Ziegler-Nichols menetelmät ovat: askelvaste- ja kriittisen värähtelyn menetelmä. Tässä työssä käytetään askelvaste-menetelmää.

Askelvaste-menetelmä

Tehdään ohjaussuureeseen manuaalinen askelmainen muutos ja testataan prosessin reaktio tuohon muutokseen. Reaktiota kuvaa mittausuureen trendikäyrä, josta on nähtävissä prosessin viive (L) ja aikavakio (τ). Viive ja aikavakio määritellään piirtämällä tangentti käyrän jyrkimmän kohdan suuntaisesti ja määrittämällä tangentin ja mittausuureen muutoksen alkamisen välinen piste sekä piste jossa mittausuure on saavuttanut 63 % lopullisesta arvostaan. Viive on aikaisemman pisteen ja ohjaussuureen muutoksen alkamisen välinen aika. Aikavakio on aika joka on kulunut, viiveen päättymisen ja pisteen jossa mittausarvo on saavuttanut 63 % lopullisesta arvostansa välillä. Lisäksi tarvitaan vielä prosessin vahvistus (K), joka on mittausuureen muutoksen (Δy) suhde ohjaussuureen muutokseen (Δu). Parametrien

arvot määritellään seuraavien kaavojen perusteella (Taulukko 3). (Ziegler-Nichols 1942: 1.)

Taulukko 3. Säätimen parametrien laskentakaavat

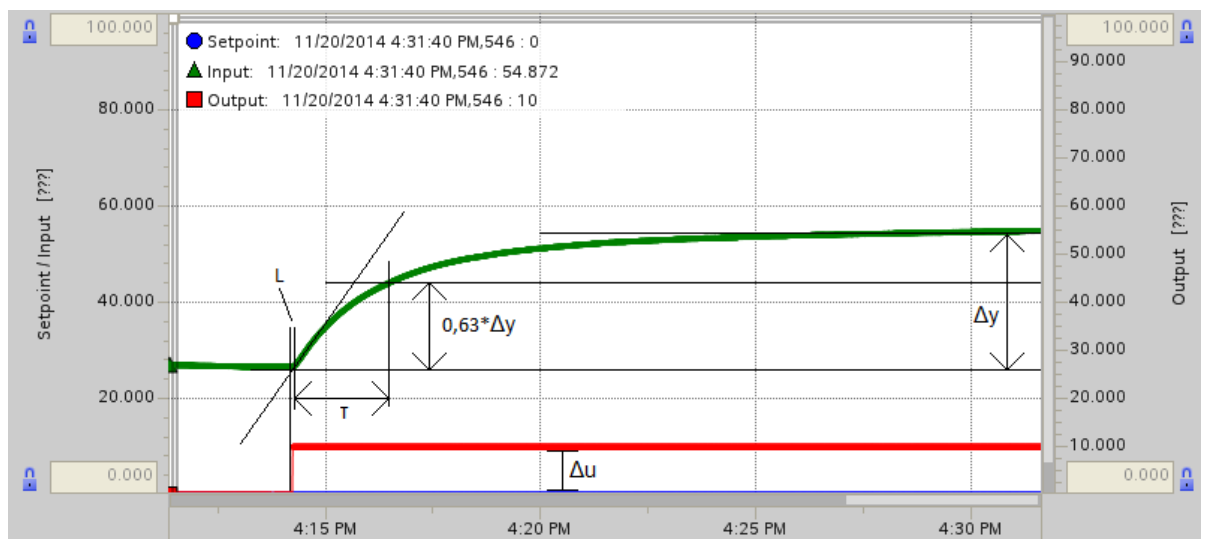
	K_p	T_i	T_d
P	$\frac{\tau}{L * K}$	-	-
PI	$\frac{0,9 * \tau}{L * K}$	$3,3 * L$	-
PID	$\frac{1,2 * \tau}{L * K}$	$2 * L$	$0,5 * L$

(Ziegler-Nichols 1942: 1.)

6.2 Laskentaesimerkki

Lämpötilan alkuarvo on 26,3 Celciustetta. Tehdään ohjaussuureeseen askelmainen muutos nolasta kymmeneen. Määritellään viive (L), prosessin vahvistus (K), aikavakio (τ) ja mittaussuureen muutos (Δy). Näiden pohjalta lasketaan prosessin säätimelle parametrit.

Kuvaan 32 on piirretty tangenti sekä apuviivat nähtävillä olevien suureiden arvojen ja niiden muutosten alkamisen ajankohtien määrittämiseksi. Poimitaan tarvittavat tiedot.



Kuva 32. Parametrien laskentaesimerkki

Prosessin tarvittavat ominaisuudet

Viive (L): 6 s Lämpötila alussa (T_1): 26,3 °C
 Aikavakio (τ): 92 s Lämpötila lopussa (T_2): 54,9 °C

Lasketaan mittaussuureen muutos ja prosessin vahvistus

$$\Delta y = T_2 - T_1 = (54,9 - 26,3) = 28,6$$

$$K = \frac{\Delta y}{\Delta u} = \frac{28,6}{10} = 2,86$$

Lasketaan eri säätimille omat parametrit

P-säädin

$$Kp = \frac{\tau}{L * K} = \frac{92}{6 * 2,86} = 5,36130$$

PI-säädin

$$Kp = \frac{0,9 * \tau}{L * K} = \frac{0,9 * 92}{6 * 2,86} = 4,82517$$

$$Ti = 3,3 * L = 3,3 * 6 = 19,8$$

PID-säädin

$$Kp = \frac{1,2 * \tau}{L * K} = \frac{1,2 * 92}{6 * 2,86} = 6,43356$$

$$Ti = 2 * L = 2 * 6 = 12$$

$$Td = 0,5 * L = 0,5 * 6 = 3$$

Nämä parametrit voidaan nyt syöttää säätimelle, niiden testaamiseksi. Tämä käsitellään kappaleessa 7 Manuaalisten parametrien syöttäminen. Jos vahvistus osoittautuu liian suureksi, se kannattaa jakaa kahdella ja testata uudestaan ennen muita toimenpiteitä.

7 MANUAALISTEN PARAMETRIEN SYÖTTÄMINEN

Työssä käytetty TIA Professional V.11 ei tarjoa mahdollisuutta PID_Compactin parametrien manuaaliseen muuttamiseen suoraan ohjelmasta. Parametrejä voidaan kuitenkin muuttaa tekemällä muutoksia datablockiin joka sisältää PID:n tiedot. Tämä tehdään luomalla watch table johon listataan muokattavien parametrien osoitteet. Listattujen osoitteiden arvoja voidaan muuttaa prosessin ajon aikana. Tämä osio kattaa ohjeet watch tablen luontiin, täyttämiseen ja arvojen muokkaamiseen.

7.1 Parametrien syöttämisohje

Tekstimuotoinen ohje

Avataan PID_Compact:n datablock, joka on tässä tapauksessa DB1.

Toimintamoodin valinta ja säätimen parametrit ovat alaotsikon sRET alla.

Luodaan watch table johon listataan muokattavat arvot:

Asetusarvo: MD0

Toimintamoodi: DB1.sRET.i_Mode

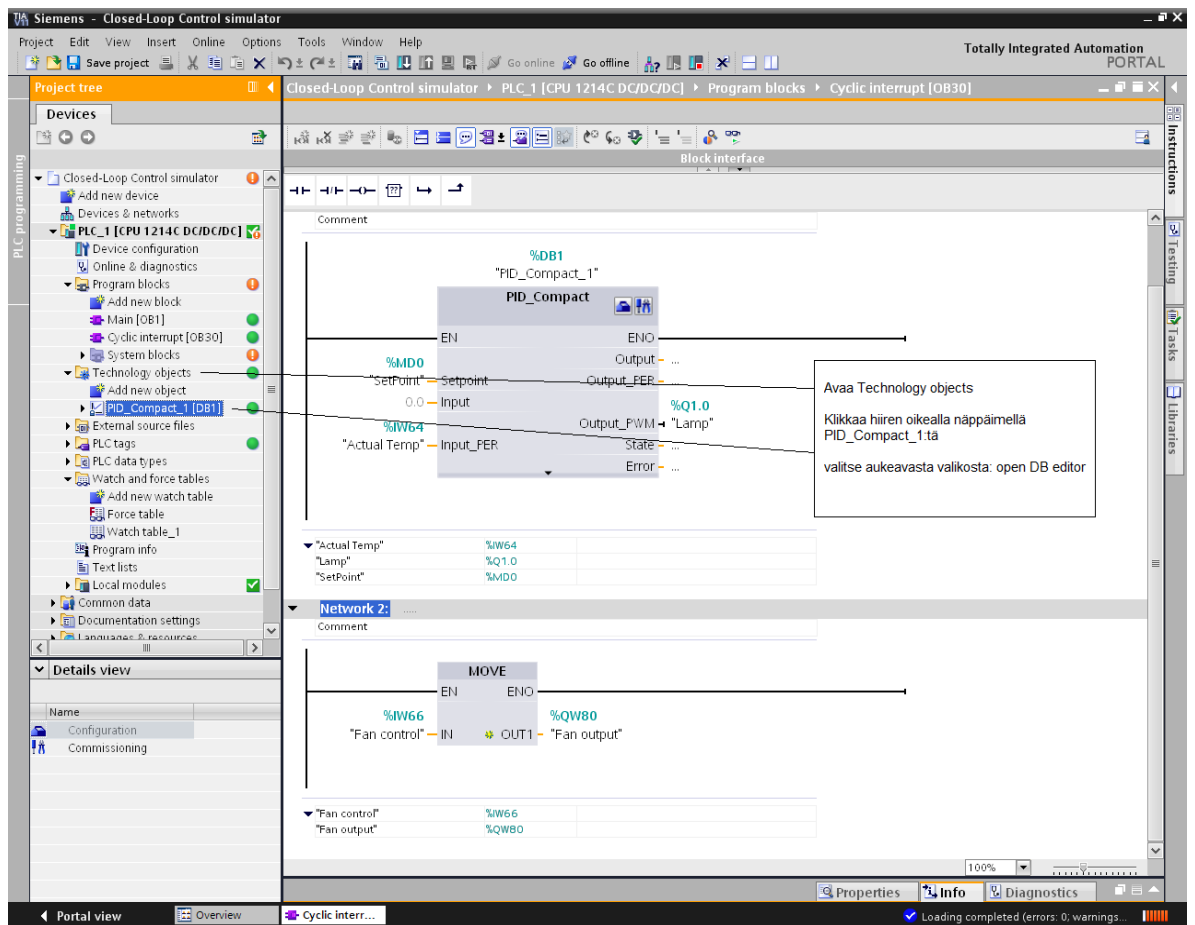
Prosessin vahvistus: DB1.sRET.r_Ctrl_Gain

Integrointi aika: DB1.sRET.r_Ctrl_Ti

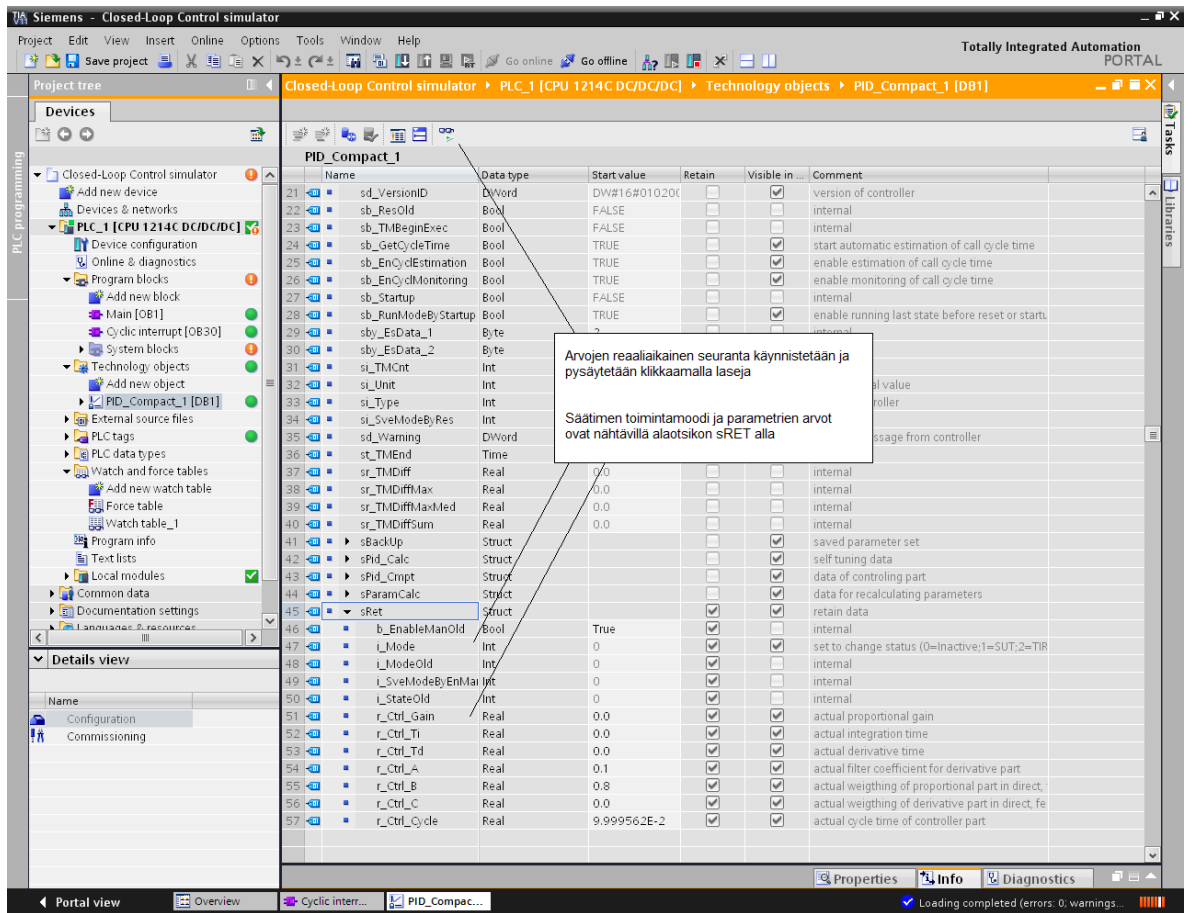
Derivointi aika: DB1.sRET.r_Ctrl_Td

Datablockissa on kahdet parametrit: käytössä olevat arvot ja alkuarvot, jotka aktivoituvat käynnistyksen yhteydessä. Käytössä olevat arvot voidaan tallentaa alkuarvoiksi klikkaamalla Upload PID parameters PID_Compactin Commissioning näkymässä.

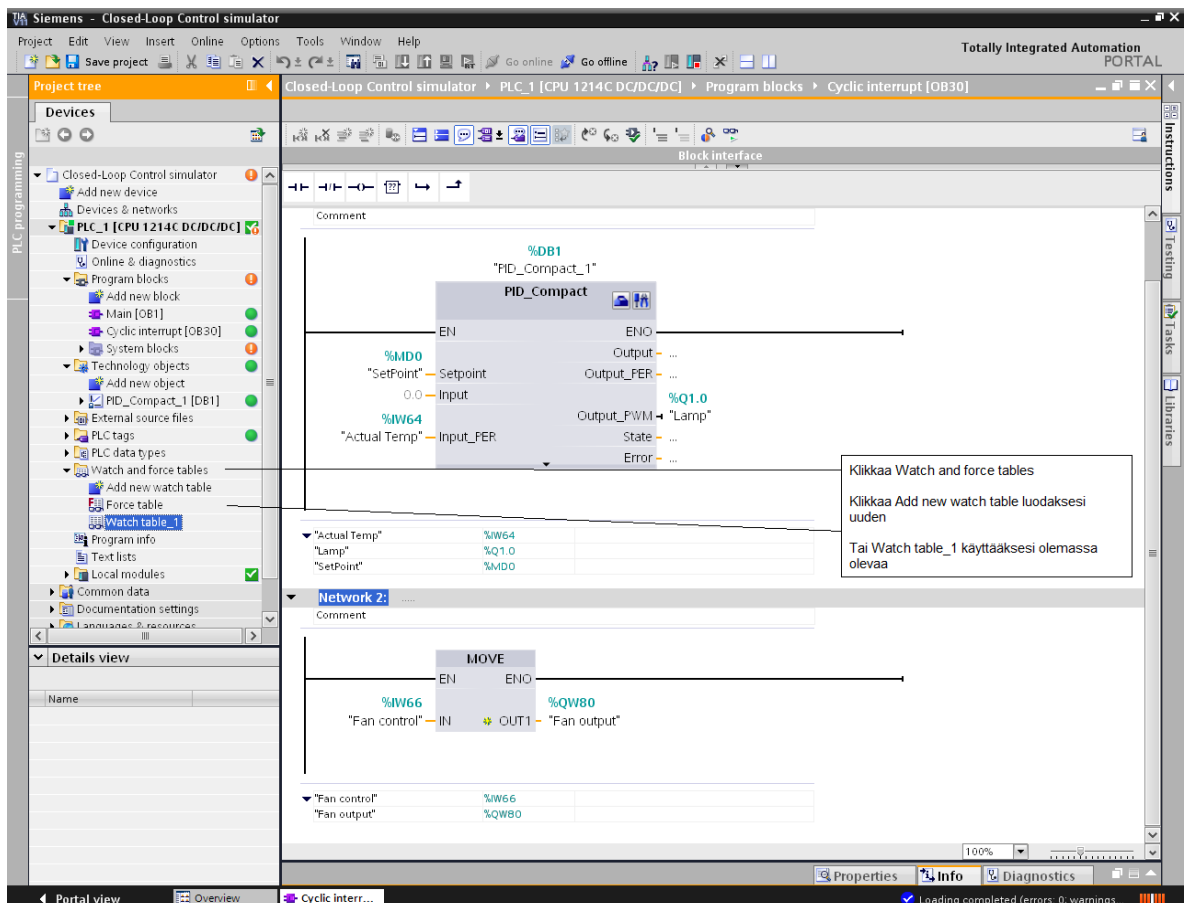
Ohje kuvina



Kuva 34. PID_Compactin valinta



Kuva 35. DB editor suomeksi



Kuva 36. Watch table valinta

Siemens - Closed-Loop Control simulator

Totally Integrated Automation PORTAL

Closed-Loop Control simulator > PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/DC] > Watch and force tables > Watch table_1

Name	Address	Display format	Monitor value	Modify value	Comment
"SetPoint"	%MD0	Floating-point number			Setpoint
"PID_Compact_1".sRetr_i_Mode		DEC_signed			Mode 0 = off 3 = A 4 = M
"PID_Compact_1".sRetr_Ctrl_Gain		Floating-point number			Parameter P
"PID_Compact_1".sRetr_Ctrl_Ti		Floating-point number			Parameter I
"PID_Compact_1".sRetr_Ctrl_Td		Floating-point number			Parameter D

Arvojen reaaliaikainen seuranta käynnistetään ja pysäytetään klikkaamalla laseja

Watch table:en annetaan muokattavien arvojen osoitteet Address sarakkeen alle:
 Asetusarvo: MD0
 Toimintamoodi: DB1.sRetr_i_Mode
 Prosessin vahvistus: DB1.sRetr_r_Ctrl_Gain
 Integrointi aika: DB1.sRetr_r_Ctrl_Ti
 Derivointi aika: DB1.sRetr_r_Ctrl_Td

Arvojen esitysmuodot ovat vaihdettavissa Display format otsikon alla. TIA näyttää arvot automaattisesti käytössä olevassa muodossa ja niihin ei pitäisi olla tarvetta tehdä muutoksia.

Comment otsikon alle kirjataan tarpeellisia tietoja. Arvon nimi, käytettävät moodit jne.

Portal view | Overview | Watch table_1

Kuva 37. Watch table ilman arvoja

Siemens - Closed-Loop Control simulator

Totally Integrated Automation PORTAL

Closed-Loop Control simulator > PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/DC] > Watch and force tables > Watch table_1

Name	Address	Display format	Monitor value	Modify value	Comment
"SetPoint"	%MD0	Floating-point number	0.0	0.0	Setpoint
"PID_Compact_1".sRetr_i_Mode		DEC_signed	3	3	Mode 0 = off 3 = A 4 = M
"PID_Compact_1".sRetr_Ctrl_Gain		Floating-point number	6.43356	6.43356	Parameter P
"PID_Compact_1".sRetr_Ctrl_Ti		Floating-point number	12.0	12.0	Parameter I
"PID_Compact_1".sRetr_Ctrl_Td		Floating-point number	3.0	3.0	Parameter D

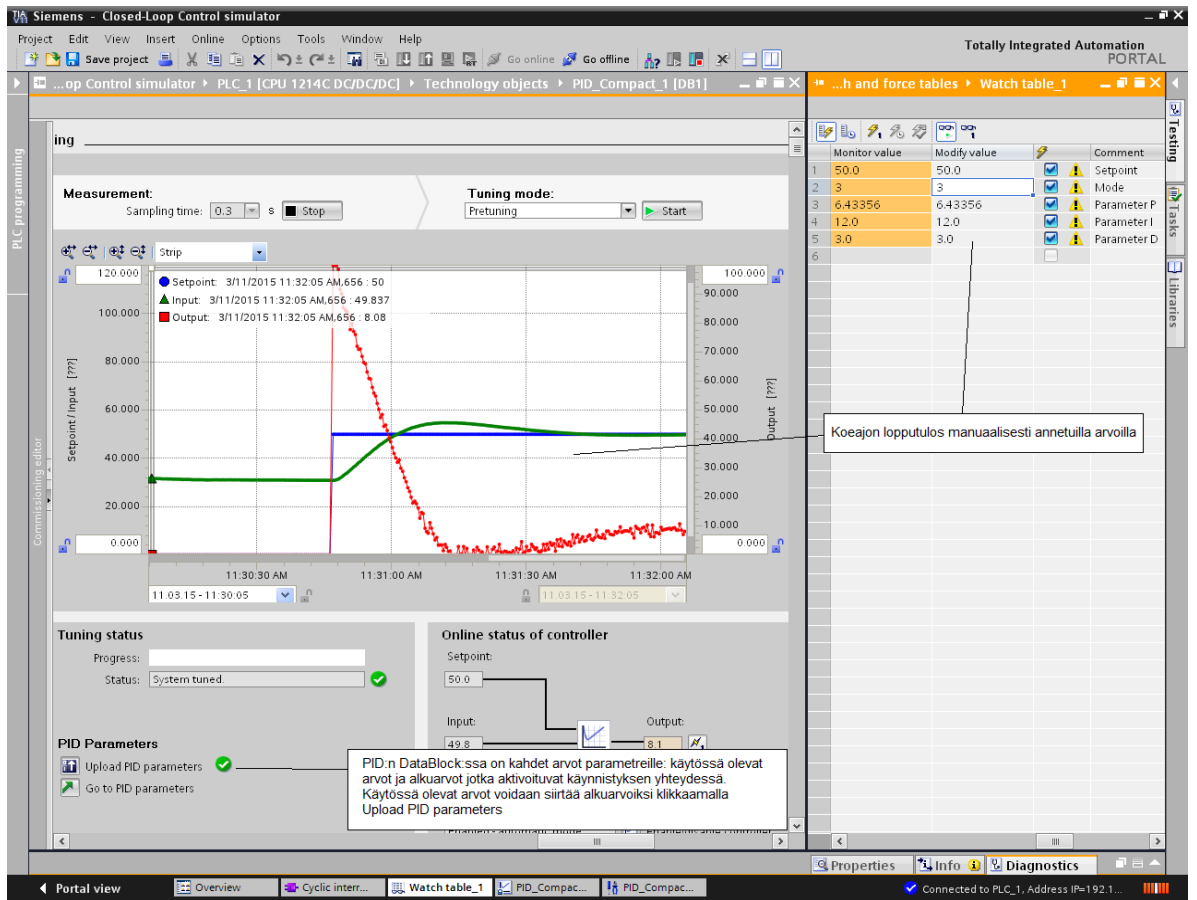
Arvot siirretään PLC:lle klikkaamalla salamaa

Käytössä olevat arvot näkyvät Monitor value otsikon alla
 Uudet arvot kirjoitetaan Modify value otsikon alle

PLC:lle siirrettävät arvot valitaan laittamalla tappi valintaruutuun

Portal view | Overview | Watch table_1

Kuva 38. Watch table esimerkkiarvoilla



Kuva 39. Tulokset

8 SIEMENS AUTOMAATTINEN VIRITYS

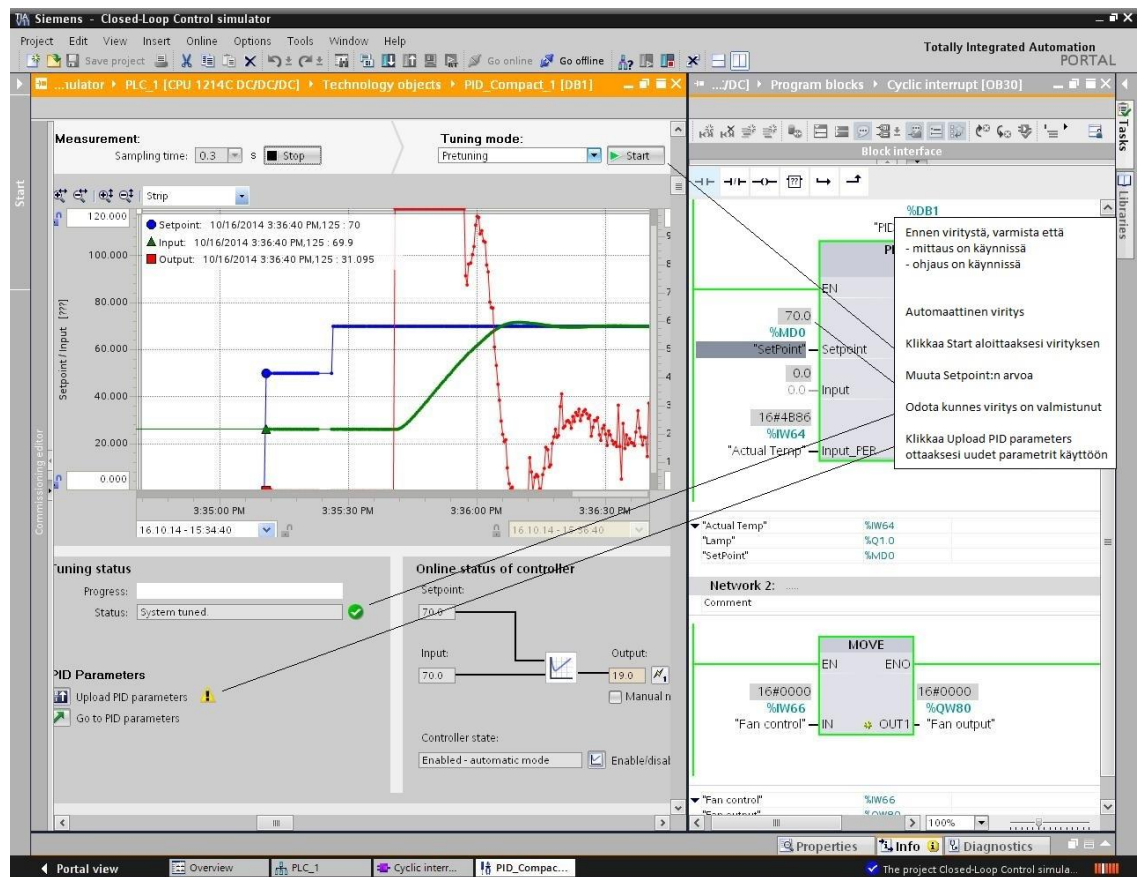
Automaattinen viritys

Siemens S7-1200 ohjelmoitavan logiikan ominaisuuksiin kuuluu mahdollisuus säädön parametrien automaattiseen viritykseen. Tämä tehdään PID_Compactilla, joka ohjelmoitiin PLC-ohjeessa. Automaattisessa virityksessä voidaan valita Pretuning- ja Fine tuning-tilojen välillä. Pretuning-viritystä tehdessä on huomioitava että asetusarvon muutos tulee tehdä ennen virityksen käynnistämistä ja tuon muutoksen tulee olla tarpeeksi suuri jotta viritys onnistuu. Ohjelma ei pysty suorittamaan automaattista Pretuning-viritystä jos asetusarvon vanha ja uusi arvo ovat liian lähellä toisiaan. Fine tuning-viritys on sellaisia tilanteita varten joissa asetusarvon muutos on pieni. Ohje on tekstimuotoisena vaiheittain ja kuvassa 46 esitettynä.

Automaattisen virityksen ohje

1. Commissioning-näkymässä käynnistetään mittaus ja säätö.
2. Valitaan Pretuning, Tuning mode valinnasta.
3. Muutetaan asetusarvoa PID_Compactista tai watch/force table:n kautta.
4. Käynnistetään viritys painamalla Start, Tuning mode valinnan oikealta puolelta.
5. Odotetaan virityksen valmistumista.
6. Virityksen valmistuttua uudet parametrit voidaan siirtää säätimelle klikkaamalla Upload PID parameters.
7. Käytössä olevat parametrit voidaan tarkistaa painamalla Go to PID parameters.

Automaattisen virityksen ohje kuvana



Kuva 46. Parametrien automaattiviritys

(Siemens 2014: 3.)

9 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä ohjeet Siemensin Sensor Box:n kytkentään, ohjelmointiin sekä säätimen virityksen harjoitteluun. Nämä ohjeet käännettiin myös englanniksi kansainvälisiä vaihto-opiskelijoita varten. Ohjeita muokattiin työn edistymisen aikana useampaan kertaan sitä mukaan kun saatiin kokemusta niiden opetuskäytöstä. Parametrien manuaalisen syöttämisen ohjetta ehdittiin kokeilla opetuksessa vain pari kertaa, joten sitä muokattaneen jatkossa vastaavien opettajien toimesta, sikäli kun tarvetta esiintyy. Ohjeet todettiin toimiviksi kokonaisuuksiksi ja ne onnistuivat mielestäni hyvin.

Työn tekovaiheessa oli muutamia haasteita, kuten Siemensin tarjoamat osittain puutteelliset esittelyvideot joissa ohjelmointi suoritettiin viidessä minuutissa. Näin ohjelmointi saatiin näyttämään todella helpolta. Edellä mainituista videoista oli kuitenkin jätetty pois tärkeitä tietoja kuten potentiometrin arvon kohina. Tuo kohina aiheuttaa tilanteen jossa potentiometrin antama asetusarvo muuttuu. Työssä käytettyssä PID_Compact-lohkossa on mahdollisuus säätimen parametrien automaattiseen virittämiseen. Tuo ominaisuus vaatii kuitenkin sen että asetusarvo pysyy vakiona virityksen ajan. En tiedä miten Siemensillä tuo ongelma ratkaistiin mutta päädyimme Vesa Kankkusen kanssa siirtämään potentiometrin ohjaamaan prosessin häiriötä simuloivaa puhallinta ja prosessin asetusarvo annetaan suoraan ohjelmasta. Ymmärrän Siemensin tavan jättää tietoja pois videoista, on täysin ymmärrettävää että he eivät halua paljastaa kaikkea.

Toinen haaste oli koulun TIA-ohjelmointiohjelman versio V11 joka ei sisällä säätimen parametrien manuaalisen syöttämisen mahdollisuutta. Tämän ratkaisin antamalla ohjeet noiden parametrien sisältämän datablockin muokkaamiseen watch tablen avulla. Muokkaukset on tehtävä ajon aikana koska TIA ei näe datablockin sisäisten tietojen muuttamista muutoksena ohjelmoituun ohjelmaan. Tämä aiheuttaa tilanteen jossa TIA ilmoittaa ohjelman olevan jo logiikan muistissa ja ei näin ollen lataa sitä uudestaan logiikan muistiin. Koululle on jo hankittu TIA:n versio V13, joka sisältää kyseisen ominaisuuden ja ohjeet sen käyttöön löytyvät ohjelman omasta käyttöohjeesta.

Parannusehdotuksena: käyttöliittymän luominen esimerkiksi InTouch-ohjelman avulla. Tästä oli alustavasti puhetta työtä tehdessä mutta sitä ei otettu osaksi tätä työtä. Liittymän tekeminen ei todennäköisesti ole tarpeeksi suuri projekti opinnäytetyöksi mutta se voitaisiin toteuttaa esimerkiksi jonkin automaatio- ja prosessitekniikan suuntaavan kurssin harjoitustyönä.

LÄHTEET

Harju T & Marttinen A, Espoo 2001. Säättöpiirin virityksen perusteet. Control Cad. Espoo

Siemens. S7-1200. Saatavissa:

http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/ohjelmoitavat_logiikat_simatic/s7_1200.htm [4.11.14]

Siemens. SIDEMO Product Presentation and Training Systems. Saatavissa:

http://w3.siemens.com/mcms/topics/en/sidemo/systeme/Documents/SIDEMO_Produktuebersicht_en.pdf [4.11.14]

Siemens. Steckerbelegung PID-Regler-Box 6AG1064-1AA07-0AA0

Siemens. Technology: AT 1 – Simple PID commissioning. Saatavissa:

<http://www.youtube.com/watch?v=haww2NyllRc> [3.3.14]

Siemens. UC6 PID Control. Saatavissa:

<http://www.youtube.com/watch?v=ZJ7johaxyH4> [3.3.14]

Suomen Automaatioseura. Johdatus säätötekniikkaan. Saatavissa:

https://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CCIQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.automaatioseura.fi%2Findex%2Ftiedostot%2FJohdatus_saatotekniikkaan.doc&ei=XndbVcuXC8a6ygPs1oGADQ&usg=AFQjCNE-QBY298jfdKOPYK6Zm51GAoRVQw&sig2=yFh_RLYrKa2FZiCkworkxA&bvm=bv.93564037,bs.1,d.bGg [15.4.15]

Suomen Automaatioseura. Automaatio liiketoimintaprosessien tukena. Saatavissa:

<http://www.automaatioseura.com/automaatio/tiedostot/finish/17/35> [12.5.10]

Ziegler J.G. and Nichols N.B. 1942 Optimum settings for automatic controllers. Trans ASME

Toimintakuvaukset

TIC-0001 Prosessin lämpötila

Positiotunnus ja piirin nimi

TIC-0001 Prosessin lämpötila

Toimintamoodit ja toiminta

A – Mittaa prosessin lämpötilaa ja säätää sitä operaattorin antaman asetusarvon perusteella

M – Operaattori voi asetella ohjausarvoa manuaalisesti

Lukitukset

-

Tiedot muihin piireihin

-

Hälytykset

-

Liitännät

1 x AI PT-100 prosessin lämpötila

1 x BO Lämmityksen säätösuure (PWM)

HC-0002 Puhallin

Positiotunnus ja piirin nimi

HC-0002 Puhallin

Toimintamoodit ja toiminta

M – Operaattorilla on käytössään potentiometrillä ohjattava puhallin, jota voidaan käyttää prosessin jäähdytyksen tai häiriön simulointiin.

Lukitukset

-

Tiedot muihin piireihin

-

Hälytykset

-

Liitännät

1 x AI Potentiometri, puhaltimen asetusarvo

1 x AO Puhaltimen säätösuure

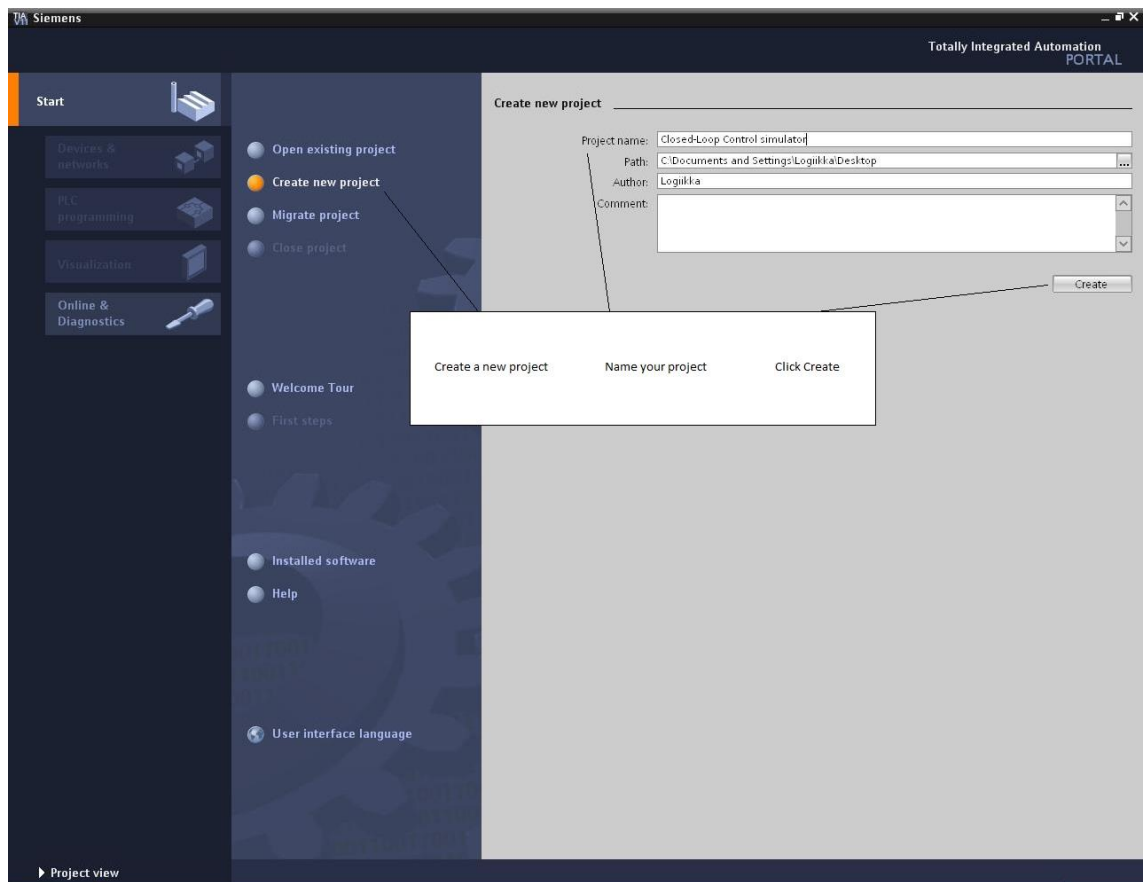
PLC-ohjelmointi englanniksi

The sensor box is controlled by a programmable logic. Namely the Siemens S7-1200. The next guide gives instructions for programming, downloading of the program and for the control of the process with a PLC. Programming will be done with Step-7 Professional (TIA Portal) programming software. This guide is step by step in text and presented with more details in pictures for beginners. (Siemens 2014: 2.)

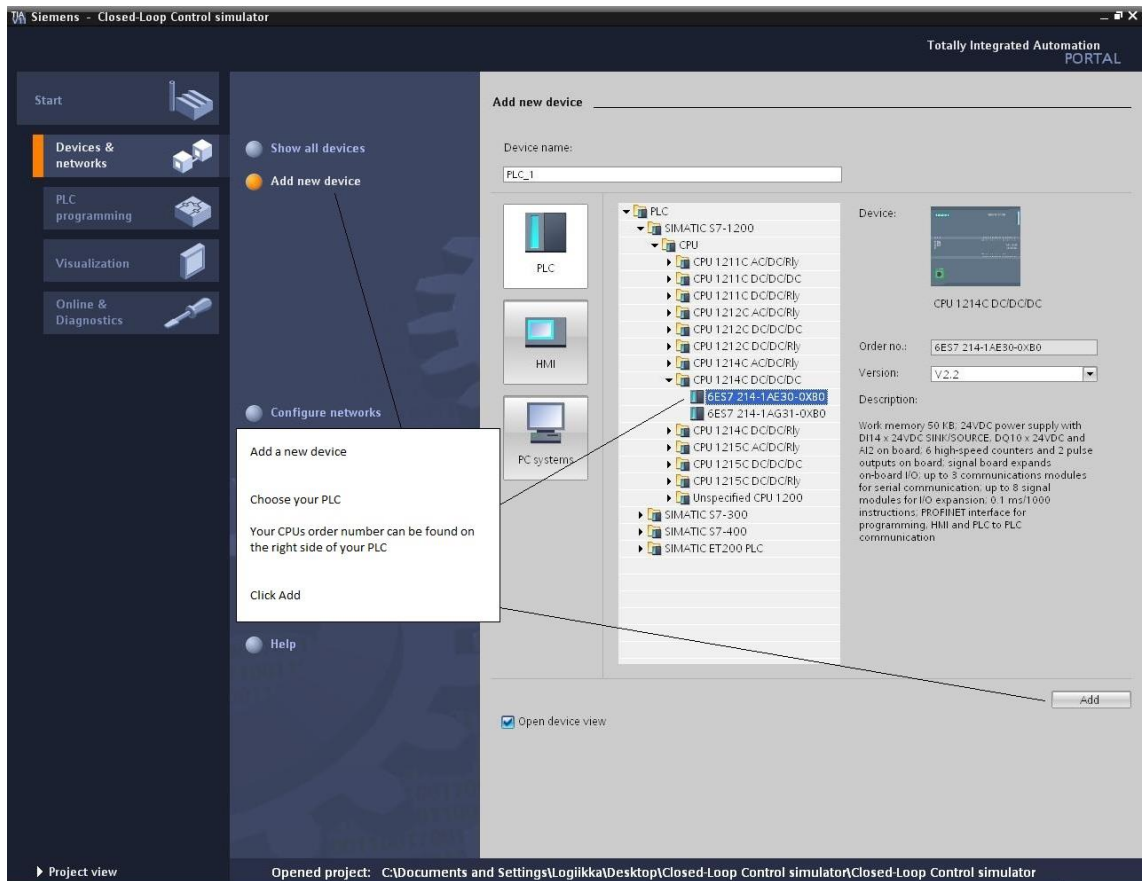
Text guide

1. Open TIA Portal and create a new project.
2. Choose the PLC and add it to the project.
3. Choose signal board and add it to the PLC.
4. The IP-address of the PLC can be checked from the Accessible devices view if it is not known.
5. Give the PLCs IP-address to the project.
6. Add an Organization Block, Cyclic interrupt, 100 ms.
7. Add PID_Compact to the Organization Block.
8. Give PID_Compact addresses: Setpoint: MD0, Input_PER: IW64, Output: Q1.0.
9. Configure PID_Compact: Controller type: Temperature, °C and Output: Output_PWM.
10. Add a MOVE for fan control and give it the following addresses: IN: IW66, OUT1: QW80.
11. Go online and load project to PLC.
12. Measurement is done in the Commissioning view. Changes to the setpoint are made directly to PID_Compact or through a watch or force table.
13. The Commissioning view can also be used to set the value of the control variable manually.

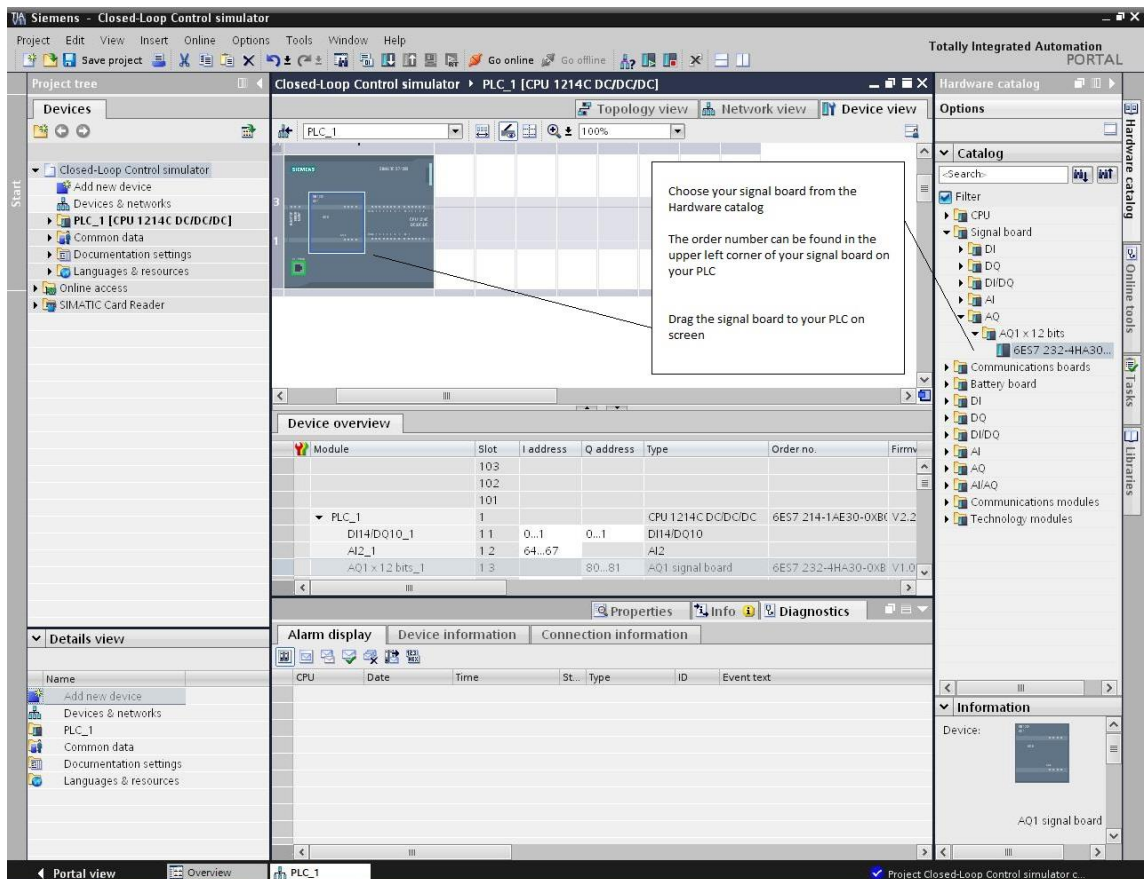
Guide in pictures



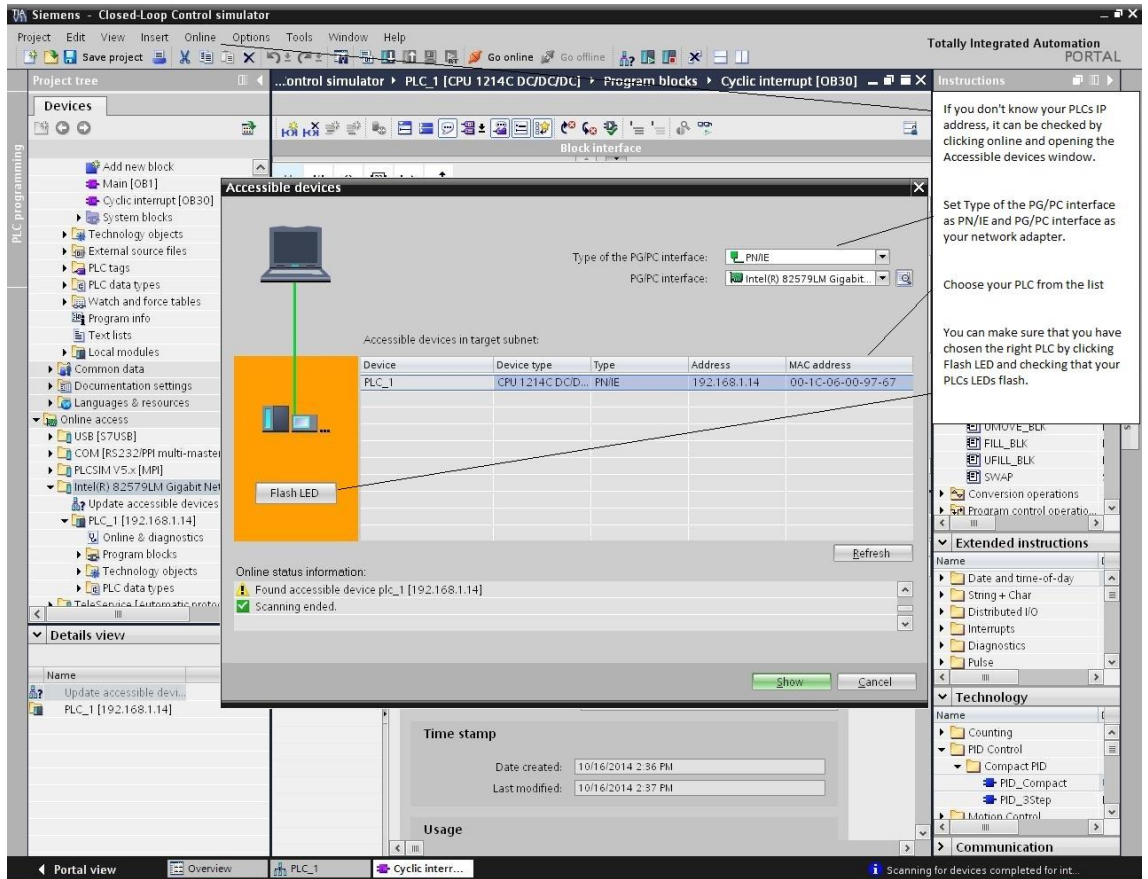
Picture 17. Creating a new project



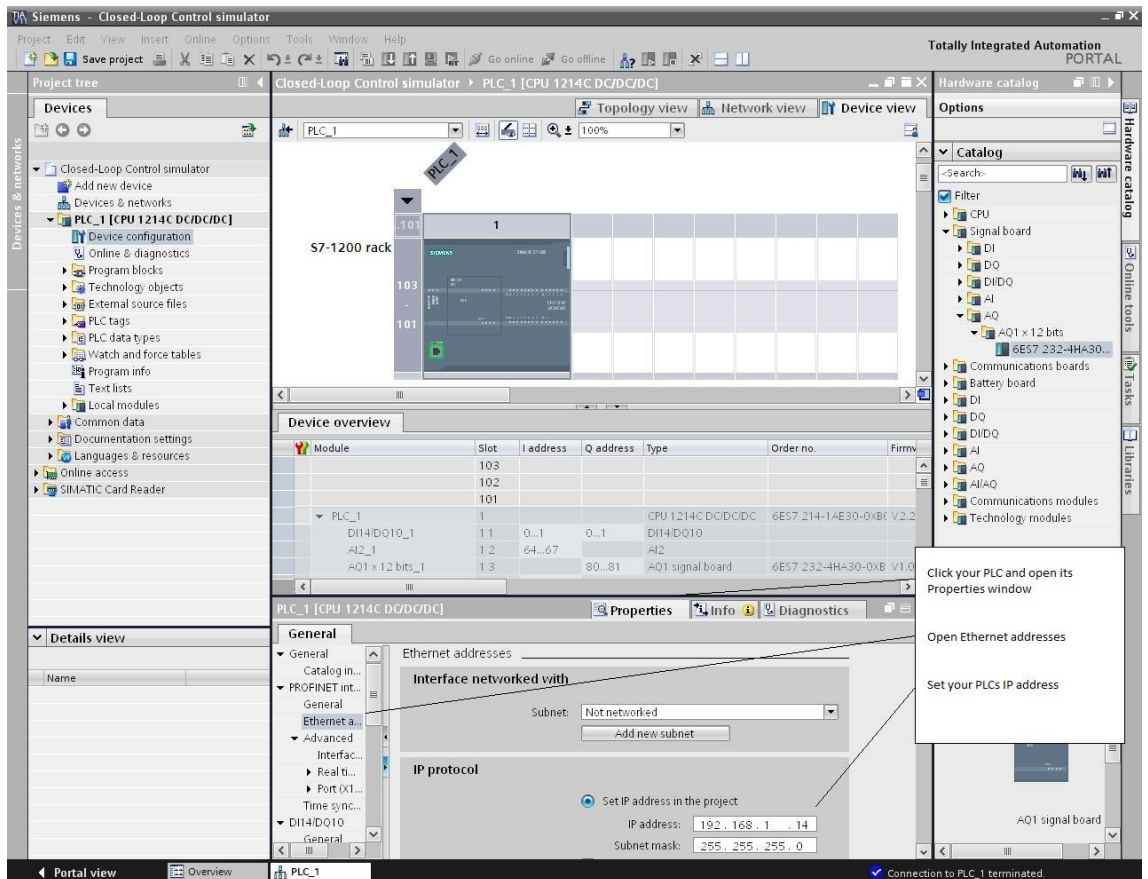
Picture 18. Choosing your CPU



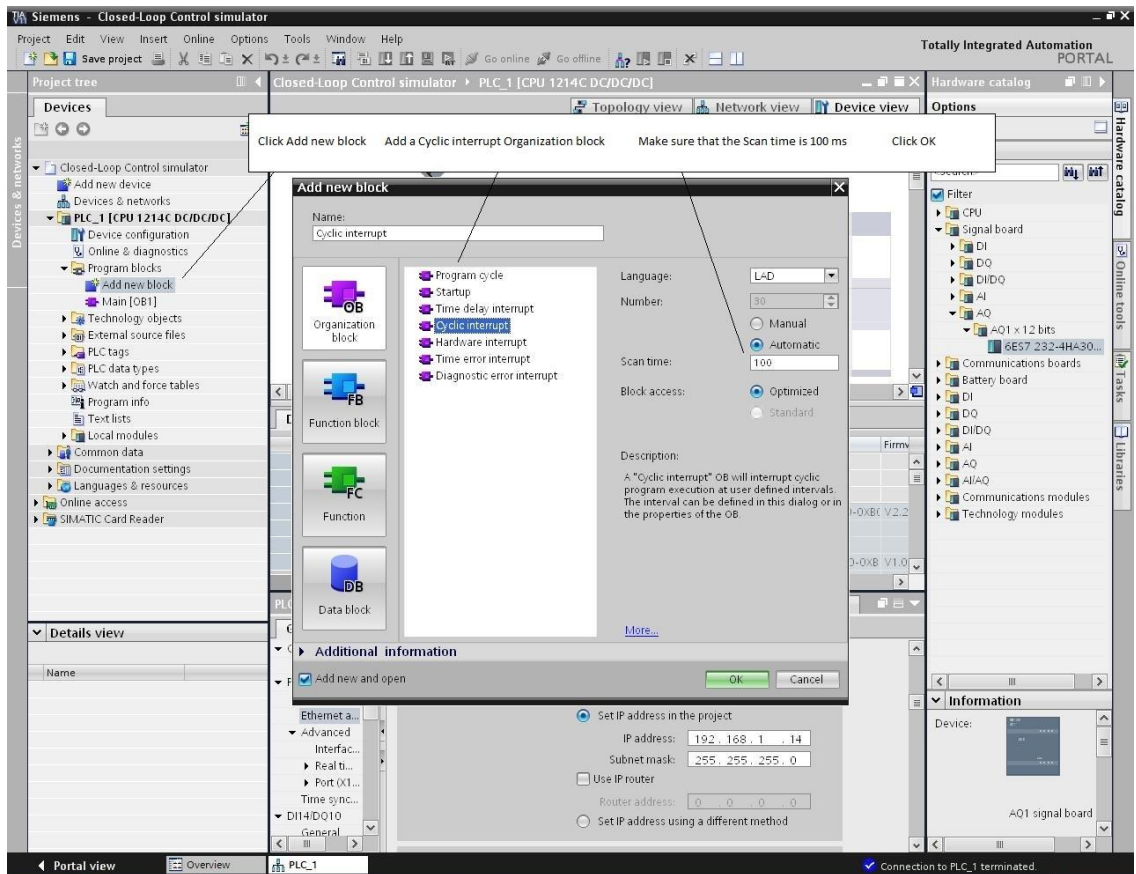
Picture 19. Adding a signal board



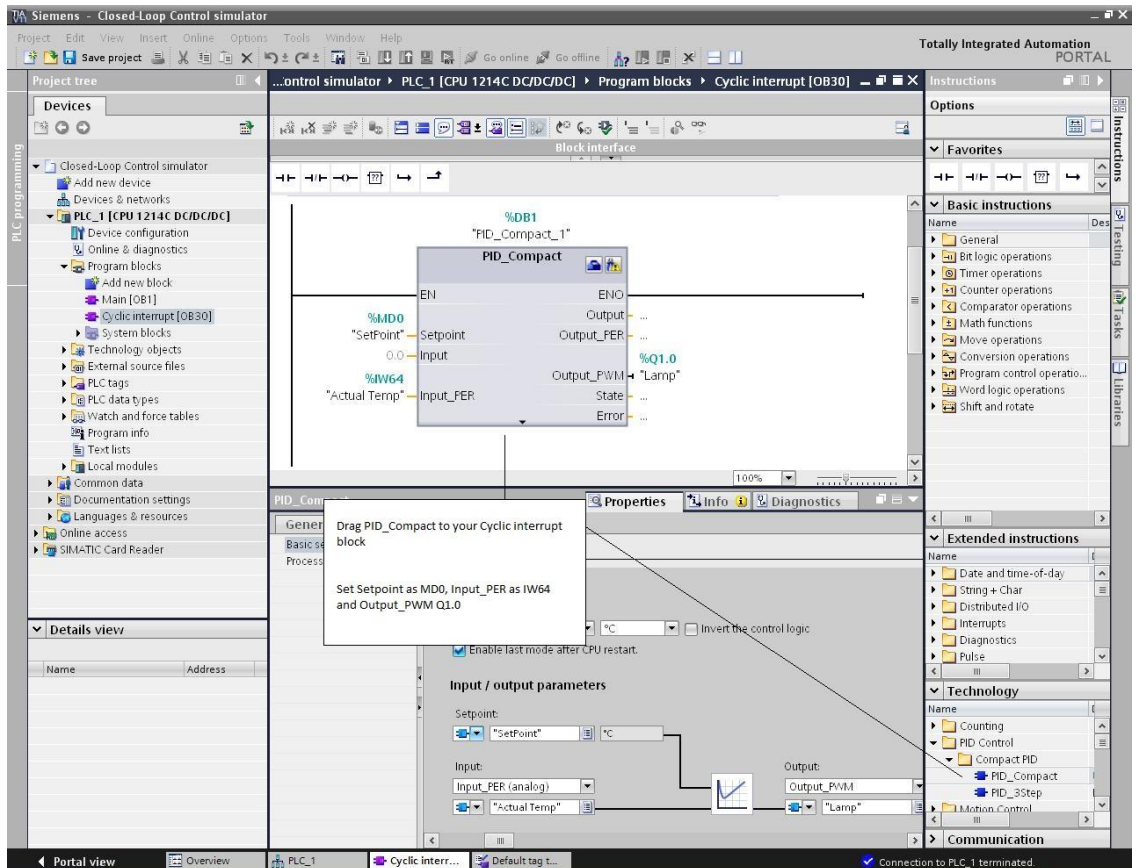
Picture 20. Accessible devices



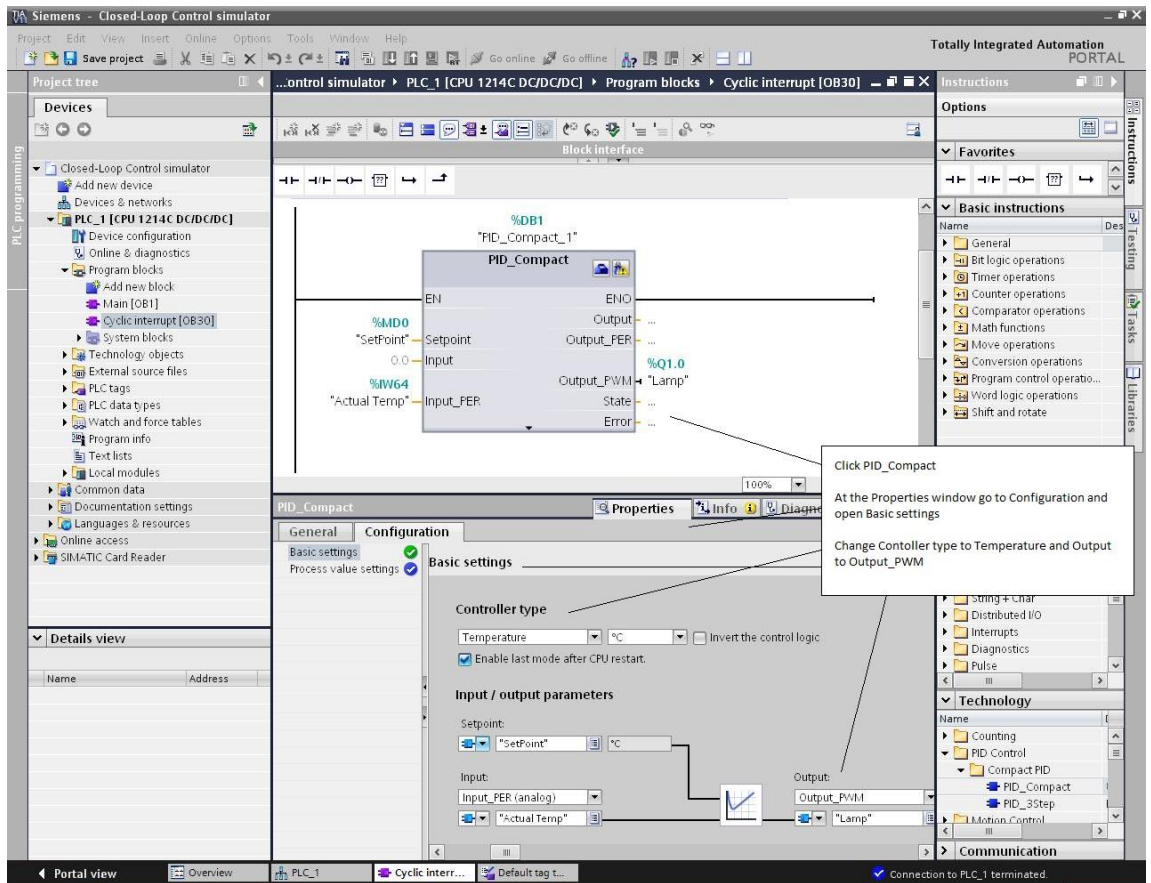
Picture 21. IP-address



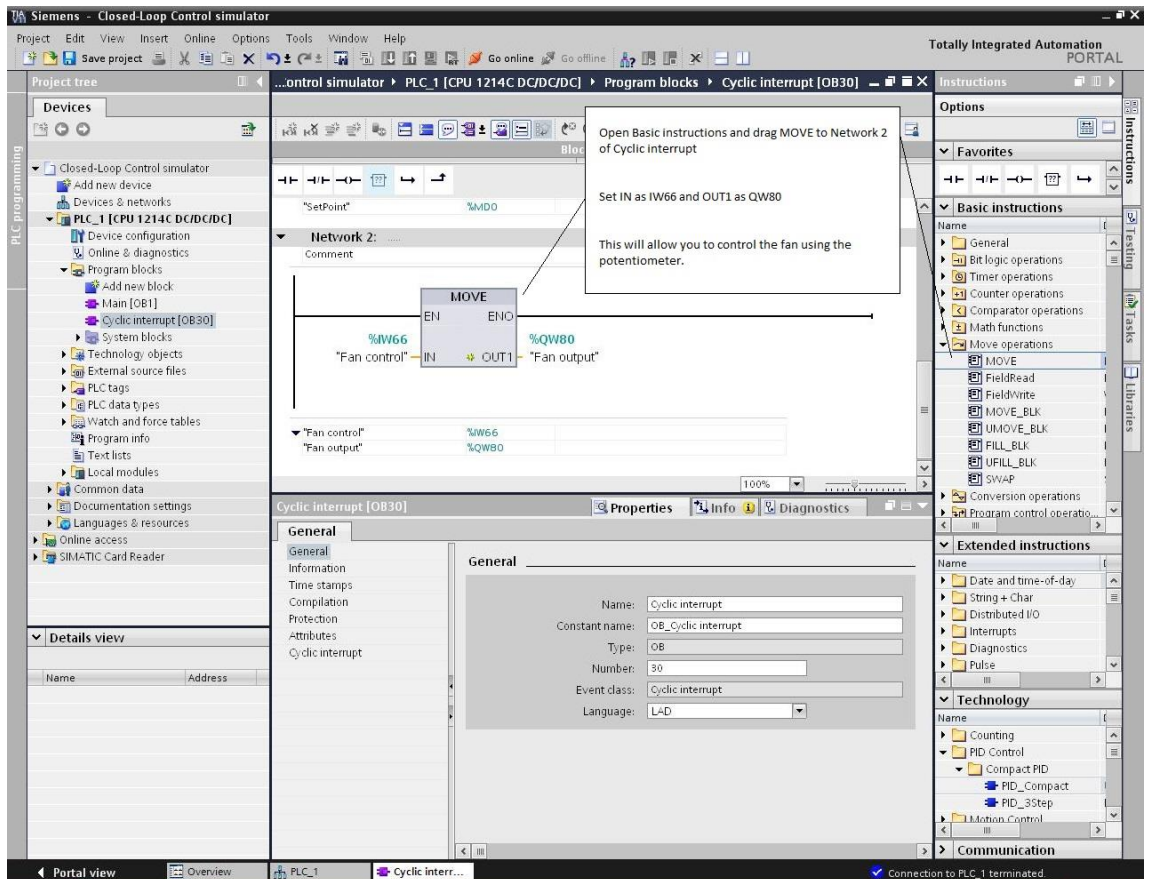
Picture 22. Adding an organization block



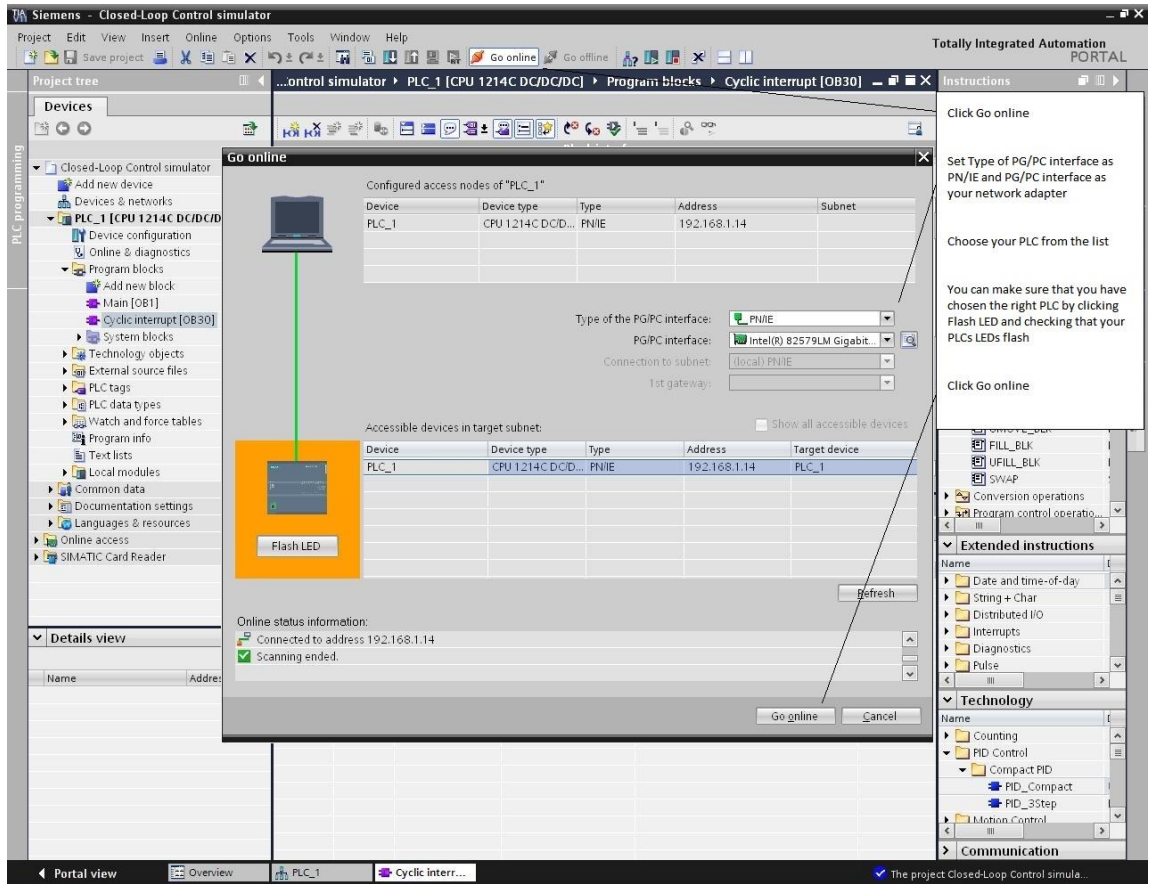
Picture 23. Adding a PID



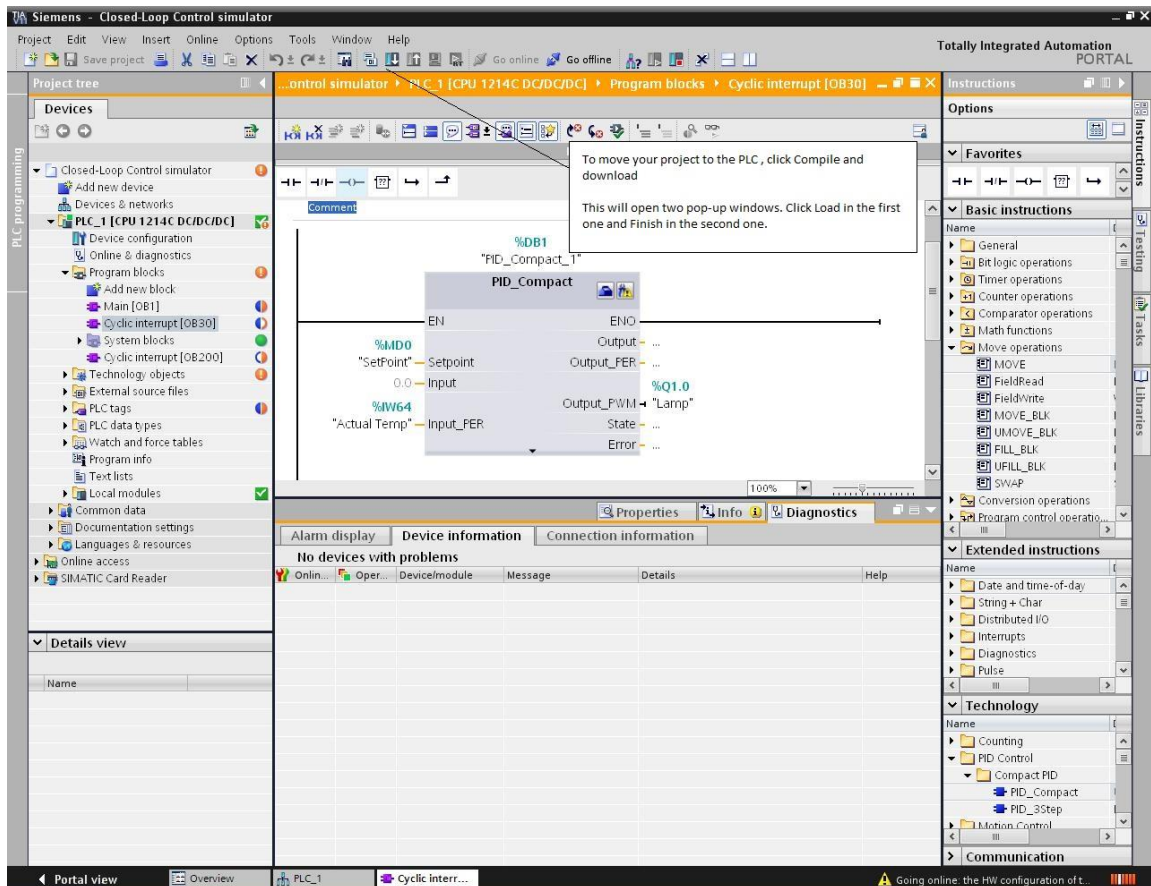
Picture 24. PID Configuration



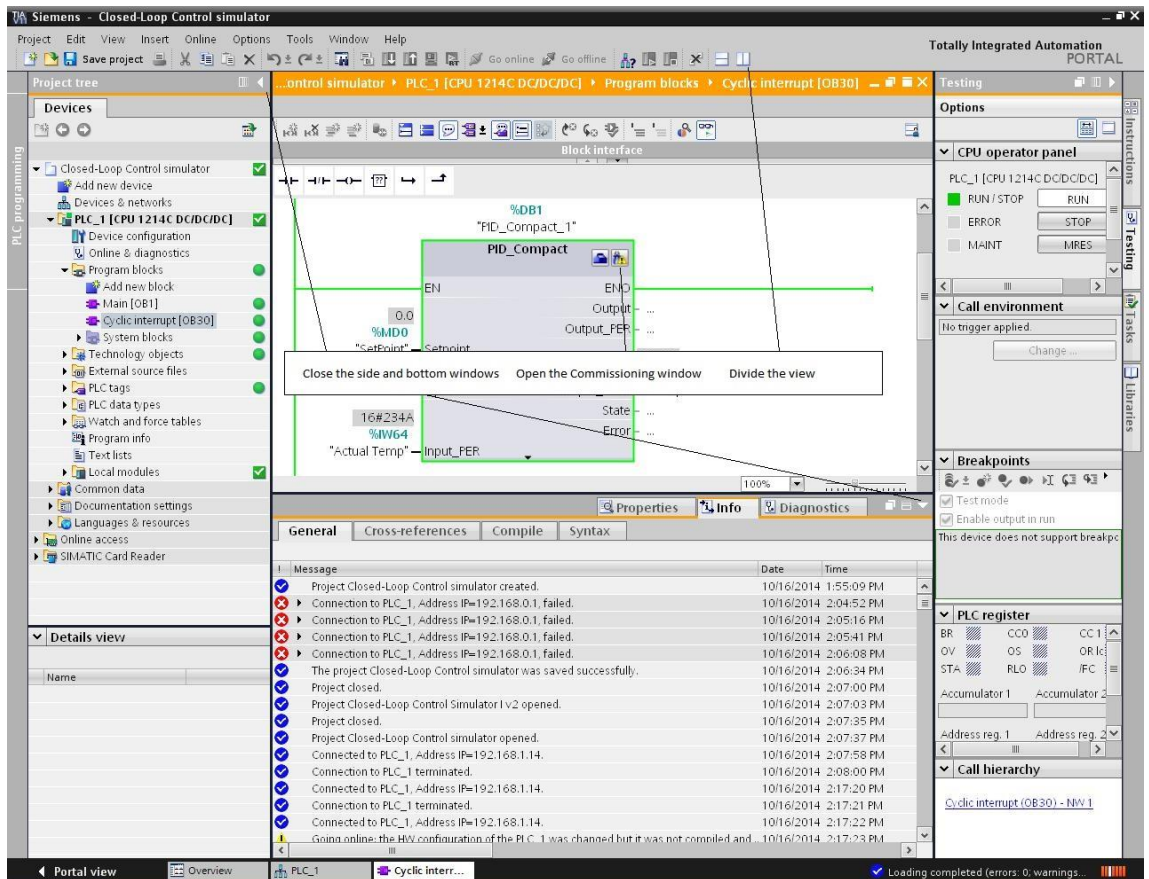
Picture 25. Fan control



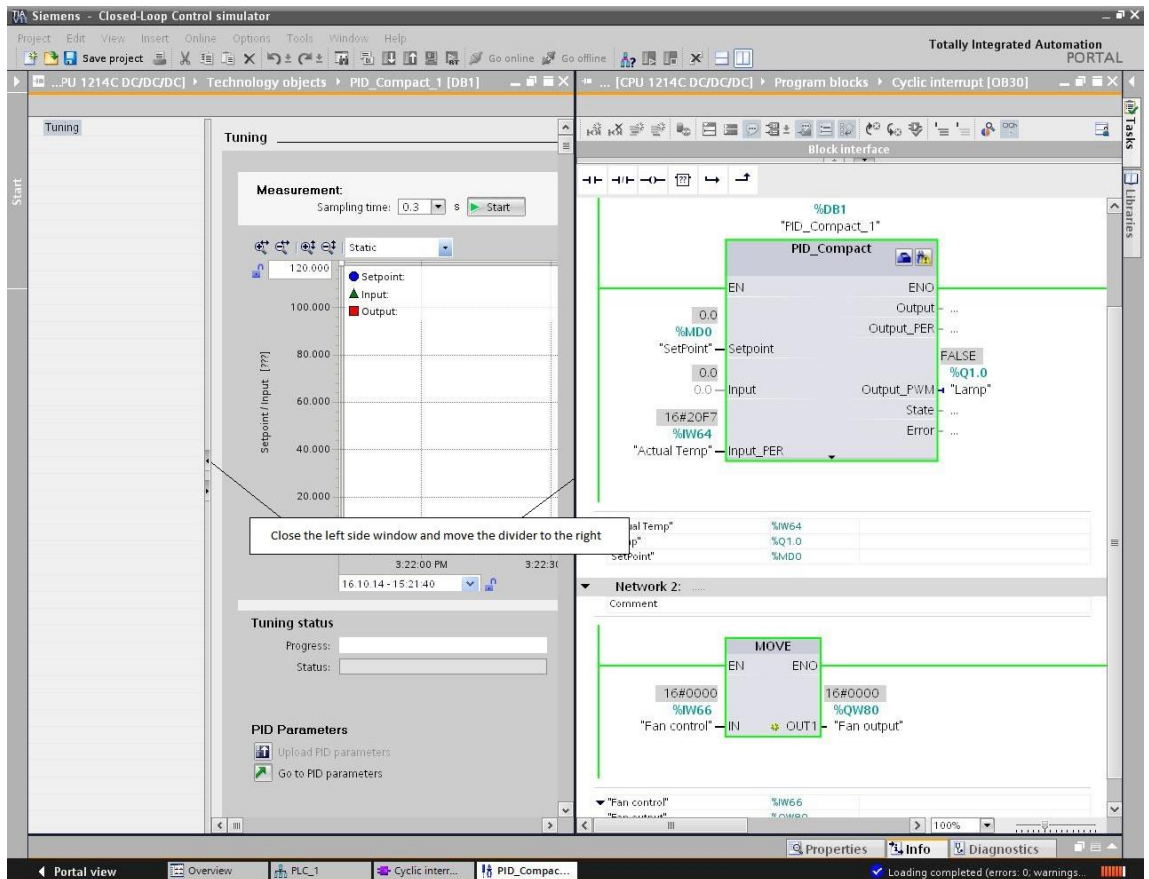
Picture 26. Going online



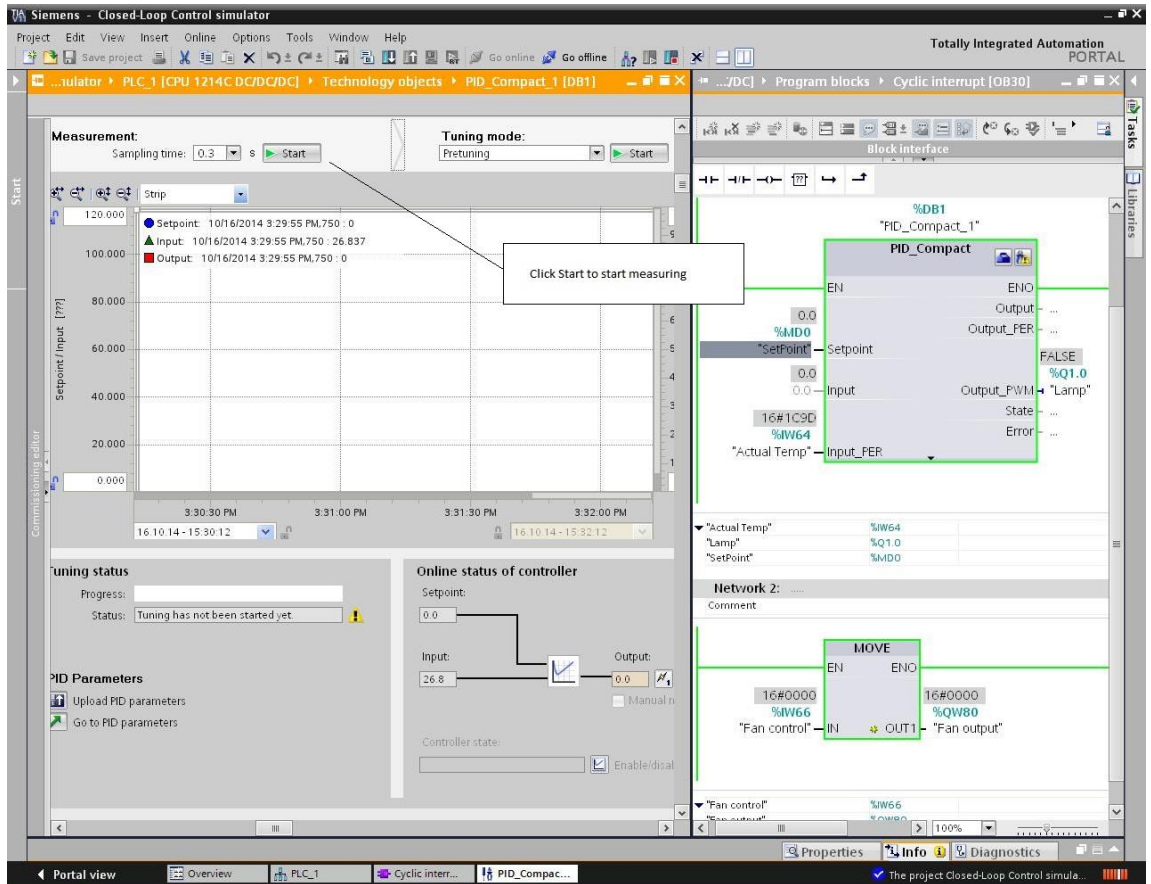
Picture 27. Project download



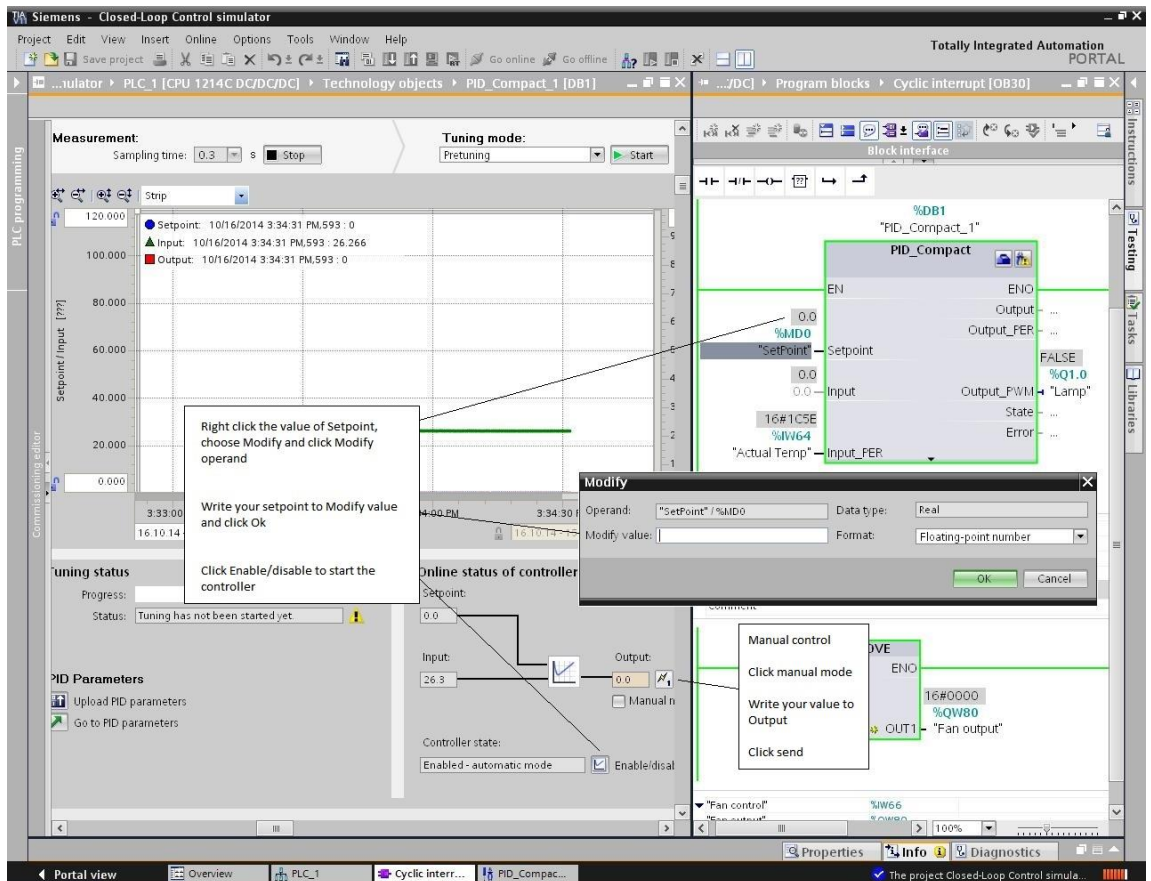
Picture 28. Arranging the view 1



Picture 29. Arranging the view 2



Picture 30. Process measurement



Picture 31. Setpoint and manual control of controlled value

Askelvastemenetelmä, teoria englanniksi

If a controlled process is too complicated for mathematical modelling an experimental approach needs to be taken to determine the necessary parameters for its control. This is called controller tuning. Ziegler-Nichols methods offer guides for parameter tuning based on a step response test. This gives us values for process gain (K_p), integral time (T_i) and derivative time (T_d). Values obtained from this test have a chance of a large overshoot in the controlled process. Additional fine tuning will be required in such situations. Because of this the Ziegler-Nichols methods for tuning are more like guidelines for parameter values than a final answer. (Ziegler-Nichols 1942: 1.)

Ziegler-Nichols methods for PID-controller tuning

The most common methods are: open-loop or process reaction tuning method and closed-loop method. The open-loop method is used in this guide.

Open-loop method

A test will be made to determine the reaction to a change in the controlled variable. This reaction is represented by a curve depicting the change in the measured variable. Process delay (L) and time constant (τ) can be seen from this curve. Delay and time constant are determined by drawing a tangential line at the inflection point of the curve and determining the point where the tangent and the change in the measured variable intersect and the point where the measured variable has reached 63 % of its final value. Delay is the time between the earlier point and the change in the controlled variable. Time constant is the elapsed time between the end of delay and the point where the measured variable has reached 63 % of its final value. The final needed information is the process gain which is the ratio between the change in the measured variable (Δy) and the change in the controlled variable (Δu). Parameter values are determined based on the rules found in table 4. (Ziegler-Nichols 1942: 1.)

Laskentaesimerkki englanniksi

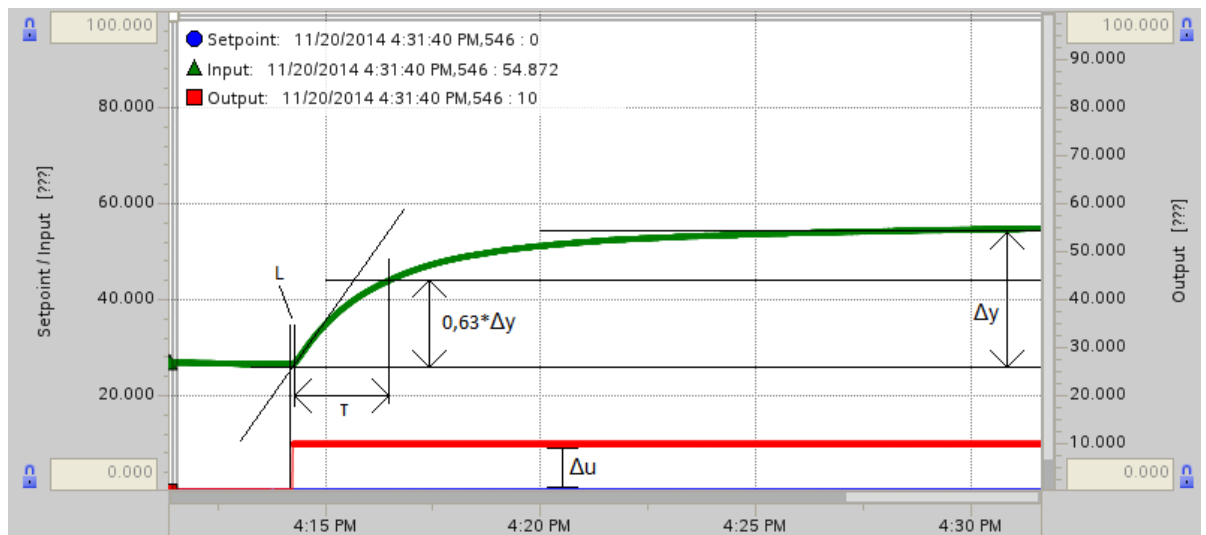
The initial temperature value is 26.3 degrees centigrade. A unit step change is made to the control variable from zero to ten. Define delay (L), process gain (K), time constant (τ) and measurement variable change (Δy). Calculate the process parameters from these values.

Guidelines and a tangential line have been drawn in picture 33 to help you determine the available values and the start times of their changes.

Table 4. Controller parameter tuning rules

	K_p	T_i	T_d
P	$\frac{\tau}{L * K}$	-	-
PI	$\frac{0.9 * \tau}{L * K}$	$3.3 * L$	-
PID	$\frac{1.2 * \tau}{L * K}$	$2 * L$	$0.5 * L$

(Ziegler-Nichols 1942: 1.)



Picture 33. Parameter calculation example

Necessary process information

Delay (L): 6 s Initial temperature (T_1): 26.3 °C

Time constant (τ): 92 s Final temperature (T_2): 54.9 °C

Calculate measurement value change and process gain.

$$\Delta y = T_2 - T_1 = (54.9 - 26.3) = 28.6$$

$$K = \frac{\Delta y}{\Delta u} = \frac{28.6}{10} = 2.86$$

Calculate parameters for the different controllers

P-controller

$$Kp = \frac{\tau}{L * K} = \frac{92}{6 * 2.86} = 5.36130$$

PI-controller

$$Kp = \frac{0.9 * \tau}{L * K} = \frac{0.9 * 92}{6 * 2.86} = 4.82517$$

$$Ti = 3.3 * L = 3.3 * 6 = 19.8$$

PID-controller

$$Kp = \frac{1.2 * \tau}{L * K} = \frac{1.2 * 92}{6 * 2.86} = 6.43356$$

$$Ti = 2 * L = 2 * 6 = 12$$

$$Td = 0.5 * L = 0.5 * 6 = 3$$

These parameters can now be inputted to a controller for testing. This is covered in chapter 8.2 Manual parameter input guide. If gain turns out to be too high it should be divided by two and re-tested before any other measures are taken.

Parametrien syöttämisohje englanniksi

The TIA Professional V.11 does not offer a possibility to directly change the parameters of PID_Compact. Therefore these parameters have to be changed by making changes to the Datablock which contains the parameters. This is done by creating a watch table where you list the addresses of these parameters. This chapter covers the creation of a watch table, filling that table and making changes to the parameters.

Written guide

Open the Datablock of PID_Compact, which in this case is DB1.

Mode and controller parameters can be found under the subtitle sRET.

Create a watch table and fill it by listing the addresses of the values that will be modified:

Setpoint: MD0

Mode: DB1.sRET.i_Mode

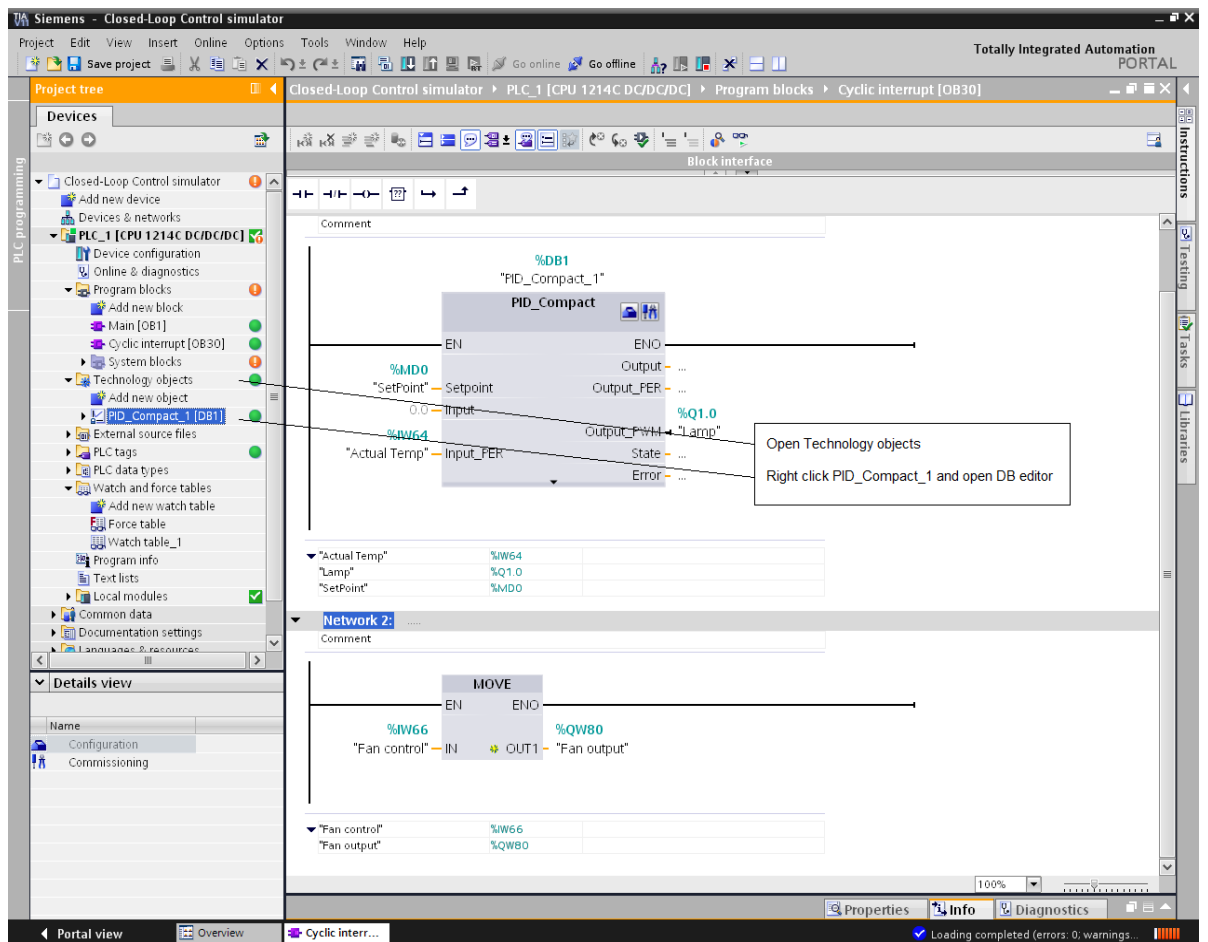
Process gain: DB1.sRET.r_Ctrl_Gain

Integral time: DB1.sRET.r_Ctrl_Ti

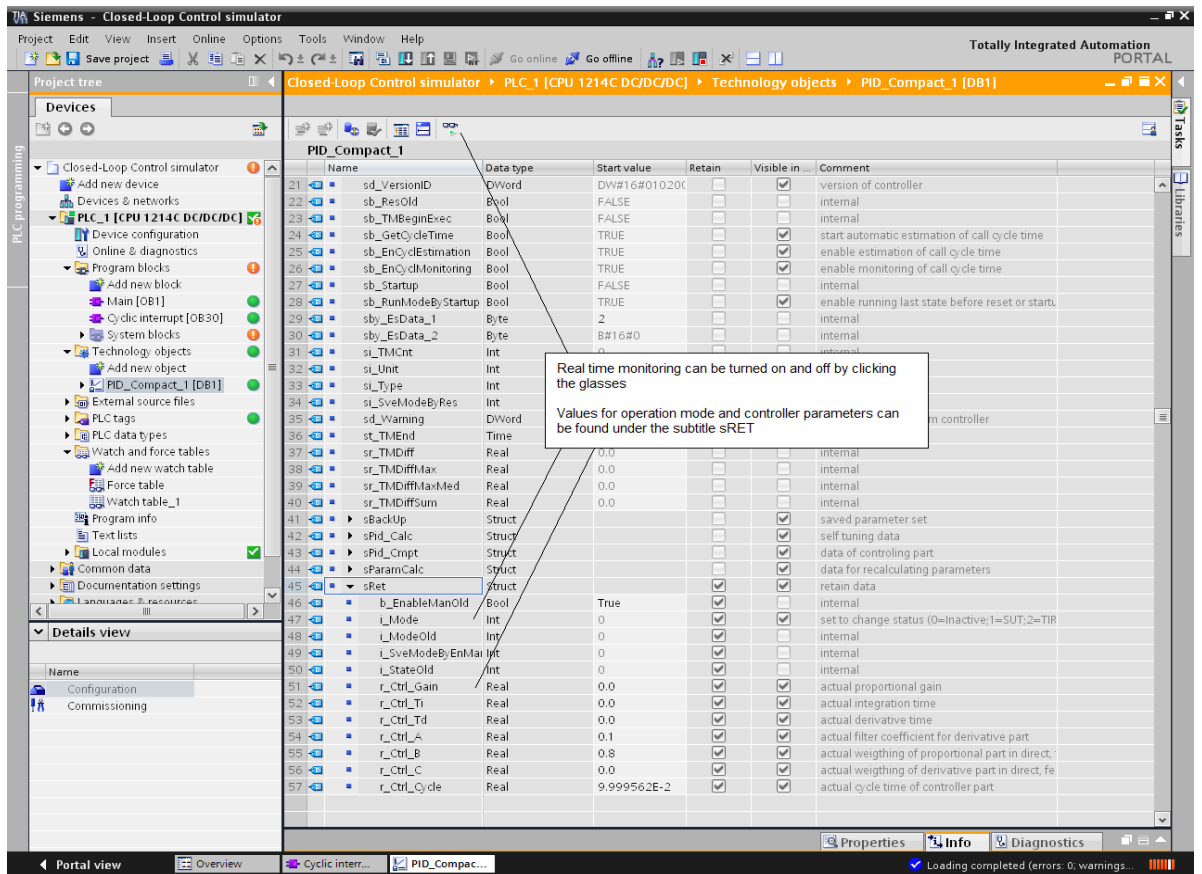
Derivative time: DB1.sRET.r_Ctrl_Td

The Datablock contains two sets of values: those which are in use and start values which are activated when the controller starts. Parameter values that are in use can be saved as start values by clicking Upload PID parameters in the Commissioning view of PID_Compact.

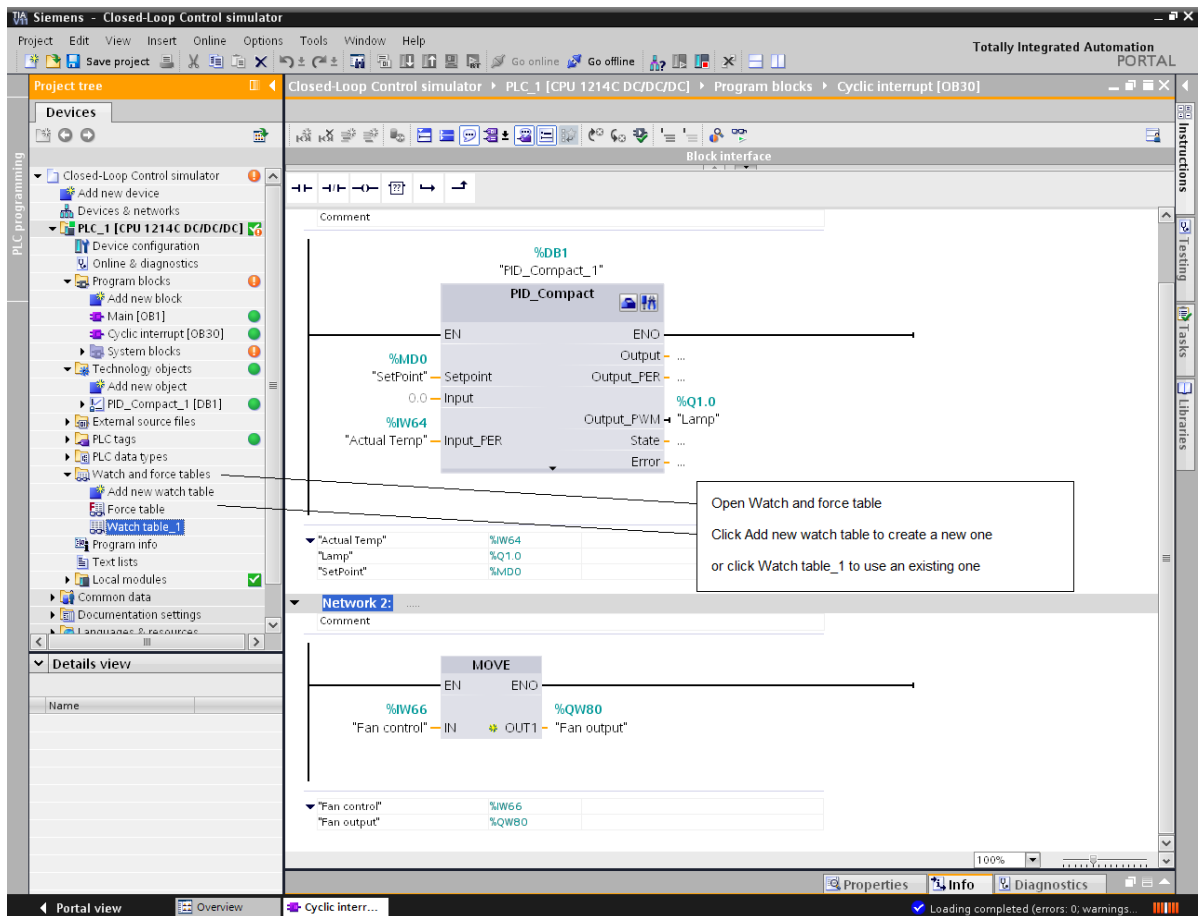
Guide in pictures



Picture 40. Choosing PID_Compact



Picture 41. DB editor



Picture 42. Open Watch table

Siemens - Closed-Loop Control simulator

Totally Integrated Automation PORTAL

Closed-Loop Control simulator > PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/DC] > Watch and force tables > Watch table_1

Name	Address	Display format	Monitor value	Modify value	Comment
"SetPoint"	%MD0	Floating-point number			Setpoint
"PID_Compact_1".sRetr_i_Mode		DEC_signed			Mode 0 = off 3 = A 4 = M
"PID_Compact_1".sRetr_Ctrl_Gain		Floating-point number			Parameter P
"PID_Compact_1".sRetr_Ctrl_Ti		Floating-point number			Parameter I
"PID_Compact_1".sRetr_Ctrl_Td		Floating-point number			Parameter D

Real time monitoring can be turned on and off by clicking the glasses

Write the addresses of the values which will be edited under the Address column

Setpoint: MD0

Operation mode: DB1.sRET_i_Mode

Gain: DB1.sRET_r_Ctrl_Gain

Integral time: DB1.sRET_r_Ctrl_Ti

Derivative time: DB1.sRET_r_Ctrl_Td

The format of the values can be changed under Display format. TIA shows the values in their currently used format automatically and you should not need to do any modifications to them

List useful information in the Comment section: names of the values, available modes etc.

Picture 43. Watch table without values

Siemens - Closed-Loop Control simulator

Totally Integrated Automation PORTAL

Closed-Loop Control simulator > PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/DC] > Watch and force tables > Watch table_1

Name	Address	Display format	Monitor value	Modify value	Comment
"SetPoint"	%MD0	Floating-point number	0.0	0.0	Setpoint
"PID_Compact_1".sRetr_i_Mode		DEC_signed	3	3	Mode 0 = off 3 = A 4 = M
"PID_Compact_1".sRetr_Ctrl_Gain		Floating-point number	6.43356	6.43356	Parameter P
"PID_Compact_1".sRetr_Ctrl_Ti		Floating-point number	12.0	12.0	Parameter I
"PID_Compact_1".sRetr_Ctrl_Td		Floating-point number	3.0	3.0	Parameter D

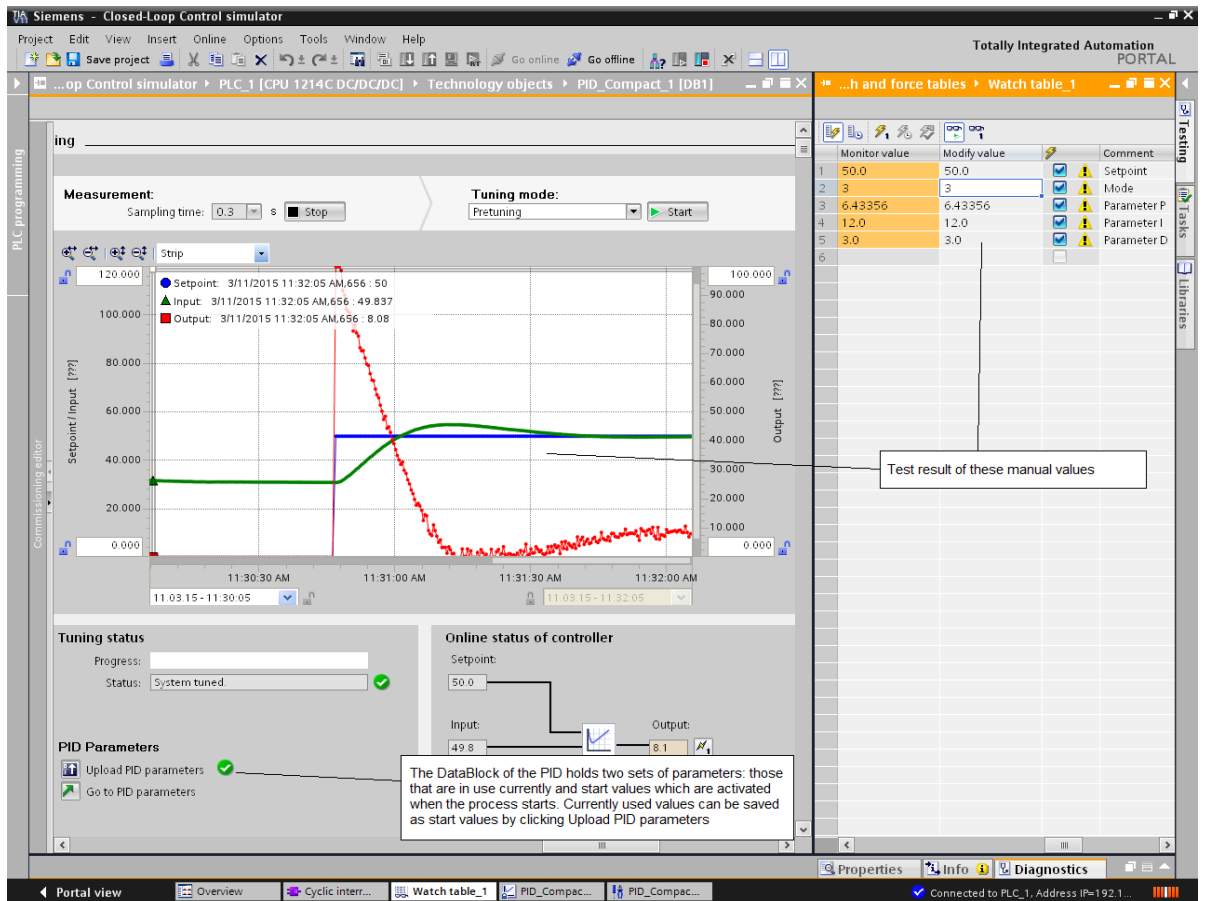
Values are downloaded to the PLC by clicking the lightning

Values that are in use can be seen under Monitor value

Give new values under Modify value

Choose the values that will be downloaded to the PLC by clicking their check box

Picture 44. Watch table with example values



Picture 45. Results

Automaattisen virityksen ohje englanniksi

One of the Siemens S7-1200 features is the possibility for automatic parameter tuning. This is done with the PID_Compact which was programmed in the PLC-guide. The automatic tuning has two modes: Pre-tuning and Fine tuning. It should be noted that the value of the setpoint has to be altered before starting pre-tuning and that alteration needs to be large enough for the automatic tuning to succeed. The program cannot pre-tune itself if the initial and final values of setpoint are too close to each other. Fine-tuning is reserved for those instances where the change in setpoint is very small. This guide is step by step in text and illustrated in picture 47.

Automatic tuning

1. Start measurement and enable controller in the Commissioning view.
2. Choose Pretuning from Tuning mode.
3. Modify setpoint in PID_Compact or through a watch or force table.
4. Start tuning by clicking Start, on the right side of Tuning mode.
5. Wait for the tuning to finish.
6. New parameters can be inputted to the controller by clicking Upload PID parameters once the tuning has finished.
7. Parameters that are in use can be checked by clicking Go to PID parameters.

Automatic tuning picture guide

The screenshot displays the Siemens SIMATIC Manager interface for automatic tuning of a PID controller. The main window is divided into several sections:

- Measurement:** A graph showing the setpoint (blue line), input (green line), and output (red line) over time. The setpoint is 70.0, and the output is 19.0. The graph shows the system's response to a step change in the setpoint.
- Tuning mode:** A dropdown menu set to "Pretuning" with a "Start" button.
- Tuning status:** A progress bar and status indicator showing "System tuned" with a green checkmark.
- Online status of controller:** A section showing the current setpoint (70.0), input (70.0), and output (19.0). The controller state is "Enabled - automatic mode".
- Block interface:** A ladder logic diagram for the fan control. It shows a "MOVE" block with inputs "Fan control" (I1W66) and "Fan output" (Q1W80). The output is set to 16#0000.

A callout box on the right side of the interface provides instructions for the automatic tuning process:

- Before tuning make sure that - measurement is on - controller is enabled
- Automatic tuning
- Click start to start tuning
- Modify Setpoint value
- Wait until tuning finishes
- Upload PID parameters to use them

Picture 47. Automatic tuning

(Siemens 2014: 3.)