

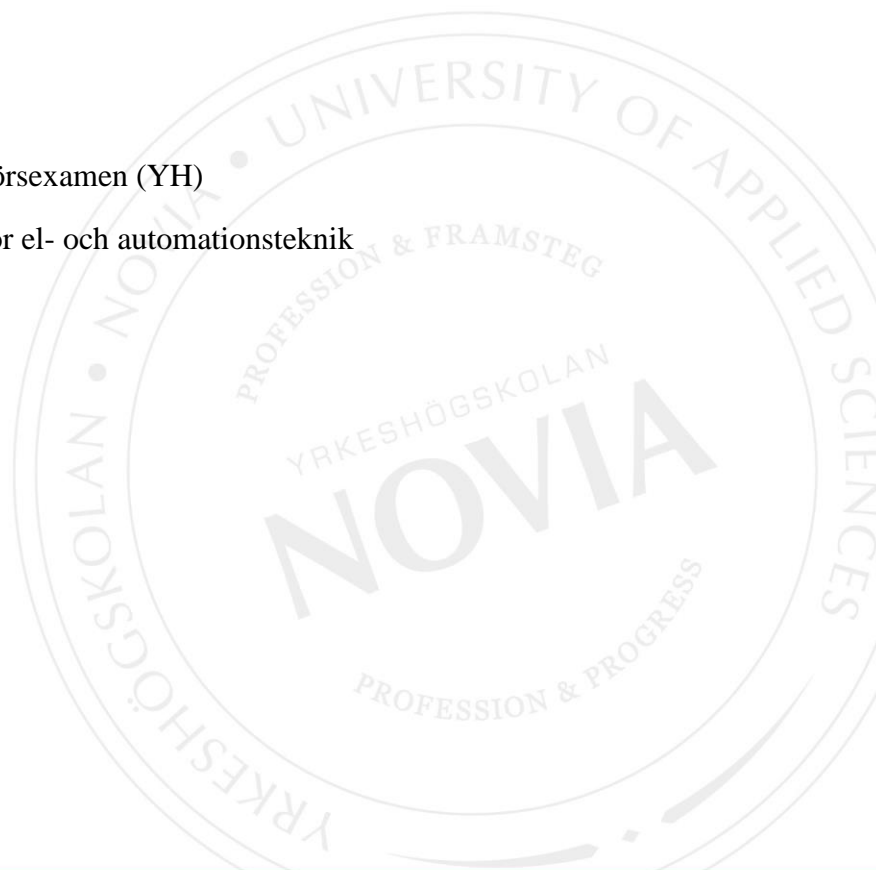
Automatisering av belastningstest

Simon Kanckos

Examensarbete för ingenjörsexamen (YH)

Utbildningsprogrammet för el- och automationsteknik

Vasa 2019



EXAMENSARBETE

Författare: Simon Kanckos
Utbildning och ort: El- och automationsteknik, Vasa
Inriktningsalternativ: Automationsteknik
Handledare: Erik Englund, Matias Laitala

Titel: Automatisering av belastningstest

Datum: 31 maj 2019

Sidantal: 35

Bilagor: 1

Abstrakt

Detta examensarbete har utförts enligt uppdrag av Power Tools-enheten vid Mirka Ab. Mirka är världsledande inom tillverkning av slipmaterial, och Power Tools-enheten hör till forsknings- och utvecklingsavdelningen och utvecklar bl.a. slip- och polermaskiner.

Syftet med examensarbetet var att automatisera en typ av belastningstest med testrobot, där målet är att slip- och polermaskiner ska köras med en konstant specifik belastning under en viss tidsperiod. Tidigare har man varit tvungen att övervaka belastningstestet oavbrutet och manuellt reglera belastningen med en strypventil för att uppnå jämn belastning, med automatiseringen ska detta problem vara eliminerat.

Examensarbetet går ut på att undersöka olika lösningsalternativ, att välja ett alternativ, att anskaffa nödvändig tilläggsutrustning och implementering.

Resultatet blev en fungerande lösning med hjälp av en PID-regulator programmerat i testrobotens befintliga Omron CP1H PLC. I examensarbetet ges också förslag till möjlig vidareutveckling.

Språk: svenska

Nyckelord: automatisering, belastningstest, reglerteknik

BACHELOR'S THESIS

Author: Simon Kanckos
Degree Programme: Electrical and Automation Engineering
Specialization: Automation
Supervisor(s): Erik Englund, Matias Laitala

Title: Automation of a Load Test System

Date: May 31, 2019

Number of pages: 35 Appendices: 1

Abstract

This Bachelor's thesis has been made on the behalf of the Power Tools unit at Mirka Ltd. Mirka is a world leader in surface finishing technology, and the Power Tools unit belongs to the research and development department and develops inter alia sanding and polishing machines.

The purpose of this Bachelor's thesis was to automate a type of load test with a test robot, where the goal is to run sanding and polishing machines at a constant specific load during a specific time period. Formerly you constantly were compelled to oversee the load test perpetually and manually adjust the load with a throttle to achieve steady load, however, with the automation this problem will be eliminated.

This Bachelor's thesis consists of investigating different solutions, choosing a solution, acquiring necessary equipment and implementation.

The result is a working solution with a PID controller programmed into the test robots existing Omron CP1H PLC. In the Bachelor's thesis there is also a proposal of possible further development.

Language: Swedish

Key words: automation, load test, control engineering

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Bakgrund	1
1.2	Syfte	2
2	Mirka Ab.....	3
3	Automatisering av industriella processer	4
3.1	Givare	5
3.2	HMI.....	5
3.3	IEC 61131	6
3.4	LabVIEW	6
3.5	PLC	7
3.6	Reglering.....	8
3.6.1	Tvålågesreglering.....	8
3.6.2	PID-reglering.....	9
3.6.3	Tidsdiskret reglering.....	10
3.7	Reglerventil	11
3.8	Ziegler-Nicholsmetoden	11
4	Utförande.....	13
4.1	Val av metod.....	13
4.1.1	Alternativ A – Programmering av PLC och HMI	14
4.1.2	Alternativ B - LabVIEW	15
4.1.3	Prisskillnad mellan alternativen.....	16
4.2	Installation av maskinvara	17
4.3	Programmering av HMI	18
4.4	Programmering av PLC	23
4.4.1	Aktivering av analog ingång.....	23
4.4.2	Skalningsparametrar.....	24
4.4.3	Parametrar för PID-instruktionen	25
4.4.4	PID-instruktionen med skalningsinstruktioner	27
4.4.5	Säkerhetsfunktioner.....	28
5	Resultat	29
5.1	Testning	29
6	Diskussion.....	31
6.1	Möjlig vidareutveckling	32
6.2	Slutord	33
7	Källförteckning.....	34

1 Inledning

Examensarbetet är ett av examenskraven för utbildningen El- och automationsteknik vid Yrkeshögskolan Novia. Detta arbete har utförts enligt uppdrag av Mirka Ab och under denna rubrik kommer examensarbetets bakgrund och syfte att behandlas.

1.1 Bakgrund

Sommaren 2018 arbetade jag som testingenjörstraineé på Power Tools-enheten vid Mirka, och redan under arbetsintervjun frågade jag om möjligheten fanns att få utföra mitt examensarbete vid Mirka under kommande skolår och det lät lovande fastän ännu inget konkret kom till förslag.

Under sommaren blev jag ombedd att kombinerat med mina arbetsuppgifter fundera på vad som skulle kunna göras på avdelningen som skulle vara ett lämpligt examensarbete relaterat till el- och automation. Mina arbetsuppgifter bestod bl.a. av att undersöka och testa olika typer av handslipmaskiner och komponenter i laboratoriemiljö, och en typ av tester som ofta utförs är belastningstester med hjälp av en testrobot.

Testroboten är specialgjord av ett utomstående företag och fungerar som så, att en arm pressas mot en roterande rondell med en järnplatta på. Testobjektet fäst i armen pressas ner mot järnplattan med hjälp av pneumatik, och belastningsnivån bestäms via en strypventil som går enligt skalan 0-10 bar. Anslutet till roboten finns elskåpet med en Omron CP1H PLC ansluten till en Delta DOP HMI, och programmerat i dessa finns funktionerna för att starta och hantera roboten.

Vid testerna vill man ofta uppnå en konstant specifik belastning under en viss tidsperiod, och med den manuella inställningen av belastningen så är man tvungen att vara fysiskt på plats oavbrutet för att övervaka att den hålls på rätt nivå, och detta var något som jag kunde konstatera, och fick medhåll av mina kollegor, att man borde kunna automatisera. Jag presenterade förslaget för min förman Matias Laitala, chefsingenjör Caj Nordström och testingenjör Conny Granholm under ett möte ämnat för mitt examensarbete. De höll med om att det var en lämplig uppgift som skulle komma att vara användbar för avdelningen. Jag ombads att undersöka vilka olika metoder man skulle kunna använda för att utföra projektet.

1.2 Syfte

På Power Tools-enheten arbetar ett begränsat antal testingenjörer och vid mer brådska tider försöker man få gjort flera tester samtidigt. Från tidigare har detta fungerat bra med t.ex. livstidstester, eftersom man kan köra dessa dygnet runt i testceller med utrustning dedikerat för detta. Belastningstesterna däremot har man inte kunnat lämna igång och lämna testcellen obemannad om man vill ha testobjektet att köra med en konstant specifik belastning. Med automatiseringen så ska detta problem vara eliminerat.

2 Mirka Ab

Mirka tillverkar slipmaterial: produkter för dammfri ytbehandling, mikroslipningsprodukter, polermedel och slip- och polermaskiner, och erbjuder med dessa produkter kompletta sliplösningar för kundernas specifika behov. Över 97 procent av produkterna säljs på export till fler än 100 länder. Mirkas motto är ”*Quality from Start to Finish*”, och säger att hemligheten bakom deras framgång är att de ställer höga krav på sig själva, på omgivningen och på produkterna. Mirka har erhållit kvalitetscertifikatet ISO 9001, miljöcertifikatet ISO 14001 och certifikatet för arbetshälsa och –säkerhet OHSAS 18001.

Mirka är ett internationellt företag som har 16 dotterbolag i Europa, Mellanöstern, Nordamerika, Sydamerika samt i Asien. Huvudkontoret och stora delar av produktionsutrymmena finns i Jeppo, Finland, och där finns också forsknings- och utvecklingsavdelningen. Mirka hör till KWH-koncernen, som är ett familjeägt finländskt företag med global verksamhet som marknadsför plastprodukter, slipmaterial och slipverktyg samt erbjuder logistiktjänster. Utöver Mirka så hör KWH Logistics samt KWH Invest till KWH-koncernen.

År 1943 grundade ingenjör Onni Aulo Mirka i Helsingfors, och produktionen flyttades 1962 till Jeppo. 1966 så köptes Mirka upp av Keppo Ab och 1973 fusionerades företagen. Under årens lopp har Mirka växt till sig, och en del av produktionen har flyttat till bl.a. Oravais, Karis och Jakobstad i Finland, och dotterbolag har grundats runt hela världen. Mirka började höra till KWH-koncernen år 1984 när Keppo köpte hälften av aktierna i företaget Wiik & Höglund Ab (Mirka Ltd, 2019a).

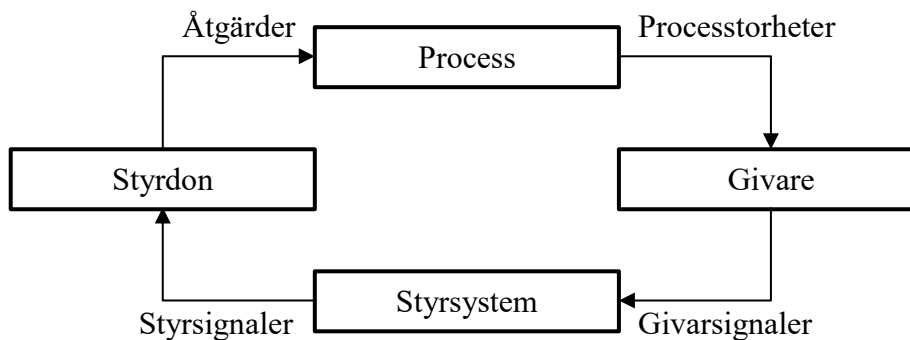
Idag har Mirka över 1500 anställda och en omsättning på ca 300 miljoner euro. Power Tools-enheten hör till forsknings- och utvecklingsavdelningen, och enheten har 35 anställda varav ca 30 är ingenjörer eller diplomingenjörer (Laitala, 2019).



Figur 1. Mirkas logo (Mirka Ltd, 2019b).

3 Automatisering av industriella processer

Automatisering kan innebära många fördelar i industriella processer: ökad produktivitet, ökad säkerhet, bättre produktkvalitet och lägre kostnader etc., och i dagens samhälle blir automationssystem mer och mer använda i alla industrier. En automatiserad process ser ofta ut som i blockschemat nedan, ett s.k. återkopplat system.



Figur 2. Exempel på uppbyggnad av industriella automationssystem.

Processen i blockschemat kräver åtgärder för att fungera optimalt, men för detta behövs information om processen, och till det används givaren. Givaren skickar informationen till styrsystemet, som i sin tur säger åt styrdonet, t.ex. en ventil eller en motor, att utföra nödvändiga åtgärder för att optimera processen.

Ett automationssystem behöver inte vara mer invecklat än så, och det är också denna princip som används i detta examensarbete. Under denna rubrik kommer teori och utrustning relevant till examensarbetet att behandlas.

3.1 Givare

Givaren är komponenten som levererar information om en process, och de kommer i många olika former. Det finns bl.a. temperaturgivare, strömgivare, vätskegivare och ljudgivare. En givare omvandlar en fysikalisk storhet till en annan, t.ex. en elektrisk temperaturgivare omvandlar temperatur till en elektrisk storhet (ström eller spänning) som systemet eller processen sedan kan behandla med hjälp av ett styrsystem. Givare där utsignalen är en elektrisk storhet är vanliga inom reglertekniken, men det finns också givare där utsignalen kan vara en digital storhet, d.v.s. att en signal på binärform matas direkt in till ett digitalt system (Thomas, 2008, s. 398).



Figur 3. En LEM AT-B420L strömgivare (LEM International SA, u.å.).

3.2 HMI

HMI är en förkortning av engelskans *Human-Machine Interface* och kan på svenska förklaras som användargränssnittet mellan användaren och maskinen, eller användaren och processen. Maskinen kan styras av t.ex. en PLC, och man styr PLC:n via HMI. I modern tid när man talar om HMI så menar man en pekskärm där inställningarna för maskinen har programmerats in för att lätt kunna konfigureras, men HMI kan också innebära t.ex. knappar, vridhjul och brytare. Utöver inställningar så kan man via HMI också övervaka en maskin; t.ex. vilket läge den är i eller diverse nivåer den hanterar. Med en HMI-pekskärm kan man sköta vissa funktioner som annars skulle skötas via PLC:n, men som av olika skäl kan vara smidigare via HMI (Dinwiddie, 2019, ss. 209-213).



Figur 4. En Delta DOP-B HMI (Delta Electronics Inc., 2019).

3.3 IEC 61131

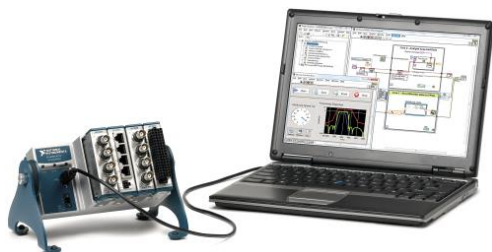
IEC 61131 är en IEC-standard som i flera delar summerar kraven för programmerbara styrsystem. IEC är en förkortning av engelskans *International Electrotechnical Commission* och är en organisation som förbereder och publicerar internationella standarder inom ämnen under samlingsnamnet elektroteknik.

IEC 61131 behandlar både programmeringen av PLC och PLC:s maskinvara i flera olika delar, IEC 61131-3 är t.ex. delen som behandlar programmeringen av PLC. De flesta större tillverkare av PLC försöker följa IEC 61131, och standardens syfte är just att tillverkarna ska ha riktlinjer hur deras system ska tillverkas och vilka egenskaper de ska ha, och att användare ska smidigt kunna använda olika tillverkares system och att övergången mellan olika system ska vara så smidig som möjlig (John & Tieglekamp, 2010, ss. 12-13).

3.4 LabVIEW

LabVIEW är en förkortning av engelskans *Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench* och kan på svenska förklaras som ett laborativt virtuellt verktyg för ingenjörsvetenskap. LabVIEW är skapat av företaget National Instruments och är ett kraftfullt och flexibelt verktyg som kan användas för testning, mätning, industriell automation och dataanalys. LabVIEW-program kallas för Virtuella Instrument (eng. *Virtual Instruments*) och förkortas VI. LabVIEW använder grafiskt programmeringsspråk och man kan skapa egna applikationer anpassade efter egna behov med hjälp av programmering och National Instruments maskinvara.

Fördelarna med LabVIEW är att det är i hög grad anpassat för ingenjörer och vetenskap, och National Instruments säger själva att man lätt kan sätta sig in i LabVIEW-miljön med enbart grunder och utan fördjupade kunskaper i programmering eller applikationsutveckling överlag (Bishop, 2001, ss. 5–6).



Figur 5. Ett LabVIEW cDAQ-chassi med moduler styrt från en bärbar dator (National Instruments, 2019).

3.5 PLC

PLC är en förkortning av engelskans *Programmable Logic Controller*, vilket på svenska kan förklaras som ett programmerbart generellt styrsystem med specialbyggd maskinvara som självständigt kan utföra styruppgifter i fabriker och maskiner (Thomas, 2008, s. 434). Grundkomponenter i PLC är ingångar som levererar information till PLC:n, utgångar som skickar ut signaler i olika former till processen och en eller flera processorer som hanterar och lagrar data, allt detta är kopplat till ett kretskort ämnat för att komponenterna ska kunna kommunicera. Vissa PLC kan man också expandera med s.k. moduler för att expandera dess funktioner, eller t.ex. ansluta en HMI för att förenkla styrningen via PLC. En PLC behandlar informationen som kommer in via ett program skapat enkom för det specifika ändamålet.

En PLC kör igenom sina programmerade program cykliskt uppifrån neråt och skapar därefter data eller aktiverar utgångar som instruerat enligt programmet. Med PLC kan man också övervaka ett systems tillstånd för t.ex. felsökning, användningsområdena är många (Dinwiddie, 2019, ss. 189-209).



Figur 6. En Omron CP1H PLC (Omron Corporation, 2017, s. 1).

3.6 Reglering

Reglering och reglerteknik hör till de mest väsentliga delarna inom automation, det används t.ex. i styrning av flygplan och fartyg, i kraftverk och energiproduktion och överlag inom de flesta industrier. Reglering inom industriell automation innebär ofta att sträva till att processtorheterna i en process hålls inom noga föreskrivna gränser, och detta görs ofta med regulatorer. En regulator bildar en styrsignal till processen utifrån information om reglerfelet, som är det önskade värdet; börvärdet, minus det aktuella värdet; processvärdet. De vanligaste typerna av reglering är s.k. tvålägesreglering och PID-reglering.

3.6.1 Tvålägesreglering

Tvålägesreglering är den enklaste formen av reglering, och det är just dess största fördel. Tvålägesregleringen fungerar som så, att styrsignalen endast kan anta två värden; av eller på, och den ändras helt enkelt mellan värdena beroende på om processvärdet är högre eller lägre än börvärdet.

Användningsområdena är många, speciellt inom temperaturreglering, men nackdelarna med tvålägesreglering är att regleringen inte blir lika noggrann som vid användandet av mer avancerade regulatorer, som t.ex. PID-regulatorn. Tvålägesregleringen ger också ofta upphov till mer mekaniskt slitage än andra regulatorer, p.g.a. de ständiga växlingarna mellan lägena, och det gör den ofta opraktisk (Thomas, 2008).

3.6.2 PID-reglering

PID-regulatorn är den vanligaste av de mer avancerade regulatorerna, och den har väldigt många användningsområden och används i oräkneliga processer. Den kan användas för att reglera bl.a. tryck, flöde, temperaturer, nivåer och hastigheter och den är relativt enkel att ta i bruk i de flesta kompatibla processer.

PID-regulatorn består av tre delar; en proportionell del (P), en integrerande del (I) och en deriverande del (D). Matematiskt kan PID-regulatorn beskrivas:

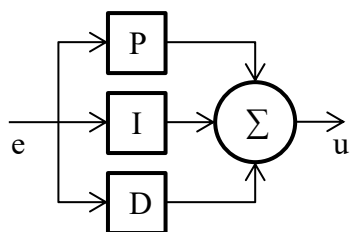
$$u(t) = K[e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d e'(t)] \quad (1)$$

Där u är styrsignalen, e är reglerfelet, K är proportionell förstärkning, T_i är integreringstiden och T_d är deriveringstiden.

Den kan också beskrivas med överföringsfunktionen

$$G(s) = K(1 + \frac{1}{sT_i} + sT_d) \quad (2)$$

och följande blockschema:



Figur 7. Blockschema för PID-regulatorn (Åström & Hägglund, 1995, s. 71).

Den proportionella delen är proportionell mot reglerfelet, den integrerande delen är proportionell mot reglerfelets integral och den deriverande delen är proportionell mot reglerfelets derivata.

Om man förklarar mer praktiskt vad dessa gör så kan man säga att medan P-delen proportionellt motverkar reglerfelet så minskar I-delen stabilitetsmarginaler och eliminerar statiska reglerfel. D-delen förutsäger kommande reglerfel så att dessa kan motverkas. Dessa olika delar kan också användas i olika former genom att koppla bort delar, så man får t.ex. P-, PI och PD-regulatorer. (Åström & Hägglund, 1995, ss. 64-71).

3.6.3 Tidsdiskret reglering

Med tidsdiskret reglering menas att styrsignalen endast ändras vid specificerade tidpunkter, t.ex. var tredje sekund eller en gång per minut, tiden mellan dessa punkter kallas samplingstid. Mellan dessa tidpunkter ändras inte styrsignalen. Samplingstiden väljs enligt hur processen fungerar, en snabbare process behöver i regel en kortare samplingstid, men det finns dock metoder för att uträkna en så optimal samplingstid som möjligt.

Matematiskt ser en tidsdiskret PID-regulator ut på följande sätt, K , T_i och T_d har samma betydelse som i ekvationen för PID-regulatorn som nämnts tidigare, notera dock att k är aktuella samplingstidpunkten, och h är samplingstiden.

$$u(k) = K[e(k) + T_d \frac{e(k) - e(k-1)}{h} + \frac{h}{T_i} \sum_{i=1}^k e(i)] \quad (3)$$

Aktuella samplingstidpunkten k motsvarar de signalvärden som läses in via maskinvarans analog-digitalomvandlare, vars uppgift är att omvandla den analoga mätsignalen från givaren till binära värden. Noggrannheten hos AD-omvandlaren och variabeln k beror på hur många bitar, eller binära siffror, som används för att representera mätvärden, ju fler bitar desto större noggrannhet. T.ex. en 16-bitars omvandlare motsvarar en uppdelning av givarens arbetsområde i 65535 (2^{16}) intervall, vilket ger upplösningen $1/65535$; 0,002 procent (Thomas, 2008).

3.7 Reglerventil

En reglerventil definieras i allmänhet som en ventil för styrning av tryck eller flöde, t.ex. lufttryck, vattenflöden, oljeflöden, ångtryck etc. De finns med manuell styrning, men också med inbyggda ställdon som förser reglerventilen med styrsignalen från regulatören (ofta 4-20 mA strömsignal) och reglerventilen öppnas eller stängs mer eller mindre enligt denna signal för att få rätt utvärde (Thomas, 2008, ss. 459-466).



Figur 8. En SMC ITV reglerventil (SMC Pneumatics Ltd., u.å.a)

3.8 Ziegler-Nicholsmetoden

Ziegler-Nichols svängningsmetod används ofta för inställning av P-, PI- och PID-regulatorer. Fördelen med Ziegler-Nicholsmetoden är att den är snabb och enkel att använda och att man inte behöver veta processens överföringsfunktion, men nackdelen är att den i sin enkelhet inte alltid leder till de bästa inställningarna, för mer noggrann inställning finns mer avancerade metoder.

För att använda Ziegler-Nicholsmetoden börjar man med att ställa in PID-regulatorens som en P-regulator; d.v.s. I-delen ställs till ∞ och D-delen till noll, då är dessa delar bortkopplade. Därefter ökar man förstärkningen K tills reglersystemet nått och jämnt börjar självsvänga. K-värdet när detta händer noteras som K_0 . Periodtiden för dessa svängningar mäts och noteras som T_0 . Sedan används PID-värden enligt tabellen nedan, och finjusteras enligt behov beroende på processens beteende (Thomas, 2008, ss. 190-192).

Tabell 1. Parametrarna för Ziegler-Nichols svängningsmetod.

Regulatortyp	Parametrar		
	K	T _i	T _d
P-regulator	0,5 K ₀	-	-
PI-regulator	0,45 K ₀	0,85 T ₀	-
PID-regulator	0,6 K ₀	0,5 T ₀	0,125 T ₀

(Thomas, 2008, s. 191)

4 Utförande

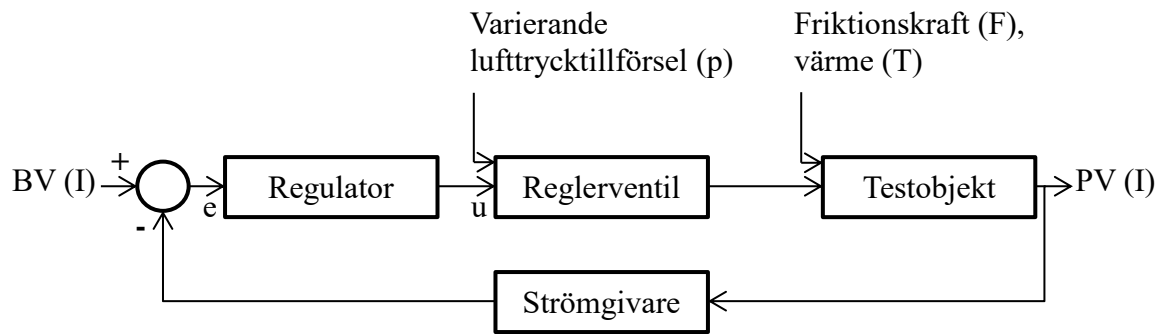
Under denna rubrik kommer det praktiska utförandet att behandlas. Olika alternativ för att lösa problemet genomgås, den valda metoden motiveras och ibruktagandet av denna metod beskrivs.

4.1 Val av metod

Testroboten ska kunna användas för slip- och polermaskiner med olika matningsspänningar, så antingen reglerar man belastningen enligt effekten genom att t.ex. mäta både ström och spänning och multiplicera dessa värden, eller så mäter man enbart strömmen för att kunna reglera belastningen enligt den. Att mäta effekten skulle eventuellt ge ett mer noggrant resultat i korrelation till belastningstesterna där det oftast är just effekten som mäts, men det är mer invecklat och kostsamt än att reglera enligt ström, dessutom varierar spänningen inte märkbart under testerna och man kan därför förväntas uppnå en stabil belastning när man reglerar direkt mot strömmätning. Roboten ska också kunna fortsätta fungera som innan automatiseringen.

Det finns många lösningar på hur man skulle kunna lösa ett problem av den här typen, och i detta fall övervägdes huvudsakligen två alternativ. Alternativ A gick ut på att expandera testroboten och programmera den befintliga PLC:n för att skapa ett regelsystem, och Alternativ B var att använda sig av och implementera National Instruments plattform och utvecklingsverktyg LabVIEW för att sköta regleringen.

Båda alternativen bygger på principen i blockschemat nedan. Börvärdet (BV) matas in i en regulator, och regulatorn får processvärdet (PV) via en strömgivare som jämförs med börvärdet för att veta hur stort reglerfelet är. Styrsignalen från regulatorn berättar då för reglerventilen om den ska öppnas mer eller mindre beroende på om processvärdet är för högt eller lågt. De huvudsakliga störningarna i systemet är värmen som alstras i processen, den varierande lufttrycktillförseln till testroboten och att friktionen mellan testobjektet och järnplattan ändras vartefter det använda materialet, t.ex. slippappret, nöts.



Figur 9. Blockschema för lösningsprincipen.

4.1.1 Alternativ A – Programmering av PLC och HMI

Detta alternativ används ofta inom industriell automation. Med hjälp av den befintliga PLC:n, en reglerventil och en strömgivare så kan man skapa ett reglersystem med en PID-regulator som hanteras via den befintliga HMI:n. För detta alternativ krävs kunskaper i PLC- och HMI-programmering och förståelse för hur man väljer och implementerar tilläggsutrustning till PLC.

Testroboten använder en Omron CP1H-XA40DT-D PLC som har inbyggda analoga in- och utgångar. Alla ingångar är dock i bruk så en expansionsmodul behövs för att kunna ansluta givaren. Omron rekommenderar modellen AD042 till detta.

Strömgivaren behöver vara av en sådan karaktär, att den är noggrann för lägre strömnivåer, och att den kan fästas runt en ledare, m.a.o. att den har en öppningsbar kärna. Denna modell är lämplig; LEM AT 10 B420L. Kärnan är öppningsbar, och den har en noggrannhet på $< \pm 1,5$ procent av maximala mätvärdet 10 A (LEM International SA, 2018). 10 A är ett lämpligt maximalt mätvärde eftersom strömförbrukningen på maskinerna som testas ytterst sällan stiger över ens 5 A, men möjligheten att testa maskiner med högre förbrukning finns med denna givare utan att noggrannheten blir signifikant lidande.

Mirka använder sig av en reglerventil av märket SMC i produktionen, modell ITV2050-01F2N3, och den passar för ändamålet; den är enligt datablad kompatibel med både PLC:n och testrobotens befintliga pneumatik (SMC Pneumatics Ltd, 2015). Både strömsensorn och reglerventilen använder sig av 4-20 mA signal, så detta underlättar sedan skalningen i programmeringsskedet. Med detta alternativ i bruk används fortsättningsvis en Hameg effektmätare för att logga effektförbrukningen.

4.1.2 Alternativ B - LabVIEW

Power Tools-enheten har påbörjat processen att ta LabVIEW i bruk för tester och centraliserad dataloggning, därför behövdes det beaktas om det skulle löna sig att implementera LabVIEW för att sköta både regleringen och dataloggningen också i belastningstesterna. För detta alternativ krävs baskunskaper i LabVIEW-programmering och kunskaper hur man väljer och implementerar tilläggsutrustning med LabVIEW.

Med licensen Mirka har så kan man skapa ett program för att användas med en vanlig dator som sedan sköter regleringen och loggningen. Maskinvarumässigt så behövs ett LabVIEW CompactDAQ-chassi som styr dataöverföringen, synkroniseringen och timingen mellan de nödvändiga LabVIEW-modulerna och datorn. Det behövs en modul med analoga ingångar, och en modul med analoga utgångar. Med detta alternativ kan samma strömgivare och reglerventil användas som i Alternativ A, kraven på den nödvändiga LabVIEW-utrustningen är att den ska vara kompatibel med Mirkas befintliga utrustning och fördelaktigt så ekonomisk som möjligt.

Man kan snabbt konstatera att detta alternativ inte är det mest ekonomiska redan eftersom mer tilläggsutrustning krävs, och för att priserna på LabVIEW-utrustning överlag är höga. Eftersom det redan innan denna uppgradering av roboten finns möjlighet för att logga testerna, så kan man konstatera att Alternativ A var värt att välja och fortskrida med. Prisskillnaden förtydligas under nästa rubrik, och där ser man också den mest lämpliga och valda LabVIEW-utrustningen.

4.1.3 Prisskillnad mellan alternativen

Nedan visas en tabell med priserna för huvudkomponenterna som behövs per alternativ. Kringutrustning, t.ex. för att ansluta komponenterna, har inte tagits med i beräkningarna.

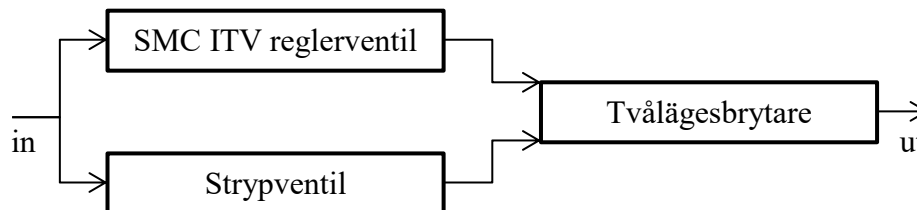
Tabell 2. Prisskillnad mellan alternativen A och B.

Komponenter	Alternativ A	Alternativ B
SMC ITV1050-01F2N3 reglerventil	318,00 €	318,00 €
LEM AT 10 B420L strömgivare	64,00 €	64,00 €
Omron AD042 expansionsmodul	212,70 €	-
NI 9203 AI-modul	-	585,00 €
NI 9265 AO-modul	-	410,00 €
NI 9174 cDAQ-chassi	-	945,00 €
Slutsumma	594,70 €	2322,00 €

4.2 Installation av maskinvara

Med den valda metoden behövdes endast tre komponenter installeras till roboten; reglerventilen, strömgivaren och expansionsmodulen för att få flera analoga ingångar.

Pneumatiskt anslöts reglerventilen tillsammans med en förgrenare och en tvålägesbrytare, i och med detta kan man ändra brytarens läge för att också manuellt styra belastningsnivån med den befintliga strypventilen.



Figur 10. Installation av pneumatik.

Expansionsmodulen anslöts enkelt till PLC:n med en inbyggd kabel för kommunikation och genom att ansluta deras COM-portar med varandra, och för att koppla strömgivaren och reglerventilen elektroniskt var det bara att följa medföljande instruktionsmanualer. Strömgivaren kapslades in i en plastdosa p.g.a. arbetssäkerhet, eftersom mätningen sker på en skalad kabels ledare.



Figur 11 (t.v.). Instruktioner för anslutning av strömgivaren (LEM International SA, 2018, s. 4).

Figur 12 (t.h.). Instruktioner för anslutning av reglerventilen (SMC Pneumatics Ltd., u.å.b, s. 5).

4.3 Programmering av HMI

Delta Electronics DOPSoft är mjukvaran som används för att programmera deras HMI. Den har ett användarvänligt programmeringsgränssnitt och lämpar sig väl för att planera och skapa behändiga HMI-tillämpningar (Delta Electronics Inc., 2015).

Första steget var att skapa en ny skärm för den automatiska belastningen utöver de skärmar som redan fanns från tidigare. Alla skärmar i denna applikation använder en och samma grund som man laddar in och sedan bygger vidare på. I denna grundskärm finns bakgrundsbilden och menyn längst ner som man använder sig av för att navigera sig mellan de olika skärmarna för att styra roboten. Till grundskärmen tillsattes knappen ”AUTO” som leder till den nya skärmen.

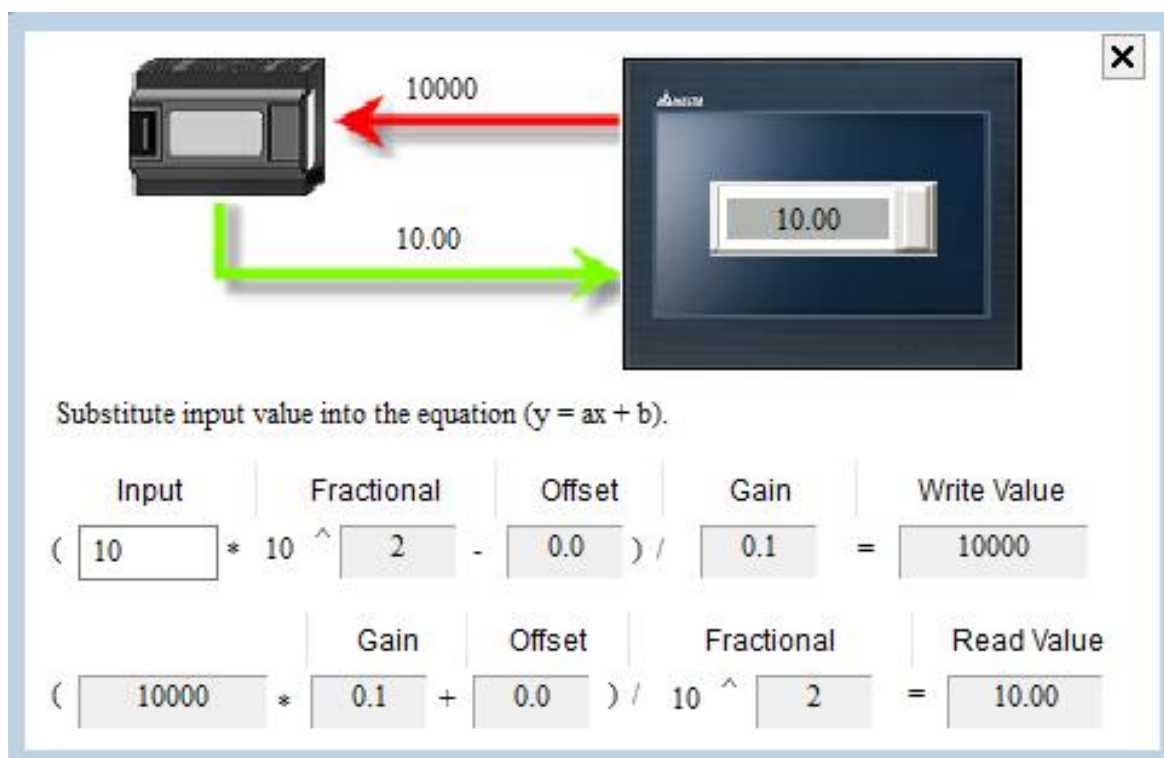
Till den nya skärmen lades element som rubriker, knappar och rutor för att visa och ta emot värden till, och slutresultatet ser ut som bilden nedan.



Figur 13. Interaktionsskärmen för den nya applikationen.

I alla knappar och rutor där värden skrivs in eller visas så behöver man skriva in PLC:ns minnesadresser varifrån värden ska läsas eller vart de ska skrivas. Dessa adresser får man och kan bestämma genom att bekanta sig med Omrons instruktionsmanual ”Adressering i Omrons PLC” (Omron Corporation, 2012).

För att rätt värden ska visas och tas emot så behöver vissa värden skalas om. P-, I- och D-värdena skalas endast om med tiopotenser vilket fungerar bra att göra med HMI. För att skala dessa värden ändrar man endast inställningen *gain* till önskad tiopotens, nedan visas en bild på *gain*-ekvationen med värden för börvärdet, om 10 A skrivs in i HMI:n skrivs 10000 till PLC:n. CP1H:s noggrannhet för analog-digitalomvandling är 16 bitar och det är viktigt att inget värde överskrider 65535 för att allt ska fungera.



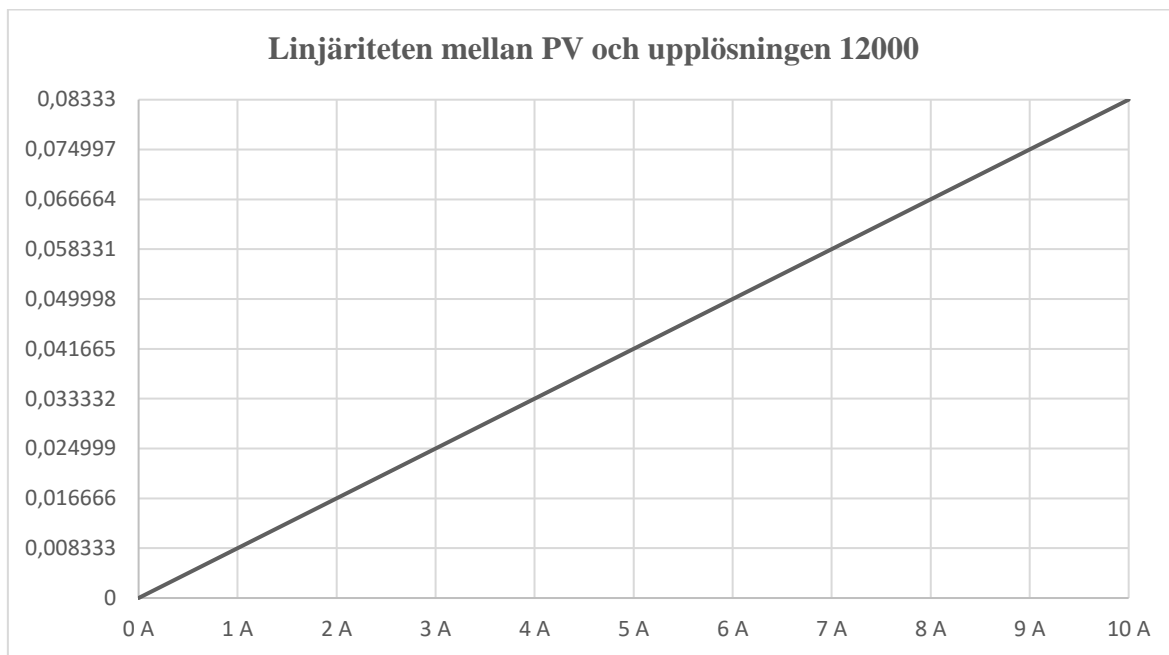
Figur 14. Ekvationen använd tillsammans med *gain*-inställningen.

För att veta vilken tiopotens man skulle använda och för annan väsentlig information så går man via Omrons datablad och läser informationen om hur PID i Omrons CP1H PLC fungerar (Omron Corporation, 2007). En detalj som är viktig att veta med PID i CP1H är att istället för traditionella förstärkningen K för P-värdet så används något som kallas proportionalband. Sambandet mellan förstärkningen K och proportionalbandet är $K = \frac{100 (\%)}{PB (\%)}$ (Åström & Hägglund, 1995, s. 61).

För att skala om processvärdet och rutan som visar reglerventilens läge i procent så användes andra *gain*-parametrar. För att visa processvärdet användes uträkningen 1000/12000; täljaren 1000 motsvarar processvärdets maxvärde 10,00 A. Detta tal

multipliserades med analoga ingångens upplösning 1/12000 som då gav parametern 0,08333.

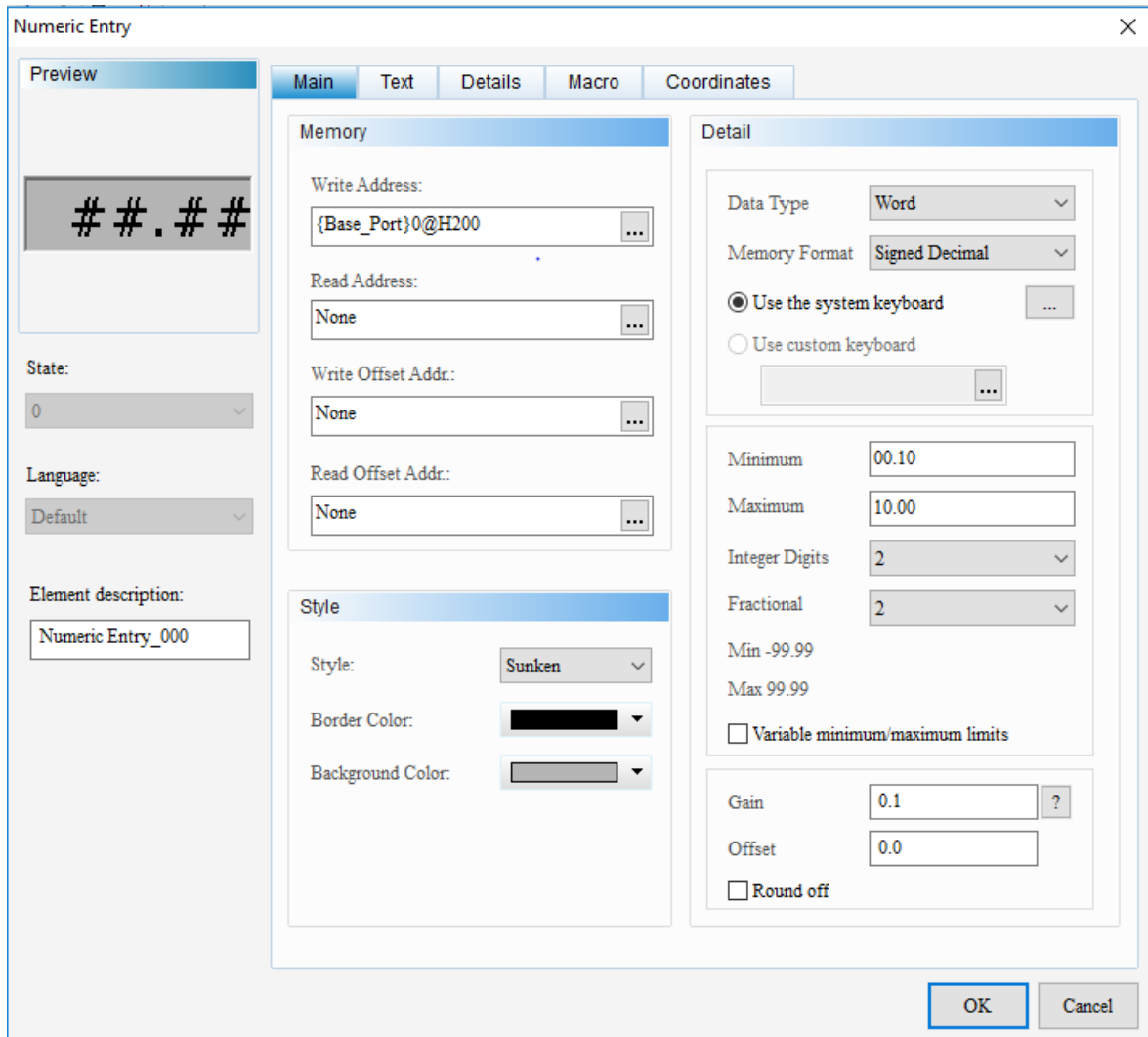
I grafen nedan förtydligas denna s.k. linjära ekvation, med sambandet mellan vad som syns i HMI:n och *gain*-parametern. Ekvationen för denna linjära skalning är $y(x) = 0.008333x + C$.



Figur 15. Linjär skalning.

Och för ventilläget användes då istället 100/6000 eftersom den analoga utgångens upplösning är 1/6000. 100 eftersom ventillägets maxvärde är 100 procent. Denna uträkning gav parametern 0,01666.

Nedan visas en bild över hur man ställer in de olika elementen. Detta är inställningarna för börvärdet. Värdet skrivs till adressen H200 i PLC:n. Datatypen *word* används och man skriver in värdet i HMI:n som *signed decimal*. PLC:n använder sig av hexadecimala tal i sina inställningar, men genom att välja *signed decimal* så omvandlas dom decimala värdena man skriver in till hexadecimala parametrar åt PLC:n. Man ställer också in minimala och maximala värdet man ska kunna skriva in, och ställer in *gain*.



Figur 16. Inställning av element i HMI.

För att ändra mera avancerade PID-inställningar utan att varje gång behöva programmera i PLC:n skapas element också för dessa, men eftersom dessa ytterst sällan ska ändras så är det till fördel om de är på en skild skärm. Dessa inställningar ändrar man smidigast genom att skriva med hexadecimala parametrar direkt, förutom när det gäller inställning C + 4, samplingstiden, den lämpar sig både decimalt och hexadecimalt.

Avancerade PID-inställningar

	<u>HEX</u>	<u>DEC</u>
C + 4	<input type="text" value="## ##"/> Sampling period. Exempel: #32 = &50 = 0.5 s	<input type="text" value="## ## ##"/>
C + 5	<input type="text" value="## ## ##"/>	
C + 6	<input type="text" value="## ## ##"/>	

Dessa parametrar ändras normalt ej. Om dessa parametrar ändras, referera till datablad:
"OMRON CP1H/CP1L CPU UNIT PROGRAMMING MANUAL" s.615-627.

Figur 17. Skärmen för avancerade PID-inställningar.

4.4 Programmering av PLC

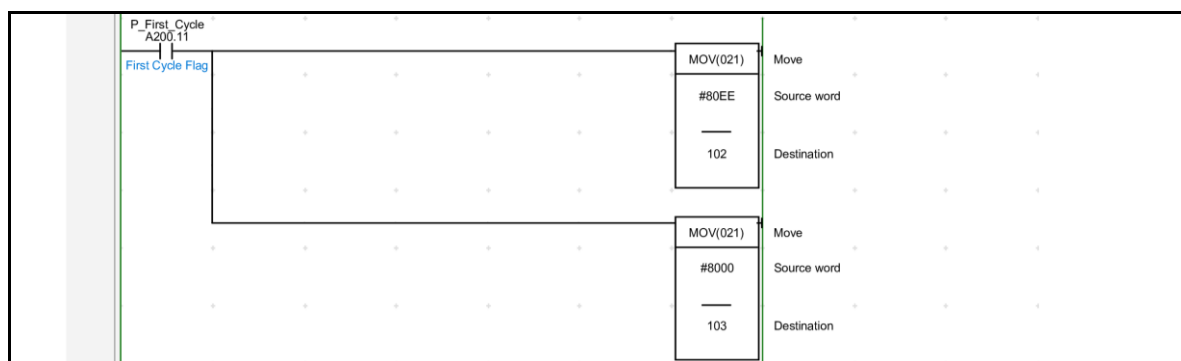
Omron CX-Programmer är mjukvaran som används för att programmera alla deras PLC-serier. CX-Programmer följer IEC-standarden IEC 61131-3, så man kan programmera enligt programmeringsspråken specificerat enligt den (Omron Corporation, 2019).

Denna PLC har från tidigare programmerats med s.k. *ladder*-programmeringsspråk, och den nya applikationen är programmerad med samma språk för kontinuitet.

Om man läser Omrons datablad för den specifika PLC:n och manualer för programmering av PLC så kan man hitta lösningar och metoder för att skapa sina applikationer. Nedan kommer de mest väsentliga stegen som använts till den här applikationen att beskrivas.

4.4.1 Aktivering av analog ingång

Med expansionsmodulen för analoga ingångar AD042 så är man tvungen att aktivera de använda ingångarna för att värden ska tas emot av PLC:n. Detta görs enligt manualen CP1L CPU Unit OPERATION MANUAL (Omron Corporation, 2008, ss. 428-430). De hexadecimala talen 80EE och 8000 skrivs in adresserna 102 och 103 med MOV-instruktionen. Dessa specifika parametrar används eftersom att endast en analog ingång används med AD042, och för att den hanterar en 4-20 mA signal.

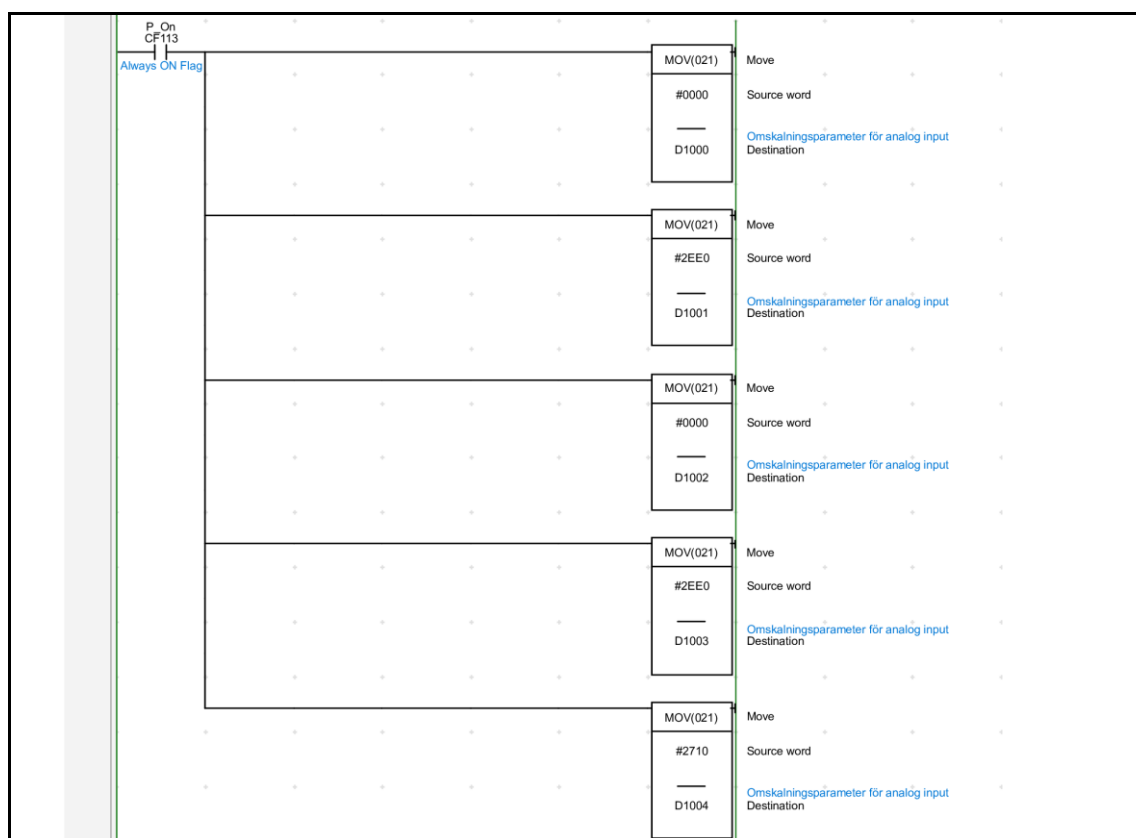


Figur 18. Aktivering av den analoga ingången.

4.4.2 Skalningsparametrar

För att PID-regleringen ska fungera korrekt behöver värden som kommer in, går ut och börvärdet skalas om linjärt i PLC:n. Till detta används APR-instruktionen, och denna instruktion behöver vissa parametrar, hur man väljer parametrar och exempel på hur detta görs hittas i Omrons manual CP1H/CP1L CPU Unit PROGRAMMING MANUAL (Omron Corporation, 2007, s. 620). Principen för att ställa in parametrarna visas nedan med parametrarna för den analoga ingången för strömgivaren som skrivs in till adresserna D1000-D1004.

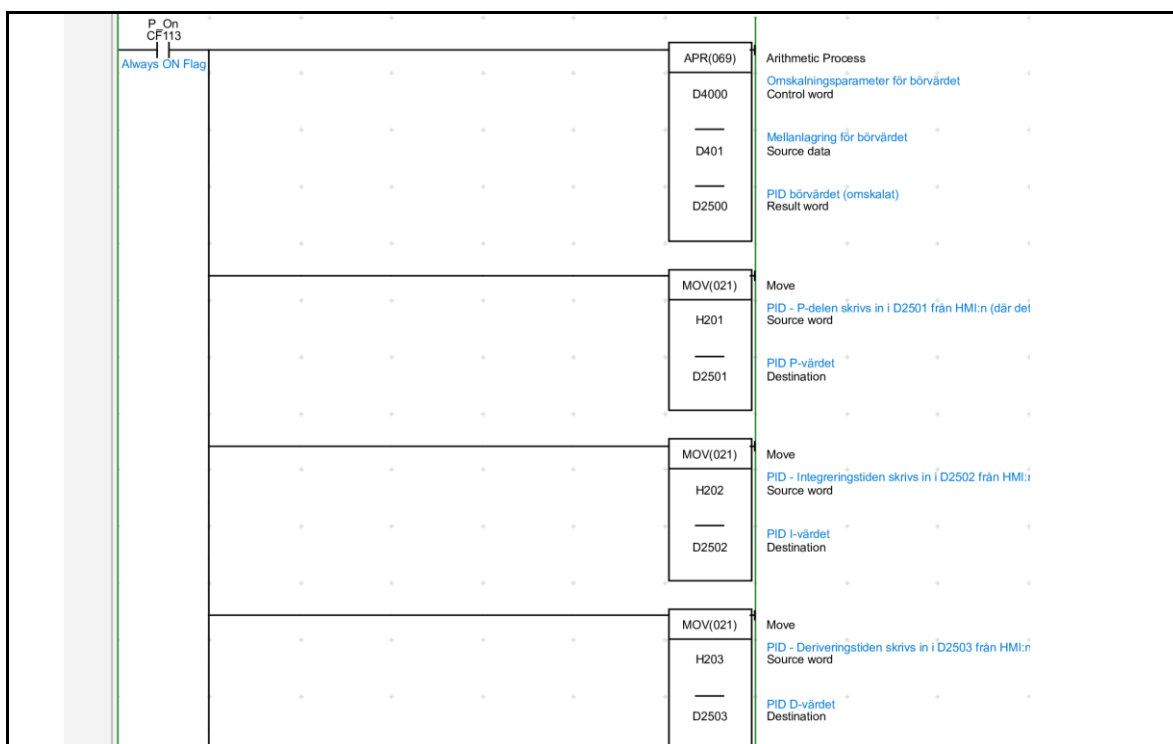
D1000 är en operand som kallas *control word* och den skrivs till hexadecimala talet 0000 och berättar då för APR-instruktionen vilken funktion den ska använda. Till D1001 skrivs 2EE0 in som decimalt är 12000 och som kommer ifrån den analoga ingångens upplösnings maxvärde 12000. Till D1002 skrivs parametern 0000 vilket motsvarar strömgivarens minimala mätvärde 0 A. Till D1003 skrivs parametern 2EE0 in, och till D1004 skrivs 2710, vilket definierar att maxvärdet 12000 för strömgivarens upplösning är detsamma som maximala mätvärdet 10 A. Den analoga utgången för reglerventilen samt börvärdet skalas om på samma sätt, men med parametrar anpassat för dem.



Figur 19. Skalningsparametrar för den analoga ingången.

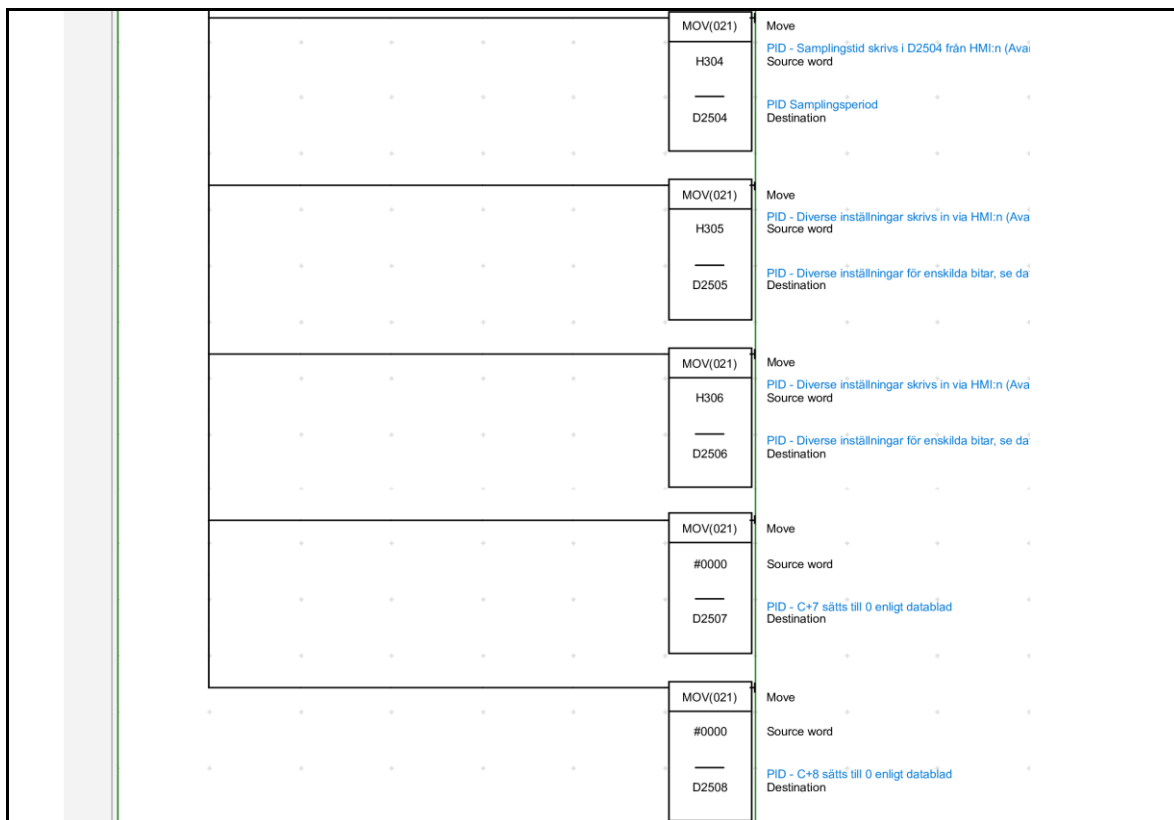
4.4.3 Parametrar för PID-instruktionen

PID-instruktionen har nio parametrar som ska ställas in. För denna applikation skrivs de in i adresserna D2500-D2508, dessa inställningar kallas i databladet C-C+8 (Omron Corporation, 2007, s. 619). D2500-D2503 skrivs in från skärmen för den automatiska belastningen i HMI:n. D2500 är börvärdet och går via APR-instruktionen och skalas linjärt enligt givna parametrar. D2501 är P-värdet, D2502 är I-värdet och D2503 är D-värdet, dessa ställs in med varierande värden beroende på vilket testobjekt som används, och för att få dessa värden kan man använda sig av t.ex. Ziegler-Nicholsmetoden.



Figur 20. Parametrar för PID-instruktionen, adresserna D2500-D2503.

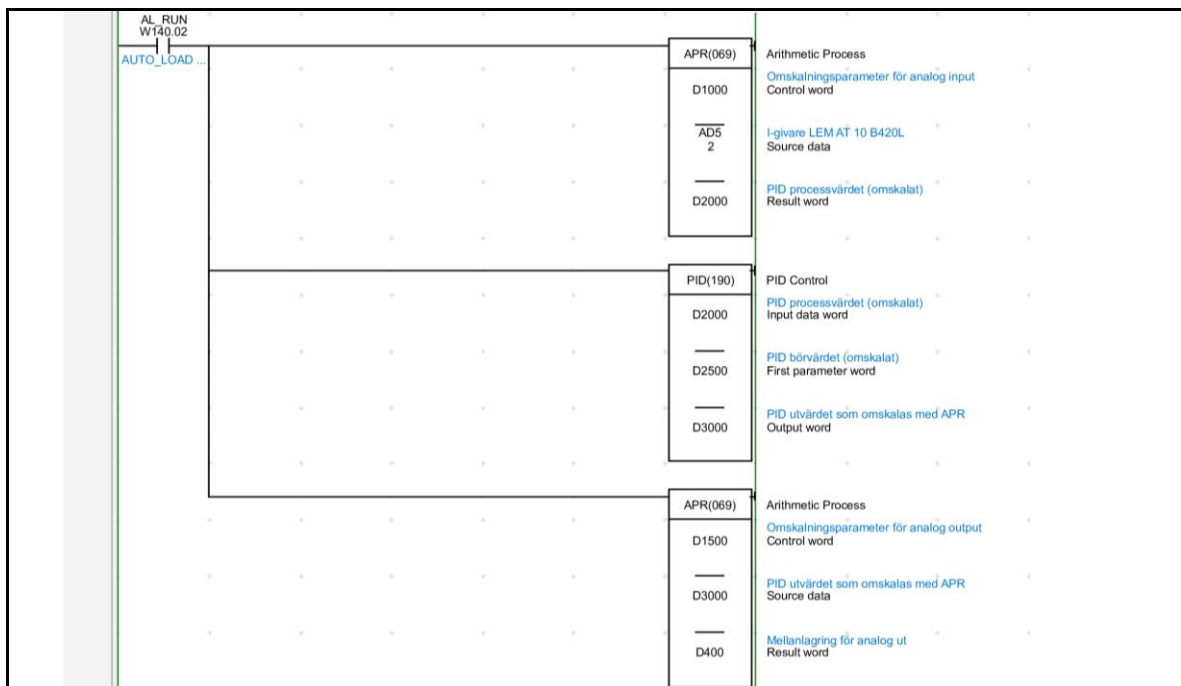
Värdena i adresserna D2504-D2506 skrivs från skärmen ”Avancerade PID-inställningar” i HMI:n. I D2504 skrivs samplingstiden. I D2505 och D2506 finns diverse inställningar specifikt för Omrons PID-instruktion, bl.a. om PID-regleringen ska fungera omvänt, eller man ska kunna ändra P-, I-, och D-värdena samt börvärdet så länge applikationen körs, vilket det senare vill vi kunna göra i denna applikation. D2507 och D2508 skrivs till 0 enligt manualens instruktioner (Omron Corporation, 2007, s. 622).



Figur 21. Skalningsparametrar för PID-instruktionen, adresserna D2504-D2508.

4.4.4 PID-instruktionen med skalningsinstruktioner

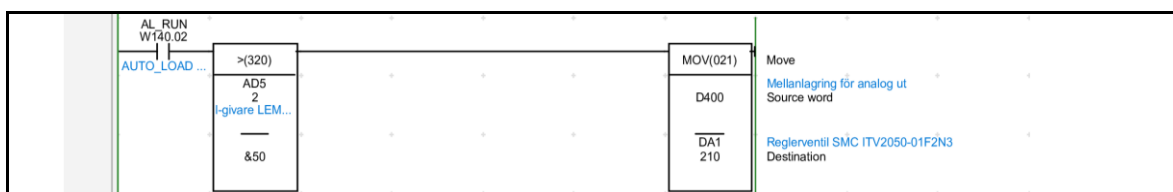
Nedan visas själva PID-instruktionen tillsammans med APR-instruktionerna som ställdes in tidigare, APR-instruktionen skalar värdena linjärt med de tidigare givna parametrarna. Strömgiavarens värde skalas innan PID-instruktionen och reglerventilens värde skalas efter, enligt manualens instruktioner (Omron Corporation, 2007, s. 620). I PID-instruktionen skrivs först det nu skalade värdet från strömgiavaren i adressen D2000 in, följt av börvärdet D2500 som också definierar att de tidigare inställda parametrarna för PID-instruktionen används, och till sist D3000 som skickas till reglerventilen via skalning med APR-instruktionen.



Figur 22. PID-instruktionen och APR-instruktionerna för analoga in- och utgångarna.

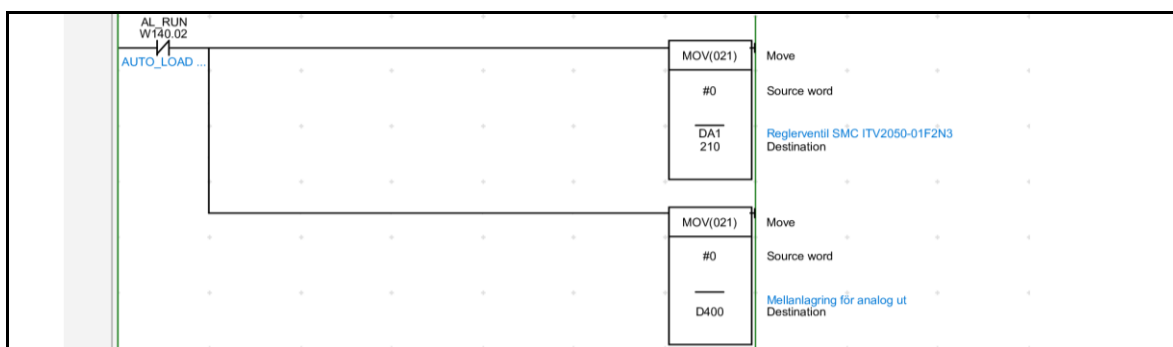
4.4.5 Säkerhetsfunktioner

Vissa säkerhetsfunktioner behövs för att skydda både användare och testobjekt. Armen ska inte börja pressa ner ifall testobjektet inte är på, om mätaren skulle mäta 0 A så skulle reglerventilen öppnas helt och på så sätt leda till ökad klämrisk och att testobjektet kan skadas. För att råda bot på detta så programmerades en funktion som gör att reglerventilen inte öppnas när endast väldigt låga värden tas upp av strömgivaren, ej 0, eftersom minimala mätvärden kan visas p.g.a. av störningar från omgivningen, t.ex. induktans. Samma metod används för att stänga reglerventilen ifall testobjektet stannar under testet.



Figur 23. Reglerventilen hålls stängd när strömgivarens värde inte överskrider gränsvärdet.

När applikationen stängs av så ska armen genast sluta pressa ner. Detta säkerhetsställs genom att värdet som skickas till reglerventilen skrivs till 0 när start-knappen inte är aktiverad.



Figur 24. Armen slutar pressa ner när start-knappen inte är aktiverad.

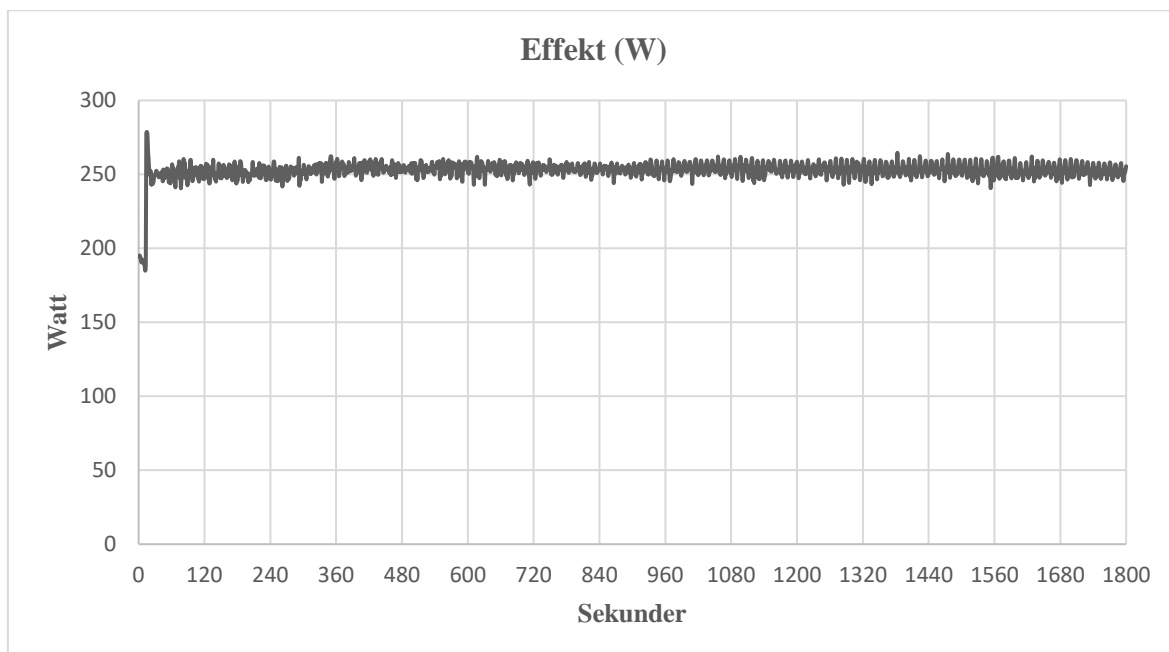
5 Resultat

Under denna rubrik presenteras resultatet av examensarbetet i form av testning av den färdiga applikationen. Inställning av PID-värdena beskrivs och data från ett verkligt belastningstest analyseras.

5.1 Testning

För att testa applikationen användes en Mirka Deros 650CV slipmaskin, och dugliga PID-värden hittades med Ziegler-Nicholsmetoden, det visade sig att PI-reglering fungerade bäst just för den här specifika processen med K-värdet 2,0 och T_i -värdet 0,2 s. En samplingsperiod på 10 ms visade sig vara ett dugligt värde efter några försök med diverse högre och lägre värden, men den borde ännu ses över med mer avancerade metoder.

Applikationen togs snabbt i bruk för verkliga belastningstester efter att en instruktionsmanual skrivits (Bilaga 1). Nedan visas data från ett test där en Mirka Deos Delta 663 slipmaskin testades av testingenjör Joakim Pått. Målet med detta test var att köra med en effektförbrukning på 250 W. Grafen nedan visar de första 30 minuterna från testet mätt med en Hameg effektmätare. Fastän man ser tydligt brus så var de maximala kasten från 250 W endast +14,6 W och -9,4 W mellan sekunderna 30-1800. Dessa värden duger mer än väl för Mirkas belastningstester, men ännu noggrannare värden kan eventuellt uppnås med mer avancerad inställning av PID-värdena, eftersom Ziegler-Nicholsmetoden främst ger riktlinjer.



Figur 25. Effektförbrukningen under belastningstest med Mirka Deos Delta 663 (Pätt, 2019).

6 Diskussion

Slutresultatet blev enligt mig själv, mina handledare och mina kollegor vid Mirka lyckat, det finns dock andra sätt man skulle ha kunna lösa problemet på. Vissa har tidigare nämnts; att man t.ex. skulle ha mätt och reglerat effekten istället för strömmen och/eller använt LabVIEW, men som det redan har konstaterats var det för denna process inte nödvändigt att välja dessa alternativ som skulle ha varit mer kostsamma och invecklade att ta i bruk, och utan betydliga fördelar.

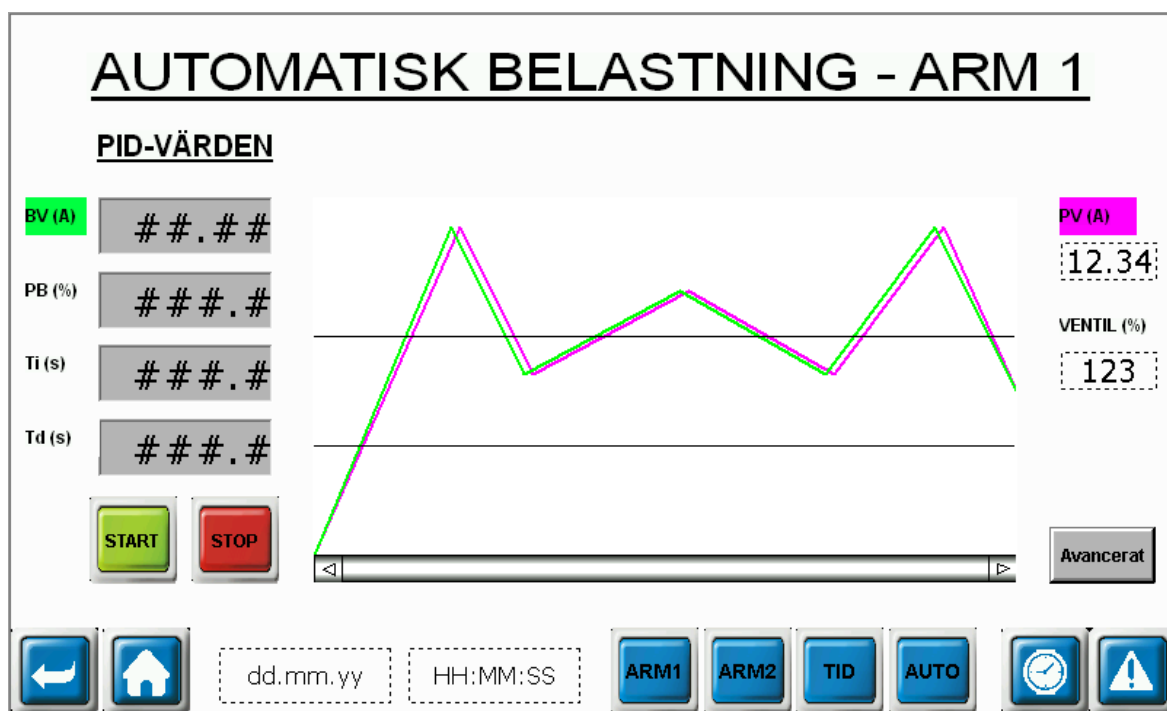
För metoden som användes i slutändan så skulle en annan strömgivare som redan är inbyggd i testroboten ha kunnat användas för att dra ner på kostnaderna, men den är ansluten till ett eluttag med 230 V spänning, så då skulle maskiner med andra matningsspänningar än 230 V inte ha kunnat användas smidigt med den nya applikationen.

Som man ser i grafen under rubriken 5.1 så förekommer trots jämn belastning ett brus, och detta är något som inte har betydelse för belastningstesterna, men som jag av personligt intresse gärna skulle undersöka närmare. Huvudmisstanken är att störningar från omgivningen påverkar mätningen och på så sätt skapar brus, eller att strömgivaren helt enkelt inte presterar tillräckligt bra. PID-värdena och samplingstiden kan också inverka, så att använda mer avancerade metoder för inställning av dessa kan vara ett första steg i att utreda orsaken till bruset. Att filtrera signalen från strömgivaren med olika typer av filter kan också vara en väg att gå, och jag hoppas att jag får möjlighet att utreda detta ytterligare.

6.1 Möjlig vidareutveckling

Utöver utredning av bruset har under arbetets gång också flera andra idéer beaktats, en sak jag konstaterade under testningsfasen var att en rampfunktion skulle kunna tillämpas som ser till att vid start ökas belastningen långsamt gradvis till det inmatade börvärdet, speciellt om man matar in ett högre börvärde för tillfället så blir starten ganska aggressiv innan stabilisering. Tills en sådan rampfunktion blir tillagd så gör man det manuellt för att undvika skador på testobjektet.

En annan funktion som kan implementeras är att i HMI:n skapa en graf som visar börvärdet och processvärdet, med den så skulle Ziegler-Nicholsmetoden vara smidigare att använda. Nedan visas grafiskt hur denna skulle kunna se ut, med börvärdet och processvärdet i ampere på Y-axeln och tiden på X-axeln.



Figur 26. Graf som visar börvärdet och processvärdet.

Mirka har flera testrobotar av samma typ, och att implementera en likadan funktion i dessa har redan kommit på tal och är också eventuellt ett projekt inom en snar framtid.

6.2 Slutord

Jag vill först och främst tacka min handledare och mina kollegor vid Mirka som har hjälpt mig under projektets gång och sett till att jag fått allt tänkbart stöd som behövts från arbetsplatsens sida för att utföra uppgiften. Att jag själv fick komma med förslag på examensarbete är något jag under projektets gång har kommit att uppskatta, eftersom jag i och med det har haft ett personligt intresse som jag inte tror att annars skulle ha erfårit med ett annat, givet examensarbete.

Jag vill också tacka min handledare Erik Englund vid Novia som har gett mig råd under projektets gång och stöd i den mer teoretiska delen av examensarbetet, med rekommendationer om litteratur och råd över hur skriftliga delen av examensarbetet ska byggas upp.

Jag är väldigt nöjd över detta examensarbete. Det har tidvis varit utmanande men mer givande än jag någonsin kunnat tro. Jag har fått använda min befintliga kunskap, men det finns inget moment under projektets gång där jag inte har lärt mig något nytt.

7 Källförteckning

- Åström, K. J., & Hägglund, T. (1995). *PID Controllers: Theory, Design and Tuning* (2 uppl.). Raleigh, Durham, Chapel Hill, North Carolina: Instrument Society of America.
- Bishop, R. H. (2001). *LabVIEW Student Edition 6i*. New Jersey: Prentice Hall.
- Delta Electronics Inc. (den 1 oktober 2015). DOPSoft User Manual. Taoyuan City, Taoyuan County, Taiwan. Hämtat från Delta Group:
<https://www.deltaww.com/services/DownloadCenter2.aspx?secID=8&pid=2&tid=0&CID=06&itemID=060302&TypeID=1&downloadID=DOP-B&title=DOP-B&dataType=8;3;&check=1&hl=en-US> den 2 april 2019
- Delta Electronics Inc. (2019). *Products - Touch Panel HMI - DOP-B07S415*. Hämtat från Delta Group:
<https://www.deltaww.com/Products/CategoryListT1.aspx?CID=060302&PID=336&hl=en-US&Name=DOP-B07S415> den 14 maj 2019
- Dinwiddie, K. (2019). *Industrial Robotics*. Boston: Cengage.
- John, K.-H., & Tieglekamp, M. (2010). *IEC 61131-3 Programming Industrial Automation Systems* (2 uppl.). Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Laitala, M. (den 15 april 2019). E-post konversation mellan Simon Kanckos och Matias Laitala. Jeppo, Finland.
- LEM International SA. (november 2018). LEM AC Current Transducer AT-B420L Datasheet. Switzerland. Hämtat från
https://www.lem.com/sites/default/files/products_datasheets/at-b420l.pdf den 2 april 2019
- LEM International SA. (u.å.). *AT 10 B420L*. Hämtat från LEM:
<https://www.lem.com/en/10-b420l> den 14 maj 2019
- Mirka Ltd. (2019a). *Företaget*. Hämtat från Mirka:
<https://www.mirka.com/sv/fi/top/About-us/> den 14 april 2019
- Mirka Ltd. (2019b). *Mirka logos*. Hämtat från Mirka:
<https://www.mirka.com/top/downloads/logos/?c=Media> den 15 maj 2019
- National Instruments. (2019). *Deploying from USB to Embedded with NI C Series Hardware*. Hämtat från National Instruments: <http://www.ni.com/product-documentation/6418/en/> den 15 maj 2019
- Omron Corporation. (maj 2007). CP1H/CP1L CPU Unit PROGRAMMING MANUAL. Kyoto, Japan.
- Omron Corporation. (2008). CP1L CPU Unit OPERATION MANUAL.
- Omron Corporation. (den 12 mars 2012). *Tips! Adressering i Omron PLC v1.01*. Hämtat från assets.omron.eu:
https://assets.omron.eu/downloads/manual/sv/v1/tips_adressering_i_omron_plc_getting_started_guide_sv.pdf

Omron Corporation. (2017). CP1H Data Sheet. Tokyo, Japan.

Omron Corporation. (2019). *CX-Programmer*. Hämtat från Omron, Europe:
<https://industrial.omron.eu/en/products/cx-programmer> den 18 mars 2019

Pått, J. (den 15 april 2019). E-post konversation mellan Simon Kanckos och testingenjör Joakim Pått. Jeppo, Finland.

SMC Pneumatics Ltd. (2015). SMC Series ITV Catalog. Noblesville, Canada. Hämtat från <https://www.smc Pneumatics.com/pdfs/ITV.pdf>

SMC Pneumatics Ltd. (u.å.a). *ITV1000/2000/3000, Electro-Pneumatic Regulator*. Hämtat från SMC Pneumatics: <https://smcpartbuilder.com/products/Airline-Equipment/Pressure-Regulators/Electronic-Regulators/ITV/ITV100020003000-Electro-Pneumatic-Regulator~127735> den 15 maj 2019

SMC Pneumatics Ltd. (u.å.b). SMC OPERATION MANUAL E/P REGULATOR ITV1000, ITV2000, ITV3000 Series.

Thomas, B. (2008). *Modern Reglerteknik* (3 uppl.). Stockholm: Liber Ab.

MIRKA® POWER TOOLS

Instruction Manual

Test robot 1 – Auto load application with PID controller

SKAN 2019



Instruction manual

1 Basic operation

1. Change the test robots pneumatic mode from manual to automatic. The switch is located below the table on the front right side.



Figure 1 – The switch for changing the pneumatic modes.

2. Connect the electric current sensor to the test objects power cord, on its phase conductor. Observe the direction of the sensor, the arrow in the loop shall face the test object. Seal the junction box to contain the conductors during the test. After this step you can connect the test object to the power outlet.

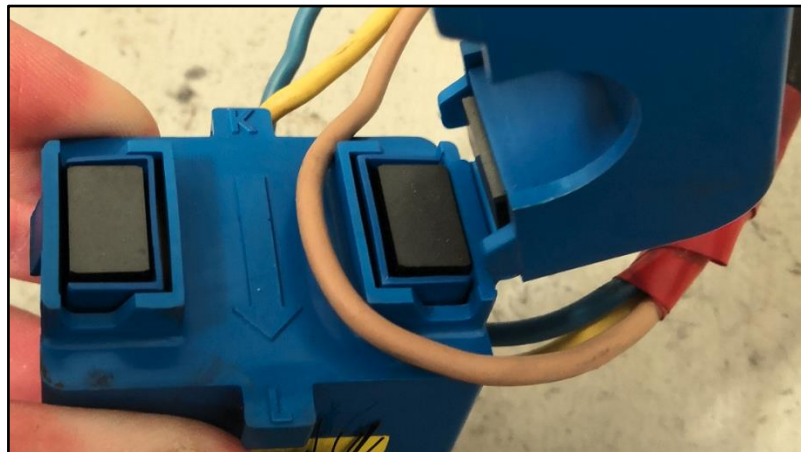


Figure 2 - The electric current sensor.

- Turn on the test robot and make sure air is supplied as usual. On any screen of the robots monitor, press the button “AUTO” on the bottom right to get to the auto load application.

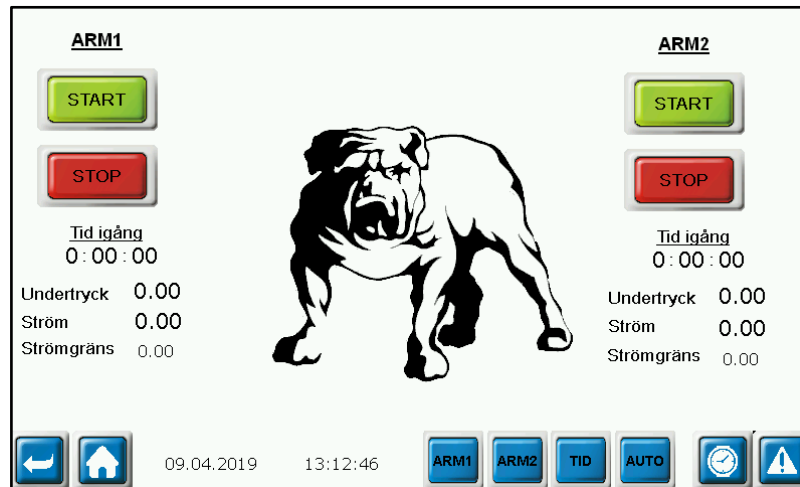


Figure 3 -Test robot 1 main screen. The “AUTO” button is on the lower row, the third button from the right side.

- Set the desired load in ampere in “BV (A)”. But start with a low value like 0.1 A, and gradually increase to the desired value, otherwise the test object might be damaged since the arm might press down too hard before the constant load is stabilized.

No other parameters usually need changing. To know how to set the desired load in ampere, see **Note¹**.

- All done. Turn on the test object and then start and stop the application with respective green and red buttons. The parameters can be changed during the testing for adjustment. The test sequence will not start if the test object is turned off.

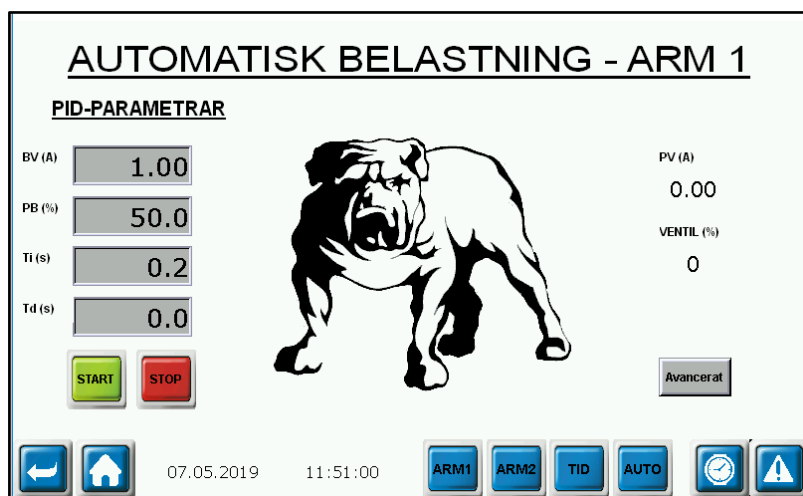


Figure 4 –The auto load application main screen. The PID parameters in this picture are usually sufficient.

Note¹ How to know the desired power consumption in ampere: Divide desired power consumption (W) with supply voltage (V). If you want to run a machine on constant 300 W → divide 300 W with the supply voltage, usually 230 V; $\frac{300\text{ W}}{230\text{ V}} = 1.30\text{ A}$.

2 Changing the PID parameters and advanced settings

2.1 PID parameters

“PB” is the P-parameter, “Ti” is the I-parameter and “Td” is the D-parameter. In this process the P-parameter is proportional band (0-1000 %), not traditional gain K. The relation between these values are: $PB (\%) = \frac{100\%}{K}$.

Change the PID parameters with Ziegler-Nichols method:

1. Set Ti to 999.9 s and Td to 000.0 s, this indicates that only proportional control is activated.
2. Increase the K parameter (convert PB to K) with a small value at a time until a steady-state oscillation occurs. The value when this occurs is K₀.
3. Measure the period time; the time (in seconds) between the high peaks, this is T₀.
4. Use the table below to calculate fitting parameters. The PI controller is most likely always the best option for this process.

Table 1 - Ziegler-Nichols PID controller tuning method.

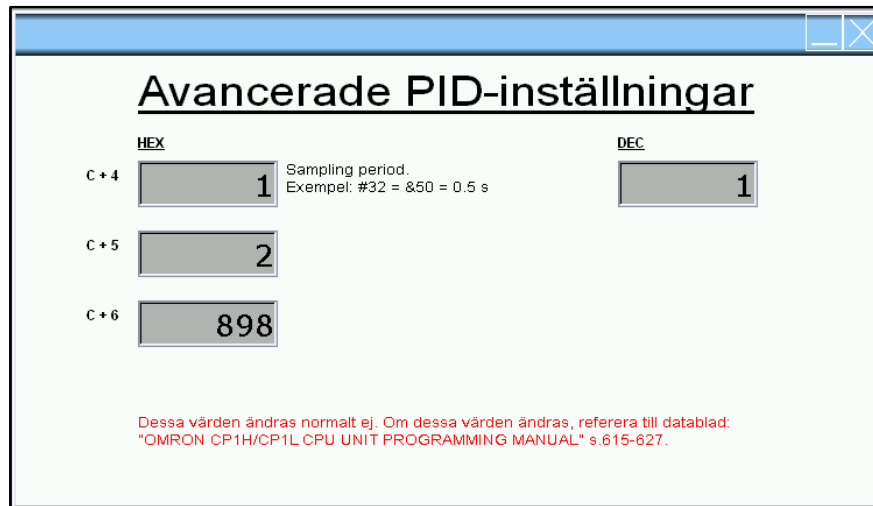
Controller	K	T _i	T _d
P	0.5 * K ₀		
PI	0.45 * K ₀	0.85 * T ₀	
PID	0.6 * K ₀	0.5 * T ₀	0.125 * T ₀

2.2 Advanced settings

You access this window from the button “Avancerat” in the auto load applications main screen.

Here you can change more PID settings. This is not recommended! Only change these settings if serious problems occur and if you have experience with Omron PLC programming and the Omron PID instruction!

Use OMRON CP1H/CP1L CPU UNIT PROGRAMMING MANUAL p. 615-627 as guidance.



The screenshot shows a window titled "Avancerade PID-inställningar" with a light green background and a blue title bar. The window contains three rows of input fields for parameters C+4, C+5, and C+6. The C+4 row has a "HEX" column with a value of "1" and a "DEC" column with a value of "1". The C+5 row has a "HEX" column with a value of "2". The C+6 row has a "HEX" column with a value of "898". To the right of the C+4 row, there is text: "Sampling period. Exempel: #32 = &50 = 0.5 s". At the bottom of the window, there is a red warning message: "Dessa värden ändras normalt ej. Om dessa värden ändras, referera till datablad: 'OMRON CP1H/CP1L CPU UNIT PROGRAMMING MANUAL' s.615-627."

	HEX	DEC
C+4	1	1
C+5	2	
C+6	898	

Dessa värden ändras normalt ej. Om dessa värden ändras, referera till datablad: "OMRON CP1H/CP1L CPU UNIT PROGRAMMING MANUAL" s.615-627.

Figure 5 - Auto load application, advanced settings – window. The parameters in this picture are usually sufficient.