

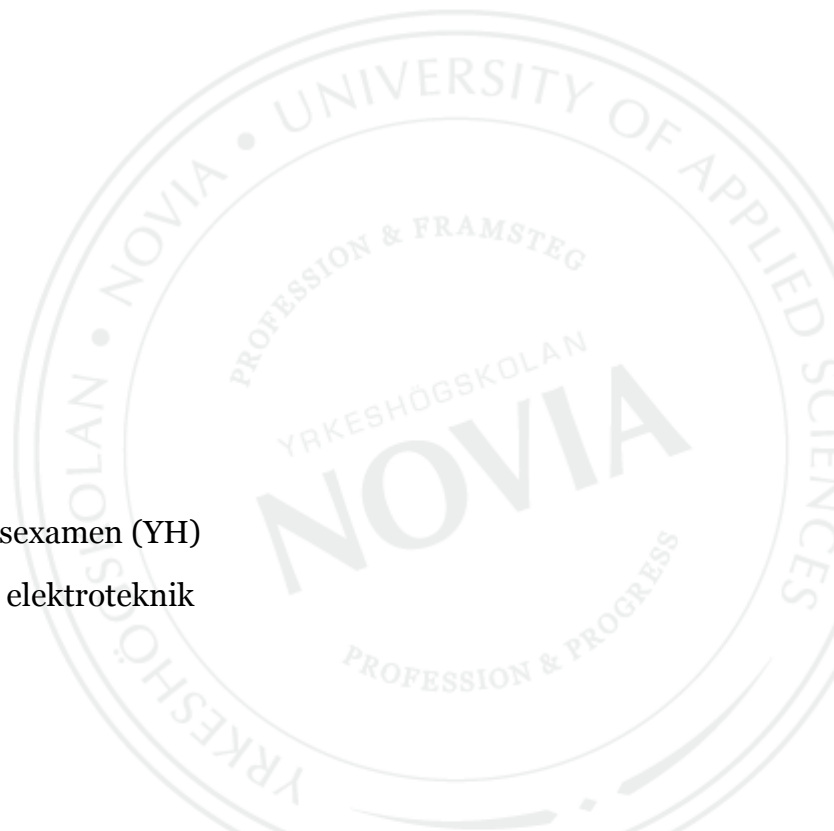
KO-pos positionsstyrning

Andreas Rönnqvist

Examensarbete för ingenjörsexamen (YH)

Utbildningsprogrammet för elektroteknik

Vasa 2012



EXAMENSARBETE

Författare: Andreas Rönnqvist
Utbildningsprogram och ort: Elektroteknik, Vasa
Inriktning/alternativ/Fördjupning: Automationsteknik
Handledare: Dag Björklund

Titel: *KO-pos positionsstyrning*

Datum 10.4.2012

Sidantal 27

Bilagor 3

Sammanfattning

Examensarbetet utfördes åt LKI Källdman Ltd. Arbetet bestod av att göra en undersökning av vilka moduler som krävs för att kunna skapa ett horisontellt positioneringssystem. Positioneringen styrs med hjälp av en regulator och styrsystemet ska implementeras i en PLC. PLC:n styr i sin tur en frekvensomformare som styr den drivande elmotorn. För att hålla reda på elmotorns position och hastighet används en pulsgivare som ger återkoppling till PLC:n och regleringssystemet. Målet med positioneringssystemet är att hitta ett mellanting mellan positionering med hjälp av gränslägesgivare och positionering med servomotorer. Undersökningen ledde till en del teori bakom positionering och en modell av positioneringssystemet.

Språk: svenska

Nyckelord: position, regulator, reglerteknik

Förvaras: Tritonia, Vasa vetenskapliga bibliotek





BACHELOR'S THESIS

Author: Andreas Rönqvist
Degree Programme: Electrical Engineering, Vaasa
Specialization: Automation Engineering
Supervisor: Dag Björklund

Title: *KO-pos position controller*

Date 10.4.2012

Number of pages 27

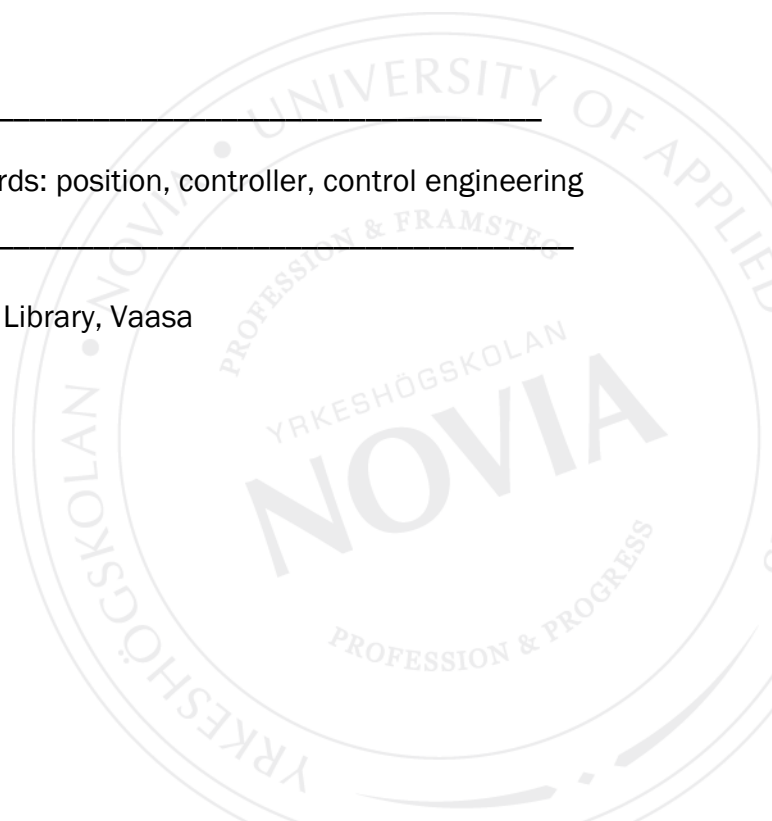
Appendices 3

Summary

The work was carried out at the request of LKI Källdman Ltd. The work consisted of making a study of the modules required to create a horizontal position controller. The position is controlled by means of a regulator and the control system is implemented in a PLC. The PLC in turn controls a frequency converter that controls the driving motor. To keep track of the electric motor's position and speed, there is a pulse encoder that provides feedback to the PLC and the control system. The goal of the positioning system is to find a cross between positioning with the help of limit switches and positioning with servo motors. The study resulted in some theory behind positioning and a model of the positioning system.

Language: Swedish Key words: position, controller, control engineering

Filed at: The Tritonia Academic Library, Vaasa



FÖRKORTNINGAR

P-regulator	Proportional (eng.)
I-regulator	Integral (eng.)
PI-regulator	Proportional Integral (eng.)
PD-regulator	Proportional Derivative (eng.)
PID-regulator	Proportional Integral Derivative (eng.)
PLC	Programmable Logic Controller (eng.)
kPPS	kilo Pulse Per Second.

BILAGEFÖRTECKNING

Bilaga 1, Datablad för PLC Q03UDE.

Bilaga 2, Datablad för höghastighetsräknare QD62E

Bilaga 3, Kod för profil generatorn.

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Uppdragsgivaren	1
1.2	Bakgrund	1
1.3	Arbetet	2
1.4	Avgränsningar.....	3
2	Teori	3
2.1	Programmerbar logik	3
2.2	Frekvensomriktare	4
2.3	Pulsgivare	6
2.3.1	Absolut pulsgivare	6
2.3.2	Inkrementell pulsgivare.....	7
2.4	Regulatorer.....	8
2.4.1	P-regulator.....	9
2.4.2	I-regulator.....	10
2.4.3	PI-regulator.....	11
2.4.4	PD-regulator	12
2.4.5	PID-regulator	13
3	Moduler.....	14
3.1	PLC och tilläggsenheter	14
3.2	Positionsstyrningens pulsgivare	14
3.3	Positionsstyrningens frekvensomformare	15
4	Parametrar till positionsstyrningen.....	16
4.1	Körprofil.....	16
5	Modell	19
6	Inställning av regulatorerna	21
7	Säkerhet	24
8	Förbättringar	26
9	Resultat	26
10	Slutord.....	26
	Källförteckning.....	27

KO-pos positionsstyrning

1 Inledning

I inledning tas det upp en kort presentation av uppdragsgivaren. Bakgrunden till examensarbetet och examensarbetets innehåll samt avgränsningar.

1.1 Uppdragsgivaren

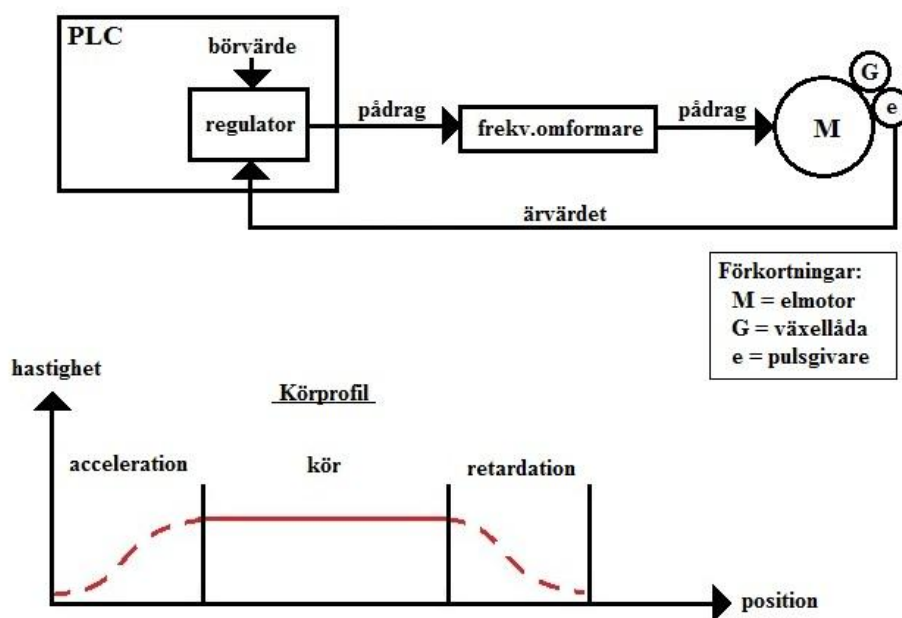
Uppdragsgivaren är LKI Källdman Ltd, som grundades 1979 av Leif Källdman. Företaget är beläget i Bennäs, Pedersöre och sysselsätter ungefär 110 personer. De utvecklar och tillverkar automatisk utrustning för att hantera och lagra material, t.ex. för plåthantering. Mer än 90 % av produktionen går till export, då främst till Europa och Nordamerika. Tokyobörsnoterade företaget Amada Co Ltd äger sedan 2009 20 % av LKI Källdman Ltd.

1.2 Bakgrund

LKI Källdman är i behov av att hitta en mera kostnadseffektiv modell för deras positioneringssystem. Positioneringssystemet används för deras lagerhyllor, där det är viktigt att materialet eller lasten stannar vid rätt position för att sedan kunna föras in i lagerhyllan. I dagens läge införskaffas positioneringssystem in utifrån, men med ett eget system skulle företaget spara in en del på kostnaderna för en maskin. Positioneringssystemet är implementerad i en frekvensomformare, vilket endast kräver insignaler som användaren anger. Eftersom inte företaget alls har något eget skulle det första steget vara att undersöka och ta reda på vad som behövs för att göra den enklaste varianten av positionering, alltså i horisontellt plan.

1.3 Arbetet

Examensarbetet bestod av att undersöka och peka ut vad som krävs för att klara av att positionera en last för en sträcka på ca 1 m – 10 m, vilka moduler som behövs, samt deras uppgift och plats i modellen. Det hörde också till att skapa en simuleringsmodell likt ett blockschema och beskriva hur in- och utsignaler ska se ut och blockets uppgift. Detta för att underlätta vid en eventuell implementering och programmering av modellen i en PLC. Denna modell som tas upp i detta arbete är positionering i horisontellt plan. Utrustning som finns till förfogande är PLC av märket Mitsubishi, frekvensomformare av märket SEW, samt en pulsgivare och en asynkron elmotor. Pulsgivarens funktion är att berätta för PLC:n var lasten befinner sig. Val av modell och märke på utrustningen styrs av att företaget använder dessa till andra maskiner också. Förflyttningen av lasten kan ske på många sätt, en variant kan vara att elmotorn, via kedjor och kugghjul, flyttar lasten i rätt riktning. Regleringen ska finnas i PLC:n och ska ge signaler till frekvensomformaren som styr motorn, se figur 1. Baserat på de givna börvärdena ska motorn accelerera till given hastighet och börja retardera till given position.



Figur 1. Skiss över KO-pos och körprofil.

1.4 Avgränsningar

Arbetet tar endast upp teori bakom hur en eventuell positionering skulle kunna fungera. Undersökningen begränsas till att definiera vilka moduler som behövs för att kunna tillämpa en positionering samt till att skapa en modell över ett styrsystem. Modellen består av block vars innehåll inte behöver specificeras mer än vilken signal som ska gå in och ur blocket. Några block tas upp mera till behandling för en noggrannare beskrivning. Värt att notera är att värden och påståenden i denna undersökning endast är teoretiska, så de kan skilja sig från verkligheten.

2 Teori

Under detta kapitel tas det upp teori bakom de moduler som finns i figur 1. Teorin ska ge en inblick i hur modulerna fungerar.

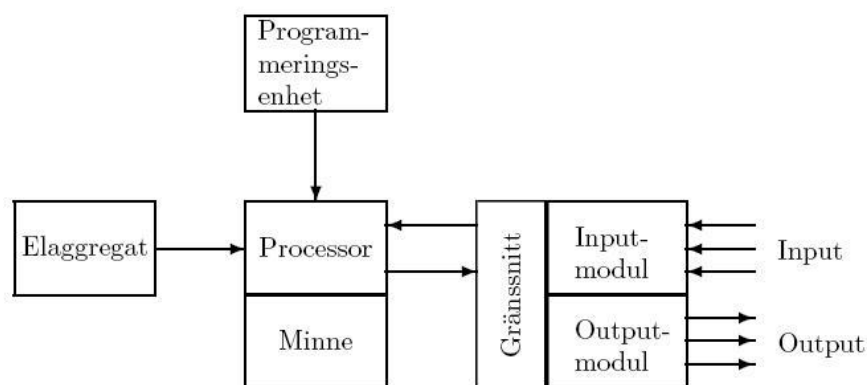
2.1 Programmerbar logik

Automatisering inom industrin är ett måste för att få de olika anläggningarna, med sina många enskilda processer, att samverka. För att hålla reda på de automatiska processerna används någon form av programmerbart styrsystem. Stabilitet och pålitlighet är två krav som ska uppfyllas av styrsystemet. Bland de många märken och modeller som finns på marknaden är det några som sticker ut och används ofta, bl.a. Siemens och Mitsubishi. För att klara av alla funktioner som finns i en anläggning krävs det större modeller av PLC:n. Oftast har även de större modellerna flera funktioner, som t.ex. användning av regulatorer. Möjligheten att bygga ut PLC:n med flera in- och utgångsmoduler är nästan ett krav eftersom anläggningen kan ändra funktionalitet i framtiden /9/.

PLC:n är den mest använda teknologin i världen för automatisering av processer. Genom att använda och automatisera anläggningar med PLC-teknik effektiveras och optimeras processerna. PLC:ns positiva egenskaper är flexibilitet, multikörning och snabbheten att ändra på programmen utan att ha alltför långa driftstopp. Nackdelen hos PLC:n är känsligheten hos ingångarna och i viss mån även utgångarna för strömpikar.

Ingångssignal till en PLC kan vara en analog signal, oftast mellan noll och tio volt. PLC:ns övre spänning fungerar även som insignal. Utgångssignalen eller utgångsspetsen sluts då utgången aktiveras av PLC-programmet och öppnas då utgången avaktiveras. Utgången består av två olika typer, reläutgång eller transistorutgång. Reläet klarar av större strömmar, men är långsammare. Transistorn klarar av flera brytningar, är snabbare, men klarar bara av mindre strömmar.

Själva PLC:n består av mindre enheter, se figur 2. Sedan finns det kringutrustning att koppla ihop med PLC:n vartefter behovet av funktioner. Enheterna för PLC:n är en processor som utför koden samt ett tillhörande minne att lagra koden i. Elaggregatet förser PLC:n med spänning, gränssnittet ger en översikt över in- och utgångarnas funktion /9/.



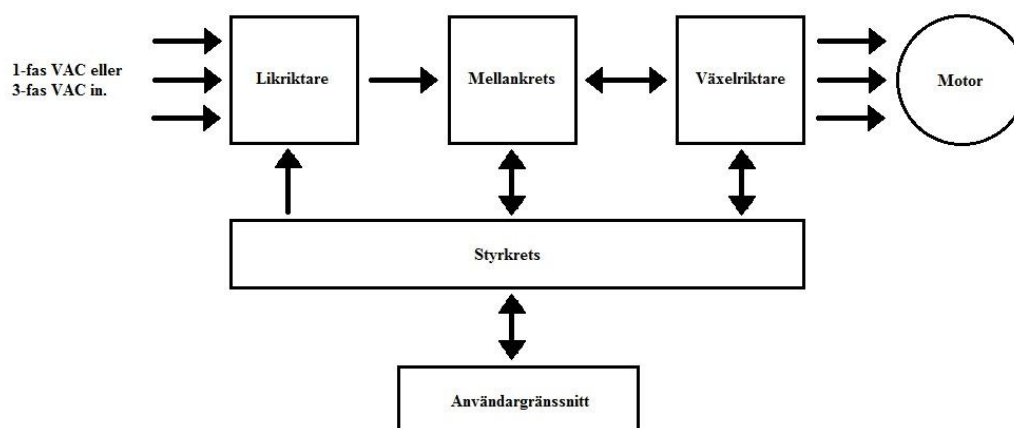
Figur 2. PLC uppbyggnad /9/.

2.2 Frekvensomriktare

Genom att använda sig av en frekvensomformare kan man elektroniskt styra en elmotor. Frekvensomriktare används främst på 3-fas växelströmsmotorer och ändrar om frekvensen och spänningen enligt användarens inställningar. Fördelarna med frekvensomriktare är

många, såsom möjligheten att specificera motorns varvtal, energibesparing och lägre underhållskostnader. Den ska kunna anpassa utgångsspänningen till motorn för att kunna uppnå bra driftförhållanden under hela reglerområdet. Detta ökar motorns arbetsområde, vilket också ökar motorns användningsområde.

Frekvensomformaren är uppbyggd av fem huvudgrupper, likriktare, mellankrets, växelriktare och styrkrets samt användargränssnitt, se figur 3. Likriktarens funktion beror lite på frekvensomformarens funktionsätt. Likriktaren matas med en växelspanning och ger vidare en pulserande likspänning. Det finns tre typer av likriktare, styrda, ostyrda samt halvstyrda. Halvstyrda är en kombination av styrda och ostyrda. Skillnaden mellan dessa är på vilket sätt likspänningen skapas. Mellankretsen finns i tre olika utföranden, beroende på hur växelriktaren ska påverkas: mellankrets med variabel likströmskrets som ändrar om likspänningen till likström och mellankrets som beroende på likriktartyp genereras en konstant eller variabel likspänningen. Den tredje varianten genererar också en variabel likspänning, men är uppbyggd på ett annat sätt. Växelriktaren ska anpassa utgångsspänningen beroende på den signal som mellankretsen skickar till växelriktaren. Huvudfunktionen hos växelriktaren är alltid att förse motorn med en variabel växelspanning. Användargränssnittet består oftast av en portabel liten enhet som har en display och några knappar. Genom att den är portabel, kan den användas till att ställa in flera frekvensomformare. För att kunna utnyttja och ställa in alla funktioner krävs det att instruktionsboken finns till hands, eftersom frekvensomformaren har kryptiska beteckningar på alla de funktioner som finns /7/.



Figur 3. Uppbyggnad av frekvensomformare /7/.

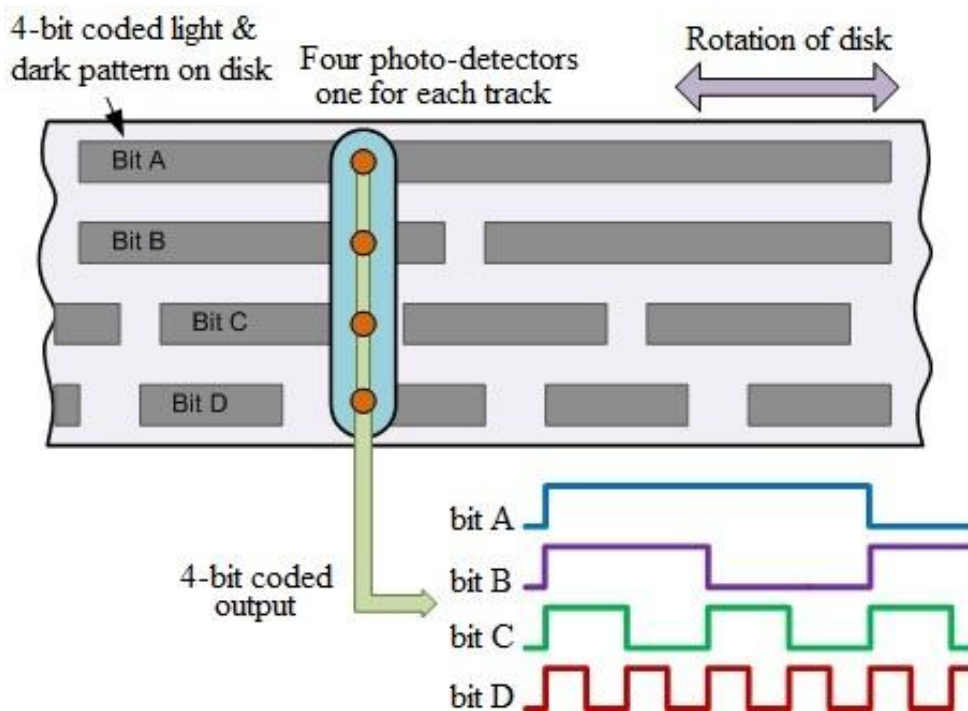
2.3 Pulsgivare

En roterande pulsgivare tar vinkeln eller rörelsen av en axel och konverterar detta till en analog eller digital signal. Den digitala signalen består av ett pulståg, vanligen en kombination av två pulståg som är fasförskjutna. Roterande pulsgivare används i industrin och andra tillämpningar som kräver en noggrannhet på en roterande axel. Pulsgivaren placeras direkt på motoraxeln eller på en växellåda som är sammankopplad med motorn. Växellådan fungerar oftast som en utväxling för att reducerar antalet pulser från givaren.

Roterande pulsgivare används oftast på servomotorer, som finns på robotarmar och CNC-maskiner. När pulsgivaren används på en vanlig elmotor, krävs det att återkopplingen till styrenheten är stabil och pålitlig för att säkerställa att positioneringen kommer att fungera tillförlitligt. Enheten som läser av pulsgivaren måste klara av att läsa av pulstågen i sin helhet, annars kan feltolkningar uppstå, vilket leder till positionsfel /8/.

2.3.1 Absolut pulsgivare

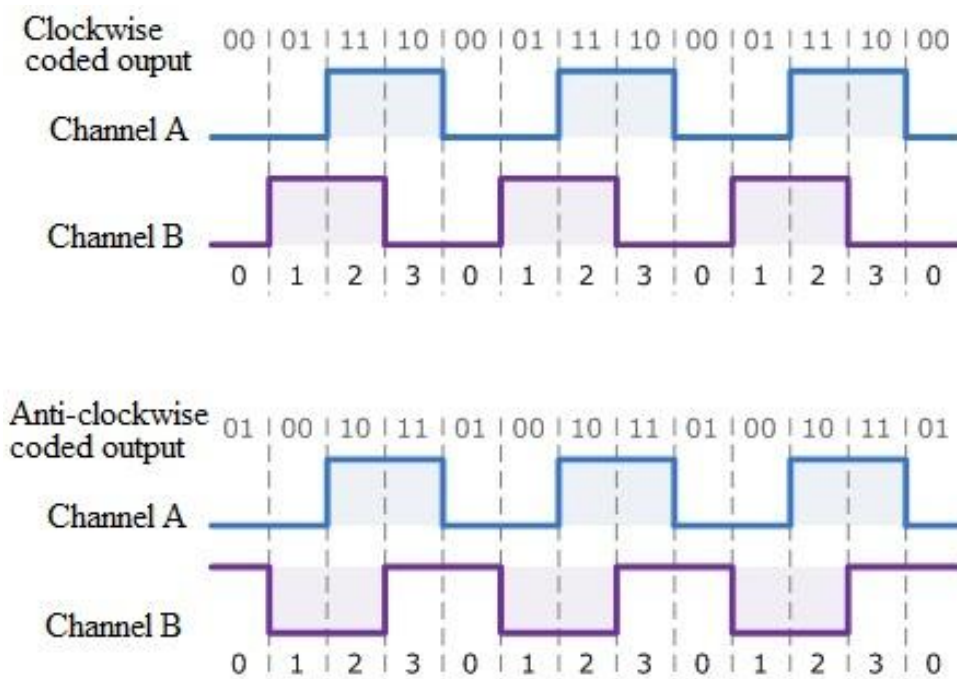
Den absoluta pulsgivaren genererar en unik kod för varje vinkel på axeln. Koden kan antingen vara i gray- eller binärform. Vinkelstegen beror på vilken upplösning pulsgivaren har, t.ex. en 10-bitars pulsgivare ger $2^{10} = 1024$ unika positioner per varv, vilket ger ett vinkelsteg på $360^\circ/1024 = 0,35^\circ$. Den anger en exakt positionskod så fort positionssystemet slås på, utan någon form av referenspunkt. Absoluta pulsgivare finns i två utförande, antingen som mekanisk eller optisk givare. Oftast är det den optiska absoluta pulsgivaren som används, eftersom den har en lång livslängd, är mångsidig och har en hög noggrannhet samt hög upplösning. Utsignalen från pulsgivaren består av ett pulståg vars storlek beror på hur många bitar pulsgivaren har, se figur 4 /8/.



Figur 4. Absolut pulsgivare/1/.

2.3.2 Inkrementell pulsgivare

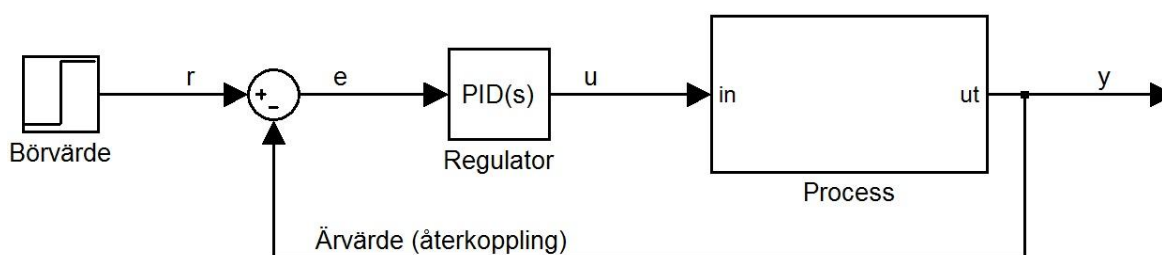
Den inkrementella pulsgivaren genererar även den en unik binär kod under ett varv, men endast då den roteras. Det är elektronik utanför pulsgivaren som utför beräkningen. Det är också den som bestämmer den position varifrån räkningen av pulser ska starta. Detta kan kräva någon form av referenspunkt på maskinen som ska positioneras. Det finns två typer av funktionsätt, mekanisk eller optisk. Där den mekaniska pulsgivaren används oftast till billigare elektroniksaker, t.ex. för volymkontroll. Detta beror på att den kräver studs borttagning och har även begränsad varvtalshandling. Den optiska varianten används alltså oftast vid tillämpningar där position och hastighet ska fastställas och/eller regleras. Den har två utgångskanaler, A och B, där B är förskjuten med 90° gentemot kanal A. Kanalerna A och B kallas även för kvadratur utgångar, pga. fasförskjutningen. Det finns även en tredje utgångskanal Z, som används som referens, vilket ger en puls en gång per varv. Beroende på vilken kanals pulståg som går hög, kan rotationshålllet bestämmas eller fastställas, se figur 5 /8/.



Figur 5. Inkrementell pulsgivare/5/.

2.4 Regulatorer

För att höja på automatiseringsnivån inom industrin används ofta reglerteknik tillsammans med PLC-teknik. Reglertekniken går i stort ut på att en process med en reglerstorhet ska följa en given referenssignal eller börvärde. Processen kan påverkas med styrsignaler, är utsatt för störningar och börvärdesförändringar. Reglerproblemet blir att hitta en stabil och pålitlig reglering av denna process, se figur 6. Oftast används en s.k. återkoppling, där utsignalen från processen också blir en insignal till regulatorn. Det önskvärda värdet, som även kallas för *börvärdet* r , är det värde man vill att processen ska följa. Det s.k. *ärvärdet* y , är det riktiga värdet som processen ger ut. *Reglerfelet* e mellan dessa två värden är insignal till regulatorn och regulatorns utsignal u är *styrsignalen* till processen. Önskvärt är att reglerprocessen är robust och stabil /2/.



Figur 6. Regleringsprocess och styrsignaler.

Den vanligaste regulatoren som förekommer är den s.k. PID-regulatorn. Regulatoren kan kombineras till flera olika regulatorer, P, I, PI och PD. Vad bokstäverna står för beskrivs mera i detalj nedan. Ideala regulatorer finns bara i teorin, i praktiken finns det alltid begränsningar, t.ex. max. och min. värde på styrsignalen. Nedan följer stegsvar från de olika regulatorerna, beakta den horisontella axeln i figurerna 7 – 11, vilken representerar tiden i sekunder. Graferna visar snabbheten hos de olika regulatorerna.

2.4.1 P-regulator

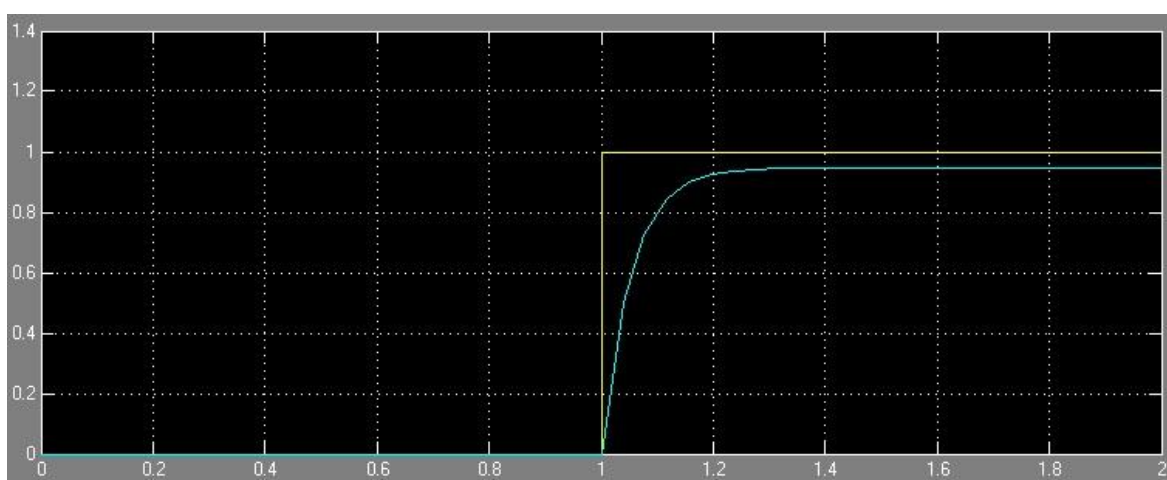
I denna regulator är styrsignalen proportionell mot reglerfelet. Regulatoren har en parameter K , som representerar förstärkningen. Värdet på K bestämmer hur mycket regulatoren ”drar på” för att korrigera felet i utsignalen. Ett stort värde på K ger en mera instabil regulator, men också en snabbare regulator. Om värdet på K är för stort kommer systemet att börja oscillera. Nackdelar med bara en P-regulator är att det kan bli kvarstående fel efter t.ex. en stegformad börvärdesförändring som i figur 7.

P-regulatorns algoritm:

$$u = K \cdot e$$

Överföringsfunktion:

$$G(s) = K$$



Figur 7. Stegsvär för en P-regulator (blå linjen).

2.4.2 I-regulator

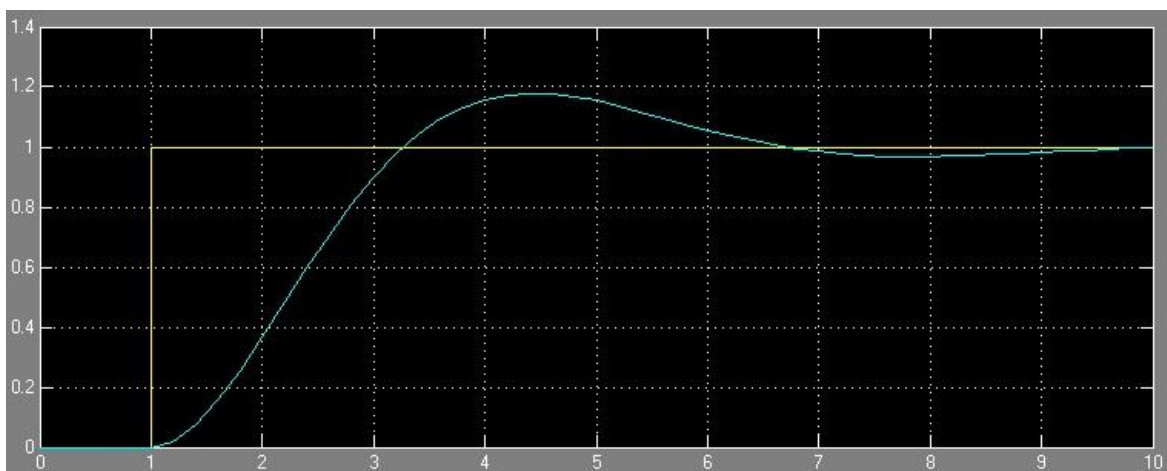
Den integrerande regulatoren tar integralen av felet och använder det som styrsignal. Integraltiden T_I , bestämmer snabbheten för integreringen. Värdet på T_I behöver vara passande. Ett stort värde ger en långsam eliminering av felet. Ett litet värde ger en för snabb eliminering, vilket leder till oscillering och instabilitet, se figur 8.

I-regulatorns algoritm:

$$u(t) = \frac{1}{T_I} \int_0^t e(t) dt$$

Överföringsfunktion:

$$G(s) = \frac{1}{T_I s}$$



Figur 8. Stegsvär för en I-regulator (blå linjen).

2.4.3 PI-regulator

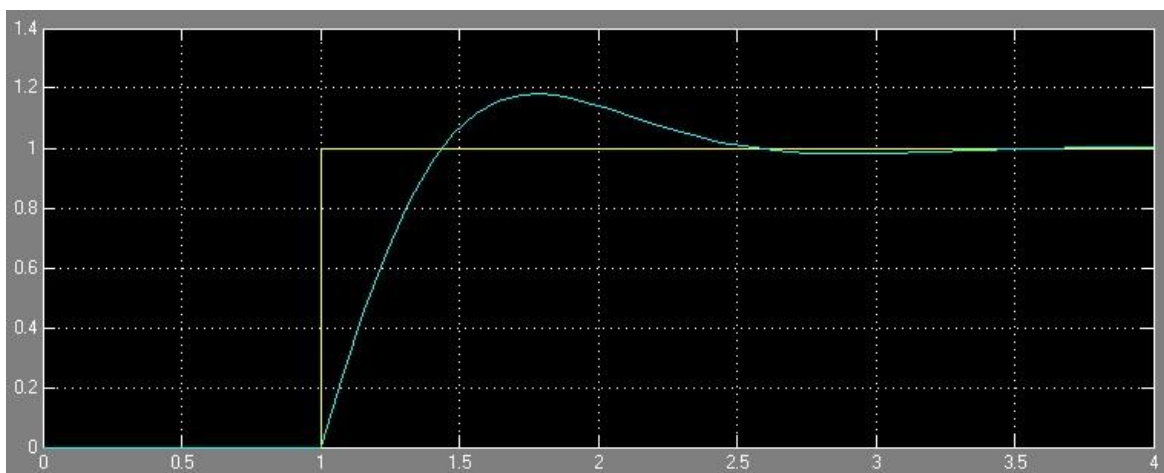
Är en kombination av P- och I-regulatorn, där I-delen kommer att eliminera det kvarstående felet av P-delen. I-delen kommer att öka snabbheten hos regulatorn, men stabilitet kommer att försämrats, se figur 9. Regulatorns parametrar är K och T_I , där K kommer att påverka båda delarna.

PI-regulatorns algoritm:

$$u(t) = K[e(t) + \frac{1}{T_I} \int_0^t e(t) dt]$$

Överföringsfunktion:

$$G(s) = K(1 + \frac{1}{T_I s})$$



Figur 9. Stegsvär för en PI-regulator (blå linjen).

2.4.4 PD-regulator

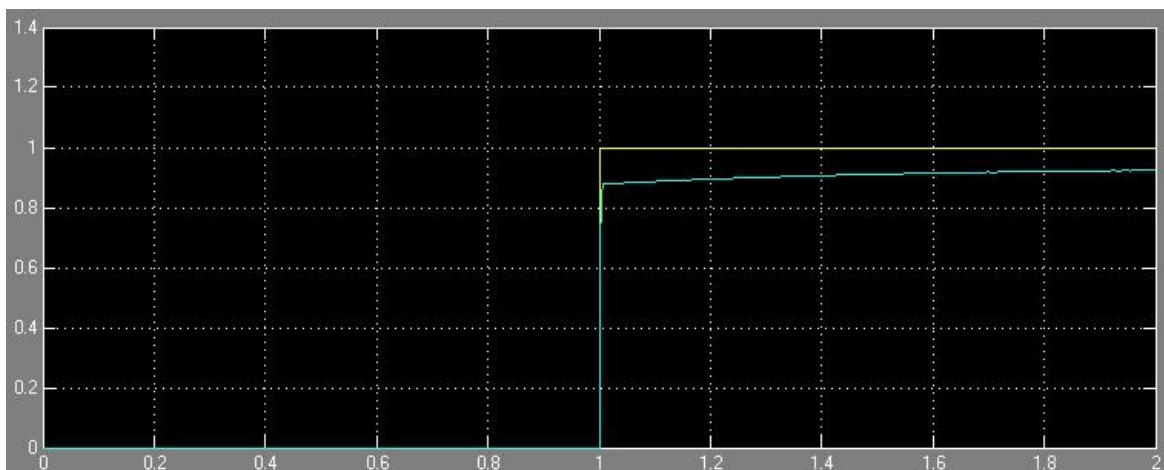
En kombination av P- och D-regulatorn (derivering) kommer att förbättra hastighet och/eller stabiliteten. PD-regulatorn reglerar inte det nuvarande felet, utan det förutsedda felet efter tiden T_D i framtiden. D-delen är känslig för brus och kan bli instabil om bruset är högfrekvent och deriveringens förstärkning är stor, se figur 10. D-delen används aldrig ensamt, utan alltid i en PD- eller PID-regulatorn.

PD-regulatorns algoritm:

$$u(t) = K[e(t) + T_D \cdot e'(t)]$$

Överföringsfunktion:

$$G(s) = K(1 + T_d s)$$



Figur 10. Stegsvär för en PD-regulator (blå linjen).

2.4.5 PID-regulator

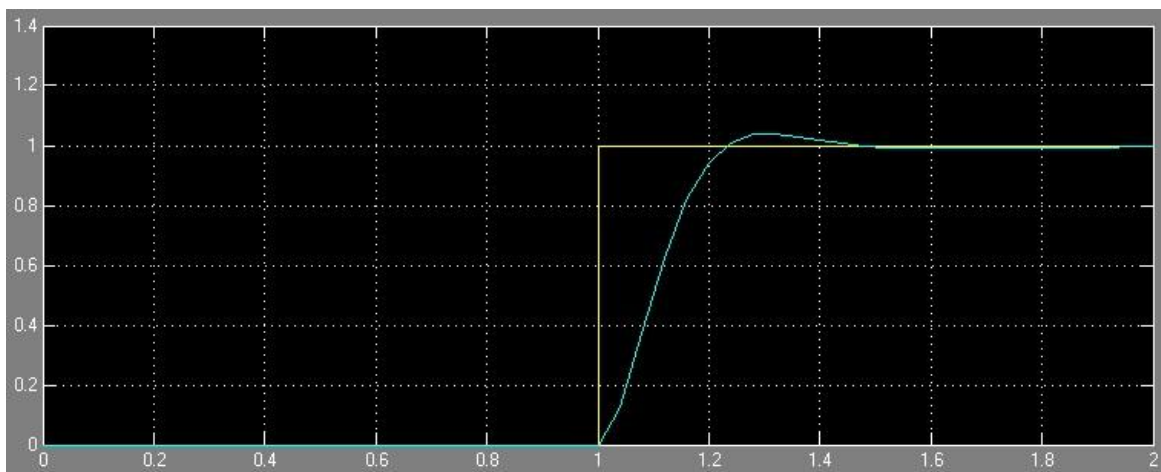
En PID-regulator är en kombination av P-, I- och D-regulator. Där I-delen eliminerar kvarstående fel och D-delen förbättrar stabiliteten och/eller snabbheten. Parametrarna K , T_I och T_D har en ganska liten intervall där den ger en bra reglering, se figur 11. Därför finns det ett antal olika strukturer och metoder att ställa in en PID-regulator.

PID-regulatorns algoritm:

$$u(t) = K[e(t) + \frac{1}{T_I} \int_0^t e(t) dt + T_D \cdot e'(t)]$$

Överföringsfunktion:

$$G(s) = K(1 + \frac{1}{T_I s} + T_D s)$$



Figur 11. Stegsvär för en PID-regulator (blå linjen).

3 Moduler

För att positionssystemet ska fungera krävs en del moduler. Dessa moduler som nämns här kan bytas ut och ändras, det är inget som står fast. Några av modulerna används inom LKI-företaget och således används de också i denna undersökning. Det är förstås en kostnadsfråga och det är bättre om komponenter som finns inom företaget kan användas till flera saker.

3.1 PLC och tilläggsenheter

PLC:n som används är av märket Mitsubishi Q03UDE och hör till Q-serien. Den här PLC:n har många olika varianter av PID-regulatorer, utöver en hel del andra specialinstruktioner /8/. Andra specifikationer och prestanda för PLC:n kan ses i databladet i bilaga 1. En I/O-modul som kopplas samman med PLC:n krävs också. Antalet I/O, alltså storleken på modulen, bestäms utgående ifrån om PLC:n bara ska hantera positionering eller även andra processer.

Enheten som ska hinna med och räkna pulståget från pulsgivaren kan vara s.k. höghastighetsräknare (high speed counter) QD62E, som har samma tillverkare som PLC:n och utav namnet tillhör den samma serie. Den är en 32-bitars räknare vilket ger ett räkneområde mellan -2147483648 och 2147483647. Värdena för området kommer ifrån 2^{32} , vilket ger 4294967296. Den har två kanaler in som klarar av att räkna med en hastighet på 200 kHz (kPPS) /3/. Höghastighetsräknarens prestanda hittas i databladet i bilaga 2.

3.2 Positionsstyrningens pulsgivare

Till positionsstyrningstillämpningen kan två olika typer av pulsgivare användas, absolut eller inkrementell pulsgivare. Båda har sina för- och nackdelar och båda går att använda för positionsstyrningen. Absolutpulsgivaren kräver flera ingångar på PLC:n än den inkrementella pulsgivaren, detta för att pulståget skickas ut bitvis.

Troligtvis kommer den inkrementella pulsgivaren att användas ifall positioneringsstyrningen börjar utvecklas, eftersom denna givare används från förr i andra tillämpningar inom företaget. Det finns olika pulsgivare som är utformade och har egenskaper enligt deras användningssätt. Med användningssätt menas vilken typ av rotationshastighet de ska tåla, hur stor belastning de klarar av och vilken skyddsklass de tillhör för att nämna några aspekter. Pulsgivaren som ska användas i positionsstyrningen kan vara en inkrementell pulsgivare. Eftersom pulsgivaren kan komma att vara placerad på en växellåda, behöver den inte nödvändigtvis klara av större rotationshastigheter och den kan behöva vara bra skyddad.

För att positioneringen ska vara möjlig krävs det god kontroll och bevakning av två viktiga parametrar. Nämligen hastigheten och självfallet positionen. I denna undersökning används pulsgivaråterkoppling, vilket var målet från början, ingen annan metod har framkommit som skulle vara mera lämpligt för KO-pos systemet. Genom pulsgivaråterkopplingen får PLC:ns styrsystem ett pulståg. Ur pulståget fås hastigheten, samt integralen av hastigheten som ger positionen.

Med en teoretisk och felfri pulsåtergivning skulle systemet fungera bra, i verkligheten finns det några saker som kan störa noggrannheten för positioneringen. Frekvensen på pulståget kommer att ligga i 10-tals kHz-området, vilket kan leda till att några pulser kommer bort vid räknaren i PLC:n. Därför behöver hastigheten för pulsgivarens pulståg och PLC:ns ingånghastighet stämma överens. Ett annat problem som tar ner på noggrannheten är t.ex. glapp i växellådan, kedjor som blir uttöjda med tiden, vilket gör att pulser blir för få/många. En störning som kommer i slutet av körningen, kan leda till att lasten åker förbi den givna positionen och måste då backa för att rätta till detta.

3.3 Positionsstyrningens frekvensomformare

Frekvensomformaren kan vara en basmodell eftersom regleringen nu ska ske i PLC:n, gentemot nuläget då regleringen sker i frekvensomformaren. Märket kommer troligen att vara SEW. Modellen bestäms utgående från hur stor effekt motorn har för ifrågasvarande maskin där positionsstyrningen ska tillämpas. Motorns storlek kan sedan i verkligheten kräva att det kopplas ett externt bromsmotstånd till frekvensomformaren.

4 Parametrar till positionsstyrningen

För att positionsstyrningen ska fungera behöver användaren mata in fyra viktiga parametrar, se tabell 1. Parametrarna behövs för att systemet ska kunna räkna ut en körprofil som fungerar som börvärdet för systemet. I positionsstyrningens PLC-program måste det göras någon form av begränsning av hastigheten, accelerationen och retardationen. Användaren ska inte kunna mata in ett för stort värde för dessa parametrar. Denna begränsning kan finnas i systemet som beräknar körprofilen, men information om felinmatningen ska ges åt användaren.

Tabell 1. Parametrar för KO-pos.

Parameter	Enhet
Önskad position, pos	mm
Hastighet, v	mm/s
Acceleration, a	mm/s ²
Retardation, r	mm/s ²

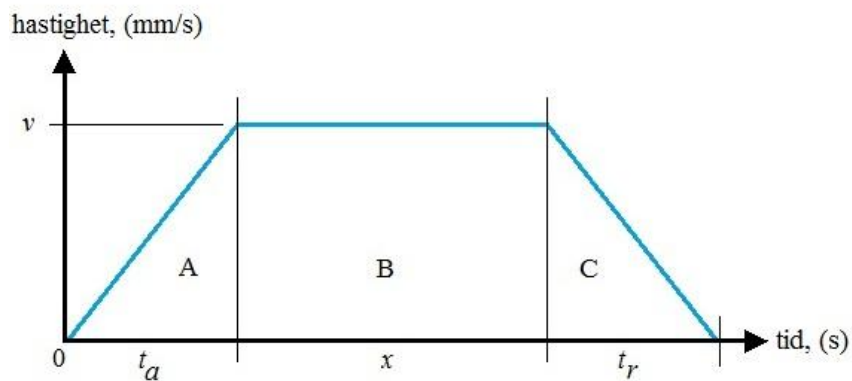
4.1 Körprofil

Utgående ifrån de givna parametrarna ska positionsstyrningens PLC-program räkna ut en körprofil. Körprofilen består av en acceleration, konstant hastighet samt en retardation. Körprofilen fungerar som börvärde till positionsstyrningens reglersystem. Vid beräkningen av körprofilen delas den in i tre delar, A (acceleration), B (konstant hastighet) och C (retardation), se figur 12. Den enda okända konstanten x måste beräknas för att få veta hur länge lasten ska köras med konstant hastighet. För att beräkna x används integralen av hastigheten som ger sträckan, integralen av de tre delarna A, B och C är lika med deras area. Detta gör att den angivna positionen är lika som den totala arean, utgående från detta kan x lösas ut genom följande formler:

$$\int_0^{t_a+x+t_r} v(t)dt = pos$$

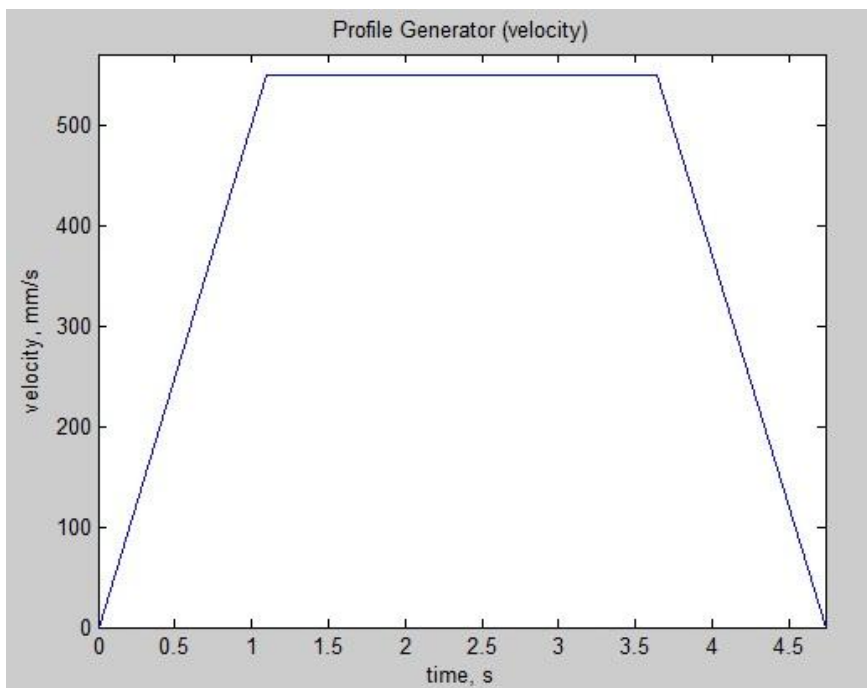
$$\frac{t_a \cdot v}{2} + x \cdot v + \frac{t_r \cdot v}{2} = pos$$

$$x = (pos - \frac{t_a \cdot v}{2} - \frac{t_r \cdot v}{2})/v$$

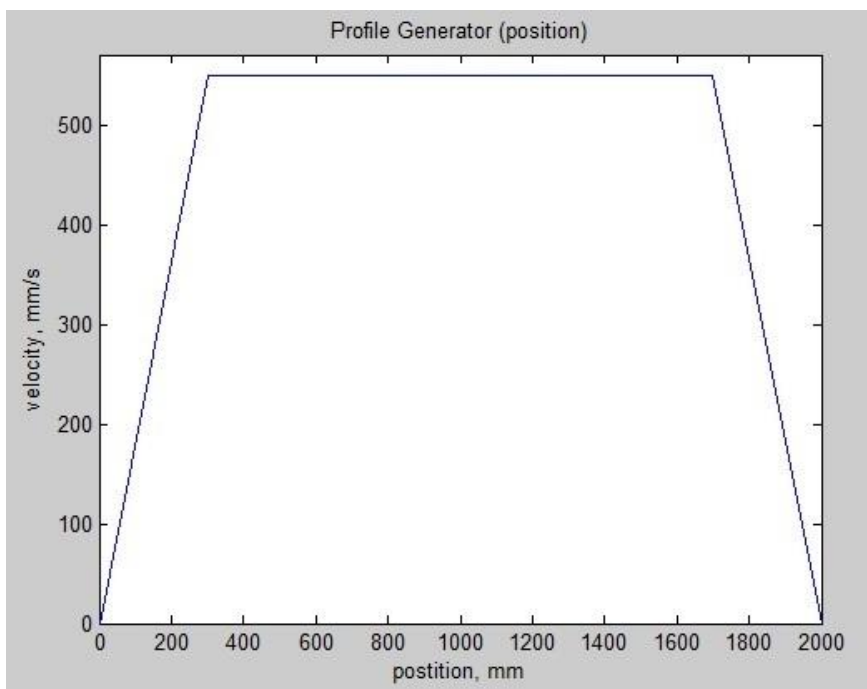


Figur 12. Körprofil.

Tiderna t_a och t_r räknas ut genom att dividera hastigheten v med accelerationen a respektive retardationen r , vilket ger en accelerationstid och retardationstid i sekunder. Insättning av konstanterna i den sistnämnda formeln ger ett värde på x i sekunder och en slutgiltig körprofil kan ses i figur 13. Matlab-skriptet för körprofilen finns i bilaga 3 och körprofilen i tid; figur 13 och körprofilen i sträcka; figur 14.

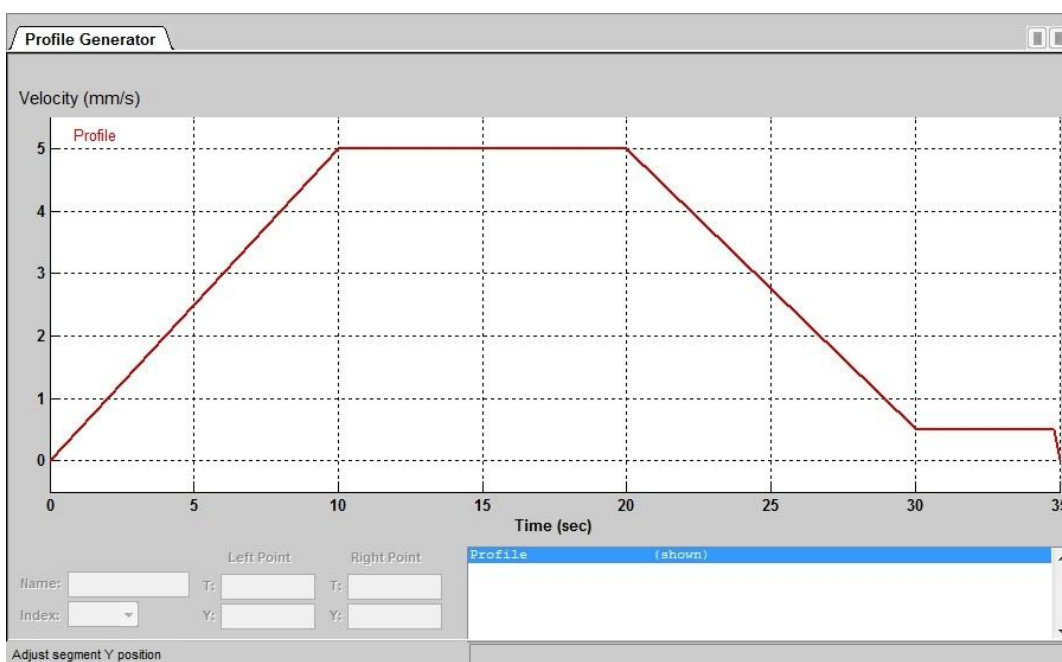


Figur 13. Körprofil i tid.



Figur 14. Körprofil i sträcka.

För att öka på noggrannheten hos slutpositionen kunde en annan typ av körprofil användas. Körprofilen skulle retardera till en låg kryphastighet för att från denna hastighet kunna bromsa in exakt vid den angivna positionen, se figur 15. Denna typ av körprofil skulle dock innebära en längre körtid, men i gengäld minska risken för att lasten kör förbi önskad position och är tvungen att backa. Denna typ av körprofil kunde fungera bättre då vikten på lasten kan variera med flera ton.



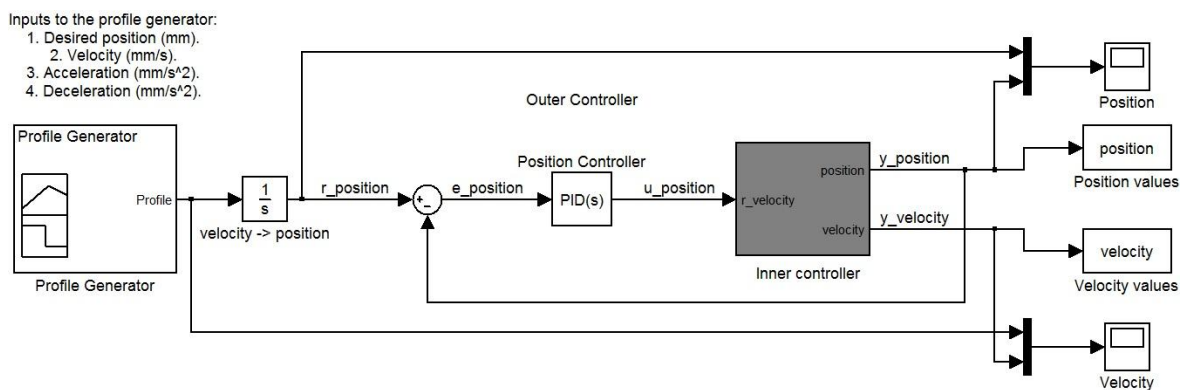
Figur 15. Körprofil med retardering och krypfart.

5 Modell

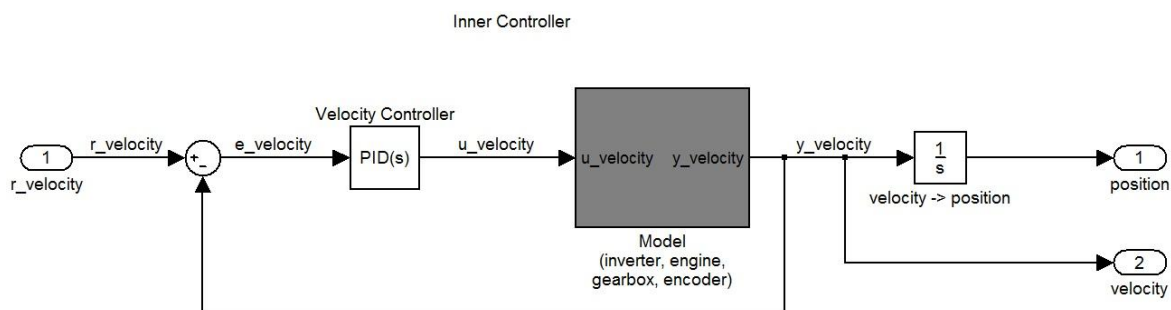
Positionsstyrningsmodellen designades och simulerades i Matlab och Simulink, övergripande figur av modellen kan ses i figur 16. Regleringssättet i modellen kallas för kaskadreglering, vilket innebär att två regulatorer är seriekopplade. Denna uppbyggnad ger en inre och en yttre regulator. En kaskadregulators funktion är sådan att det största felet elimineras av den inre regulatorn för att inte felet ska ha en så stor betydelse i den yttre regleringen. I positionsstyrningsmodellen skulle den inre regulatorn reglera hastigheten och den yttre regulatorn reglera positionen. Det går säkert att ändra på modellen och regleringssättet, men i denna undersökning togs bara kaskadreglering med.

I Simulink finns ett verktyg som heter signal builder, vilket kan jämföras med en profilgenerator. Hur det ser ut i signalblocket kan ses i figuren 15 i kapitel 4. Vid simuleringen med modellen för positionsstyrningen representerar körprofilens vertikala och horisontella axel hastighet respektive tid, enheterna är mm/s och s. Profilgeneratoren skickar körprofilen vidare till ett integreringsblock, som integrerar hastigheten för att få ut positionen. Den yttre positionsregulatorns utsignal skickas vidare till den inre regleringen.

Den inre regleringen kan ses i figur 17. Insignalen (börvärdet) till den inre regleringen skickas till hastighetsregulatorn. Hastighetsregulatorn skickar sin utsignal till en modell. Modellen består av allt som finns efter PLC, alltså frekvensomformaren, motorn och eventuell växellåda. Modellen innehåller ett antaget första ordningens system med död tid på 50 ms. För att få en realistisk modell borde en provkörning göras av den riktiga processen, för att identifiera systemet, genom t.ex. stegsvarsanalys. Efter modellen tas en återkoppling som påverkar reglerfelet före hastighetsregulatorn. Återkopplingen tas från samma ställe som för den yttre regleringen, alltså pulsgivaren.

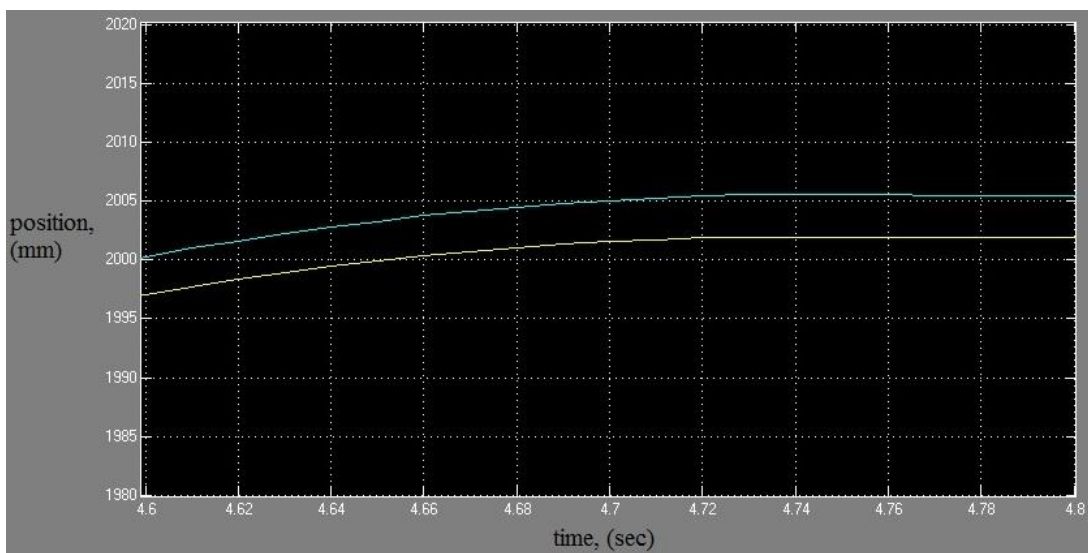


Figur 16. Modell av KO-pos i Simulink (yttre reglering).

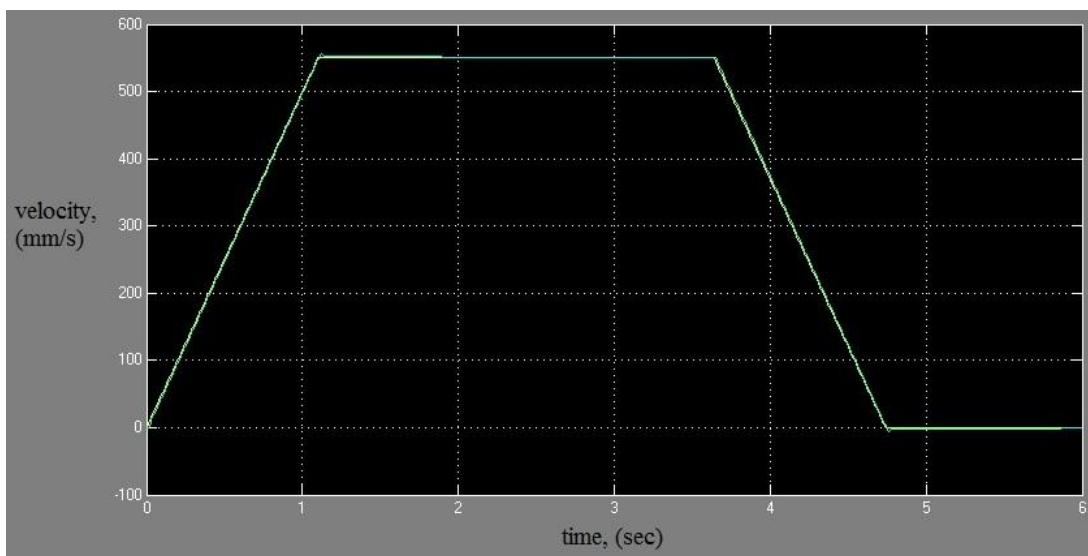


Figur 17. Modell av KO-pos i Simulink (inre reglering).

En simulering av positionsstyrningsmodellen gjordes med följande parametrar: 2000 mm, 550 mm/s, 500 mm/s² samt -500 mm/s². Den totala tiden för denna förflyttning blir 4,7 sekunder. Den inre regulatorn är en PI-regulator och den yttre regulatorn är en P-regulator. Resultatet av simuleringen kan ses i figur 18 och 19. Figur 18 representerar hur bra lasten (blå linje) når den givna positionen, det lämnar ett kvarstående fel som kanske går att korrigera genom att öka en aning på *I*-delen. Figur 19 visar hastigheten, alltså körprofilen från start till stopp. I simuleringen testas endast hur bra reglersystemet lyckas följa börvärdet, inga störningar har satts in i modellen. Regulatorerna ställdes in med hjälp av autotuning-funktionen. Regulatorerna bör givetvis ställas in så att systemet inte behöver backa, förutom då störningar introduceras nära den angivna positionen vilka systemet inte hinner kompensera för. I verkligheten måste lasten köra fram och tillbaka för att stanna vid rätt position. Det går inte att vänta hur länge som helst, utan lasten stannas efter lämplig tid och man kan då se hur stor positionsfelet blev.



Figur 18. Simulering av position.



Figur 19. Simulering av hastighet.

6 Inställning av regulatorerna

Det finns många olika tumregler och metoder att följa då det gäller att ställa in en regulator. En orsak till detta är att det har utvecklats många olika typer av regleringssätt och prestandan ska vara olika, snabb, långsam osv. Oftast måste det ske en kompromiss mellan snabbhet och stabilitet. Det lönar sig att använda någon systematisk metod i stället för att bara prova sig fram /4/. I ett system med en kaskadregulator ställer man först in den inre regulatorn och sedan den yttre regulatorn.

En av de mest kända tumregelsmetoderna är Ziegler-Nichols svängningsmetod. Fördelen med denna metod är att överföringsfunktionen inte behöver vara känd, nackdelen är enkelheten som inte ger de bästa inställningarna. Det ger dock en bra grovinställning av processen och en slutlig finjustering förbättrar regulatorn. Ziegler-Nichols inställningsparametrar kan ses i tabell 2. Inställningen inleds med att parametrarna I och D sätts till noll och parametern P justeras så att systemet börjar självsvänga. Då självsvängning uppstår noteras värdet på P och kallas då för K_0 . Periodtiden för självsvängningen noteras och kallas för T_0 . Sedan räknas reglerparametrarna K , T_I och T_D ut på basis av K_0 och T_0 . Några svenska reglertekniker, Karl Johan Åström och Tore Hägglund, har tagit fram bättre parametrar som ger bättre stabilitet, se tabell 2 /2/.

Tabell 2. Tumregler för Ziegler-Nichols metod.

Regulator	Parametrar		
	K	T_I	T_D
P	$0,5 \cdot K_0$	-	-
PI	$0,45 \cdot K_0$	$0,85 \cdot T_0$	-
PID	$0,6 \cdot K_0$	$0,5 \cdot T_0$	$0,125 \cdot T_0$
PID enligt K-J.Å. och T.H.	$0,35 \cdot K_0$	$0,77 \cdot T_0$	$0,19 \cdot T_0$

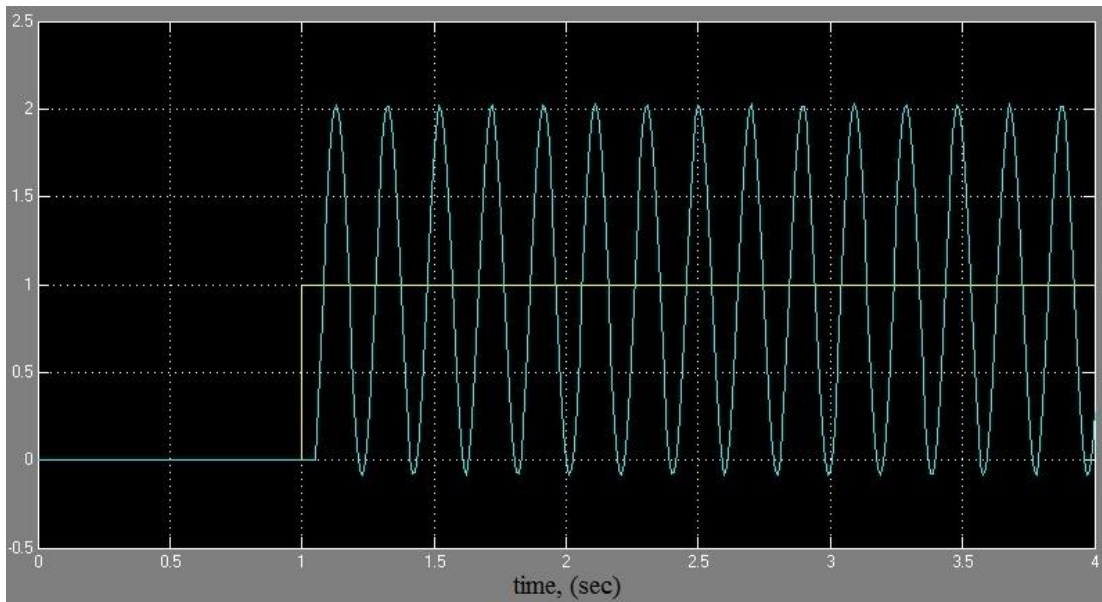
Nedan följer ett exempel på hur systemet ställs in med hjälp av Ziegler-Nichols metoden. Börjar med att ställa in den inre PI-regulatorn genom att sätta parametrarna I och D till noll och parametern P har fått ett värde som sätter systemet i självsvängning, se figur 20. Värdet på P är 32,333 och överförs till K_0 . Periodtiden läses ur grafen och överförs till T_0 , vilket i detta fall blir 0,38. Sedan utförs beräkningen av $K = 0,45 \cdot K_0 = 6,91$, $T_I = 0,85 \cdot T_0 = 0,31$, T_D lämnas med värdet noll, värdena överförs till PI-regulatorn. Den yttre P-regulatorn justeras så att systemet börjar självsvänga och värdet på P överförs till K_0 , som i detta fall är 15,347, notera att parametrarna I och D sätts till noll. Beräkningen av endast förstärkningen ger $K = 0,5 \cdot K_0 = 7,67$, värdet överförs till P-regulatorn. Regulatorerna i Simulink tar en annan typ av parametrar, P , I och D . Detta kräver att man utför en mellanberäkning för att få parametervärdena att stämma överens enligt följande:

$$P = K$$

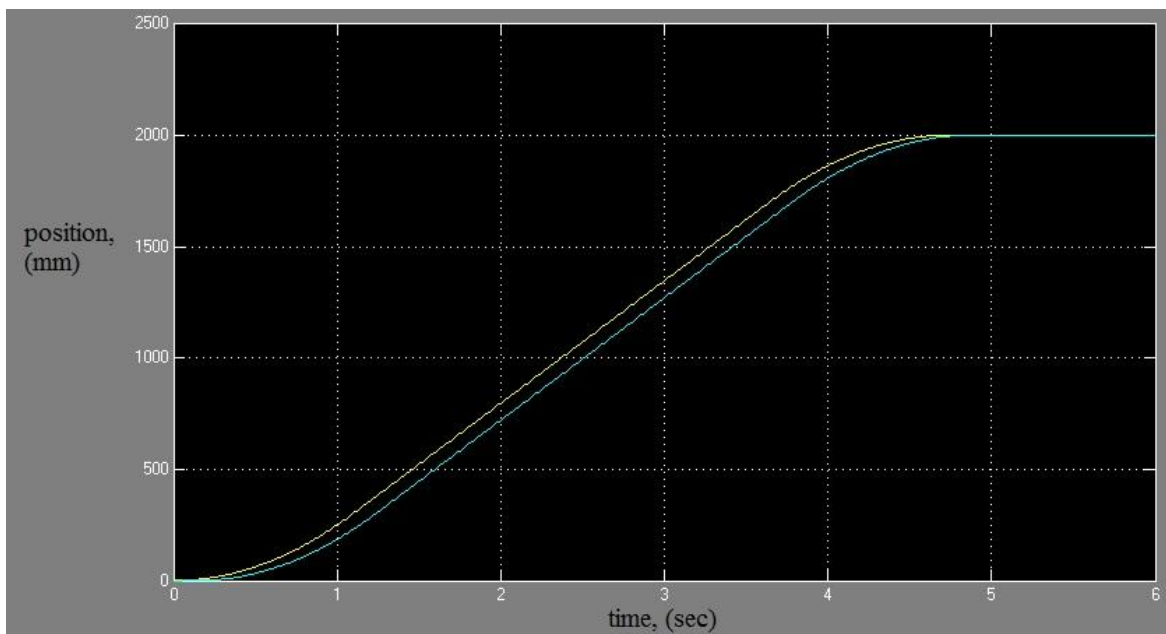
$$I = K \cdot \frac{1}{T_I}$$

$$D = K \cdot T_D$$

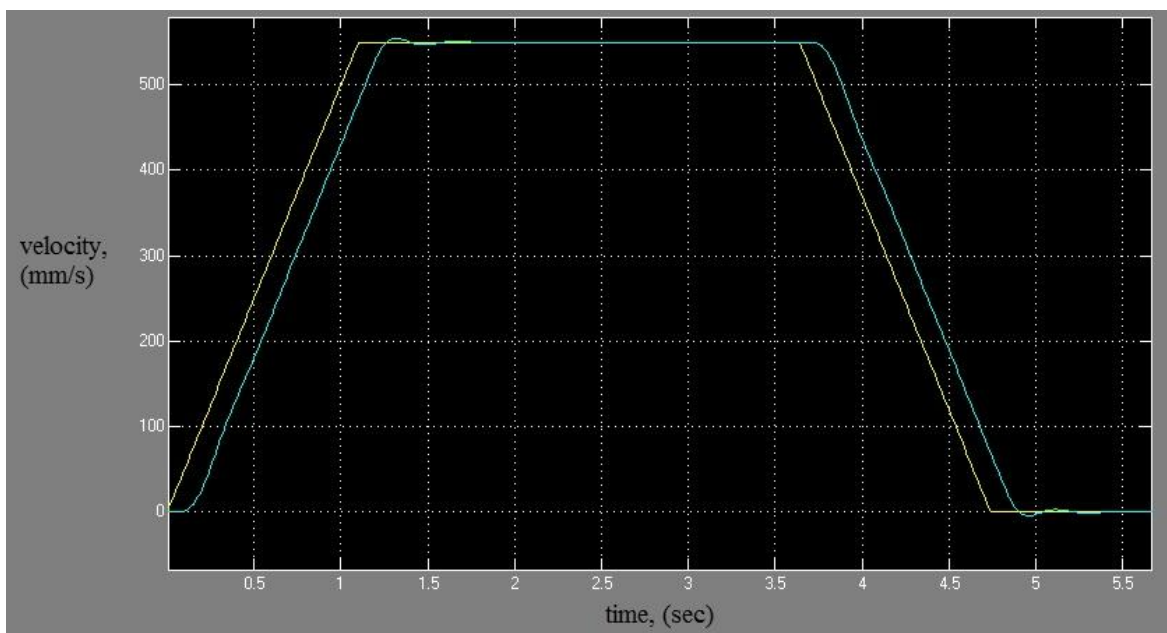
Efter att de nya värdena på parametrarna läggs in i regulatorerna körs en ny simulering, se figurerna 21 och 22. Figurerna visar att det ännu krävs en finjustering av parametrarna för att få ett bättre resultat, men den största grovinställningen är gjord. Notera i figur 22 då systemet är tvungen att backa för att upprätthålla positionen.



Figur 20. System i självsvängning.



Figur 21. Systemet inställt enligt Ziegler-Nichols metod.



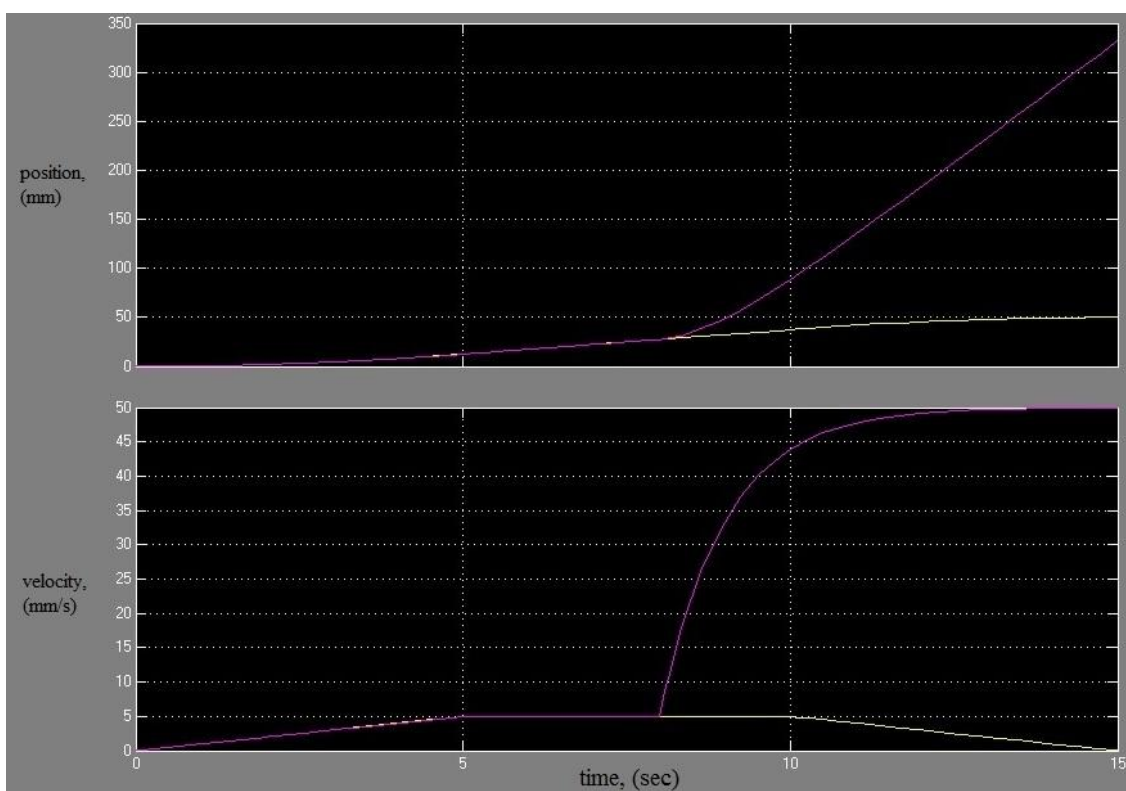
Figur 22. Systemet inställt enligt Ziegler-Nichols metod.

7 Säkerhet

Säkerheten är något som alltid måste beaktas, speciellt här då det rör sig om stora och tunga laster. På grund av lasternas tyngd kan det uppstå stora personliga och materiella skador ifall det blir något fel i positionsstyrningen. En stor del av farliga situationer skulle gå att åtgärda redan med begränsningar hos parametrarna som användaren matar in. Detta för att undvika för häftiga och kanske omöjliga körprofiler. Många fel kan säkert uppstå, men de två fel som kan orsaka mest bekymmer är pulsgivarfel och kabelbrott på pulsgivarkabeln. Pulsgivarfelet gör att lasten tror att den är någon annanstans än den verkligen är, vilket kan leda till att lasten åker utanför sitt fysikaliska område. För att undvika detta, kan det vara bra att ha någon typ av gränslägesgivare i båda ändarna av lastens körfält. Även i PLC-programmet kunde det finnas inställt ett visst arbetsområde för lasten, detta med hjälp av pulsgivaren.

Kabelbrott på pulsgivarkabeln ställer till större problem. Simulering av kabelbrott i Matlab visar att både positions- och hastighetssignalen skjuter i höjden då kontakten med pulsgivaren bryts, se figur 23. Det kan antas att kabelbrott har någon liknande effekt också i verkligheten. Ändringslägesbrytarna hjälper till viss del, men om kontakten genast bryts vid start kan lasten få upp en hög fart innan den når brytaren. Övervakningen måste ske i PLC-programmet. Det måste finnas en viss tolerans på hur mycket den verkliga hastigheten får skilja sig ifrån den angivna körprofilen. Ifall hastigheten rör sig utanför toleransen, retarderas hastigheten till noll för lasten.

Nödstopp behöver förstås finnas på maskinen. Ifall nödstoppet trycks in kunde det finnas en specifik retardationsprofil som kopplas in. Efter kvittering kunde lasten köra tillbaka i låg hastighet och användaren skulle vara tvungen att mata in en ny körprofil. Ifall något fel uppstår kunde en typ av indikering göra det synligt att något är på tok. Indikering går att koppla samman med de olika situationer, som räknats upp i kapitel 7, som kan uppstå. Detta skulle kunna fungera som en enkel alarm- och självdiagnostikfunktion, som gör det lättare att hitta felet.



Figur 23. Position och hastighet vid kabelbrott.

8 Förbättringar

Genom att grundligt ställa in regulatorerna går det att förbättra noggrannheten för positionssystemet. För att specificera dessa åtgärder måste nog positionssystemet testas i verkligheten. En förbättring som kunde tas i beaktande är att en till parameter som skulle representera vikten på den last som ska flyttas matas in, för att på detta sätt beräkna en säkrare och noggrannare körprofil. Tas ett steg till framåt kunde beräkningssystemet utvecklas så att det räknar ut en optimal körprofil beroende på vikten hos produkten. Parametrarna hastighet, acceleration och retardation tas bort eller görs till en valmöjlighet för användaren, flytta på produkten med egna inställningar eller med en automatisk körprofil.

9 Resultat

Undersökningen resulterade i en modell för positionsstyrningen som ska klargöra hur PLC-programmet kan uppbyggas. Även en matematisk modell för hur en profilgenerator kunde tillämpas för att skapa en körprofil åt positionssystemet presenterades.

10 Slutord

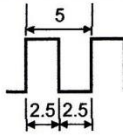
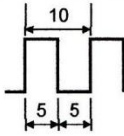
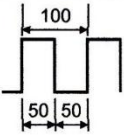
Det svåra i detta examensarbete var att det bara var teori, det skulle ha varit mera givande att få identifiera processen i verkligheten. Det som kom fram i undersökningen skulle jag gärna även ha sett i praktiken. Förhoppningsvis kan detta vara en grund till ett positionssystem och skulle implementeras i PLC:n och testas i verkligheten.

Källförteckning

- /1/ Absolut pulsgivare.
http://www.electronics-tutorials.ws/io/io_2.html (Hämtat: 25.3.2012)
- /2/ Bertil Thomas (2008)
Modern Reglerteknik
ISBN: 978-91-47-09323-6
- /3/ High speed counter.
http://www.plcsystems.ru/catalog/Mitsubishi/doc/QD62_Manual.pdf
(Hämtat: 26.3.2012)
- /4/ Hägglund Tore (1990)
Praktisk processreglering
ISBN: 91-44-31301-2
- /5/ Inkrementell pulsgivare.
http://www.electronics-tutorials.ws/io/io_2.html (Hämtat: 25.3.2012)
- /6/ Mitsubishi Q-serie.
<http://gnnvietnam.com/upload/pdf/QnU%20PLC%20Series%20Brochure1.pdf> (Hämtat: 26.3.2012)
- /7/ Positionering av last med frekvensomriktare.
http://www.iea.lth.se/publications/MSTheses/Full%20document/5231_Postionering%20av%20last%20med%20frekvensomriktare.pdf
(Hämtat: 25.3.2012)
- /8/ Pulsgivare.
http://en.wikipedia.org/wiki/Rotary_encoder (Hämtat: 25.3.2012)
- /9/ Rönnqvist, Andreas (2010)
El och PLC-styrning för spånanläggning.
Examensarbete för ingenjörsexamen vid Yrkehögskolan Novia.

Datablad för höghastighetsräknare QD62E

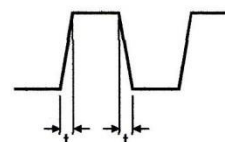
QD62E (DC input sourcing output type) performance specifications

Model name		QD62E		
Item				
Counting speed switch settings * 1		200 k (100 k to 200 kPPS)	100 k (10 k to 100 kPPS)	10 k (10 kPPS or less)
I/O occupied points		16 points (I/O assignment: Intelligent 16 points)		
Number of channels		2 channels		
Count input signal	Phase	1-phase input, 2-phase input		
	Signal level ($\phi A, \phi B$)	5/12/24 V DC 2 to 5 mA		
Counter	Counting speed (max) * 2	200 kPPS	100 kPPS	10 kPPS
	Counting range	32-bit signed binary values (-2147483648 to 2147483647)		
	Model	UP/DOWN Preset counter + Ring counter function		
	Minimum count pulse width (μs) (Duty ratio 50 %)	 (Min. phase differential for 2-phase input: 1.25 μs)	 (Min. phase differential for 2-phase input: 2.5 μs)	 (Min. phase differential for 2-phase input: 25 μs)
Coincidence output	Comparison range	32-bit signed binary values		
	Comparison result	Set value < Count value Set value = Count value Set value > Count value		
External input	Preset	5/12/24 V DC		
	Function start	2 to 5 mA		
External output	Coincidence output	Transistor (sourcing type) output : 2 points/channel 12/24 V DC 0.1 A/1 point 0.4 A/1 common		
5V DC internal current consumption (A)		0.33		
Weight (kg)		0.11		

*1: The counting speed switching can be set using the intelligent function module switch.

*2: Counting speed is affected by pulse rise and fall time. Possible counting speeds are shown in the following table. Note that if a pulse that has a large rise and/or fall time is counted, a miscount may occur.

Counting speed switch settings	200 k	100 k	10 k
Rise/fall time	Both 1 and 2 phase input		
$t = 1.25 \mu s$ or less	200 kPPS	100 kPPS	10 kPPS
$t = 2.5 \mu s$ or less	100 kPPS	100 kPPS	10 kPPS
$t = 25 \mu s$ or less	—	10 kPPS	10 kPPS
$t = 500 \mu s$	—	—	500 PPS



Kod för profil generatorn

```

##### Inputs #####

pos=2000;          % Position, mm
v_max=550;         % Hastighet, mm/s
a_max=500;         % Acceleration, mm/s^2
r_max=500;         % Retardation, -mm/s^2

% 100mm/s = 0.1m/s = 0.36km/h
% 1km/h = 0.28 m/s = 280mm/s
#####

% Räkna hur länge det tar att accelerera till hast.
time_acc = v_max/a_max;
% Räkna hur länge det tar att retardera till noll.
time_ret = v_max/r_max;

% Beräkna sträckan av accelerationen A.
A = (v_max*time_acc)/2;
% Beräkna sträckan av retardationen C.
C = (v_max*time_ret)/2;

% Körstid.
time_drive = (pos-A-C)/v_max;
% Totala förflyttningstiden.
time_tot = time_acc + time_drive + time_ret;
% Beräkna sträckan av hastigheten B.
B = v_max*(time_tot-time_acc-time_ret);
% Totala förflyttningen.
tot_pos = A+B+C;
% Beräkna var retardationen ska börja.
time_ret_start = time_tot - time_ret;

% Plottar hastighet
figure(1)
plot([0,time_acc],[0,v_max])
hold on
plot([time_acc,time_ret_start],[v_max,v_max])
hold on
plot([time_ret_start,time_tot],[v_max,0])
axis([0 time_tot 0 v_max+20])
title('Profile Generator (velocity)')
xlabel('time, s')
ylabel('velocity, mm/s')

% Plottar position
figure(2)
plot([0,A],[0,v_max])
hold on
plot([A,A+B],[v_max,v_max])
hold on
plot([A+B,tot_pos],[v_max,0])
axis([0 tot_pos 0 v_max+20])
title('Profile Generator (position)')
xlabel('position, mm')
ylabel('velocity, mm/s')

```