

Automatisk inställning av bagerimaskiner



Daniel Hanbo

Department of Industrial Electrical Engineering and Automation
Lund University



LUND INSTITUTE
OF TECHNOLOGY
Lund University

Automatisk inställning av bagerimaskiner



av

Daniel Hanbo

Lund Tekniska Högskola
Institutionen för Industriell Elektroteknik och Automation
September 2001 Lund

Sammanfattning

Examensarbetet har varit ett första steg i automatiseringen av en bagerilinjé innehållande fyra maskiner som serietillverkas. Med automatiserad inställning menas att mekaniska och elektriska inställningar skall ställa in sig själva efter ett tidigare sparad läge/värde som väljs på en operatörspanel.

En prototyp av ett styrsystem till en bagerimaskin har byggts och flera problem har identifierats. För att styra hela processen är en lämplig styrenhet(dator) en PLC. Till denna kopplas en extern I/O (ingångar/utgångar)enhet samt en D/A(digital till analog signal)enhet.

PLC:n är programmerad för att spara inställningar, automatisk lägga till eller ta bort inställningar. Programvaran innehåller också rutiner för att styra den första maskinen i linjen, avvägaren samt att kommunicera med en operatörspanel.

Avvägare har studerats ingående med tanke på automatisering. För detta rekommenderas en mindre likströmsmotor för att utföra den mekaniska inställningen. Likströmsmotorn skall driva en ställskruv som flitigt manövreras av operatören idag, vilket skall undvikas i framtiden med en automatisk inställning. En givare behövs även så att ställmotorn ställer in sig rätt. Här rekommenderas en linjär lägesgivare som klara de krav på noggrannhet som finns för en korrekt inställning. Till likströmsmotorn behövs även ett styrkort för motorreglering

Med en linjär lägesgivare och rätt PLC-modell kan den mekaniska inställningen styras med hög precision vilket är nödvändigt för att avvägarens toleranskrav skall uppfyllas.

För att hela bagerilinjén skall bli automatiserad krävs att givare och ställmotorer appliceras på de tre övriga maskinerna i linjen. Detta är främst ett omfattande mekaniskt konstruktionsarbete som behövs genomföras för att uppnå en helt automatiserad linje.

Det föreslagna styrsystemet har kapacitet för att styra alla maskiner och relativt små insatser behövs göras för att skriva programvara till de tre resterande maskinerna i bagerilinjén.

Abstract

This thesis describes the principles for modifying an existing bakery line, consisting of four serially produced bakery machines, from manual to automatic control.

The automatic control is defined as the process automatically returning mechanical and electrical settings to the predefined position/figure, initially set at the operator display.

A prototype of the control system has been developed in order to control the various manual operations. One of the four machines was selected for the application, but the control system has the capacity to control all machines in the line. A PLC process computer, connected to an external I/O unit and a D/A-converter respectively, controls the overall process. The PLC is programmed to automatically add, store or delete the different settings. Communication with the operator display as well as control of the first machine in the production line, the dough divider, are other functionality's of the software.

In order to suggest an automatic operation the dough divider has been studied in detail. An actuator, by the type of a small D.C.-motor, has been used to develop the mechanical set up. The D.C.-motor will automatically operate the ball screw unit, which presently is manually operated. The motor needs to be complemented by a sensor for automatic adjustments. A linear position sensor can control accurate settings. In addition, a programmable power supply for the control of the motor is required.

A linear position sensor and a suitable PLC model will direct the ball screw unit with high accuracy for complying with the dough dividers accuracy demands.

If the line should be fully automated, a sensor as well as an actuator will have to be applied at every machine in the line. This is a challenging development of the mechanical construction and is outside the scope of this thesis.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. INLEDNING	7
1.1 BAKGRUND	7
1.2 PROBLEMFÖRMULERING	7
1.3 SYFTE	7
1.4 AVGRÄNSNINGAR.....	8
1.5 METODIK	8
2. BESKRIVNING AV MASKINLINJEN	9
2.1 ALLMÄN BESKRIVNING AV PRODUKTIONSLINJEN:	9
2.2 SPECIFIK BESKRIVNING AV INGÅENDE MASKINERNA I PRODUKTIONSLINJEN	10
2.2.1 AVVÄGAREN	10
2.2.2 RUNDDRIVAREN.....	12
2.2.3 VILOSKÅP	12
2.2.3 RULLARE.....	12
3. PROTOTYP AV STYRSYSTEMET	14
3.1 ALLMÄN BESKRIVNING AV PROTOTYPEN	14
3.2 EXPANSION AV PROTOTYPEN.....	16
4. MÄTKEDJAN	18
4.1 NOGGRANNHETSKRAV	18
4.2 A/D-OMVANDLAREN	19
4.2.1 NUVARANDE A/D OMVANDLARE.....	19
4.2.2 10-BITARS A/D OMVANDLARE	20
4.3 GIVARE.....	21
4.3.1 RESISTIVA GIVARE	23
4.3.2 BEFINTLIGA GIVARE, BOURNS	25
4.3.3 UPPGRADERING AV BEFINTLIGA GIVARE, BOURNS.....	26
4.3.4 BOSCH POTENTIOMETER, 10k Ω /76 VARVIG	26
4.3.5 LINJÄRA LÄGESGIVARE	27
4.3.6 VÅGGIVARE MED AUTOMATISK REGLERING.....	28
4.4 SIGNALÖVERFÖRING	29
4.4.1 STÖRSKYDD	29
4.4.2 SIGNALJORDNING.....	29
4.4.3 SIGNALANPASSNING	30
4.4.4 SIGNALTYP.....	30
4.4.5 DIGITAL FILTRERING	30
5. DRIVSYSTEM	31
5.1 STÄLLMOTOR.....	31

5.1.1 PM-MOTORN	33
5.1.2 ALTERNATIV STÄLLMOTOR	34
5.1.3 KRAFTÖVERFÖRING	34
5.1.4 RELÄER	35
5.1.5 STYRKORT	35
6. STYRSYSTEM.....	38
6.1 I/O BEHOV	38
6.2 PLC	38
6.3 SOFTPLC.....	40
6.4 MULTIPLEXER	40
6.5 STRÖMFÖRSÖRJNING	41
7. PROGRAMVARA	42
7.1 PROGRAMVARA.....	42
7.2 PROGRAMSTRUKTUR	43
7.2.1 INITIERING	43
7.2.2 SPARHANTERING.....	44
7.2.3 HÄMTHANTERING	45
7.2.4 RADERINGSHANTERING	46
7.2.5 SÄKERHETSHANTERING	46
7.2.6 GIVAREHANTERING.....	46
7.2.7 STYRNING	47
7.3 OPERATÖRSTERMINAL	48
8. SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER.....	49
8.1 ALLMÄNT	49
8.2 MÄTKEDJAN	49
8.3 DEGBITENS VIKT	49
8.4 DRIVSYSTEM	51
8.5 STYRSYSTEM.....	52
8.6 PROGRAMVARAN.....	52
KÄLLFÖRTECKNING	54
MUNTliga KÄLLOR	54
ELEKTRONISKA KÄLLOR	54
PUBLICERADE KÄLLOR.....	54
FIGURFÖRTECKNING	54
BILAGOR.....	55

Förord

Jag har utfört ett examensarbete på Glimek AB utanför Hässleholm, ett mekaniskt inriktat företag som tillverkar bagerimaskinutrustning. Avsikten med arbetet var primärt att höja automatiseringsgraden på företagets utrustning. Resultaten och vägen fram till resultaten har dokumenterats i denna rapport.

Eftersom Glimek redan har goda kontakter med automatiseringsföretaget Omron och en stor del av nuvarande automationsutrustningen till bagerimaskinerna kommer från detta företag så har jag föredragit att utnyttja deras produkter. Detta har varit den billigaste och enklaste lösningen för att utvärdera hela bageriprocessen.

Min rapport är upplagd så att jag har först gett en allmän bild av prototypen i kapitel 3 medan en djupare detaljerad beskrivning av de olika delarna av prototypen finns i efterföljande kapitel. Rapporten avslutas med rekommendationer och slutsatser som grundar sig på vad som framkommit i de tidigare kapitlen.

Ett speciellt varmt tack riktar jag till konstruktionschef Sven-Åke Bengtsson och Karl-Axel Peterson på Glimek AB samt handledarna på avdelningen Industriell Elektroteknik och Automation, Bengt Simonsson och Gustaf Olsson som bistått med synpunkter. Även tekniska supporten på Omron och OEM Automation AB har varit till stor hjälp då de har kommit med värdefulla rekommendationer angående deras produkter.

Lund den 12 oktober 2001

Daniel Hanbo

Kapitel 1

Inledning

1.1 Bakgrund

Glimek AB befinner sig på den internationella marknaden för tillverkning av bagerimaskinutrustning och för att följa med och öka sin konkurrenskraft gentemot övriga tillverkare av bagerimaskiner behöver företaget ständigt utveckla sina produkter.

Ett sätt att utveckla sina produkter och göra bagerimaskinerna mer attraktiva för kunderna är att underlätta bagarens (operatörens) arbete genom en effektivare produktion av bröd samt en förbättrad arbetsmiljön för operatören. Effektiviteten och arbetsmiljön vill företaget inom en snar framtid förbättra genom en ökad automatiseringsgrad på deras serietillverkade bagerimaskiner.

1.2 Problemformulering

På en linje av bagerimaskiner finns det en mängd olika inställningsmöjligheter. Det behöver göras både mekaniska och elektriska inställningar för att få fram en viss brödsort. Många av dessa inställningar görs idag för hand. För varje ny brödsort som skall bakas behövs många inställningar förändras för hand.

Den ständiga justeringen blir påfrestande för operatören, speciellt vid mindre brödserier. Dessutom så måste operatören i praktiken memorera de olika reglagens läge för varje brödsort. Inom en snar framtid så vill Glimek att dessa problem skall lösas genom automatisering.

Lösningen och målsättningen är att alla mekaniska inställningar på bagerimaskinerna skall kunna ställas in automatiskt med hjälp av elektriska ställmotorer. Ställmotorerna skall också kunna styras för hand av operatören med tryckknappar som fästs i närheten av den mekaniska inställningen.

När operatören är nöjd med inställningarnas läge skall de läsas av och sparas i en central dator som en datafil. Datafilen exekveras nästan gång den tillhörande brödsorten skall bakas och datorn ställer automatsikt in dessa sen tidigare avlästa lägena.

Justeringar skall även vara möjliga att göra på de förinställda värdena under tiden man kör bagerilinjens. Styrning av de elektriska inställningar skall också vara möjligt direkt från datorn. Med elektriska inställningar menas de signaler som frekvensomformare mottar för att driva stora elmotorer inuti bagerimaskinerna. Analogt med lösningen ovan skall även de elektriska inställningarna lagras undan i samma datafil.

1.3 Syfte

Avsikten med examensarbetet är att arbeta med följande moment

- En analys som ingående studera de maskinerna som finns i ett "Baking System" från Glimek som vanligen består av degdelare (SD-), runddrivaren (CR-), vilskåp (IPP-) och långrullare(MO-). Här är det intressant att titta på varje maskin var för sig och identifiera nuvarande och framtida behov av styrning.
- Granskning av hur de olika maskinerna samverkar för att kunna få fram ett flexibelt styrprogram som skall kunna klara nya funktioner. Då är det viktigt att förstå processen för att välja "rätt"

lösningar och minimera kommande problem. Mycket av detta arbete har redan skett genom studiebesöken.

- Huvuddelen av tiden skall disponeras på att få fram en grundstomme som kan uppfylla de grundläggande funktionerna. För de flesta av maskinerna i bakningslinjen är detta att styra en ställskruv. Grundstommen kommer därför bestå av:
 - ett drivsystem (ställmotor, styrkort, reläer),
 - en styrenhet (PLC eller Soft PLC),
 - programvara
 - ett operatörs gränssnitt
 - ett mätsystem.

1.4 Avgränsningar

Ett drivsystem och mätsystem för bagerimaskinen, degdelaren prioriteras. De övriga maskinerna kommer att behandlas i mån av tid. Programvaran kommer även att skrivas för degdelaren men möjligheten att lägga till programvara för övriga maskiner skall finnas.

Vid val av styrenheten skall det också beaktas att en hel linje skall kunna styras med samma utrustning med några mindre modifieringar. Hänsyn ta till att Glimek i hög utsträckning vill likrikta produktsortimentet till maskinerna för att få ner produkt- och produktionskostnaderna. Därför kan det förekomma utrustningsdelar som inte är tekniskt optimerade.

1.5 Metodik

Uppbyggnaden av arbetet har kortfattat skett enligt följande modell

- studera processen,
- kartlägga detaljerat vilka behov som finns för att uppfylla kravspecifikationen,
- litteraturstudier,
- kravspecifikationer för de olika utrustningsdelarna,
- val av utrustning,
- programmering,
- implementering,
- utvärdering,
- och rekommendationer.

En studie har gjorts över vilka önskemål och krav som finns för att möjliggör en automatisering av hela bagerilinjens. Därefter har utrustning valts efter dessa krav. Utrustningen består av en mätkedja, ett styrsystem och ett drivsystem. Dessa har planterats och utvärderas i förhållande till tidigare ställda kravspecifikationer. Därefter har det varit möjligt att ge rekommendationer över hur väl utrustningen passar i processen samt de problem och möjligheter som bör beaktas vid en full automatisering av hela bagerilinjens.

Kapitel 2

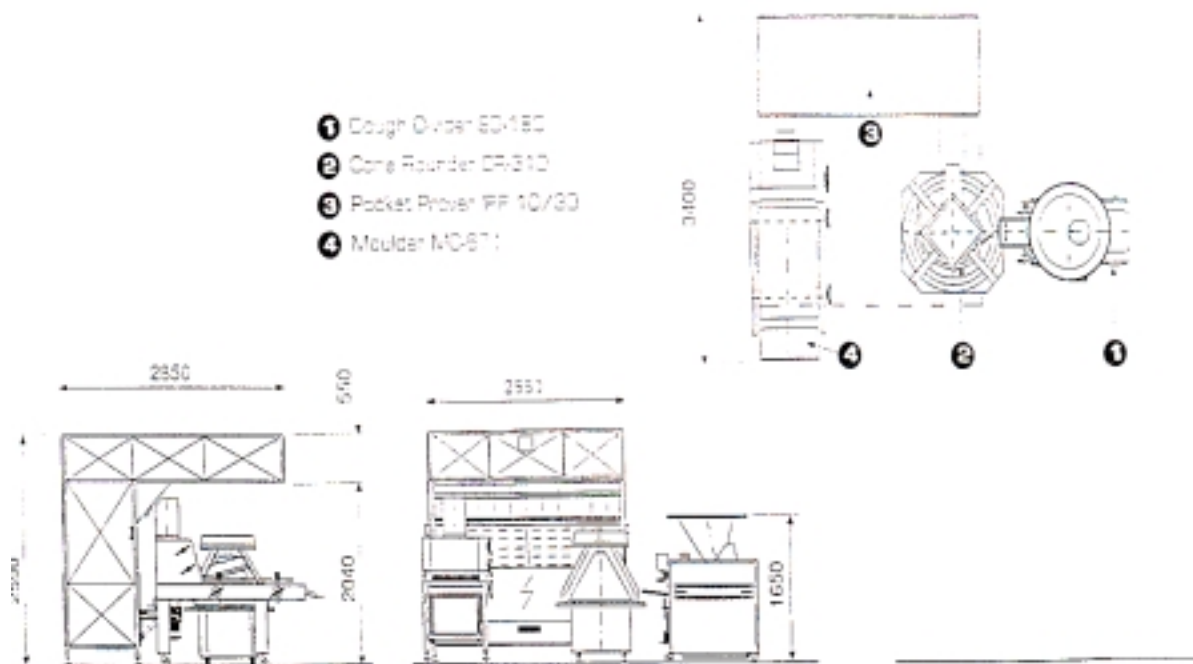
Beskrivning av maskinlinjen

2.1 Allmän beskrivning av produktionslinjen:

När ett bröd skall bakas industriellt så genomgår brödet vissa steg innan brödet är klart för leverans. En deg framställs först genom degblandning dvs. råvarorna till degen blandas ihop under en viss tid. För att inte hela degen skall placeras i en ugn och bli en jättebrödbit med ohanterlig form så delas degen av i degbitar och formas. Det maskinenheter som behövs för att utföra en delning och formningen av degen är:

- avvägaren (dough divider),
- runddrivaren (cone rounder),
- vilskåpet (pocket prover) samt
- långrullaren (moulder).

På samtliga av dessa maskiner kan inställningar göras för att förändra degbitarna och slutligen brödets konsistens, vikt, form och utseende.



Figur 1. En vanlig uppställning hur de olika maskinenheterna arbetar ihop en bagerimaskinlinje.

Avvägarens uppgift är att skära upp degen i lämpliga bitar där massan för en degbit är den kritiska uppgiften. Efter det kommer runddrivaren som gör degbiten sfärisk. Vilskåpets uppgift är som namnet

anger en vila för degbiten som behövs för brödets struktur innan den går genom långrullaren som ger degbiten den slutliga avlånga formen innan degbitarna placeras i formar eller plåtar som ställs i ugnar. Hur maskinerna placeras i förhållande till varandra varierar men ordningen allra oftast som i *figur 1*. Dock finns möjligheten att vissa maskiner inte finns med i linjen när kunden har valt en annan maskintillverkare eller att en eller flera maskiner inte behövs för den/de brödtyp(erna) som skall bakas.

2.2 Specifik beskrivning av ingående maskinerna i produktionslinjen

2.2.1 Avvägaren

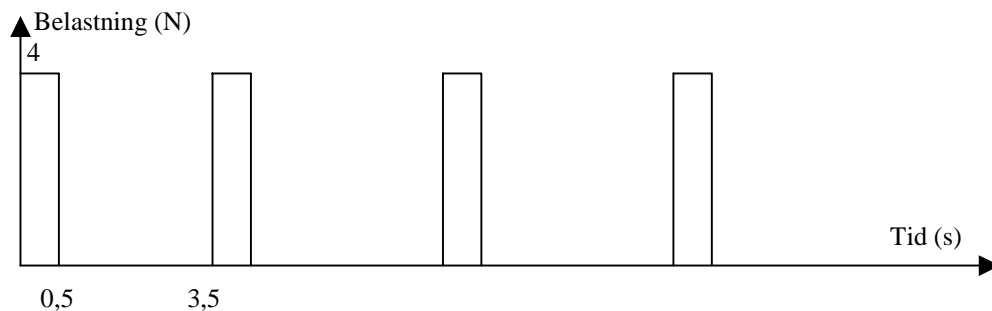
Detta är den maskin som har studerats ingående och dess uppgift är att dela den stora degklumpen till mindre degbitar samt trycka ut luften ur dessa degbitar. Genom att ett undertryck som skapas med hjälp av en tillbakagående kolv, sugs deg in i en kammare. När kolven nått sitt ändläge och kolvkammaren är full med deg skärs denna del av med en kniv från den resterande stora degklumpen. Resultatet blir en degbit inuti kammaren som är separerad från den stora degklumpen. Kammaren försluts av degkniven. Nu har kolv rörelsen nått sitt ändläge och ändrar riktning.

Därmed trycks degbiten framför kolven till en intill liggande **mätkammare**. I denna mätkammare finns en mätkolv. Var mätkolven stannar beror var **mothållet (ändläget)** är placerat. *Det är alltså mothållets placering som styr vilken volym som degbiten får.*

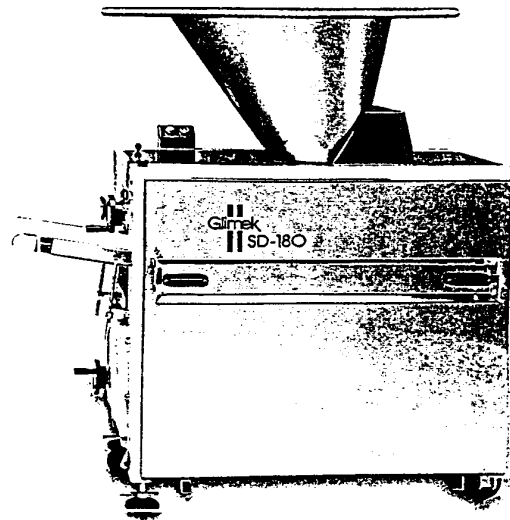
Mätkammaren rör sig neråt och den del av degen som är i mätkammaren separeras från degbiten i degkammaren. Cykeln är nu fulländad och upprepas.

En degbit med mycket hög volymnoggrannhet blir resultatet. Processen upprepas och resultatet blir ett antal degbitar med samma volym. Det är genom att justera var ändläget skall stoppa mätkolven som kammarvolymen bestäms. Detta innebär indirekt att vikten hos degbiten bestäms. Ett tidigare ändläge för mätkolven i mätkammaren innebär en mindre degbit och ett senare stoppläge en ökad degvikt.

En mycket viktig observation för att välja rätt utrustning är att ändläget bara är belastad av mätkolvens rörelse bakåt under ungefär 0,5 sekunder och därefter släpper belastningen tills det att cykeln upprepas.

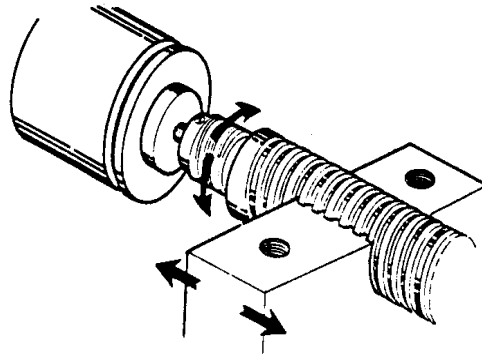


Figur 3. Belastningscykler som visar hur mätkolvens rörelse bakåt påverkar mothållet.



Figur 2. En avvägare som delar upp degmassan i exakta degbitar. Avvägaren är av den mindre modellvarianten SD-180 med enbart en mätkammare.

Att justera och spara positionen för detta ändläge för mätkolven och därmed indirekt degvikten är examensarbetets huvudsakliga uppgift. Det är av stor betydelse för brödets färdiga resultat att degvikten kan justeras noggrant. En felaktig degvikt kan innebära en stor merkostnad för bagaren då det är stora kvantiteter som tillverkas. Ändläget för mätkolven flyttas indirekt med hjälp av en trapetsgängad stång. I ena änden av stången finns ett handtag som man kan rotera stången med och därmed förflytta ändläget som sitter på gängstången. I andra änden av stången finns det idag en absolutgivare som ger anger på vilket varv ändläget befinner sig. Även denna skall studeras. Figuren nedan visar en principskiss på hur ändläget rör sig på trapetsgängstången.



Figur 4. Principskissen illustrerar hur ändlägesstopp rör sig på trapetsgängen. En givare finns även applicerad som anger på vilket varv ändläget befinner sig och indirekt anger mätkammarevolymen.

Med hjälp av frekvensomformare kan man styra hastigheten på de två elektriska asynkronmotorer som finns på insidan av avvägaren. Den ena motorn ger kraft för att driva kolv- och degknivsrörelsen. Den andra asynkronmotorn används för att driva det matningsband som matar ut degbitarna ur avvägaremaskinen.

Det finns två huvudmodeller av avvägare där den största skillnaden är produktionshastigheten. Den mer avancerade modellen har en valbar skiljevägg i degkammaren. Därmed finns det ibland två kamrar istället för en och följaktligen produceras två degbitar samtidigt med kolvrörelsen istället för en degbit.

Detta ställer högre krav på koordinationen med utmatningsbandet som skall föra ut då de två nyskapade degbitarna. De inställningar som kan göras av ett styrsystem på avvägaren är:

- styrning av frekvensomformare och den asynkronmaskin som är kopplad till den
- styrning av ändläget.

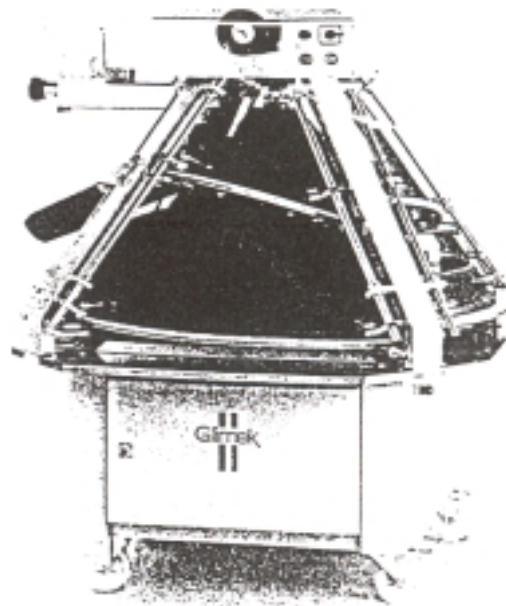
2.2.2 Runddrivaren

Denna maskin placeras efter avvägaren och de osymmetriskt formade degbitarna formas nu sfäriska och blir mindre klibbiga. Detta görs genom att degbitarna rullas upp på spår som går utanpå en konisk roterande yta. Genom att ändra avståndet mellan den roterande konen och de utompåliggande spåren kan man få ett ökat respektive minskat tryck på degbitarna då de rullas upp mot konens topp. Trycket påverkar degbitens form och struktur.

På toppen av konen finns möjlighet för att fästa en mjölspridare som gör de runda degbitarna mindre klibbiga. Hastigheten på konan styrs med en frekvensomformare som är ansluten till en asynkronmotor.

Det som kan göras av ett styrsystem som är anslutet till en runddrivare är att:

- reglera hastigheten på asynkronmotorn genom att styra frekvensomformaren och
- ändra de utompåliggande spårens läge.



Figur 5. En runddrivare som formar degbitar runda efter att ha blivit delade i avvägaren.

2.2.3 Vilskåp

I denna maskin är syftet att degbitarna skall få "vila". Vilskåpets uppgifter är att förflytta och mellanlagra degbitarna. Hastigheten på vaggorna som degbitarna är placerade i kan ställas med en frekvensomformare. Ju snabbare hastighet på drivmotorn till vaggorna desto kortare vilotid. Degbitarna vill oftast ha en så lång vilotid som möjligt.

Det som kan göras av ett styrsystem som är anslutet till ett vilskåp är att:

- reglera hastigheten på asynkronmotorn genom att styra frekvensomformaren.

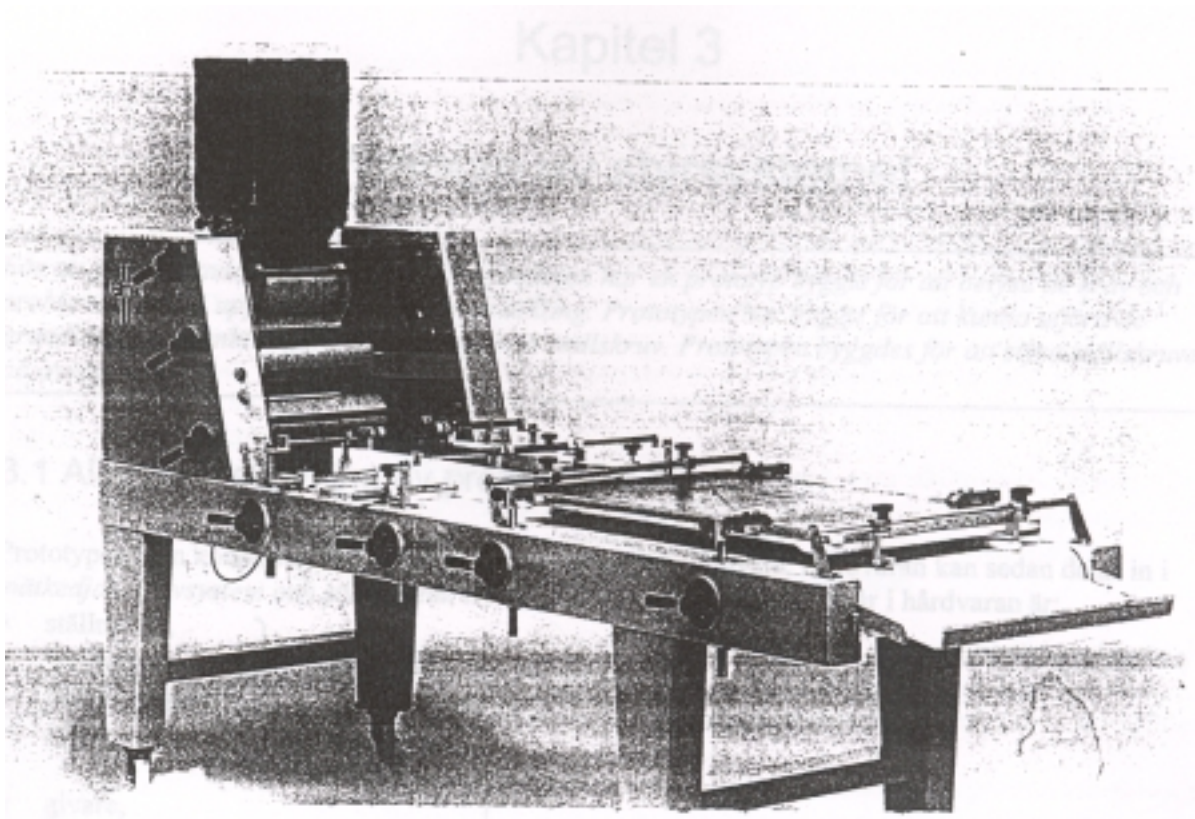
2.2.3 Långrullare

Även här formas degbitarna genom att först rullas genom valsar som plattar till bitarna. Degbitarna ramlar sedan ner på ett transportband där bitarna rullas under ett stål nät. Stålnätet gör så att den platta degbiten rullas ihop. Avslutningsvis rullas de avlånga degbitarna med samma transportband under ett eller två tryckbräden med sidolinjaler så att rätt önskad längd fås på degbitarna. Därefter tas degbitarna hand om genom att placeras i formar eller på plåtar.

Det finns en mängd inställningsmöjligheter på rullaren som styrflappar i tratten på maskinen, avstånd mellan valsarna, tryckbrädans höjdvstånd och sidolinjalernas inbördes avstånd som justerar längden på degbiten. Band och valsar drivs av en asynkronmotor som styrs med hjälp av en frekvensomformare. De finns två typer av långrullare som Glimek tillverkar. Skillnaden mellan de båda maskinerna är antal valsar, tryckbrädor och sidolinjaler. Den större modellen har följaktligen fler reglage att ställa in.

Det som kan göras av ett styrsystem som är anslutet till en långrullare är att:

- Reglera styrflappar i tratten, 2 stycken inställningar.
- Valsjustera, där det finns 3 stycken valspar (2 stycken för den mindre modellen).
- Tryckbrädesjustera, där det finns 4 stycken reglage att styra (2 stycken för den mindre modellen).
- Sidolinjaljustera, där det finns 4 stycken reglage att styra (2 stycken för den mindre modellen).
- Reglera hastigheten på asynkronmotorn genom att styra frekvensomformaren.



Figur 6. En långrullare som ger degbitar rätt slutgiltig form innan de skall in i ugnen. Modellvarianten är av typ MO-881.

Kapitel 3

Prototyp av styrsystemet

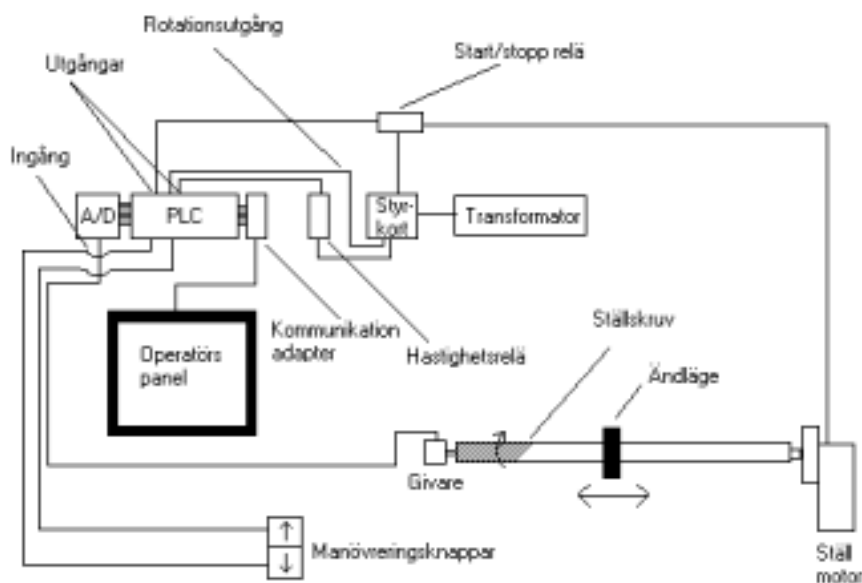
För att påbörja automatiseringen av bagerilinjen har en prototyp byggts för att belysa de krav och problem som kan uppstå vid en vidare utveckling. Prototypen har byggts för att kunna utföra de grundläggande funktionerna dvs. att styra en ställskruv. Prototypen byggdes för att styra ställskruven på avvägaren.

3.1 Allmän beskrivning av prototypen

Prototypen som konstruerats kan delas in i mjukvara och hårdvara. Hårdvaran kan sedan delas in i mätkedjan, drivsystem och styrsystem. De utrustningsdetaljerna som ingår i hårdvaran är:

- ställmotor,
 - styrkort,
 - transformator,
 - reläer,
- } Drivsystem
- givare,
 - signalöverförings komponenter,
 - A/D enhet med multiplexer,
- } Mätkedjan
- operatörsgränssnitt (pekskärm) och
 - styrutrustning där
 - datorenhet och
 - kommunikationsenhet ingår.
- } Styrsystem

I bilaga 2 finns ett kopplingsschema för prototypen. Nedan finns en skiss på prototypuppställningen.



Figur 7. En skiss på hur prototypen var sammankopplad.

Drivsystemet består av en PM(permamagnetiserade) likströmsmotor, ett styrkort och reläer. Likströmsmotorn styrs av ett styrkort som sköter polvändning, start/stopp och strömskydd av ställmotorn.

Styrkortet kontrolleras i sin tur av PLC:n där signaler skickas till styrkortet för låg hastighet vilket även ger en startsignal eller så skickas signaler från PLC:n för en högre hastighet. Rotationsriktning styrs även med en utsignal. Det behövs följaktligen 3 stycken utgångar från PLC:n för att kontrollera styrkortet. För att spara en PLC-utgång har ett relä för styrning av låg- och hög hastighet använts. En separat transformator tar hand om strömförsörjningen till styrkortet och indirekt till ställmotorn. Ställmotorn driver indirekt *ändläget* som kan manövreras fram och tillbaka. Start/stopp reläets funktion är tvådelad, dels en extra säkerhetsfunktion ifall styrkortet skulle avge en felaktig drivspänning samt att det öppnar upp möjligheten att styra flera likvärdiga ställmotorer med samma styrkort, dock ej samtidigt.

Med manövreringsknapparna som fästes på avvägaren kan operatören styra ställmotorn vid maskinen. Ställmotorn kan även styras från operatörspanelen. Anledningen till att manövreringsknapparna inte kopplas direkt till styrkortet som är en enklare lösning, är att PLC:n kontrollerar med hjälp av lägesgivaren att motorn inte är aktiv utanför ställskruvens operationsområde.

Mätkedjan består av en 76-varvig potentiometer som avger en signal till A/D-omvandlaren. Signalens spänningsnivå är proportionell mot *ändlägets* avstånd. Signalen skyddas genom en skärmd kabel samt en allmän reducering av omgivande störningskällor. A/D-omvandlaren tar hand om den analoga spänningssignalen och databehandlar den.

Någon signalanpassning (uttrycket finns förklarad i *avsnitt 4.4.3*) behövdes ej då givaren arbetar inom hela arbetsområdet, 0 – 10V. Strömförsörjningen till A/D-omvandlaren sker med den brusfria strömförsörjningsutgång som PLC:n har. Detta är samma strömförsörjningskälla som A/D-omvandlaren har. Detta är en fördelaktig mätmassig lösning. För närmare detaljer se avsnitt 4.3.

Styrsystemet består av en pekskärm med tillhörande kommunikationsenhet samt PLC:n. Med pekskärmen kan man inom definierade områden styra de utgångar som PLC:n har. Kommunikationsadaptorn behövs för att kommunikation mellan PLC:n och pekskärmen skall vara möjlig. Vid en viss signal från operatörspanelen så sparas värdet från givaren. En specifik signal från operatörspanelen aktiverar ställmotorn så den går till ett tidigare sparat läge. Mjukvaran till styrsystem kan prestera följande:

- sparningshantering,
- hämtningshantering,
- raderingshantering,
- säkerhetshantering,
- givarehantering,
- styrhantering av ställmotorer och
- bildskärmstyrning.

Detaljer om varje hanteringsrutin finns i kapitel 7.

Kostnaden för denna prototyp uppskattas till

- PLC, <i>CMP1A</i> (Omron)	3510 kr
- Operatörspanel, <i>NT20S</i> (Omron)	10530 kr
- Kommunikationsadapter (Omron)	2580 kr
- Ställmotor, <i>DOGA typ 116</i>	580 kr
- Givare, Bosch	300 kr
- Reläer (Omron)	215 kr
- Styrkort, <i>RX3</i>	630 kr
- Transformator	500 kr
- A/D omvandlare, <i>MAD01</i> (Omron)	2200 kr

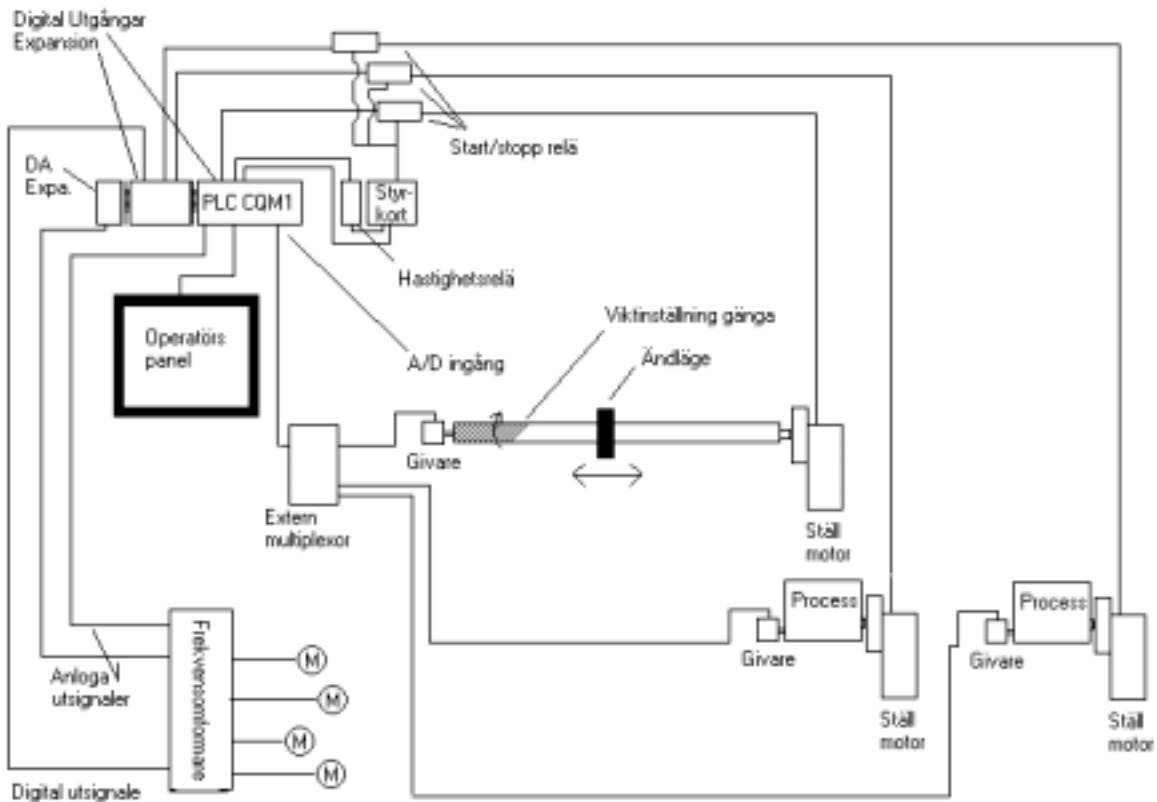
Summa prototypkostnad: 20685 kr

3.2 Expansion av prototypen

En expansion av prototypen har för avsikt att styra alla bagerimaskinerna i linjen. För att detta skall vara möjligt krävs ett ökat antal:

- PLC ut- och ingångar, digitala och analoga,
- givare,
- ställmotorer,
- en större transformator,
- mer mjukvara samt
- mer programminne.

Nedan illustrerar hur en tänkt expansion av prototypen skall genomföras för att styra samtliga maskiner.



Figur 8. En skiss på hur en tänkt expansionsprototypen skall var sammankopplad för att styra en hel bagerilinj.

Det ökade behovet av antalet *digitala* I/O löses med extra I/O-enheter som kopplas till PLC:n. Lösning för att ta hand om de ökade antal *analog* insignaler från givarna är en multiplexer som snabbt kan välja givaresignal. Se *avsnittet 6.4* för mer information om multiplexer lösningen.

Ett gemensamt styrkort kan användas för de flesta motorer med samma egenskaper. Detta innebär en minskad utrustningskostnad med ett reducerat behov av antalet styrkort och behovet av PLC-utgångar för att kontrollera styrkortet skulle minska. Eftersom enbart en ställmotor åt gången skulle vara aktiverad minskar kravet på den storlek som transformatorn skall ha.

Tiden för en komplett inställning för hela bagerilinjens skulle öka om man ej kan köra motorer parallellt men det rör sig oftast små avståndsjusteringar som skall genomföras på de olika maskinerna. Detta gör att den totala inställningstiden är i nivå med kravspecifikationerna (30 sekunder). I prototypskissen finns det inte utritat de manövreringsdonen som finns i figur 6 men varje inställningsmöjlighet kräver att manövreringsdonet har två stycken PLC-ingångar.

Vad som inte finns utritat i prototypskissen är de PLC-utgångar som krävs för styrning av frekvensomformarna och indirekt styrning av de stora asynkronmotorerna inuti bagerimaskinerna. För att styra frekvensomformarna tas både digitala och analoga I/O (In/Utgångar) av PLC:n i anspråk. Kvantiteten finns beräknad i bilaga 1.

Expansionen kräver dock att man byter till ett större PLC-system. En lämpligt system är PLC:n CQM1 från Omron. Detta är en modell som framför allt har ett större programminne vilket krävs för att få in all kod som krävs för att hantera alla maskiner längs bagerilinjens. Samma mjukvara som har skrivit till den mindre PLC-modellen kan användas.

Den ungefärliga kostnaden för denna expansionsprototyp uppskattas till

- PLC-system, <i>CQM1-CPU45-EV1</i> (CPU) (Omron)	10 900 kr
- PLC-Expansion av antal digitala utgångar, <i>CQM1-OD213</i> med 32 digitala utgångar (Omron)	3 450 kr
- Strömförsörjning till PLC, <i>CQM1-PA203</i> , växelspanning (Omron)	1 360 kr
- Operatörspanel, <i>NT20S</i> (Omron)	10 530 kr
- Ställmotorer	9 • 580 = 5 220 kr
- Givare	9 • 300 = 2 700 kr
- Reläer (Omron)	9 • 215 = 1 935 kr
- Styrkort	630 kr
- Transformator (Omron)	1300 kr
- Multiplexer (Omron)	1 150 kr
Kommunikationsadapter till operatörspanel (Omron)	2580 kr (finns inbyggd i PLC:n CQM1)
A/D omvandlare, <i>MAD01</i> (Omron)	2 200 kr (finns inbyggd i PLC:n CQM1)

Summa prototypkostnad: 41 175 kr

En hela bagerilinjens kostar ungefär 1-1,5 miljoner vilket gör att styrsystemets del blir 3 % exklusive monteringskostnader, hanteringskostnader mm. Så en rimligare uppskattning blir omkring 5 %.

En detaljerad specifikation av det nya styrsystemet ser ut enligt följande:

- En PLC-modell *CQM1-CPU45-EV1* (CPU) som:
 - Har en inbyggd kommunikationsadapter till operatörspanelen.
 - Har 16 digitala ingångar (behovet är 11).
 - Har en inbyggd A/D-omvandlare med 4 ingångar (behovet är 13). A/D omvandlare har en 12-bitars upplösning på varje ingång.
 - Har 2 analoga utgångar (behovet är 4).
- En expansionsenhet *CQM1-OD213* med 32 digitala utgångar (behov är 25).
- En nätdel *CQM1-PA203* som är driven med växelspanning. Nätdelen behövs för strömförsörjning till CPU-delen.
- En expansionsenhet *CQM1-DA041* med 2 analoga utgångar som förser frekvensomformarna med en styrsignal. Möjligtvis är denna enhet ej nödvändig om flera frekvensomformare kan använda samma styrsignal. Bagerimaskinerna för då följaktligen samma hastighet.

Kapitel 4

Mätkedjan

I detta kapitel beskrivs vilka krav som bör ställas på de ingående komponenterna i mätkedjan. En naturlig början är att titta på de noggrannhetskrav som ställs A/D-omvandlaren och givaren. Givarens resultat beror på hur bra A/D-omvandlare som används. Man brukar säga att A/D-omvandlaren, eventuellt förstärkaren (för signalanpassning) och givaren ingår i samma mätkedja. För varje del av mätkedjan beräknas det dynamiska området (noggrannheten). Den del med det minsta dynamiska området är den svagaste länken i mätkedjan. Det gäller att ha ungefär samma dynamiska område för alla delar för att få maximal nytta av utrustningen.

4.1 Noggrannhetskrav

Kravet finns från bagarens (kundens) sida att justera vikten på degbitarna med stor precision. Detta görs idag med hjälp av ett handtag som är fastskruvat på avvägarens ställskruv. Skall detta kunna göras automatiskt i framtiden måste upplösningskraven för A/D-omvandlaren analyseras.

Handtaget måste ställas in automatiskt med en noggrannhet på minst $\pm 20^\circ$ för att justera degvikten. Detta ger att minst 9 punkter/varv utmed ställskruven behövs för att detektera en 40° vridning. (Bengtsson, 2001 muntligt)

Efter att gjort fältstudier så observerades vridningar på $\pm 5^\circ$ av handtaget. (Operatörer, 2001) Därför blir målsättning att när A/D-omvandlaren väljs skall styrsystemet kunna detektera en vinkelförändring av ställskruven på 10° .

För avvägaren finns en rad olika inställningskonfigurationer. De olika konfigurationerna ställer mycket varierande krav på den upplösning som krävs av A/D-omvandlaren. Detta kan exemplifieras med två olika extremfall av avvägarens inställningskonfigurationer. Värdena är ungefärliga inställningsvärden. (Användarinstruktion Avvägare, 2000, s.8)

Fall 1, gäller den minsta viktdifferens. Avvägare SD-300 med 2-kammare aktiverade innebär att: Vid minimal viktreferensen 9 % är degvikten 40 g. Vid maximal viktreferensen 65 % är degvikten 400 g. Viktreferensen anger indirekt ändläget position på ställskruven. Detta innebär att antalet aktiva varv är $33(\text{varv}) \cdot (65-9)\% = 18,48$ varv. Viktdifferens är $(400-40) = 360$ g. Viktförändring per vinkeländringen är då $[360 \text{ g} / (18,48(\text{varv}) \cdot 360^\circ)] = 0,05 \text{ gram} / \bullet$.

Fall 2, gäller den största viktdifferens. Avvägare SD-300XL med 1-kammare aktiverade innebär att: Vid minimal viktreferensen 14 % är degvikten 260 g. Vid maximal viktreferensen 80 % är degvikten 2300 g. Detta innebär att antalet aktiva varv är $33(\text{varv}) \cdot (80-14)\% = 21,78$ varv. Viktdifferens är $(2300-260) = 1940$ g. Viktförändring per vinkeländringen är då $[1940 \text{ g} / (21,78(\text{varv}) \cdot 360^\circ)] = 0,25 \text{ gram} / \bullet$.

Fall 1 och 2 ställer mycket olika krav på noggrannheten som mätkedjan skall ha. För fall 1 behöver styrsystemet bara detektera en vinkeländring på 40° för att få ± 1 gram:s noggrannhet på degbitarna. Motsvarande siffra för fall 2 är 8° .

Fall 2 får bli dimensionerade för systemet eftersom A/D-omvandlaren måste fungera för alla inställningar. Detta innebär att i värsta fall blir felvikten på en degbit blir $(\pm 5 \cdot 0,25) = \pm 2,5$ g när systemet detektera en vinkelförändring av ställskruven på 10° .

4.2 A/D-omvandlaren

En A/D-omvandlare transformerar en Analog signal till en Digital signal. En analog signal kännetecknas av att vara en varierande spänning medan den digitala signalen består enbart av två spänningsnivåer som representeras av en etta och nolla. Datorsystemet behöver A/D-omvandlaren för att kunna bearbeta den informationen som fås från de analoga givarna.

Var i processen som A/D-omvandlaren placeras varierar men pga. att priset är en prioriterad kravspecifikation för styrsystemet så kan inte varje analog givare ha en egen A/D-omvandlare utan systemet får sammas om en gemensam. En multiplexer används för att välja ut en bestämd analog signal för A/D-omvandling. Detta gör att en gemensam A/D-omvandlare kan användas till alla givare. De analoga signalerna går därför följaktligen först över en multiplexer för att kunna omvandlas vid behov.

Det finns tre intressanta aspekter att studera när man väljer en A/D-omvandlare nämligen upplösningen, konverteringstiden och den inre impedansen.

En analog signal kan inte läsas in hela tiden utan måste hämtas under en kort period. En bestämning av samplingstid måste göras. Teoretiskt sett skall samplingsfrekvensen vara minst 2 gånger högre än den signalfrekvens som skall läsas av. De analoga signalerna från givarna varierar inte speciellt snabbt i dessa sammanhang, därför ställs inga krav på att A/D-omvandlaren skall kunna hantera en hög samplingsfrekvens. Eftersom processen som skall styras inte är så tidskritisk, ställs låga krav på konverteringstiden. Innan den omvandlade signalen kan användas för styrning av processen måste värdet kontrolleras så att det ligger inom realistiska värden för processen.

4.2.1 Nuvarande A/D omvandlare

Till prototypen användes en 8-bitars A/D-omvandlare, MAD01 från Omron. Detta ger att A/D-omvandlaren har en upplösning på 256 punkter ($2^8 = 256$). Den inre impedansen för A/D-omvandlaren är $1M\Omega$. A/D-omvandlaren har 2 ingångar och 1 utgång där det är valbart om spänning eller ström som skall mätas/avges.

MAD01 har en galvanisk åtskiljning som det bör krävas mellan de analoga och digitala styrsignalerna. (*CPMI Programmable Controllers Operation Manual*, 1998)

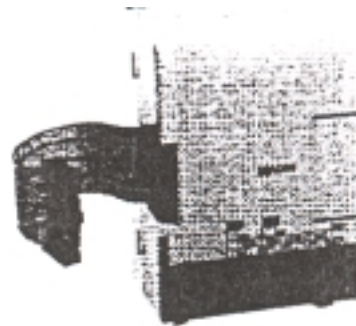
Som angavs i avsnitt 4.1 skall styrsystemet detektera en vinkelförändring av ställskruven på 10° för att styrsystemet skall få tillräcklig noggrannhet.

Mellan ändlägena är det möjligt att vrida ställskruven 33 varv. Av dessa är 30 varv intressanta att mäta då 1,5 varv behövs som säkerhetsmarginal vid båda ändlägena för att inte ställmotor, givare, maskinen mm skall ta skada.

Antal aktiva varv på ställskruven är 33 stycken.

$$33 \times 360^\circ = \frac{11880^\circ}{10^\circ} = 1188 \text{ punkter utmed ställskruven behövs för att detektera en } 10^\circ \text{ vridning.}$$

Om man använder den 8-bitars A/D-omvandlare som använts i prototypen blir antalet nivåer (punkter) $2^8 = 256$ stycken och upplösningen blir $1/2^8 = 0,3\%$.



Figur 9. En 8-bitars A/D omvandlare som använd i prototypen.

Det saknas följaktligen $1188 - 256 = 932$ stycken mätpunkter på ställskruven. För många punkter saknas för att en upplösning på 10° skall kunna väljas. I prototypen fanns en upplösning på 40° och om beräkningarna ovan upprepas bevisas detta genom att:

- 297 punkter utmed ställskruven behövs för att detektera en 40° vridning.
- Det saknas följaktligen $297 - 256 = 41$ stycken punkter.
- $41 \times 40^\circ = 1640^\circ$ vilket motsvarar $1640^\circ/360^\circ = 4,56$ varv på ställskruven saknar mätpunkter.

De två första och de två sista varven på ställskruven kan då väljas som ej aktiva. Dessa används sällan eller aldrig och det kan tänkas rimligt att dessa områden ej behöver tillhöra givarens och styrsystemets operationsområde.

Den teoretiska upplösningen blir med en optimal signalanpassning från givaren $256/30 = 8,8$ punkter/varv. En vridning på 40° görs då innan datorn registrerar ett nytt värde. *Med nuvarande A/D-omvandlaren till prototypen kommer vikten på degbitarna att kunna ställas in med 10 gram noggrannhet vilket inte kan vara tillfredsställande.* I prototypen har matningsspänningen valts så nästan alla nivåer som A/D-omvandlaren har, nyttjas.

4.2.2 10-bitars A/D omvandlare

Om man använder en 10-bitars A/D-omvandlare blir antalet nivåer $2^{10} = 1024$ och upplösningen blir $1/2^{10} = 0,09\%$.

Det blir vid en optimal signalanpassning 31 mätpunkter/varv på ställskruven.

$360^\circ / 31 = 11^\circ$:s vridning skulle detekteras med en ideal givare och signalöverföringssystem eller motsvarande $\pm 2,75$ g:s förändring av degbitens massa skulle detekteras. Beräkningarna visar att en 10-bitars A/D-omvandlare uppfyller de toleranskrav som finns för avvägaren, gällande viktavvikelsen för degbiten.

Eftersom en 10-bitars A/D-omvandlare ligger nära den under gränsen vad det gäller upplösningskrav för ställskruven, gäller det att utnyttja alla A/D-omvandlarens nivåer. Detta kan göras genom signalanpassning med en OP(operations)-förstärkare eller genom att välja en matningsspänning till givaren som gör att alla nivåer som A/D-omvandlaren har, nyttjas.

4.3 Givare för längdmätning

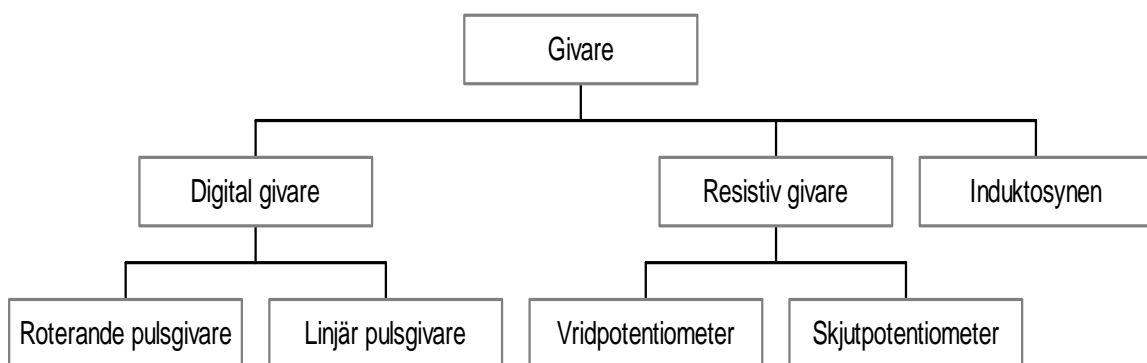
Till prototypen undersöktes om en ny typ av givare kunde fästas på ställskruven som framförallt inte kräver något externt mekaniskt utväxlingspaket för att kunna mäta alla varv på ställskruven. Utväxlingspaket innebär idag en merkostnad både i avseende på antalet delar som behövs tillverkas och tillhörande monteringskostnader.

De allmänna krav som är aktuella för givaren till avvägaren är:

1. Upplösning, som är definierad som minsta förändringen av en insignal som kan bli detekterad och riktigt påvisad av givaren.
2. Linjärlitets krav, dvs. krav för maximal deviation som givaren får ha från den raka linjen,
3. störningskänslighet,
4. operationsområde, de övre och undre avståndsgränserna som givaren kan operera inom,
5. miljön som givaren skall placeras i,
6. priset för givaren eftersom det är en serieproducerad maskin och
7. konstruktion för att montera givare så den kan mäta ställskruvens rörelse.

När mätnoggrannheten skall uppskattas finns andra felkällor än givaren som den mekaniska överföringen mellan givaren och mätobjekt där glapp finns i kugg- och skruvmekanismer, olinjärteter och elektriska störningar. Dessa felkällor kan vara allvarliga och måste tas i beaktande.

Givaren skall i denna applikation mäta en längdstorhet. Då behövs en givare med en signal som är proportionell och ej enbart avger till/från tillstånd. Därmed utgår induktiva-, kapacitiva-, hall, optiska- och resolvergivare som är inkrementella (kan ej användas för avståndsmätning, anger bara avstånd mellan föregående och nuvarande punkt) eller bara avger två tillstånd på/av. Då har man huvudsakligen kvar att välja på följande givaretyper:



Figur 10. Olika typer av givare som är aktuella att utvärdera för användning i prototypen.

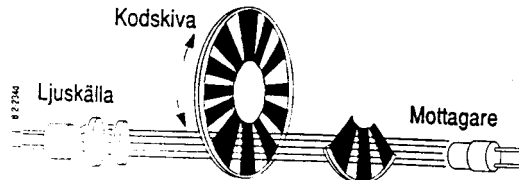
Digitala givare:

Har finns det två huvudgrupper nämligen **inkrementella**(relativa) och **absoluta**. Eftersom intresset finns för att hela tiden veta mätobjektets läge krävs att en absolutgivare används istället för en inkrementella givare. Rent teoretiskt finns möjligheten att använda en inkrementell givare men risk

föreligger att de räknare som skall beräkna absolutläget "tappar räkningen" pga. störningar, spänningsfall mm. (*Motorer Växlar Servo Positionering*, 2000 s.279)

Fördelen med digitala givare är att de finns med stor noggrannhet och upplösning. Dessutom så för man mindre problem med mätfel efter givaren.

För att få ett absolutvärde av givaren används en kodskiva där man kan använda sig av olika mönster på denna skiva kallade binär- eller Graykodskiva. Skivan används ihop med optiska givare där en fotodiod sitter på varje spår och registrerar ifall det är ett mörkt eller ljust fält bakom den genomlysta skivan. Resultatet blir en binärkod som motsvarar ett absolutläge.



Figur 11. Principskiss för hur en digitalgivare fungerar, i detta fall med två kodskivor för bättre upplösning.

Med tio spår får man en upplösning på $2^{10} = 1024$ nivåer vilket motsvara enligt avsnitt 4.2.2 avvägarens upplösningskrav. Vid en högre upplösning används flera skivor som är nedväxlade i förhållande till den första skivan. Med en absolutgivare med binärskiva tillkommer dessutom en felkälla med så kallade "mellanlägesfel" om man hela tiden vill ha ett värde av givaren. (Lindahl 1997 s. 93) Vill man ha möjligheten till att läsa av värdet av givaren hela tiden kan man använda sig av Graykoden som har en annorlunda utformning. Detta lär dock inte behövas för de kravspecifikationer som finns. Graykodgivare är svåra att tillverka med hög upplösning och blir dyrare. Nackdelen med en digital givare är att den är dyr och kan oftast bara ange positionen inom ett varv. (*Motorer Växlar Servo Positionering*, 2000 s. 280)

Varianter finns med som tidigare nämnt med fler skivor för mätning av ett stort antal varv, men även detta kräver mer av styrelektronik och blir dyrt.

Resistiva givare

Resistiva givare är ett variabelt motstånd som är mekaniskt påverkbart. Givaren har två anslutningar som är kopplade till varsin ända på motståndselementet. En tredje anslutning är kopplad till en släpkontakt som kan flyttas över motståndsbana. För resistiva givare finns det vinkel- eller förskjutningsgivare som bygger på principen vrid- och skjutmotstånd. Det finns en mängd olika konstruktionsprinciper för vinkel- eller förskjutningsgivare, både billiga och dyra lösningar. De givare som uppfyller kravspecifikationerna är *precisionspotentiometern*, envarviga och flervarviga med plast eller tråd som motstånd samt *linjära givare* med en linjär resistansbana. Vid användande av resistiva givare måste man se till att strömförsörjning och störningsskydd blir korrekt utfört.

Induktosynen

Detta är en speciell typ av givare som bygger mycket på resolvern. Induktosynen består av en skala och en givare där skalan som har samma längd som mätsträckan och skall fästas på mätobjektet. Löparen som fästes på ändläget förflyttar sig berörings fritt ut över skalan. Induktosynen används vanligast i NC maskiner för positionsbestämning och är en dyr lösning men har hög noggrannhet.

Mätning med kontaktgivare

Den vanligaste givaretypen i systemet är mikrobrytare. Här kan man förse den rörliga delen med en nock som under rörelsen stöter till en eller flera kontaktgivare. För att uppfylla upplösningskraven krävs dock orimligt många kontaktgivare.

Utvärdering:

	Upplösning	Linjäritet	Störning	Operationsområde	Miljö	Pris	Konstruktion	Kompatibilitet
Digital givare	Fullt tillräcklig	Inga avvikelser	Digital överföring	Dyrt att utöka till behövt område	Lätt att kapsla	Dyrt	Lätt att applicera	Problem med signal till PLC
Resistiv givare	Mängd olika varianter	Har en viss avvikelser	Måste ta hänsyn till störningar	Kan fås i det intervall som behövs	Beror på konstruktionsprincip	Finns i alla pris-klass	Beror på konstruktionsprincip	Finns färdiga lösningar till PLC
Induktosynen	Mycket god	Inga avvikelser		Kan fås i det intervall som behövs	Rätt så svårt att implementera	Dyrt och ovanlig	Svår att applicera	Finns färdiga lösningar till PLC
Kontakt givare	Mycket dålig	-	Digital överföring	I det intervall som behövs	Finns kapslade	Billigt	Lätt att applicera	Finns färdiga lösningar till PLC

Kommentar:

Induktosynen verkar ovanlig och någon exakt prisuppgift på denna lösning saknas. Kontaktgivare uppfyller ej upplösningkravet och går därför inte att använda som givare.

När det gäller digitalgivare så är det möjligt att använda denna lösning med en mekanisk nedväxling för att täcka hela operationsområdet och ändå ha tillräcklig upplösning. Eller så kan en mer avancerad digitalgivare (dvs. fler kodskivor) utan nedväxlingspaket användas. Dessutom är det digital överföring så man slipper många signalöverföringsproblem till styrsystemet. Det krävs dock en mer avancerad PLC-modell än den som använt till prototypen för att hantera signalen från den digitala givaren. En lämplig PLC-modell är *CQMI* (se avsnitt 6.2 för närmare detaljer). Det stora problemet är priset som avviker för mycket från den resistiva givaren.

Med en *resistiv givare* finns det många konstruktionsprinciper som skulle passa, priset är hanterbart och det finns resistiva givare med hög upplösning.

4.3.1 Resistiva givare

Det finns olika lösningar för att få reda på var ändstoppet på ställskruven befinner sig med en resistivgivare. Vridningen av ställskruven eller den linjära förflyttningen som ändläget gör kan mätas. De exakta krav som är relevanta att ställa på den resistiva givaren är:

- Enligt *avsnitt 4.2.2* skall en 10° vridning av ställskruven detekteras av givaren. Detta efter analyserat fältstudier.(Operatörer, 2001)
- Klara den industrimiljö där risk föreligger för både nerstänkning av vatten vid rengöring av maskinen samt damm främst från degen. Möjlighet finns naturligtvis att kapsla givaren som redan är gjort idag och därmed sänka kravet på kapslingsklassen.
- Driften skall vara låg. Drift definieras som deviationen från det korrekta värdet när signalen har hållits konstant under en längre period.

De dominerande typerna av absolutgivare som är vridbara är av en- och tiovarviga potentiometertyp. Banan, motståndet i givaren bör helst vara av konduktiv plastbana. Fördelarna är oändlig upplösning och lågt brus, både vid stillastående och vid rörelse samt en lång livslängd.

För att mäta en rak linjär rörelse finns det *linjära lägesgivare*, där banan är rätlinjig och löparen manövreras med en stång.

Nedanstående punkter har tagits i beaktande när de elektriska anslutningarna kopplades till den resistiva givaren i prototypen och är allmängiltigt för alla resistiva givare:

- Vid högre krav på mätnoggrannheten mäts spänningsdelningen över givaren.

Ett bra tillvägagångssätt när man har en givare och A/D-omvandlare som tillhör samma styrsystem är att använda den tariometriska inkopplingsprincipen. Denna princip beskrivs i (Lindahl, 1997 s.143)

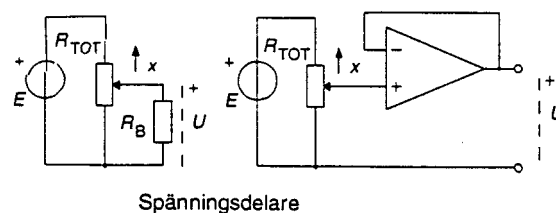
Både A/D-omvandlaren och givaren är beroende av en stabil referensspänning för en korrekt mätning. Kravet på en stabil referensspänning undviks om A/D-omvandlaren och givaren använder samma referensspänning. En förändring av referensspänning påverkar både givaren och A/D-omvandlaren i samma utsträckning vilket ger att slutresultatet blir korrekt i alla fall. Det är viktigt att referenserna är kopplade till samma punkt annars kan mätresultatet påverkas av spänningsfall i ledningarna mellan dem..

- För att ett korrekt mätvärde skall uppnås måste även hänsyn tas till att mätutrustningen har en resistans (R_B). Antag att löparens stäcka på motståndet motsvaras av avståndet x . Då blir utspänningen från givaren i ideella fallet $U = E \cdot x$ där E är matningsspänningen. Nu tillkommer den parallellkopplade resistansen från mätutrustningen. Mätspänningen blir då

$$U = E \cdot x \left\{ 1 / [1 + R_{TOT} / R_B (x - x^2)] \right\} \quad (\text{Lindahl, 1997 s.135})$$

Förhållandet mellan R_{TOT} / R_B skall anta så små värden som möjligt för att utspänningen (U) från givaren skall vara linjärt beroende av x . Därför skall mätutrustningen ha så hög resistans (R_B) som möjligt.

Väljs en A/D-omvandlare med den inre impedansen på $1M\Omega$ och givarens motstånd är $10k\Omega$ blir olinjäriteten 0,15%. Ett sätt att undvika denna olinjäritet om den blir för stor, är att koppla in en spänningsföljarkopplad OP-förstärkare (se figur 12).



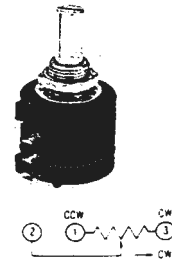
Figur 12. Den vänstra figuren illustrerar spänningsdelningsmätning. Den högra visar en OP-förstärkare som används när mätutrustningen har en låg impedans (R_B).

Till prototypen har två givare använts. Den befintliga givaren som ingår i produktionen, *Bourns* och en ny givare från *Bosch*.

4.3.2 Befintliga givare, Bourns

Detta är en 10 varvig trådlindad precisionsresistansgivare. Fördelen med denna är att den är absolutgivare. Den uppfyller dock inte *krav 4* (se början av kapitlet) som anger operationsområdet. Det är en 10-varvig rotationsgivare och en 33-varvig hade varit nödvändig. Lösning är en utväxling som gör att givaren täcker hela operationsområdet.

Nedan följer en uträkning om givaren uppfyller önskemålet med en upplösning som *detekterar en vridning på 10° av ställskruven*. Databladet anger följande om denna givare: (ELFA katalog nr 47, 1998 s. 693)



Figur 13. En 10-varvig trådlindad precisionsresistansgivare som är monterad i avvägaren idag.

- Trådlindad bana (ej överdragen med konduktiv plast för bättre upplösning).
- Resistansen är 10kΩ.
- Toleransen är ±5 % av resistansen. Detta har ingen större betydelse då givaren fungerar som spänningsdelare och intresset finns enbart för relationen mellan en anslutningssida och löparen.
- Linjäriteten är ± 0,25 %. Detta är ett mått på hur bra givaren följer en rät linje. Linjäriteten gäller enbart givaren så utväxlingspaketets påverkan är ej medtaget. Utväxlingsförhållandet(U) är 3,5. Alltså blir den linjära avvikelsen förstärkt 3.5 gånger dvs. den linjära avvikelsen blir ± 0,875%.
- Upplösningen är 0,020 % vilket motsvarar 1/0,029 % = 3448 nivåer. Alltså kan givaren detektera utan hänsyn till olinjäriteter, en vinkeländring på 3,4° (3448 / 33 = 104 nivåer/varv dividerat med 360°).
- Operationsområde är 10 (antal varv) · 4 (stigningen) · 3,5 (utväxling) = 140 mm.
- Totalt fel => Linjäritetsfel + Upplösning + Mätgivarens impedans = (0,0025+0,00020+0,0015) · 10000Ω = 42Ω eller i sträcka 0,0042·140 = 0.588 mm vilket motsvarar en vridning på (0,588 / 4) · 360° = 52,9°.
- Givarens dynamiska område är därmed 20¹⁰ log(10000/42) = 47,54dB.
- Antal bitars noggrannhet = Dynamiskt område / 6 (Lindahl, 1997 s.140) = **7,9 bitars noggrannhet**.

Till Bourns-givaren passar en 8-bitars A/D-omvandlare.

Förutom ovan beräknade avvikelser från en ideal givare finns det felkällor i utväxlingspaket och i den mekaniska överföringen mellan givaren och mätobjekt som också måste tas i beaktande. Felen genereras av glapp i kuggremmar och skruvmekanismer. Det är svårt att bedöma om dessa felkällor är försumbara i relation till andra felkällor dock är de liten påverkan.

4.3.3 Uppgradering av befintliga givare, Bourns

Det finns en mer avancerad modell men med samma dimensioner och som är direkt utbytbar med den befintliga givaren. Skillnaden mellan den befintliga och uppgraderingen är:

- upplösning är oändlig och
- linjäritetsavvikelsen för uppgraderingen är enbart $\pm 0,1\%$.
- Dessutom ger denna givare mindre brus och har längre livslängd.

Databladet anger följande om denna givare: (ELFA katalog nr 47, 1998 s. 693)

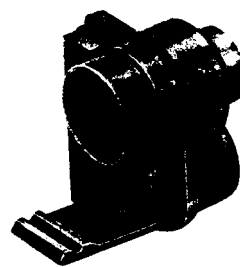
- Motståndsbana av konduktiv plast vilket ger oändlig upplösning.
- Linjäriteten är $0,1\%$.
- Givarens resistans är $10k\Omega$.
- Operationsområdet är 10 (antal varv) $\cdot 4$ (stigningen) $\cdot 3,5$ (utväxling) = 140 mm.
- Totalt fel \Rightarrow Linjäritetsfel + Mätgivarens impedans = $(0,001+0,0015) \cdot 10000\Omega = 25\Omega$ eller i sträcka $0,0025 \cdot 140 = 0,35$ mm vilket motsvarar en vridning på $(0,350 / 4) \cdot 360^\circ = 31,5^\circ$.
- Givarens dynamiska område är $20^{10} \log(10000/25) = 52,04\text{dB}$.
- Bitars noggrannhet = Dynamiskt område / $6 = 8.7$ bitars noggrannhet.

Med denna uppgraderade Bournsgivare måste ändå samma A/D-omvandlare användas då noggrannheten ökar med knappt 1-bit.

Övriga felkällor är de samma som för den befintliga givaren.

4.3.4 Bosch potentiometer, $10k\Omega/76$ varvig

I prototypen användes en Boschgivare. Syftet med denna givare var huvudsakligen att undvika det extra nedväxlingspaketet som behövs till den befintliga givaren. Bosch:s potentiometer är en 76-varvig givare, så den täcker hela operationsområdet (33 varv). Även denna givare behöver en kapsling mot omgivningsmiljön då IP-klassen är 40. Givaren har ett inbyggt utväxlingspaket där en kuggstång och kugghjul överför ställskruvens rotationsrörelse till en envarvig precisionspotentiometer.



Figur 14. En 76-varvig Boschgivare med inbyggt utväxlingspaket som användes till prototypen.

Databladet anger följande om denna givare: (Bosch, 2000 s. 73)

- Motståndsbana av konduktiv plast vilket ger oändlig upplösning.
- Linjäriteten är $\pm 3\%$.
- Resistansen är $10k\Omega$.
- Operationsområdet är 76 (antal varv) $\cdot 4$ (stigningen) = 304 mm.

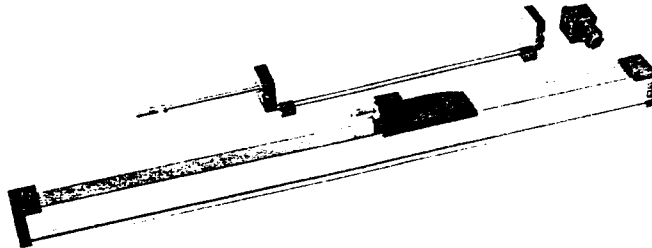
- Totalt fel => Linjäritetsfelet + Mätgivarens impedans $(0,03+0.0015) \cdot 10000\Omega = 315\Omega$ eller i sträcka $0.0315 \cdot 304 = 9,57$ mm vilket motsvarar en vridning på 861° eller drygt 2 varv.
- Givarens dynamiska område är $20^{10} \log(10000/315) = 30,03\text{dB}$.
- Bitars noggrannhet = Dynamiskt område / 6 = **5.0 bitars noggrannhet**.

Boschgivaren passar ihop med en 5-bitars A/D-omvandlare.

Gällande konstruktionen av Boschgivaren så blir utväxlingen på en kuggstång från en skruvstång en anledning till att givaren inte följer med i vändningarna. Detta omöjliggör bra precision när en finjustering både medurs och moturs skall göras. Man kan säga att motståndsdelen av givaren klarar sin uppgift men att utväxlingspaketet har för stort glapp. Bosch:s givare klara av att göra en grovinställning men operatören måste själv göra fininställningen.

4.3.5 Linjära lägesgivare

En möjlighet är att använda ett skjutmotstånd istället för ett vridmotstånd. Dessa givare kallas linjära lägesgivare. Den linjära givaren fästet direkt på mätobjektet i detta fall på ändläget. Motståndsbannorna är oftast av konduktiv plast som ger en hög noggrannhet. Givarehuset kan oftast väljas så det klarar den miljö som är önskvärd. *Linjäriteten brukar ligga på 0,05 %* vilket är bättre än vridmotstånden. Givaren leveras ofta med tillbehör för anslutningskontakter. Dessutom ger givaren en ren och störningsfri DC-utsignal vilket förbättrar noggrannheten på inställningen. Detta gäller då givaren används som spänningsdelare vilket krävs för samtliga givare som skall uppnå högre noggrannhet. Ingen utväxling behövs utan givaretypen finns för de flesta operationsområden (längder). En beräkning på en vanlig linjära lägesgivare ger följande: (*ELFA nr 47, 1998 s. 695*)



Figur 15. Två olika linjär lägesgivare som ger en hög noggrannhet och täcker hela operationsområdet.

- Resistansen är $5\text{k}\Omega$, linjäriteten är 0,05 %, slaglängd är (operationsområde) 150 mm.
- Mätgivarens impedans på $1\text{M}\Omega$ ger en olinjäritet på 0,07 % (se avsnitt 4.1.1 för beräkning).
- Totalt fel => Linjäritetsfel + Mätimpedans $(0,0005 + 0,0007) \cdot 5000\Omega = 6,0\Omega$ eller i sträcka $0,0012 \cdot 150 = 0,180$ mm vilket motsvarar en vridning på $16,2^\circ$.
- Givarens dynamiska område är $20^{10} \log(5000/6) = 58,41$ dB.
- Bitars noggrannhet = Dynamiskt område / 6 = **10-bitars noggrannhet**.

En linjär lägesgivare passar ihop med en 10-bitars A/D-omvandlare.

Några andra fördelar med en linjär lägesgivaren är att:

- Ett ut- eller nedväxlingspaket behövs ej då givaren täcker hela operationsområdet. Detta förbättra noggrannheten.

- Givaren ansluts *direkt till ändläget*, därmed undviks kugglapp mellan ställskruven och ändläget vilket är fallet då en givare fästes på ställskruven. Glappet varierar beroende på om ställskruven är belastad eller obelastad.
- Axeländan på ställskruven skulle inte längre behövas användas för en vridpotentiometer utan här finns nu plats för att fästa en invändigt placerad ställmotor.

Kostnaden för denna typ av givare är 5 gånger högre än för de vridpotentiometer som analyserats. Den kostnadsbesparing som gör med en linjär lägesgivare är att utväxlingspaketet till den befintliga Bournsgivaren ej behövs längre.

Utvärdering

Märke /Leverantör	Bourns befintlig (ELFA)	Bourns Uppgradering (ELFA)	Bosch (Bosch)	Linjär lägesgivare (ELFA)
Linjäritet	0.25	0.10	3.0	0.07
Mekaniska felkällor	Ja	Ja	Ja	Nej
Upplösning	0.029	Oändlig	Oändlig	Oändlig
Bitars noggrannhet	8 bitar - olinjära mekaniska felkällor	10 bitar - olinjära mekaniska felkällor	5 bitar	12 bitar
Utväxling	Ja	Ja	Nej	Nej
Lämplig A/D omvandlare	7	9	5	12
Pris	207 kr + utväxelpaket	311 kr + utväxelpaket	356 kr	1800 kr

Bosch:s givare fungerade praktiskt bra i prototypen till dess att en rotationsförändring gjordes. Då "slog" kugglappet i utväxlingspaketet till och givaren gav ett helt felaktigt värde. Efter att studerat konstruktionen går det att kompensera för en del av olinjäriteten med en avancerad beräknings- och styralgorithm men tillförlitligheten blir för låg och störningskänsligheten för hög. Ett bättre alternativ om inte en våg (se *avsnitt 4.3.6*) används är att den *linjära lägesgivaren* som uppfyller de tekniska kravspecifikationerna väljs.

4.3.6 Våggivare med automatisk reglering

En möjlig framtida utveckling är att viktreglering av degbitarna sköts automatiskt genom att en ställmotor, ett styrsystem och en våg reglerar in önskad vikt på degbitarna. Idag kontrollväger operatören de första degbitarna som kommer ut från avvägaren i början på en serie, justerar vikten med handtaget till ställskruven tills degbitarna har rätt vikt. Först då kan degbitarna gå vidare i processen till de andra maskinerna. Detta är tidskrävande för operatören, särskilt vid korta serier av olika brödtyper (krav på olika degvikter).

En våg innebär att det givarepaket som sitter på ställskruven idag ej längre skulle behövas. Med signaler enbart från vågen är det möjligt att ställa in rätt vikt på degbitarna. Så det intressanta är vilken upplösning vågen skall ha och hur vågprocessen skall konstrueras.

För att en våglösning skall vara realiserbar måste följande problem och krav uppfyllas:

- Vågen skall väga degbitar från 120 till 2300 gram.

- Vågens upplösning skall minst vara på $(2300-120 \Rightarrow) 2180$ nivåer eftersom en noggrannhet på 1 gram för degbiten önskas. Detta ger att *lägst en 11-bitars A/D-omvandlare skall användas*.
- Konstruktionsförändringar måste göras så att ett transportband går över vågen. Detta band skall även kopplas ihop med styrsystemet.
- Regleringsrutiner behövs till styrsystemet för att snabbt ställa in rätt önskad vikt samt rutiner så att degbitar inte mats ut för snabbt ur avvägaren när en inställning av degbitarnas vikt pågår.
- Degbitar som inte har rätt vikt när de kommer ut ur avvägaren behövs föras av transportbandet till en lämplig behållare för att återanvändas i avvägaren.
- Ställmotorn måste skyddas med ändlägesbrytare eftersom ingen lägesgivare finns kvar på ställskruven.

En våglösning är mer komplex och dyrare än en givare som fästes på ställskruven. Fördelen är naturligtvis att en kontinuerlig kontroll av degvikten sker.

4.4 Signalöverföring

Varje signal får utstå störningar och brus vid en överföring. En viktig del för att ett korrekt mätvärde skall samlas in är att de svaga signalerna mellan givaren och A/D-omvandlaren påverkas så lite som möjligt av störningar som korrumpierar signalen. Det är ett komplext problem att skydda signalen. En mängd olika skyddsbarriärer behövs för att säkerställa att en korrekt signal samlas in.

4.4.1 Störskydd

Här är det viktigaste punkterna för att få en mindre störningspåverkad signal:

- Minimera bruset från källorna, detta har gjorts bland annat genom skärmade kablar till motorer och liknande i avvägaren. Skärmkablarna är en flätad strumpa av koppar där skärmen i ena ändan är ansluten till signalgjord. Skärmkabelns syfte är att förhindra lågfrekventa störningar. Ytan hålls därmed på en konstant potential. Det är viktigt att minimera längden oskärmad kabel i slutet av kabeländarna. Skärmningen skyddar enbart mot elektriska fält och ej mot magnetfält som kan inducera spänningar i kabeln.
- Öka avståndet mellan brusvägarna och den påverkade kretsen.
- Genom att tvätta de båda spänningsledningarna kring varandra och bilda en partvinnad kabel minskar effekterna av magnetiska fält som den skärmade kabeln ej rör på.
- Använd separata kablar till varje givare.
- Hög och lågspänningskablar skall korsas varandra i räta vinklar.

4.4.2 Signaljordning

Jordning av skärmen till signalkabeln skall egentligen ske så nära givaren som möjligt. Dock har det varit praktiskt mycket lättare att jord skärmen vid A/D-omvandlaren. A/D-omvandlaren befinner sig i motsatta ändan till givaren.

Omvandlaren och övrig styrutrustning finns monterat inuti en metallåda som fungerar som jord. Metallådan har sedan en naturlig yttre jordningsslutpunkt, nämligen elnätets skyddsjord.

4.4.3 Signalanpassning

Känsligheten för störningar är större ju lägre signalnivån är i överföringen. En låg effektnivå ger en hög känslighet men eftersom spänning och effekt följs åt kan man säga att en låg spänningssignal innebär stor störkänslighet. (Lindahl, 1997 s. 124)

Därför väljs en så hög spänningsnivå som möjligt i signalkabeln. Från den givare som finns i prototypen avges en spänningsnivå från 0- till 10V. Det är ett spänningsområde som kallas för en IEC 381 signaltransmissionstandard.

Genom att en matningsspänning på 12V valdes *till* givaren så matchades A/D-omvandlarens mätområde som också ligger på standardområdet 0-10V i enlighet med IEC 381.

4.4.4 Signaltyp

Som informationsbärare från givaren i prototypen har en spänningssignal använts för att:

- Vanligtvis i industriella system så används bara strömsignaler då signaler behöver färdas långa avstånd och störningskällorna är stora. Ström förblir konstant längs hela kabeln medan spänningen i kabeln sjunker pga. resistans i kabeln. (Lindahl, 1997 s. 84)
För prototypen gäller att avståndet mellan givaren och A/D-omvandlaren är litet, mindre än 1 m och yttre störningarna är inte påvisbara.
- De yttre störningarna har vid provkörningarna ej märkbart påverkat signalen. Därför har den mer störningskänsliga spänningssignalen använts.

4.4.5 Digital filtrering

Efter att signalen från givaren i prototypen blivit A/D-omvandlad och insamlad, så kan signalen behandlas digitalt. Detta görs med ett digitalt filter som är mycket flexibelt. Genom att ändra parametrarna i filtret kan det anpassas till den givare som man är intresserad utav.

Digitala lågpasfilter

För att undersöka en långsamt förändrad insignal är det nödvändigt att ta bort slumpmässiga spikar och höga frekvensstörningar. Filtringen skall ske on-line eftersom realvärdet skall presenteras för operatören som behöver denna information för att göra de rätta besluten. Kausal filter beräknar en utsignal baserat på tidigare indata. Därför är alla on-line filter kausala. Moving Average(MA) filter har ett ändligt impulssvar dvs. skulle alla värden utom ett vara noll kommer utsignalen efter en tid att vara noll. Alternativet kallas ett ARMA(Auto-regressive Moving Average) filter.

I mjukvaran till den givare som användes i prototypen passade det med ett enkelt lågpasfilter (MA),

$$y = 1/5((y(kh)+\dots+y(k-4)h)). \text{ (Olsson, 1998 s. 158)}$$

Filtret tar hänsyn till det aktuella värdet och de fyra tidigare lagrade värdena.

För hela linjen kan det dock behövs andra typer av filter till de andra givarna. Styrsystemet klarar av att olika givare har olika filter om så skulle behövas.

Kapitel 5

Drivsystem

*I detta kapitel diskuteras vilka prestandakrav som ställs på drivsystemet. Ett drivsystems uppgift är att exekvera styrsystemets utsignaler. Drivsystemet till denna prototyp består av en **ställmotor**, en **kraftöverföringsenhet** mellan ställskruven och ställmotorn, ett **styrkort**, en **transformator** samt **reläer**. Drivsystemet dimensioneras i stort efter vilken ställmotor som väljs för att manövrera ställskruven.*

5.1 Ställmotor

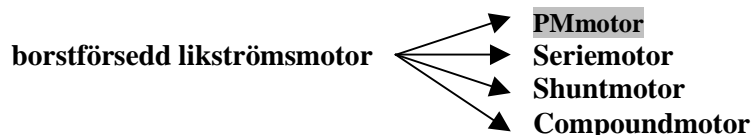
När valet att ställmotor skall göras börjar man med att välja ut vilken typ av ställmotor som kan passa bäst för att driva ställskruven. Realistiskt valmöjligheter finns i stort sett mellan de tre vanligaste elmotortyperna nämligen den *borstförsedda likströmsmotorn*, *stegmotorn* och den *borstlösa likströmsmotorn*.

Till prototypen användes **den borstförsedda likströmsmotorn** för att:

- Nya magnetmaterial har gjort det möjligt att konstruera högeffektiva likströmsmotorer till en låg kostnad. (Liander, 1997 s.12)
- Personsäkerheten förbättras och monteringen underlättas då motorn matas med lågspänning vilket innebär att de strängare högspänningsdirektiven inte behöver tillämpas. (Liander, 1997 s.8)
- Den är enkel att tillpassa till ett styrsystem.
- Den borstförsedda likströmsmotorn är den vanligast bland likströmsmotorer med effekter under 1kW dvs. det är en beprövad teknik och den finns i många olika utformningar.
- Så stora kvantiteter tillverkas vilket gör den billigare än tex. stegmotorer och för att styra den borstförsedda likströmsmotorn krävs mindre avancerad elektronik än för en stegmotor. (Liander, 1997 s.5)
- Den *borstlösa* likströmsmotorn är dyr och kostsam utrustning behövs för att styra den.
- Kravet på noggrannhet hos ställmotorn är ej speciellt hög, så stegmotorn och den borstlösa likströmsmotorn är mer avancerad än nödvändigt.
- Det är först vid kontinuerlig drift som den borstlösa likströmsmotorn blir aktuell.
- Lågvoltsmotorer blir robusta på grund av att lindningar är utförda av grov tråd.

Nackdelarna med den borstförsedda likströmsmotorn är:

- Att motorn har ett visst underhållsbehov och en begränsad livslängd pga. slitage av borstar och kommutator.

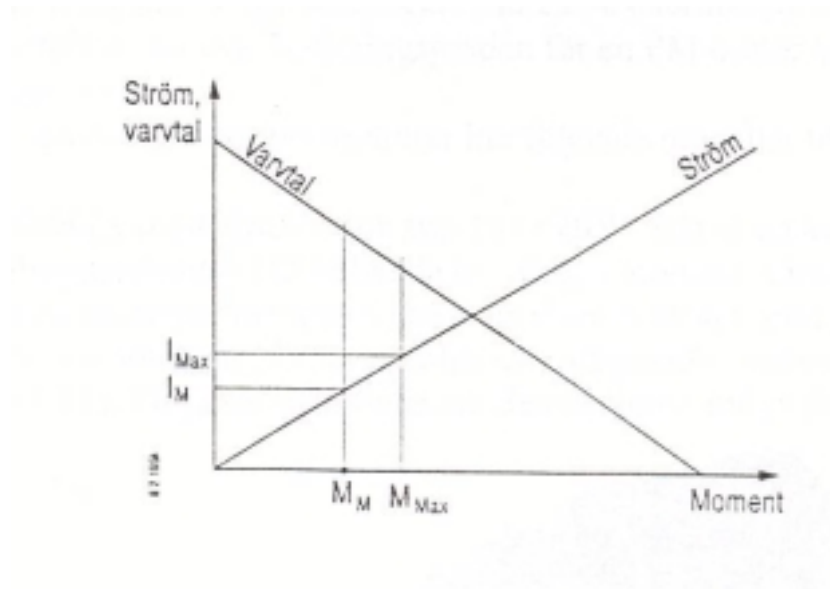


Figur 16. Olika typer av borstförsedda likströmmotorer att välja på där den PM(permanentmagnetiserad) motorn valdes till prototypen.

När det gäller borstförsedda likströmmotorn är det vanligast att välja på PM(permamagnetiserad), serie, shunt och compoundmotorn.

PM-motorn är vanligast eftersom den i vissa avseende har stora fördelar jämfört med de andra typerna. De andra borstförsedda likströmmotorerna är vanligast i stora industrianläggningar och i eldrivna fordon.

Det som är mest kännetecknande för PM-motorn är att varvtal och ström är proportionellt mot vridmomentet vid konstant spänning. Detta underlättar vid beräkningarna när motorn skall dimensioneras.



Figur 17. Kurvorna visar att strömmen är proportionell mot varvtal/moment i en PM-motor, vilket underlättar vid beräkningar av motordimensionen.

För att välja rätt typ och dimension av PM-motorn skall följande tas i beaktande:

1. *Mekaniska lasten* $< 4 \text{ Nm}$, detta gäller över hela operationsområdet.
2. Rotationshastigheten på motorn bör vara så att hela ställskruvens operationsområde nås inom 30 sekunder. Operationsområdet är 4 (stigning) \cdot 33 (antal varv) = 132 mm.
Linjärhastigheten $132 / 30 = 4.4 \text{ mm/sek} \Rightarrow 4,4 / 4$ (stigning) = 1,1 varv/sek \Rightarrow motorn bör ha en *rotationshastighet på 66 rpm* (6,91 rad/s).
3. Accelerationen och retardationen finns det inga högre krav på då det är relativt låga maximala hastigheter, dessutom är ställskruven självhämmande.
4. Krav 1 och 2 ger följande data om den erforderliga motoreffekten för en cirkulär rörelse:
 $P = (M \cdot \omega) / \eta$ där η är de mekaniska förluster som finns i ställskruven och i nedväxlingen av motorn. Ett rimligt antagande är att verkningsgraden är $\eta = 0,9$. Detta ger att den maximala erforderliga motoreffekten blir
 $P = (4 \cdot 6,91) / 0,9 = \mathbf{34,6 \text{ W}}$. Det är i denna storleksklass som PM-motorn bör ligga på.
5. *Operationstiden* är viktig att kartlägga. Motorn skall bara påverka ställskruven under en kort period $< 30 \text{ sek}$. Därefter hinner motorn svalna av under en lång tid.

6. Priset skall vara lägsta möjliga.
7. Reversibilitet måste vara möjlig.
8. IP-klassningen (förmåga att motstå en aggressiv miljö) skall ligga på en lagom nivå, en för hög nivå innebär sämre avkylningsmöjligheter vilket ger kortare livslängd för motorn.
9. Inbyggnadsmåtten bör vara så små som möjligt.
10. Nedväxlingen från motorn till ställskruven bör vara av billig, tyst och ha en hög utväxling.
11. Ljud och vibrationsnivå bör minimeras.

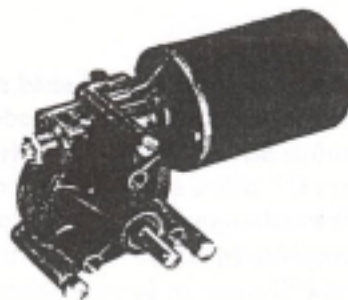
5.1.1 PM-motorn

För en PM-motor är startmomentet normalt *6-8 gånger större än märkmomentet*. Man kan säga att märkmomentet är beräknat vid kontinuerlig drift och där motorns förmåga till avkylning är det som begränsar märkmomentets nivå. Används motorn i korta perioder så kallad intermittert drift (S2) kan man räkna lite annorlunda på behövlig märkeffekt. Vid 25 % intermittert drift behöver man enbart en *motor med halva märkeffekten behövs*. Verkningsgraden för en PM motor brukar ligga på höga 70 till 80 %.(Liander, 1985 kap. 6)

Efter att studerat en mängd olika motorleverantörer har följande modeller utvärderats. *Se bilaga 3.*

Till prototypen valdes **DOGA likströmsmotor typ 111 / 20W**. Det är en kombinerad motor och snäckväxel med små inbyggnadsmått i förhållande till uttaget moment. Den hade lite mindre effekt än vad som krävdes men med tanke på den intermitterta driften så räcker med en 17 W-motor. Företaget *OEM Automation* som är återförsäljare av motorn har ett tillhörande styrkort som passade bra till denna motor (se avsnitt 5.15). Följande data finns om denna motor enligt tillverkaren:

Matningsspänning : 24 VDC
 Effekt (P₂) : 20W
 Ström : 2,5A
 Varvtal : 40 rpm = 4,2 rad/s
 Moment: 5,0 Nm
 Startmoment: 25 Nm
 Startström : 13A
 Vikt : 1,25 kg
 Kapslingsklass: IP 53



Kapslingsklassen är IP53. Detta innebär att motorn är "skyddad mot damm, dvs. inträning av damm ej är helt förhindrad, men damm kan ej intränga i sådan mängd att materialets normala drift äventyras". 3: an innebär "skydd mot strilande vatten d v s strilande vatten av högst 60 grader från lodlinjen inte har en skadlig inverkan". (*ELFA katalog nr 47, 1998 s. 460*)

Figur 18. En likströmsmotor med inbyggt snäckväxelhus för större moment och lägre varvtal.

Mätningar som gjordes under drift på prototypen visade att vid en konstant spänning så drog motorn **0,8 A** eller **2,5 A** beroende på om motorn gick fri eller arbetade mot ändläget. Drivkortet gav en konstant anslutningsspänning till motorn på **22,2V** vid mätningen. Eftersom det då i stort sett råder linjäritet mellan ström, varvtal och moment fås en klarare bild av momentbehovet. Formeln

$M = K_M (\text{momentkonstanten}) \cdot I_s (\text{uppmätt ström})$ ger följande:

När motorn arbetar **utan** att vara under belastning av en yttre kraft på ändläget är tillfört moment till ställskruven:

$$M_{\text{fritt}} = K_M \cdot I_s = 1,90 \cdot 0,80 = \mathbf{1,52 \text{ Nm}}$$

Detta ger att den tillförda effekten $P_{1 \text{ utan}} = U \cdot I_a = (0,8 \cdot 22,22) = \mathbf{17,76 \text{ W}}$ vid kontinuerlig drift.

Detta ger att den avgivna effekten $P_{2 \text{ utan}} = M_{\text{fritt}} \cdot \omega = (1,52 \cdot 4,19) = \mathbf{6,37 \text{ W}}$ vid kontinuerlig drift.

Verkningsgraden blir då för motor, kraftöverföring, viktinställningsgänga $\eta = 6,37 / 17,76 = 0,36$.

När motorn arbetar **med** belastning av en yttre kraft på ändläget är tillfört moment till ställskruven:

$$M_{\text{belastning}} = K_M \cdot I_s = 1,90 \cdot 2,51 = \mathbf{4,77 \text{ Nm}}$$

Detta ger att den tillförda effekten $P_{1 \text{ med}} = U \cdot I_a = (2,51 \cdot 22,22) = \mathbf{55,77 \text{ W}}$ under kortvarig drift.

Detta ger att den avgivna effekten $P_{2 \text{ med}} = M_{\text{fritt}} \cdot \omega = (1,52 \cdot 4,19) = \mathbf{19,98 \text{ W}}$ under kortvarig drift.

Verkningsgraden blir då för motor, kraftöverföring, viktinställningsgंगा $\eta = 19,98 / 55,77 = 0,36$.

Detta är ett litet större moment än mätningar på ställskruven med en momentnyckel visat.

Anledningen till detta mindre oväntade momenttillskottet ($4,77 - 4 = 0,77 \text{ Nm}$) som visar sig **med** belastning på ställskruven, är att två olika avvägaremaskiner använts under projektets gång. En ny där momentmätningarna med momentnyckeln gjordes och en begagnad som provkörningarna med elmotorn gjordes. Kontentan är att vid långvarig drift så kommer *behovet av tillförd effekt öka* pga. förslitningar av ytor, smörjningsförsämringar mm i avvägaren.

Motorn har ändå en maximal kapacitet som ger goda marginaler för ytterligare friktionsökningar då motorn kan ge ett startmoment som är 5 gånger större än vad som behövs.

När det gäller valet av motor att vid intermittent drift (25 % aktiv), så kan man använda en motor vars märkeffekt är hälften av behovet. (*Motorer Växlar Servo Positionering*, 2000, s. 268)

Detta ger att en motor på 10 W vid belastning eller 3 W utan belastning kan väljas. Den aktuella motorn som är vald ligger på 20W, alltså en säkerhetsfaktor på 2. Den väsentliga dimensioneringsparametern är dock strömmen, som är 2,5 A vid belastning av ändläget, vilket motsvarar motorns märkström (2,5A). Därför bör uppvärmningen av motorn inte bli kraftig vid intermittent drift och följaktligen skadas inte motorn.

5.1.2 Alternativ ställmotor

Ett alternativ till att ha en ställmotor som klara båda belastningsfallen (ändläge belastat/ej belastat) är en motor för att enbart förflytta ändläget vid obelastat tillstånd. Detta är möjligt om hela maskinen är igång (huvudmotorn går, se avsnitt 2.2.1). Styrkortet skulle begränsa strömmen när motorn belastas till 5A och motorn skulle hålla ett moment som motsvarar denna ström. Då skulle en 7 W motor räcka. Den stora fördelen med den alternativa ställmotorn är att **inbyggnadsmåttet kan reduceras kraftigt**. Detta skulle underlätta inbyggnad av ställmotor innanför skalet på avvägaren. Inbyggnaden göra hela maskinen säkrare för operatören och ställer mindre krav på motorns IP-klass.

En lämpliga alternativ modell är **DOGA typ 116**. Typ 116 är en systemmodell till den som användes i prototypen (typ 111). Liknande beräkningarna som är gjorda ovan ger att:

- Motorns märkmomentet på 1,5 Nm, motsvarar det moment som krävs på ställskruven när ändläget är obelastat. Detta ger en god kompatibilitet. Effektbehovet hos ställskruven är 6,37 W vilket nästan motsvarar motorns kapacitet (märkeffekt 10 W).
- *Under belastning* skulle strömmen bli 11.8A och effektbehovet bli 32 W vilket är 3 ggr mer än vad motorn kan prestera under kontinuerlig drift. Styrkortet kommer begränsa strömmen till 5A vilket innebär att motorn bara kommer avge 2 Nm och *ändläget kommer förbli stillastående*.

Kontentan är att motorn inte kommer skadas utan klarar att fullfölja sin uppgift. Detta gäller enbart då hela maskinen är aktiv så att ändläget bara är belastat under korta perioder. Typ 116 skulle ge ett varvtal på 65 rpm vilket är en välkommen och acceptabel ökning från typ 111:s 40 rpm.

5.1.3 Kraftöverföring

PM-motorn har oftast ett varvtal som ligger långt över det erforderliga. Vanligtvis vill man reducera varvtalet och därmed generera ett högre moment. Det finns ett antal metoder för att åstadkomma detta:

- Vid mindre varvtalsreduktioner, upp till fem gånger, kan en enkel rem eller kedjedrift vara tillräckligt och samtidigt svara för kraftöverföringen.
- Kuggväxel är den vanligaste typen för kraftöverföring. Ett steg utgörs av ett utvändigt kuggat hjul som rullar mot en annat utvändigt kuggat hjul med en annan diameter. Utväxlingen överstiger sällan 1:10. Dessa växlar har en hög ljudnivå och glappet kan vara stort i dessa konstruktioner.

- En snäckväxels fördelar är en jämn och tyst gång, stor reduktion i en liten volym och ett lågt pris medan de mindre starka sidor är glapp, styvhet, livslängd och underhåll.
- Planetväxlar och excenterväxlar tar för stor plats och blir svåra att montera inuti avvägaremaskinen. Vid en utvändigt monterad skulle de ta för mycket plats i horisontell led vilket gör att växlar blir skrymmande.



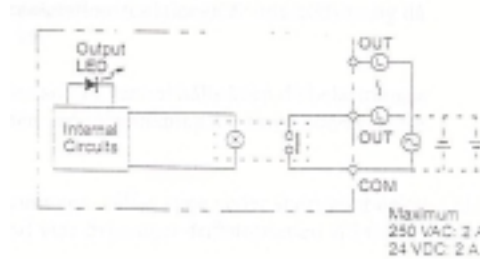
Figur 19. En Oldham koppling som överför kraft mellan ställmotor

Den motorn som finns till prototypen (DOGA typ 111) har en inbyggd **snäckväxel**. Fördelen är framförallt att utformningen, vinklingen som gör det lättare att montera motorn på avvägaremaskinen. Med denna snäckväxel så fås ett varvtal i det rätta området och ett högre moment skapas.

När den nedväxlade motorn och ställskruven ska koppla ihop så måste det finnas en viss flexibilitet mellan motorn och ställskruven. Ett lämpligt sätt att överföra denna kraft är att använda sig av en *Oldham 3-delad koppling*. Det finns varianter som klarar moment upp till 50 Nm och konstruktionen har dämpande egenskaper. Denna lösning lämpar sig väl för kraftöverföringen.

5.1.4 Reläer

Effekten ut från en dator är oftast väldigt liten, i storleksordningen 100 mW. Detta problem undviks med en PLC där betydligt högre ut signaler kan avges. I PLC:n sitter reläutgångar, så strömmen som matas in i PLC:n kommer ut när det interna reläet försluts. Dock klarar PLC:ens reläutgångar inte ta hand om ström i den storleksklass som behövs till en ställmotor. Därför måste PLC:n använda sig av *externa reläer för att sluta/öppna strömmar till ställmotorerna*. Gränsen för den PLC-modell (CPM1) som ingår i prototypen tål är 2A. Vid vissa tillfällen kan strömmen till ställmotorn bli upp till 5A.



Figur 20. Ett galvanisk åtskild relä-utgång inuti PLC:n, för att sluta mindre strömmar.

Man skall alltid anta att det kan uppstå problem med strömförsörjning för att driva det yttre reläet, vilket innebär att det säkra läget skall vara då ingen strömförsörjning behövs. Nackdelarna med reläerna är att de är relativt långsamma, de genererar dessutom elektriskt brus genom "kontakt hoppning" vilket kan störa mätsignalerna från givarna. De reläer som använts i prototypen är av modell *Omron Typ G2R-1SN*. Reläet klarar bryta en ström på 10A, vilket är fullt tillräckligt.

5.1.5 Styrkort

Styrkortet är länken mellan strömkällan (transformatorn) och ställmotorn. Dess funktion är att kontrollerar att motorn gör vad den skall inom de ramar som är bestämda. De funktioner som oftast finns att tillgå på ett styrkort är:

- **Strömbegränsningsskydd** som begränsar hur mycket ström som skall gå igenom motorn. Anledningen till att strömbegränsningsskyddet finns är att man vill:
 - Skona motorns livslängd och den mekaniska lasten som motorn driver (ställskruven, lager mm). Strömåtgången är proportionell mot momentet (se figur 17). Detta innebär att när styrkortet begränsar strömmen till ställmotorn så begränsas det momentet som ställmotorn avger. Start- och maxmomentet blir därmed begränsat.
 - Undvika att PM-motorn avmagnetiseras. Detta händer vid för höga strömmar och det är därför viktigt att skydda motorn skyddas mot detta genom strömbegränsning.

- Byta rotationsomriktning dvs. polomkoppling utan att motorn stannas helt. Strömbegränsningen behövs då. Anledningen är att motorn kommer vid en kort period vid polomkoppling fungera som generator och samverka med matningsspänningen. Motorn utsätts då för dubbla spänningen och riskera att avmagnetiseras om det inte finns någon strömbegränsningsskydd.
- Skydda motorn om den går emot något mekaniskt stopp/löst föremål. Utrustningen skyddas då genom att kraften från det momentet som motorn kan skapa begränsas.
- **Varvtalsstyrning** är en annan nödvändig funktion då ställmotorn automatiskt styr ändläget (indirekt) mot ett tidigare sparade läge på ställskruven. Då ändlägets aktuella position (ärvärdet) kommer i närheten av det tidigare sparade läget (börvärdet), behövs en *lägre hastighet*. Även då operatören manuellt finjusterar ändläget, behövs en *lägre hastighet*. En *hög hastighet* är önskvärda när det finns en stor differens mellan är- och börvärdet.
- **Reversibel motordrift** (polvändning) är också nödvändig då ställskruven skall kunna rotera i båda riktningarna.
- **Rampning** innebär att man kan styra motorns acceleration och bromsning. Funktionen bromsning är önskvärd då detta innebär att färre injusteringar behövs göras när motorn närmare sig ett börvärde. Skulle inte bromsningen finnas skulle det ta längre tid för styrsystemet att styra in sig på ett börvärdet. Det skulle bli mindre dämpning och större utsvängning på båda sidor om börvärdet. *Bromsningen minskar tiden för en inställning*. Accelerationsfunktionen är inte nödvändig då varvtalsstyrningen (se ovan) fyller denna uppgift väl.
- **Lastkompensering** är en funktion som säkerställer att rätt varvtal hålls även då belastningen varierar. Denna funktion är ej nödvändig då en liten varvtalssänkning har ringa betydelse för styrsystemet.
- **Starthjälp** innebär att styrkortet ser till så att spänningen hålls uppe under startögonblicket. Ofta krävs en startström som under någon tiodelssekund vida överstiger driftströmmen vid full last och jämn fart. Denna funktion behövs till prototypen.

Utvärderingar av olika styrkort ger:

	Alternativ 1	Alternativ 2	Alternativ 3
Leverantör	OEM	Bosch	OEM
Märke	RX3	Robo Tronic PMCU	RX8
Matningsspänning	20-34VDC	12/24 VDC	18-30VDC
Strömbegränsning	Ja, 5A	Ja, 5A	Ja, 8A
Varvtalstyrning	Ja	Nej	Ja
Polvändning	Ja	Ja	Ja
Rampning	Ja	Ja (bromsning)	Ja
Lastkompensering	Ja	Nej	Ja
Starthjälp	Ja	Ja	Ja
Övrigt	Hastighet kan regleras med spänning eller potentiometer. 2 fast hastigheter möjliga.	Bryter strömmen vid överbelastningen, ersätter mikroströmbrytare.	Fler funktioner än RX3 som ström boost, separat säkringar för motor, matning.
Pris	630 kr	400 kr	1235 kr

Till prototypen valdes OEM:s *RX3-styrkort*.

RX3-styrkortet har de lämpliga funktioner och är bra som utvärderingskort för att se vilka funktioner som behövs. *RX3-styrkortet* passar bättre till prototypen än *Bosch-kortet* som har färre funktioner.

Kortet har följande specifikationer:

Max ström, 3A (peak 5A).

Max effekt, 70W.

Broms effekt, 30W.

Säkring 3A, självläkande.

Kortet är avpassat för motorer inom effektområdet 5 - 70 W, vilket är rätt område för de motorer som är intressanta.

Styrkortet har en hög verkningsgrad och ett litet behov för kylning. Kortet kan gå kontinuerligt för motorer inom detta effektintervall. 2 fasta hastigheter kan ställas in på kortet, vilket är bra för att genomföra ovan nämnda finjustering.

Kortet passar utmärkt ihop med DOGA typ 111 där dimensionering mellan motorn och styrkortet är väl avvägda.

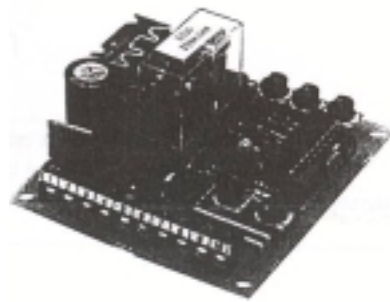
I stort sett alla styrkortsfunktioner kom till nytta som ovan beskrivet. Maximalt effektbehovet in till motorn (P_1) är 56 W under korta perioder och kortet kan kontinuerligt ge upp till 70W. Detta motsvarar att motorn kan ge ett kontinuerligt moment på 6 Nm. Det *maximala behovet är 4,7 Nm* (under korta perioder) och styrkortet kan tillsammans med motorn *ge ett kontinuerligt moment på 6 Nm*.

I_{max} ställs in med ett motstånd på styrkortet så att motorn får tillgång till hela sitt märkmoment (6 Nm). Om I_{max} överskridas pga. en hög momentbelastning ($> 6 Nm$) under längre än tid stannar motorn men fortsätter att ge ett moment som är 6 Nm. I_{max} har valts till prototypen så den ej avger mer än ett moment som motsvarar ett långvarig ström på 3A.

Styrkortet använder integrerade kretsar för att få PWM (plusbreddsmodulering)-styrning. Bredden på pulserna ställs in med ett motstånd på kortet. Ju längre pulser, desto högre medelspänning till elmotorn och desto högre varvtal. PWM-styrningen gör att kortet klara leverera en högre effekt utan att "brinna upp". (Olsson, 1998 s. 127)

Kretsarna har även programmerats för att innehålla logik för start och stopp, överströmskydd, momentreglering, mjukstart mm. Behovet av antalet yttre komponenter har minimerats genom IC-kretsar. I princip kan man undvika mycket onödigt konstruktionsarbete om man väljer ett styrkort med en lämpligt programmerad integrerad krets.

Den med elmotorn parallellkopplade dioden som finns på styrkortet är viktig. Dioden bör vara tillräckligt snabb för att leda strömmen när strömmen fortsätter att flyta i kretsen, även när matningen till ställmotorn är bortkopplad av styrsystemet. Eftersom elmaskiner innehåller induktanser, kan det uppstå överspänningar om strömmen inte kan hitta en ny väg när matningen kopplas bort. En fördröjning är därför inlagd så att PLC:n inte bryter start/stopp reläet och kontakten till dioden på styrkortet direkt då motorn har stannat.



Figur 21. Styrkortet RX3 för att kontrollera ställmotorn i prototypen.

Kapitel 6

Styrsystem

Kraven på styrsystemet specificeras i detta kapitel. Styrsystemet skall styra ställmotorer, frekvensomformare, operatörspanelen, reläer mm samt plocka in värden från givare, frekvensomformare och säkerhetsbrytare. Den skall dessutom sköta kommunikationen med operatören vid operatörspanelen (pekskärmen).

6.1 I/O behov

För att kunna välja rätt styrutrustning för den ovan beskrivna produktionslinjen är det nödvändigt att strukturera upp nuvarande och framtida behov av ingångar och utgångar för att styra alla maskiner i bagerilinjens. Behov föreligger för både analoga och digitala in- och utgångar. En analog ingång kan hantera en varierande spänning/ström, en utgång kan avge detsamma. Digitala ingångar/utgångar arbetar med bara två spänningsnivåer vilket motsvarar på/av.

I *bilaga 1* finns en detaljerad beskrivning av hur många in- och utgångar som är nödvändigt för att styra produktionslinjen. Resultatet blir

	Ingångar	Utgångar
Analoga	13	4
Digitala	11	25

Resultatet gäller för hela bagerilinjens och det är bl.a. efter denna information som styrsystemet skall dimensioneras. Siffrorna kan variera något om man väljer en alternativ givare/motor till någon av bagerimaskinerna men behovet ligger i nivå med siffrorna i ovan angivna tabellen.

6.2 PLC

I detta projekt har två stycken PLC-modeller använts kallade *CPM1-system* som tillverkas av ett stort företag som heter OMRON som bl.a. har en automationsdivision. Projektet inleddes med en mindre PLC med 12 ingångar och 8 utgångar (digitala). Denna modell visade sig snabbt vara för liten och en större modell införskaffades som bygger på samma plattform men med 18 ingångar och 12 utgångar (digitala).

Som synes motsvarar inte detta PLC-system det behov som finns för att styra en hel bagerilinjens. För att lösa detta problem kan två stycken expansionsenheter anslutas till PLC:n. Detta ger 24 ingångar till och 16 utgångar extra. Behovet av extra digitala I/O skulle nu vara uppfyllt.

Med en extern multiplexer innan och efter A/D-omvandlaren skulle även behovet av analoga I/O vara löst.

Ett betydligt svårare problem är det begränsade programminnet som finns i CPM1-modellerna. Minneskapaciteten i PLC:n ligger betydligt under den nivå som krävs för att styra alla maskiner. Den större och mer avancerade modellen av avvägaren SD-300 kräver betydligt mer programminne än den mindre modellen SD-180. Skall en linje bestående av de mer avancerade

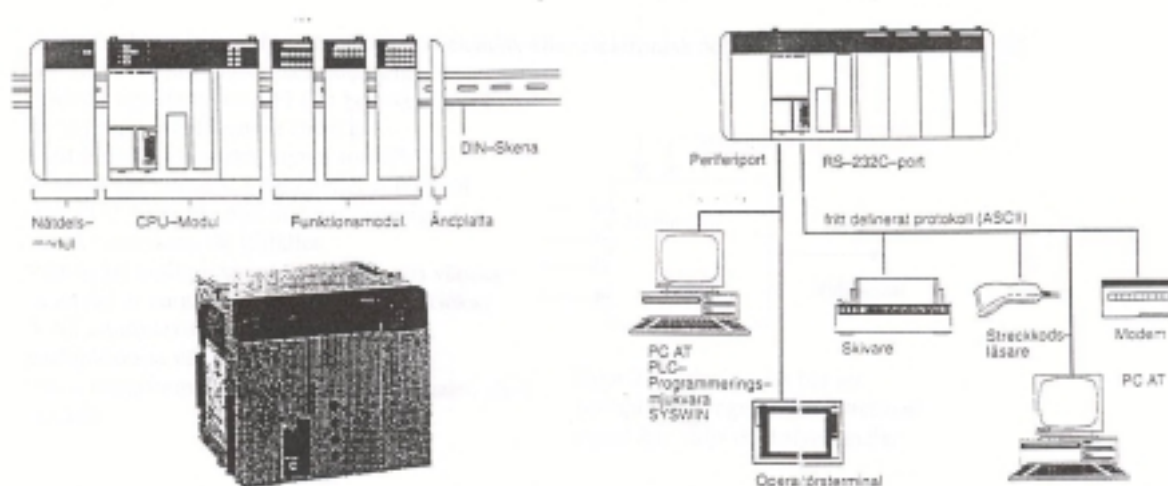


Figur 22. PLC:n CPM1-30 som används i prototypen med 18 ingångar och 12 utgångar.

modellerna av avvägaren och långrullaren samt runddrivaren och vilskåpet styras, krävs betydligt mer än 2 kB programminne som finns i PLC:n till prototypen, CPM1.

Möjligheten finns att då att välja en mer avancerad PLC från Omron där samma operatörspanel, mjukvara och programmeringsverktyg som tidigare kan användas. Den mer avancerade PLC-modellen är *CQM1*. En detaljerad specifikation av *CQM1* finns i *avsnitt 3.2*. PLC:n har en minneskapacitet på 7,2 kb vilket räcker mer än väl för att styra hela bagerilinjens. *CQM1* har följande extrafunktioner som inte fanns till PLC:n *CPM1* som användes i prototypen:

- Den kan anslutas till ett modem, ger styrsystemet möjlighet att hämta maskininställningar från en leverantör. Detta är en funktion som troligen kommer att finnas i Glimex´ s framtida styrsystem.
- Den har möjlighet att kommunicera med en ”vanlig dator” för att hämta in tex. antal producerade bitar, drifttid mm för analyser, planeringsunderlag mm.
- Till operatörspanelen behövs ingen kommunikationsadapter med denna PLC-modell, vilket innebär en kostnadsbesparing.
- Tillgång till bättre A/D-omvandlare (12 bitar), vilket är nödvändigt för korrekt inställning av ändläget till avvägaren. A/D-omvandlaren är inbyggd och därmed behövs det inte anslutas någon extern A/D-omvandlare som det behövs till den mindre PLC-modellen.
- Möjligheter till fler instruktioner (effektivare programmering) och en snabbare CPU, detta gör att I/O uppdateringen (PLC:n läser av in- och utgångar) är under 1 ms.
- Betydligt lättare att ansluta fler enheter som extra I/O enheter, A/D-omvandlare mm. *CQM1* har bättre kapacitet att möta nya framtida behov. Det finns inga begränsningar på extra enheter som det finns för den PLC-modell (*CPM1*) som användes till prototypen.
- Har högre minneskapacitet och möjligheten finns för expansionsminne om behovet finns. Detta var inte möjligt med *CPM1*.
- Omron som tillverkar båda PLC-modellerna (*CPM1* och *CQM1*) garanterar 100 % kompatibilitet av programkoden dvs. samma kod som skrev till prototypen kan användas till den lämpliga uppgraderingsmodellen. (*CPM1 Handbok*, 1997, s. 10)
- Det behövs bara anslutas en expansionsenhet till *CQM1* för att styrsystemet skall kunna hantera behovet av 25 digitala ingångar. Den lämpliga expansionsenheten är *CQM1-OD213* som har 32 digitala ingångar. En expansionsenhet täcker behovet. Skulle den mindre PLC-modellen användas, krävs två expansionsenheter. Den mindre PLC:n skulle även få en mängd extra outnyttjade ingångar då expansionsenheterna till den mindre PLC:n bara finns med in- och utgångar i par.



Figur 23. Bild på PLC-system *CQM1* som är lämplig att styra hela bagerilinjens. Högra figuren visar att PLC:n har möjlighet att kommunicera med bl.a. modem, dator, skrivare mm.

6.3 SoftPLC

Ett alternativ till att PLC:n är att använda sig av en SoftPLC. Detta är en styrenhet som använder sig av hårdvaran som finns i en vanlig persondator. Det är en betydligt kraftfullare hårdvara hos SoftPLC, vilket kompenserar de Realtidsbrister som finns hos SoftPLC:n. Den har framtiden för sig då den vanliga PLC inte kan hålla samma utvecklingstempo och prisreduktionstakt som SoftPLC:n.

Till SoftPLC:n använder man sig också av distribuerad I/O, vilket innebär att in- och utgångar kan placeras var man vill i processen, de behöver inte sitta intill processorn och minnet som är fallet med en PLC.

Även andra typer av givare och ställdon används. Dessa skickar och tar emot digitala signaler vilket gör styrsystemet mindre störningskänsligt och mer noggrant. Detta passar SoftPLC:n betydligt bättre att hantera digitala signaler eftersom annars måste en signalanpassning/omvandling ske. Flera givare/ställdon kan samsas om en ledning med en fältbuss, så antalet kablar som behövs till processen minskar drastiskt.

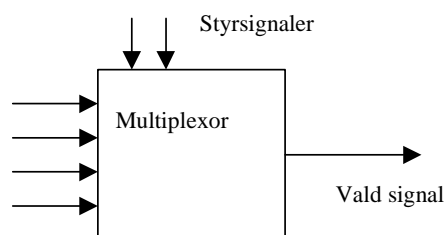
SoftPLC:n har börjat bryta sig in på marknaden 1999 men till början är det bara de mer krävande applikationerna som är aktuella. (Lindstedt, 2000, s. 69)

Att använda sig av en SoftPLC är ett alternativ för Glimex AB men eftersom mycket av mjukvaran är skriven för PLC och processen är inte riktigt så krävande att en SoftPLC behövs. Däremot erbjuder nu många tillverkare av SoftPLC att köra PLC-programkoden på denna Soft PLC. Detta gör att man inte behöver skriva ny programkod utan kan använda sig av den redan befintliga koden vid en framtida uppgradering.

Används en SoftPLC skulle det vara ett större behov av att använda sig av digitala givare/ställdon eftersom dessa passar bättre till SoftPLC:n. Kostnaden för detta styrsystem skulle då bli lite för högt. Har en automatisering redan gjorts med en vanlig PLC så är ett skifte till en SoftPLC mindre arbetsamt eftersom mycket arbete har redan gjort som kan används i ett styrsystem med en SoftPLC.

6.4 Multiplexer

En multiplexer kan antingen vara elektromekanisk eller elektronisk och fungerar som en switch. Till ena sidan av multiplexerna ansluts alla de analoga signalerna som PLC:n behöver för att styra processen. På andra sidan av multiplexorn avges den signal som PLC:n behöver för tillfället. Styr signaler skickas ut från PLC:n för att välja ut den givaresignal som är intressant för tillfället. Pilarna på multiplexern kan naturligtvis vändas så att det är bara en analog signal som skickas in till multiplexorn och genom att styra multiplexerna väljs till vilken frekvensomformare eller dylikt som signalen skall skickas.



Figur 24. Principskiss hur en multiplexer fungerar. En intressant signal kan väljs med styr signaler.

Det finns 13 stycken analoga givare i bagerilinjens som avger signaler. Dessa signaler behövs för att styra bageriprocessen. Anledningen till att en multiplexer behövs är att:

1. Det är inte ekonomiskt försvarbart att använda sig av 13 A/D-omvandlare som samlar in de analoga givaresignalerna till styrsystemet.
2. Signalerna från givarna behövs inte hela tiden utan kan samlas in då det är aktuellt att aktivera tillhörande ställmotor. En multiplexer skulle klara detta utmärkt.

Omron har flera externa multiplexerar i sitt produktprogram. En lämplig modell är *multiplexer typ B7A* som kan ta emot signaler från 16 givare. Pris är 1170 kronor. Det behövs 4 digitala utgångar från PLC:n för att styra multiplexern.

6.5 Strömförsörjning

Till likströmmotorer behövs en transformator för att likrikta och transformerar ner spänningen (230V) till intervallet 20-34 V (för styrkort *RX3*). Ett generellt problem för en transformator är startströmmen vid tillslaget av ställmotorerna. Även om PM-motorer tillhör de motorer som kräver lägst startström, kan den ändå kräva 5-10 gånger större ström än vad som krävs vid normaldrift. Av ekonomiska skäl är det inte lämpligt att dimensionera transformatorn efter startströmmen, dock bör följande tas i beaktande:

- Tillgängligt startmoment till motorn blir begränsat.
- Spänningen sjunker då motorn startas under 5 – 200 ms.
- En grundregel för att skydda styrelektroniken från störningar är att styrelektroniken skall ha en separat strömförsörjning för att minska strömningskänsligheten hos dessa enheter. Detta är redan fallet angående PLC:n i expansionsmodellen som har egen strömförsörjningsenhet.
- Styrkort kan fås med en ”strömboost” om spänningsfallet blir ett problem för styrsystemet.

Kapitel 7

Programvara

Programvaran används för att styra PLC:n. De funktioner som behövs i programvarna för att automatisera linjen och uppfylla de funktionskrav som ställs på datorsystemet består av följande beståndsdelar:

- sparningshantering,
- hämtningshantering,
- raderingshantering,
- säkerhetshantering,
- givarehantering,
- styrhantering av ställmotorer och
- bildskärmstyrning.

Dessutom så ingår det specifik mjukvara för varje maskin i linjen som skall styras. Dessa maskiner är:

- avvägaren (fler olika modeller),
- runddrivaren,
- vilskåpet samt
- långrullaren (flera olika modeller).

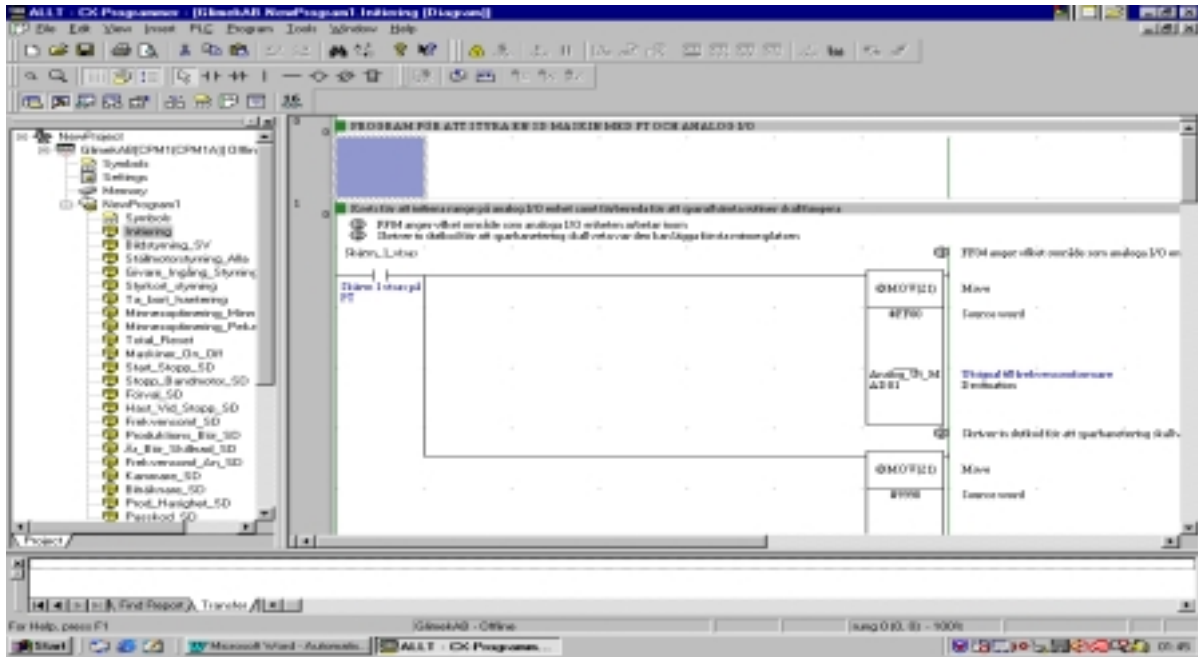
Det kan tänkas att fler funktioner kan behöva implementeras i programvaran då fler maskinerna som på ett naturligt sätt ingår i en bagerilinjens som t ex ugnar, degblandare och transportband kan önskas styras av *det befintliga styrsystemet*.

Det finns även planer på att bagaren i framtiden skall kunna hämta hem maskininställningar från en leverantör för att baka en viss brödsort. Detta kräver då ytterligare tillägg i programvaran.

Någon bilaga av all kod som skrivit kommer ej att tas med då detta skulle överskrida 100 sidor och är av ringa intresse förutom vid programmering och felsökning. I *bilaga 4* kommer de två första sektionerna av programmet att visas, *initiering* och *ställmotorstyrning*. Detta för att ge läsaren en uppfattning hur en sektion är uppbyggd.

7.1 Programvara

För att programmera det valda PLC-systemet användes CX-Programmer, ett Windows baserat program. CX-Programmer gör det möjligt att skapa, övervaka och on-line redigera program för alla Omron:s PLC-modeller.



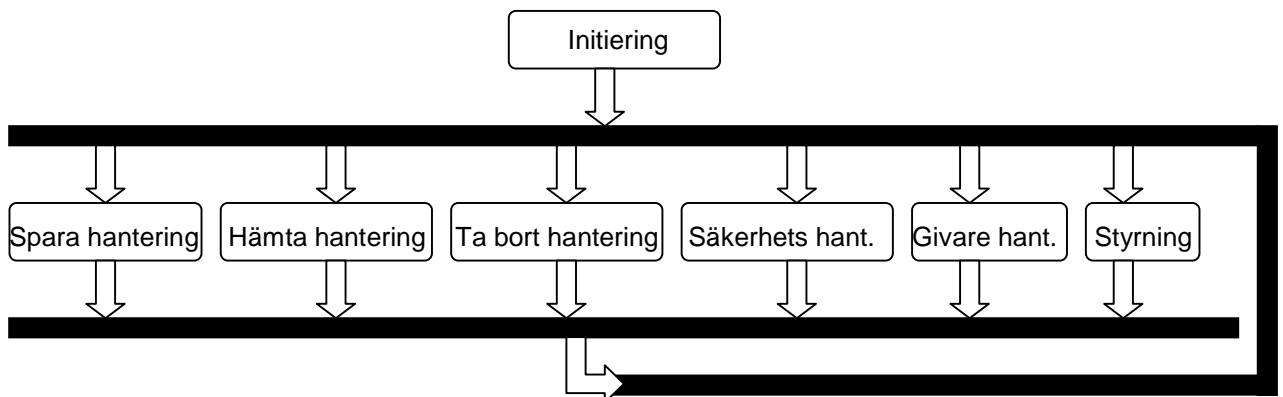
Figur 25. PLC-programmeringsvettyget CX-programmer som används för att ladderprogrammera PLC:n i prototypen.

Till vänster ser man de olika sektionerna som tex. styrkortstyrning, bildstyrning mm. En mer detaljerad beskrivning av de olika sektionerna finns i *sektion 7.2*.

Till höger ser man ett ladderdiagram där strukturen för i detta fallet valda sektionen *Initiering* visas. Längst ner finns ett kommunikationsfönster för felmeddelande, varningar, kompilersresultat mm. Fördelen med programvaran är kompatibiliteten med alla system dvs. PLC-program kan flyttas från en PLC-modell till en annan. Programmeringsutrustningen kan alltså användas till alla Omron's modeller.

7.2 Programstruktur

Nedan ses strukturen för det program som styr PLC:n.



7.2.1 Initiering

Här skickas signaler till A/D-omvandlaren för att bestämma vilket mätområde som är aktuellt dvs. en signalanpassning. Initieringen skickar även ut en kod för att bestämma var i PLC:n minnesområde som lagring av datafiler för inställningar skall börja.

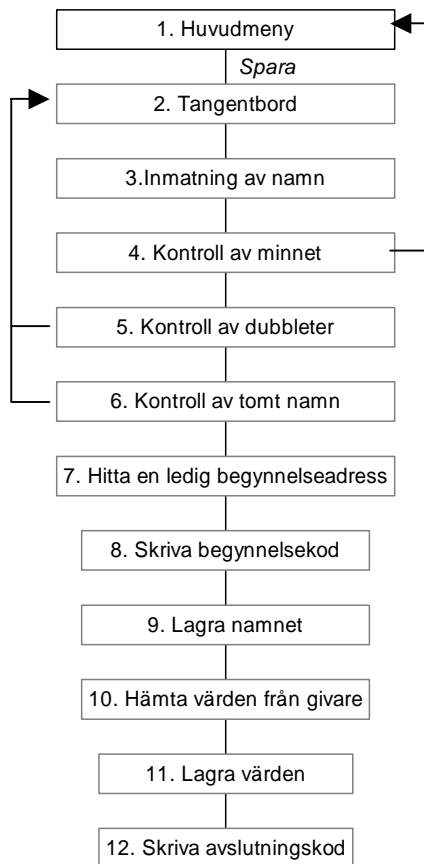
7.2.2 Sparhantering

Sparhantering är till för att spara inställningar och innebär att namn och tillhörande värden sparas ihop i ett minnesområde kallat dataminne (DM) som behåller status vid spänningsbortfall. Ett typexempel finns nedan på hur strukturen ser ut i PLC:ens dataminne (DM) där inställningar sparas.

Minnesplats	Värde
DM333	#9998
DM334	#9999
DM335	#00FA
DM336	#00E5
DM337	#00E5
DM338	#00FA
DM339	#0052
DM340	#0043
DM341	...
DM342	...
DM343	...
DM347	#9998

Minnesplats DM333 har värdet #9998 och anger slutet på en inställning. DM334 anger början på ett ny inställning. DM335 till 338 är hexadecimala värden som representerar bokstäver eller siffror till den inställning som blivit sparat. Mellan DM339 och DM346 lagras värden från 8 olika givare. Möjligheten finns genom omprogrammering att öka antalet minnesplatser för fler inställningsvärde som tex. frekvensomformares värden. Sista i minnet finns en avslutningskod som alltid avslutar en inställning.

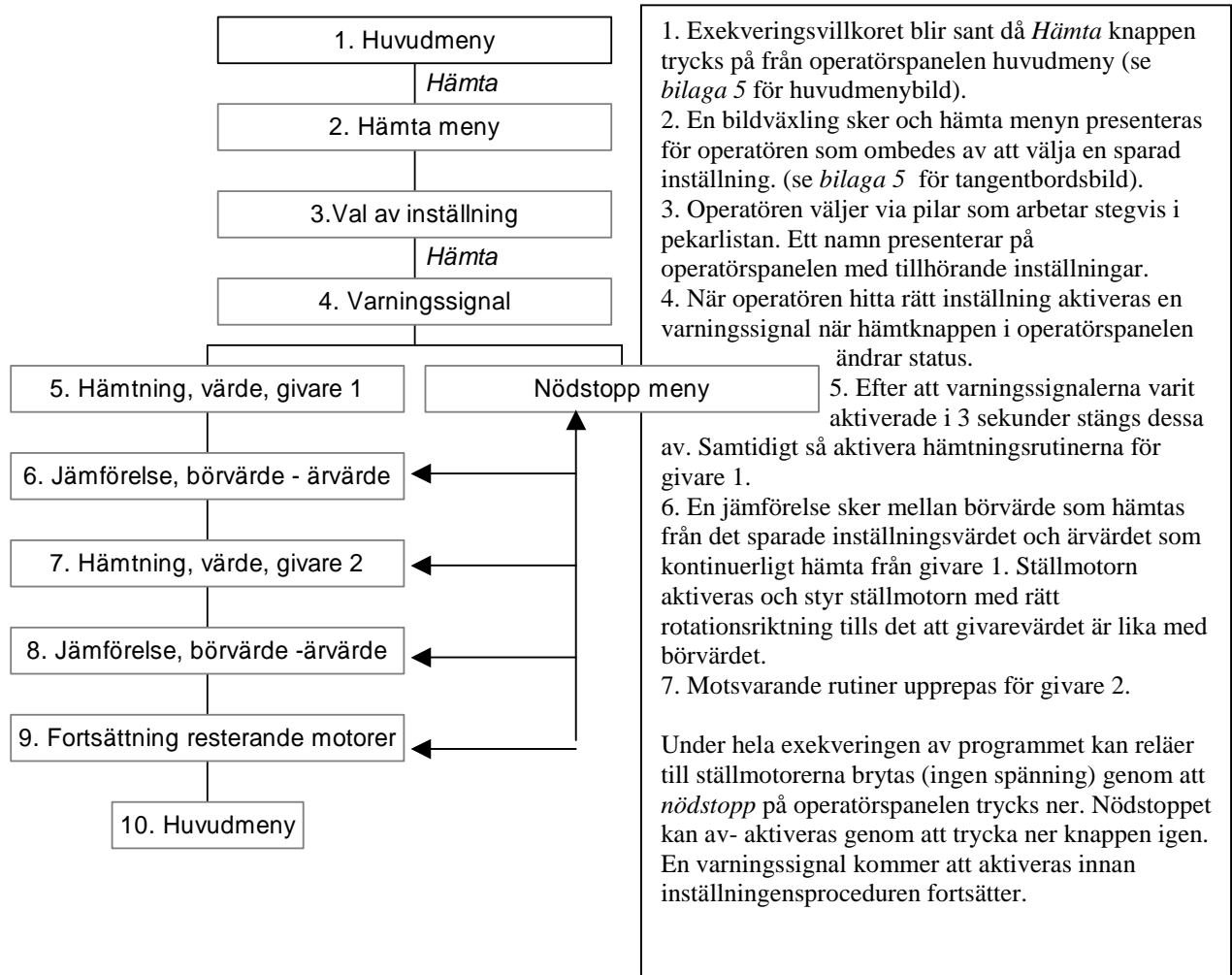
Händelseföljden när en sparning skall göras ser ut enligt följande:



1. Exekveringsvillkoret blir sant då *Spara* knappen trycks på från operatörspanelen huvudmeny (se bilaga 5 för huvudmenybild).
2. En bildväxling sker och ett tangentbord presenteras för operatören som ombedes av att ange ett namn för de sparade inställningarna (se bilaga 5 för tangentbordsbild).
3. Operatören trycker via operatörspanelen in de bokstäver och siffror som skall tillhöra inställningarna och avslutar med att trycka på *Spara*.
4. Kontroll sker så att inte mer än 30 lagrade inställningar finns, för att förhindra minnet fylls upp och orsakar fel.
- 5 och 6 är kontrollfunktioner.
7. En ledig adress eftersök med hjälp av pekarlistan som pekar på adressen till sista sparade inställningen, därefter söker algoritmen efter avslutningskoden #9998.
8. En begynnelsekod #9999 skrivs som start på minnesområdet som skall spara den aktuella inställningen.
9. Från den temporära minnet som sparar namnet flyttas nu namnet till den rätta adressen dvs. direkt efter #9999.
10. Värden samlas in från de 8 givarna genom att aktivera hämtningsrutinerna för givarna.
11. De hämta värdena skrivs direkt till minnesområdet efter namnet.
12. Avslutningsvis skrivs en avslutningskod som markerar slutet på inställningen.

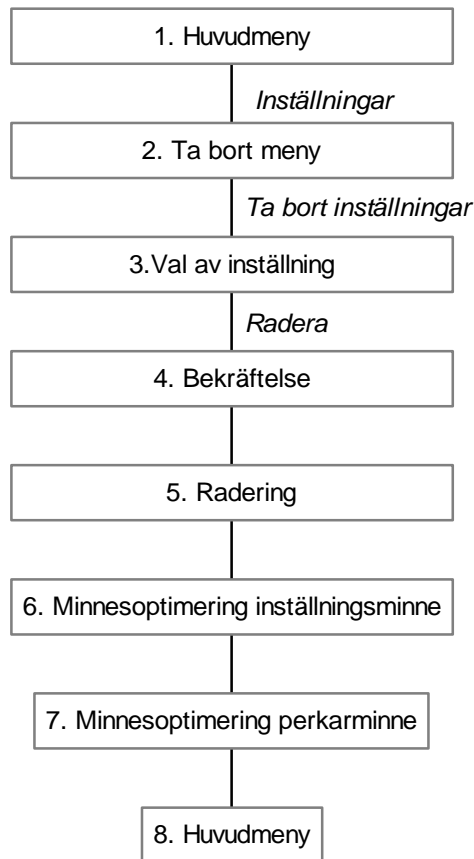
7.2.3 Hämthantering

Hämthanteringen är till för automatiskt aktivera tidigare sparade inställningar med tillhörande namn. Om hela händelseförloppet genomförts utan avbrott skall samtliga givare ha samma värde som de värden som finns sparade.



7.2.4 Raderingshantering

Raderingshanteringens syfte är att inställningar som tidigare sparats, skall kunna raderas. PLC:n har ett begränsat dataminne(DM), därför är det viktigt att minne skall kunna frigöras genom att sådana inställningar som man inte används, raderas. Det är också lättare att bläddra bland de inställningar som finns sparade om det inte finns en mängd gamla, ej aktiva inställningar kvar.



1. Exekveringsvillkoret blir sant då *Inställningar* knappen trycks på från operatörspanelen huvudmeny (se *bilaga 5* för huvudmenybild).
2. En signal skickas för bildväxling och Inställningsmenyn presenteras för operatören. Ta-bort inställningar menyn aktiveras genom att knappen ta-bort inställningar ändrar status (trycks ner) (se *bilaga 5* för tangentbordsbild).
3. Operatören letar efter en inställning. Vid varje knapptryckning hoppar skärmhanteringsrutinerna ett steg upp eller ner i pekarminnet och ett nytt inställningsnamn presenteras på operatörspanelen.
4. När *Ta bort* knappen trycks ner så aktiveras en säkerhetsrutin som visar en ny skärm där operatören skall godkänna att det var ett korrekt val som är gjort.
5. När detta godkänds genom *JA* så skrivs #0000 in i alla de minnesceller som tillhör inställningen. Även #0000 skriv in i den aktuella pekarminnesplatsen.
6. Nu struktureras minnet om så att minnesplatser med högre adresser flyttas ner i de platser som nyss blivit #0000.
7. Motsvarande operation sker i perkarminnesområdet som befinner sig på en speciell plats i PLC:s minne.
8. Huvudmenynsignal skickas till operatörspanelen när alla operationer i denna sektion är klara.

7.2.5 Säkerhetshantering

Denna del av programmet är aktivt hela tiden. Med detta menas att inget exekveringsvillkor behöver vara uppfyllt för att programmet skall gå in i denna sektion. I de andra sektionerna som tex. sparhanteringen måste ett exekveringsvillkor vara uppfyllt för att sektionen skall bearbetas. Att kontinuerligt gå igenom denna säkerhetssektion innebär en öka cykeltid för PLC-processorn. Den ökade cykeltiden måste vägas mot säkerheten som har högst prioritet. Skyddet består av att:

- Om skyddsplåt på avvägaren avlägsnas så stoppas all drift. Därmed skyddas *operatören*.
- Asynkronmotorerna (huvudmotorn i avvägaren) skyddas när frekvensomformarealarm utlöses. Dessutom skall ställmotorn skyddas. Detta görs genom att programmet omöjliggör drift i en felaktig rotationsriktning när givare på ställskruven påvisar att ett ändläge är nått. En extra säkerhetsrutin är dessutom programmerad för att skydda ställmotorn. Rutinen kontrollerar att om *ingen* förändring sker av givarens värde när tillhörande ställmotor är aktiv över en viss tidsperiod så aktiveras ett larm och ställmotorn stoppas. Det är en längre tidsperiod än den periodiska tiden för belastningen av ändläget.

7.2.6 Givarehantering

Dessa rutiner finns i PLC-programmet under sektionen givarehantering. Sektionen gör följande:

- Styrning vilken givare som det skall samlas in data från (multiplexing).
- Spara ej filtrerade signaler.

- Genomför en digital filtrering.
- Samlar in filtrerade värden.
- Kontroll av värden så de ligger innanför gränserna för processen, annars avges ett felmeddelande som måste kvitteras.
- Skalning, så att givarnas värde blir lämpligt presenterade på operatörspanelen.

Larmet för ett felaktigt värde är konstruerat enligt följande princip:

- Ett första test är att signalen ligger inom gränsen var givaren kan ge där max och min gränser är definierade.
- Ett alarm skall ligga på en andra nivå inte bara runt ett gränsvärde. Detta för att felaktiga larm inte skall avges. Larmet bibehålls aktiv tills det att signalen inte befinner sig på en andra nivå och första lägre nivå längre. (Olsson, 1998 s. 166)

7.2.7 Styrning

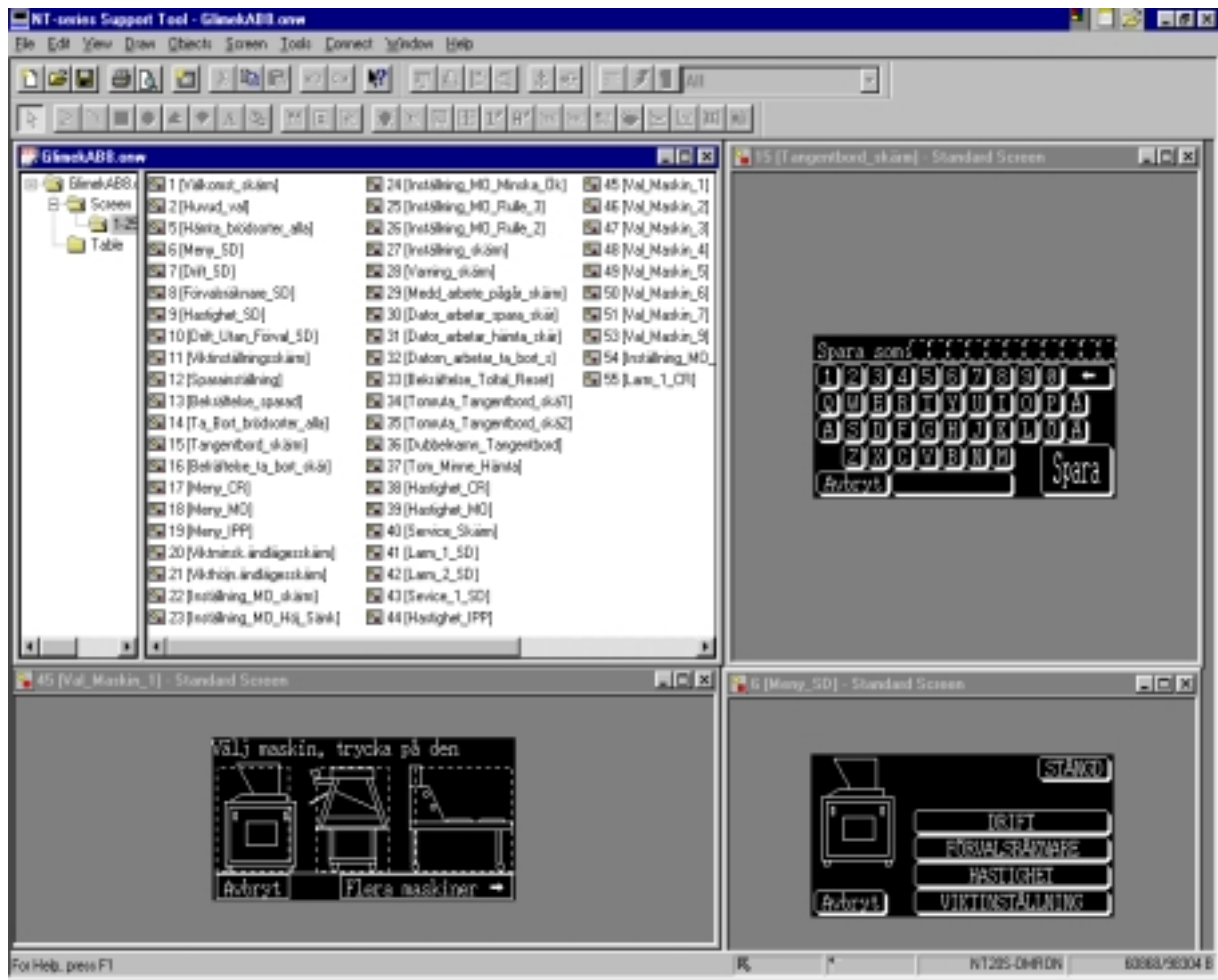
Styrningen är till för att kontrollera ställmotorerna. Detta görs genom användning av start/stopp reläer. Styrningssektionen skickar även signaler till styrkort som skall kontrolleras. Signalerna från PLC:n styrningsprogram kan:

- Med styrkortets hjälp reglera ställmotorn till två olika hastigheter.
- Med styrkortets hjälp reglera ställmotorns rotationsriktning.
- Slå *till* rätt start/stopp relä för att aktivera rätt ställmotor(er) i bagerilinjens.
- Slå *av* rätt start/stopp relä för att stänga av rätt ställmotor(er) i bagerilinjens

7.3 Operatörsterminal

Till prototypen användes en skärm, NT20S på 12 x 6 cm som redan finns inbyggd i avvägaren. Det är en monochrome skärm med pekskärmfunktion. Detta betyder att inget tangentbord eller liknande behövs, enbart skärmen används för att kommunicera med styrsystemet.

Nedan finns en figur på det support verktyg som användes för att programmera operatörsterminalen (NT-series Support Tool for Windows 95/98 Ver 3.20).



Figur 26. Programmeringsverktyget för att programmera pekskärmen NT20S. På bilden syns tre bilder som visas på pekskärmen. Om ”signal 6” skickas från PLC:n kommer bilden 6 i högra hörnet visas på pekskärmen.

Strukturen på programmet för operatörspanelen syns i vänstra hörnet av figuren. Det är en mängd bilder som byggs upp var för sig. I bilderna finns det områden som reagerar när operatören pekar där med sitt finger. Varje område är bundit till en databit. Så fort tillståndet ändras på denna databit skickas en signal till PLC:n som registrerar förändringen av databiten. Beroende på hur man programmerat PLC:n, sker nu en reaktion från styrsystemet som tex. att en motor startas. PLC:n sänder oftast en signal till pekskärmen när en ny bild skall visas. Det är alltså PLC:n som bestämmer vilken bild som visas på operatörspanelen. I bilaga 5 finns en utförlig förklaring av vilka bilder som finns lagrade på operatörspanelen och bildernas funktioner.

Kapitel 8

Slutsatser och rekommendationer

8.1 Allmänt

Det är ett mycket omfattande arbete att automatisera hela produktionslinjen. Detta arbete har enbart varit en början och belyst vilka krav och förutsättningar som finns för en lyckad automatisering. Glimek redan har goda kontakter med automatiseringsföretaget Omron som kan leverera de flesta av produkterna som behövs till styrsystemet. Detta är en fördel för Glimek, både kostnadsmässigt och servicemässigt. Genom att i huvudsak använda deras produkter har utvärderingsprocessen förenklats och prototypkostnaderna kunnats hålla nere då stora delar av prototyptrustningen kan återanvändas i den befintliga tillverkningen.

8.2 Mätkedjan

För att uppfylla kravspecifikationerna så behövs minst en 10-bitars A/D-omvandlare användas till styrsystemet. Den lämpligaste A/D-omvandlaren till styrsystemet är den inbyggda i PLC-modellen *CQMI*(Omron). En 8-bitars A/D-omvandlare uppfyller inte kraven för en korrekt automatisk inställning utan utför bara en grov inställning. Operatören tvingas göra fininställningen själv om en 8-bitars A/D-omvandlare används.

Eftersom hela bagerilinjens innehåller 13 analoga givare behövs det 13 analoga ingångar till A/D-omvandlaren. Vanligtvis har A/D-omvandlaren enbart 2 till 4 ingångar. För att lösa detta problem används en extern multiplexer framför A/D-omvandlaren. Den lämpligaste multiplexern för att lösa denna uppgift är Omron's typ *B7A* .

Rekommenderad givare till avvägaren är den *linjära lägesgivaren* som har en upplösning som ligger i nivå med A/D-omvandlarens upplösningskrav. Vridpotentiometrarna som används i prototypen har för låg upplösning. Den linjära lägesgivaren har också fördelen att frigöra ena axeländan på ställskruven där det är önskvärt att montera en ställmotor. Dessutom ger givaren en ren och störningsfri utsignal vilket förbättrar möjligheten för en noggrannare inställning av mätkammarevolymen.

Signalöverföringsskyddet från givare till A/D-omvandlaren är tillgodosett genom jordning och skärmning av signalkabeln. Även det korta avståndet mellan givare och A/D-omvandlare medverkar till att störningar från omgivning ej går att detektera i signalen från givaren. Ett digitalt filter som inte har visat sig nödvändigt med nuvarande låga upplösning finns med i programvaran och kan komma till nytta då en A/D-omvandlare med högre upplösning används.

8.3 Degbitens vikt

Frågan om degbitarnas vikt kan mätas *utan* en våg är intressant. Den tekniskt mest optimala lösningen är att mäta degbitarnas vikt när de kommer ut ur avvägaren med en våg. Nackdelen med ett vågsystem är att utrustningskostnaden är hög (se *avsnitt 4.3.6*).

Om att både *volymen och densiteten på en degbit är känd, så är även degbitens massa känd*. Ett styrsystem som arbetade efter detta samband kan automatiskt ställa in vikten på degbitarna.

Styrsystemet känner till den volymen som degbitarna fyller upp i mätkammaren via den givare som är kopplad till ställskruven. En viktig aspekt i detta resonemang är dock att *densiteten* för samma typ av bröd kommer ha variationer. Därför ser operatören, på pekskärmen, bara hur stor del av mätkammarevolymen som degen upptar (referensmättet).

Operatören vill kunna ange en önskad vikt på degbitarna till styrsystemet och inte bara en önskad mätkammarevolymmått (referensmättet). Det finns ett antal olika metoder på hur operatören skall kunna ange en önskad vikt på degbitarna *utan ett vågsystem*. Vilken metod som kan tillämpas beror på hur densitetssambanden för degen ser ut. De olika metoderna är att:

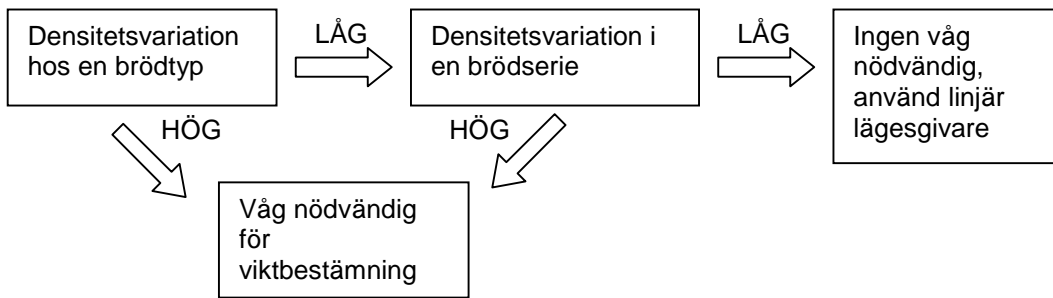
1. *Om antagandet görs att densitetvariationerna är helt försumbara* behövs bara densiteten för en brödtyp fastställas en gång och sedan lagras i styrsystemet. Nästa gång denna brödtyp skall bakas vet styrsystemet densiteten för denna brödtyp. Operatören kan ange en önskad vikt och rätt vikt framställs på degbitarna med en enkel linjär beräkningsalgoritm.
2. *Om antagandet görs att densitetvariationerna är försumbara i en brödserie men inte hos en brödtyp* får styrsystemets förändras. Densitetsvariationer inom en brödtyp uppstår pga. att kvaliteten på mjölet förändras för varje bak, luftfuktigheten i bagerifabriken förändras, temperaturen förändras varje dag mm. Detta gör att även om samma brödtyp skall bakas så har densiteten förändrats. Proceduren får då bli att massan för första degbiten som kommer ut ur avvägaren skrivs in på operatörspanelen. Därefter kan korrekt mätkammarevolym automatiskt ställas in via en enkel beräkningsalgoritm. En efterföljande kontroll rekommenderas för att kontrollera att rätt vikt ställts in. Detta innebär att inställningsarbetet går fortare än om bagaren manuellt, efter känsla, gör en mängd justeringar och kontroller innan han/hon får korrekt degvikt. (Södervidinge, 2001)
3. *Om antagandet görs att densitetvariationerna är försumbara hos en brödtyp men inte i en brödserie* får styrsystemets förändras. Funktions sambandet för densitetsvariationerna *inom en brödserie* är troligen någorlunda linjärt. Styrsystemet får successivt minska mätkammarevolymen, där antalet minskningar blir beroende på hur många degbitar som har producerats. Densiteten kommer vara högst för den första degbiten och därefter kommer degdensiteten att avta. Antalet degbitar räknas idag av avvägaren och beloppet är tillgängligt för styrsystemet. Antagligen är det väldigt små justeringar som behövs göras för varje viktnedskningssteg. Därför behövs hög noggrannhet i mätsystemet för att styra ställmotorn.
4. *Om antagandet görs att densitetvariationerna i en brödserie och hos en brödtyp inte kan försummas* får lösning 2 och 3 kombineras.

Nackdelen med metoderna ovan är att någon *automatisk*, fortlöpande kontroll inte sker under pågående serie. Manuellt går det alltid att kontrollera resultatet. Risk föreligger att degbitar med felaktig vikt matas ut ur avvägaren om någon oförutsedd densitetsvariation skulle uppstå. Tillförlitligheten kan antagas bli låg, särskilt vid metod 1.

En densitetsvariation på 1 % kommer kan resultera i en viktnoggrannhet på $\pm 11,5\text{g}$. Denna variation är mer än bagaren kan acceptera. Innan ett slutgiltigt beslut tas i frågan om en våg skall utvecklas bör det utföras en serie mätningar på ett bageri för att samla in data under flera dagar för fastställa följande:

- Hur stor är densitetsvariationerna för samma brödtyp.
- Hur ser densitetsvariationerna ut för de olika degbitarna i en serie.
- Vilken noggrannhet vill bagaren ha på degbitarna som kommer ur avvägaren. Olika bageri kan tillfrågas då behoven kan variera.

Skulle densitetsvariationerna vara i nivå med 0,1 % och noggrannhetskravet på degbitarna vara $\pm 1\text{ g}$ skulle det fungera tillfredställande med en linjär lägesgivare för **alla** inställningskonfigurationer (även extremfall) på avvägaren. En våg skulle bli onödig.



Figur 27. Förklaring för de villkor som måste uppfyllas för en den billigare linjära lägesgivare ska vara möjlig istället för en komplicerad och dyr våglösning. Våg- eller lägesgivaren används för att operatören skall kunna arbeta med degbitens vikt.

Styrsystemet till prototypen anger bara ett mått på mätkammaren (referensmått). Frågan uppstår då varför styrsystemet skall kunna ställa in mätkammarevolymen med så stor noggrannhet om stora densitetsvariationerna hos degen förstör resultatet. Anledningarna är att:

- Enligt observationer som är gjorda (Södervidinge, 2001) ställer operatören enbart in avvägaren en gång, detta styrker antagandet att densitetenvariationerna inom en serie är låga. Inga efterkontroller när väl inställningen var gjord observerade. **Därmed kan metod 2 tillämpas** och detta ställer krav på en hög noggrannhet på mätsystemet.
- Sannolikheten ökar att operatören inte behöver göra någon fininställning efter kontrollvägning av degbitarna eftersom styrsystemet med hög precision går till det läge som var rätt föregående gång brödtypepen bakades. Så fungera styrsystemet i prototypen. Metod 2 finns ej med i programvaran.
- Operatören även vill kunna se med stor noggrannhet, på operatörspanelen, hur mätkammarevolymen förändras då en finjustering av degbitarnas massa görs. Processen är dold inuti avvägaren med en ställmotor (inget handtag finns längre med prototypen), så operatören får tillförlita sig på givaren vid fininställning.

Det mer avancerade styrsystemet behövs oavsett vilken upplösning som krävs (se avsnitt 8.5). En mätserie enligt ovan behövs utföras för att säkerställa vilka samband och metoder som går att använda.

8.4 Drivsystem

Den ställmotor som är lämpligast att använda till viktinställningsgängen är *DOGA typ 111*. Eventuellt kan man använda sig av den mindre motorvarianten *typ 116* men då kan inte motorn driva ställskruven när avvägaren är stillastående vilket nästan måste ses som ett krav. Ett undantagsfall är om en våg för att mäta degbitarnas vikt skulle används. Ställskruven behövs då aldrig drivas när avvägaren är stillastående och följaktligen skulle *typ 116* vara en bättre lösning. *DOGA typ 116* storlek gör också att den lättare kan byggas in i avvägaren eftersom utrymmet är strängt begränsat på insidan av avvägaren. Detta motoralternativ är även billigare och blir väl dimensionerat för sin uppgift.

Oavsett vilket motoralternativ som väljs så passar styrkortet *RX3* utmärkt till båda motorerna och ligger på en utmärkt nivå både med avseende på antal funktioner och kapacitet.

Kraftöverföringen kan lämpligen utföras med Oldhamkopplingen som klarar momentkraven, varvtalen och minskar styvheten något så att motorlager och kuggar inte belastas lika hårt. I prototypen var motorn placerad utanför maskinen eftersom den invändiga axeländan var upptagen av givaren. Det bästa alternativet är dock att placera motorn inuti avvägaren för bättre skyddsmiljön, säkerhet, kylning och estetisk. Dessutom så behövs det inte byggas något ”skåp” av säkerhetsskäl, utanför avvägaren till ställmotorn. Den invändiga axeländan blir ledig om en linjär lägesgivare eller våg används.

8.5 Styrssystem

Valet av styrssystem har varit en komplicerad process där små förändringar under arbetets gång i den process som skall styras omöjliggjort tidigare val av styrssystem. Lämpligast hade varit att använda ett mer avancerat PLC-system från början och se gå ner i modeller när kravspecifikationerna börjar klarna. Nackdelen med denna metod är att dessa styrssystem oftast är väldigt dyra och mycket kunde göras även med de enklare modellerna.

PLC:n *CPM1* som användes i prototypen för att styra processen kunde inte kopplas ihop med en A/D-omvandlare med högre upplösning än 8-bitar vilket processen krävde för en korrekt styrning. Andra problem var att programminnet inte räckte till för att få plats med alla funktioner som behövdes. Möjlighet till expansionskort för mer minne fanns inte vilket även detta omöjliggjorde PLC:n *CMP1* som styrssystem.

Det fanns i början av projektet valmöjligheten mellan den beprövade PLC tekniken eller en av SoftPLC som styrssystem. Anledningen till av en den beprövade PLC tekniken användes till prototypen är att utvecklingskostnaderna kunde hållas nere då många av utrustningsdelarna kan användas i den ordinarie tillverkningen efter att projektet avslutats och oavsett vilket styrssystem som väljs så kommer projektet tydligare visa vad som krävs av ett styrssystem för att kontrollera hela linjen.

I/O behovet ligger på de nivåer som finns angivna i *avsnitt 6.1* och ett styrssystem som klarar dessa behov är PLC modellen *CQM1* från Omron. Till skillnad från vanliga modulära styrssystem behövs inget bakplan som i förväg fastställer platsbehovet för denna modell. Det innebär stora möjligheter finns att expandera styrsystemet så de kan styra många fler maskiner om så skulle behövas.

Expansionsmöjligheterna var för begränsade med den PLC-modellen *CPM1* som används i prototypen, där det fanns en bakplan som fastställde platsbehovet.

PLC modellen *CQM1* har även tillräckligt med minneskapacitet för att styra en hel bagerilinje och möjlighet finns att expandera minnet om så skulle behövas i framtiden. Den innehåller även en A/D-omvandlaren som har en hög upplösning.

Detta sammantaget gör att denna modell lämpar sig väl för att styra en hel bagerilinjen eller enbart avvägaren.

CQM1 är inte speciellt överdimensionerad om enbart avvägaren skulle säljas med det styrssystem som finns till prototypen, dessutom ligger det i linje med företagets önskan att likrikta de komponenter som behövs för att bygga bagerimaskinerna.

8.6 Programvaran

Prototypen är programmerad för att hämta, spara och radera inställningar. Denna programmeringskod som skapats och fungera i alla Omron's PLC modeller även i *CQM1* som enligt ovan lämpar sig väl för att styra hela bagerilinjen.

De nya rutinerna (hämta, spara, radera) är samordnad med de redan befintliga rutinerna som finns för att styra den mer avancerade avvägaremaskinen SD 300. För att säkerställa att inga konflikter uppstår mellan nya och gamla rutiner har modifieringar gjorts i rutinerna till avvägaren. Dock var minnet begränsat i prototypen så alla rutiner som är programmerade kan inte köras samtidigt. Detta måste göras i *CQM1* för att säkerställa att inga konflikter uppstår mellan de olika rutinerna.

Nya rutiner har även skapats för att hantera den mekaniska inställningen på avvägaren. Följande tillägg behövs göras för få ett komplett program som kan styr en hel bagerilinjje:

- Rutiner för att styra långrullaren. Här krävs en större mängd programkod för att främst styra de många mekaniska inställningar som finns på långrullaren.
- Rutiner behövs även för att styra runddrivaren och vilskåpet. Här behövs frekvensomformarna styras och rutiner för detta finns redan till avvägaren så det gäller att anpassa parametrarna i programrutinerna till de aktuella maskinerna.

De nya programstrukturen är skapad som en plattform med åtanke på de ovan nämnda tilläggen skall enkelt kunna programmeras in för att styra de övriga maskinerna.

I projektet behövdes ett gränssnitt mellan styrsystemet och operatören via pekskärmen *NT20S*. Gränssnittet är utformat för en hel bagerilinjje men möjlighet finns att komplettera eller förändra delar av gränssnittet. En särskilt stor del av programkoden består av gränssnittet till avvägaren där många funktioner finns som påverkar hela bageriprocessen.

Under projektet var det stora svårigheter att få plats med vissa funktioner på den begränsade pekskärmsytan som tex. ett tangentbord för att döpa sparade inställningar. Med en större pekskärm hade det blivit lättare att trycka på rätt område på pekskärmen, det är dock ej nödvändigt. Efter lite övning går det bra med den mindre pekskärmen.

Källförteckning

Muntliga källor

Bengtsson, Sven-Åke, konstruktionschef, Glimek AB, 2001.
Operatörer, Södervidinge Bageri, Södervidinge, 2001.

Elektroniska källor

Omron (2000), *MANUALS v.2.0 OMRON*, CD-ROM innehållande
Omron (1998), *CPM1 Programmable Controllers Operation Manual*

Publicerade källor

OMRON (1998), *CPM1 Handbok*, OMRON, Stockholm
ELFA (1998), *ELFA nr 47*, ELFA, Järfälla.
Glimek (2000), *Användarinstruktion Kolvavvägare*, Glimek AB, Glimåkra.
Liander, Wilhelm (1997), *Likströmsmotorer kan förverkliga dina idéer*, Bosch, Stockholm.
Liander, Wilhelm (1985), *Små elektriska motorer*, Ingenjörsläroverket, Stockholm.
Lindahl, Per-Erik – Sandqvist, William (1997), *Mätgivare Mätning av mekaniska storheter och temperaturer*, Studentlitteratur.
Lindstedt, Gunnar (2000), *Industriell mätning och styrning*, Lunds Tekniska Högskola Inst. för Industriell Elektroteknik och Automation, Lund
Olsson, Gustaf – Gianguido Piani (1998), *Computer System for Automation and Control*, Prentice Hall International, London.
Omron (1999), *PLC-system*, Sysmac CPM1, produktkatalog.
Östergrens Elmotor AB (2000), *Motorer Växlar Servo Positionering*, produktkatalog, Bromma.

Figurförteckning

Figur 1 Glimek AB (2000), *Glimek Flexibel Breadline*, informationsblad.
Figur 2 Glimek AB (2000), *Glimek Flexibel Breadline*, informationsblad.
Figur 4 Elics (2001) *Encoder*, produktkatalog.
Figur 5 Glimek AB (2000), *Glimek Flexibel Breadline*, informationsblad.
Figur 6 Glimek AB (2000), *Glimek Flexibel Breadline*, informationsblad.
Figur 9 Omron (1999), *PLC-system Sysmac CPM1*, produktkatalog.
Figur 11 Östergrens Elmotor AB (2000), *Motorer Växlar Servo Positionering*, produktkatalog
Figur 12 Lindahl, *Mätgivare*, 1997, s.135.
Figur 13 ELFA(1998), *ELFA katalog nr 47*, produktkatalog.
Figur 14 Bosch (2000), *Electric motors*, produktprogram.
Figur 15 ELFA(1998), *ELFA katalog nr 47*, produktkatalog.
Figur 17 Östergrens Elmotor AB (2000), *Motorer Växlar Servo Positionering*, produktkatalog.
Figur 18, OEM Automatic (2001), *Motorer o Transmissioner*, produktkatalog.
Figur 19, OEM Automatic (2001), *Motorer o Transmissioner*, produktkatalog.
Figur 20, Omron (1999), *PLC-system, Sysmac CQM1*, produktkatalog
Figur 21, OEM Automatic (2001), *Motorer o Transmissioner*, produktkatalog.
Figur 22, Omron (1999), *PLC-system Sysmac CPM1*, produktkatalog.
Figur 23, Omron (1999), *PLC-system Sysmac CQM1*, produktkatalog.
Figur 25, Omron(2001), *Cx-Programmer*, programvara

Bilaga 1

INSIGNAL	UTSIGNAL
AVVÄGARE MASKIN	
<p><i>DIGITAL</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Ingång för skyddsplåt av - Ingång för kontroll av kammarval - Ingång för frekvensomformare utlöst - Ingång för räkning av antal bitar - Ingång för stopp i rätt läge - Ingång för manövreringsdon (2 stycken) <p><i>ANALOG</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Ingång till frekvensomformare - Ingång från potentiometer <p>SUMMA 7 digitala ingångar 2 analoga ingångar</p>	<p><i>DIGITAL</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Utgång för start/stopp av huvud(asynkron)motor - Utgång för bandmotor - Utgång för öka hastighet master - Utgång för minska hastighet master - Utgång för stopp i rätt läge - Utgång för bestämning av rotationsriktning - Utgång för hastighetsreglering - Utgång för start/stopp ställmotor <p><i>ANALOG</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Utgång till frekvensomformare <p>SUMMA 8 digitala ingångar 1 analoga ingångar</p>
RUNDDRIVARE MASKIN	
<p><i>DIGITAL</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Ingång för skyddsplåt av - Ingång för frekvensomformare utlöst - Ingång för manövreringsdon (2 stycken) <p><i>ANALOG</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Ingång till frekvensomformare - Ingång från potentiometer <p>SUMMA 4 digitala ingångar 2 analoga ingångar</p>	<p><i>DIGITAL</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Utgång för start/stopp av huvud(asynkron)motor - Utgång för öka hastighet master - Utgång för minska hastighet master - Utgång för start/stopp ställmotor <p><i>ANALOG</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Utgång till frekvensomformare <p>SUMMA 4 digitala ingångar 1 analoga ingångar</p>
VILSKÅP MASKIN	
<p><i>DIGITAL</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Ingång för skyddsplåt av - Ingång för frekvensomformare utlöst <p><i>ANALOG</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Ingång till frekvensomformare <p>SUMMA 2 digitala ingångar 1 analoga ingångar</p>	<p><i>DIGITAL</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Utgång för start/stopp av huvud(asynkron)motor - Utgång för öka hastighet master - Utgång för minska hastighet master <p><i>ANALOG</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Utgång till frekvensomformare <p>SUMMA 3 digitala ingångar 1 analoga ingångar</p>
LÅNGRULLARE MASKIN	
<p><i>DIGITAL</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Ingång för skyddsplåt av - Ingång för frekvensomformare utlöst - Ingång för manövreringsdon (14 stycken) 	<p><i>DIGITAL</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Utgång för start/stopp av huvud(asynkron)motor - Utgång för öka hastighet master - Utgång för minska hastighet master - Utgång för start/stopp ställmotor, 7st

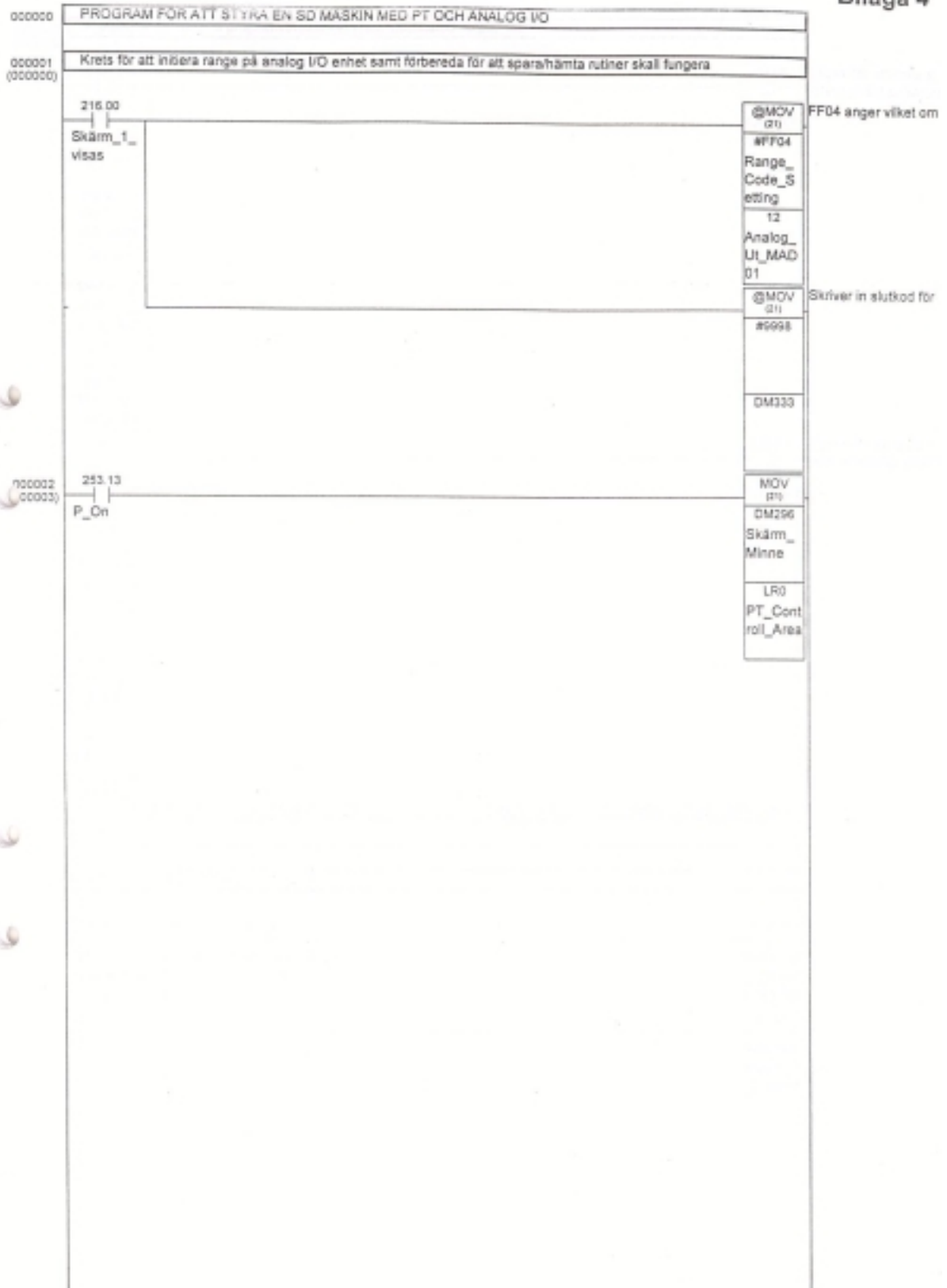
<i>ANALOG</i> - Ingång till frekvensomformare - Ingång från potentiometer, 7st	<i>ANALOG</i> - Utgång till frekvensomformare
SUMMA 2 digitala ingångar 8 analoga ingångar	SUMMA 10 digitala utgångar 1 analoga utgångar
TOTALT FÖR HELA LINJEN	
SUMMA 29 digitala ingångar 13 analoga ingångar	SUMMA 25 digitala utgångar 4 analoga utgångar

Bilaga 2

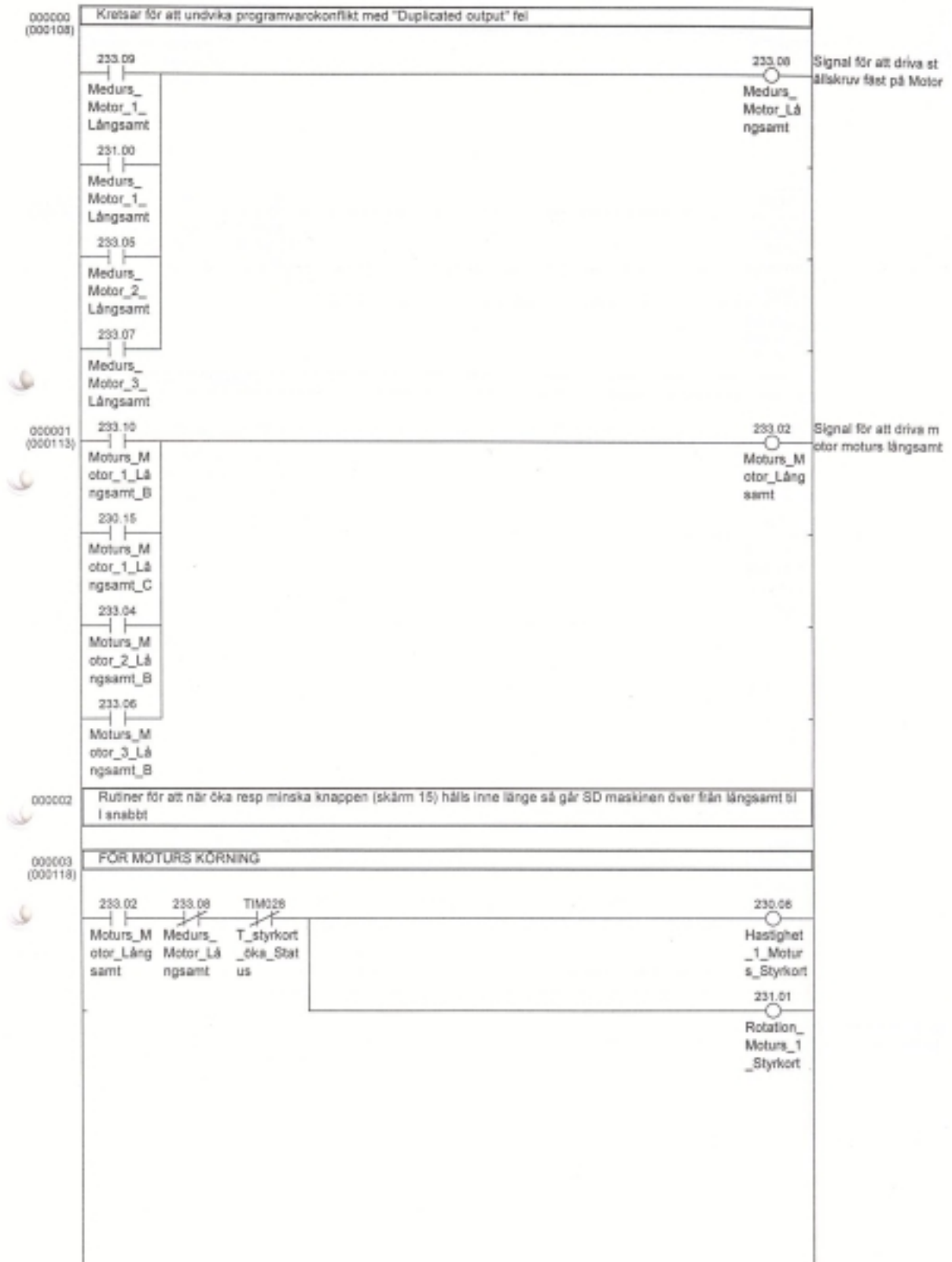
Bilaga 3

MOTOR	Alter. 1	Alter. 2	Alter. 3	Alter. 4	Alter. 5	Alter. 6	Alter. 7	Alter. 8	Alter. 9
Leverantör	OEM	OEM	OEM	Bosch	Bosch	Bosch	Aratron	Aratron	Aratron
Märke	DOGA Typ 111	DOGA Typ 116	DOGA Typ 111	AHP 0390202600	AHP 0390207698	AHP 0390207604	Engel GNM2145	Engel GNM3150	Japan Servo
Efftekt avgiven	38	10	20	35	12	10			26
Varvtal	240	65	40	550	125	190	158	133	119
Spänning	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Ström	4,0	3,7	2,5	4,5	1,5	4,0	1,0	3,5	0,5
Start ström	23	13	13	12	5	14	2,7	9,9	2,2
Märk moment	1,5	1,5	5,0	0,6	0,9	0,5	0,47	3	1,5
Start moment	14	10	25	2,2	3,6	8,0	1,2	7	
Reversibel	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nej	Nej	Ja
Montering	Monteringshåll 3 st Betyg 5	Använd skruv i snäckhus Betyg 3	Monteringshåll 3 st Betyg 5	Ej bra, vinklad åt fel håll, platta behövs Betyg 2	Monteringshåll 3 st Betyg 5	Monteringshåll 3 st Betyg 5	Monteringshåll 4 st Betyg 5	Ej bra, vinklad åt fel håll, platta behövs Betyg 2	Monteringshåll 4 st Betyg 4
Kapslingsklass	IP 53	IP 40	IP 53	IP 20	IP 20	IP 20	IP 21	IP 41	
Bygger ut	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	Ja (lite)
Växel	Snäckväxel	Snäckväxel	Snäckväxel	Snäckväxel	Snäckväxel	Snäckväxel	Snäckväxel	Snäckväxel	
Övrigt	Låg ljudnivå, kompakt	Låg ljudnivå, kompakt	Låg ljudnivå, kompakt			Har genomgående axel för givaremontering	Har genomgående axel för givaremontering	Har genomgående axel för givaremontering	Lång livslängd
Pris	940 kr	580 kr	580 kr	610 kr	414 kr	635 kr	2465 kr	2855 kr	1198 kr
Pris stora kvantiteter (1000st/år)									

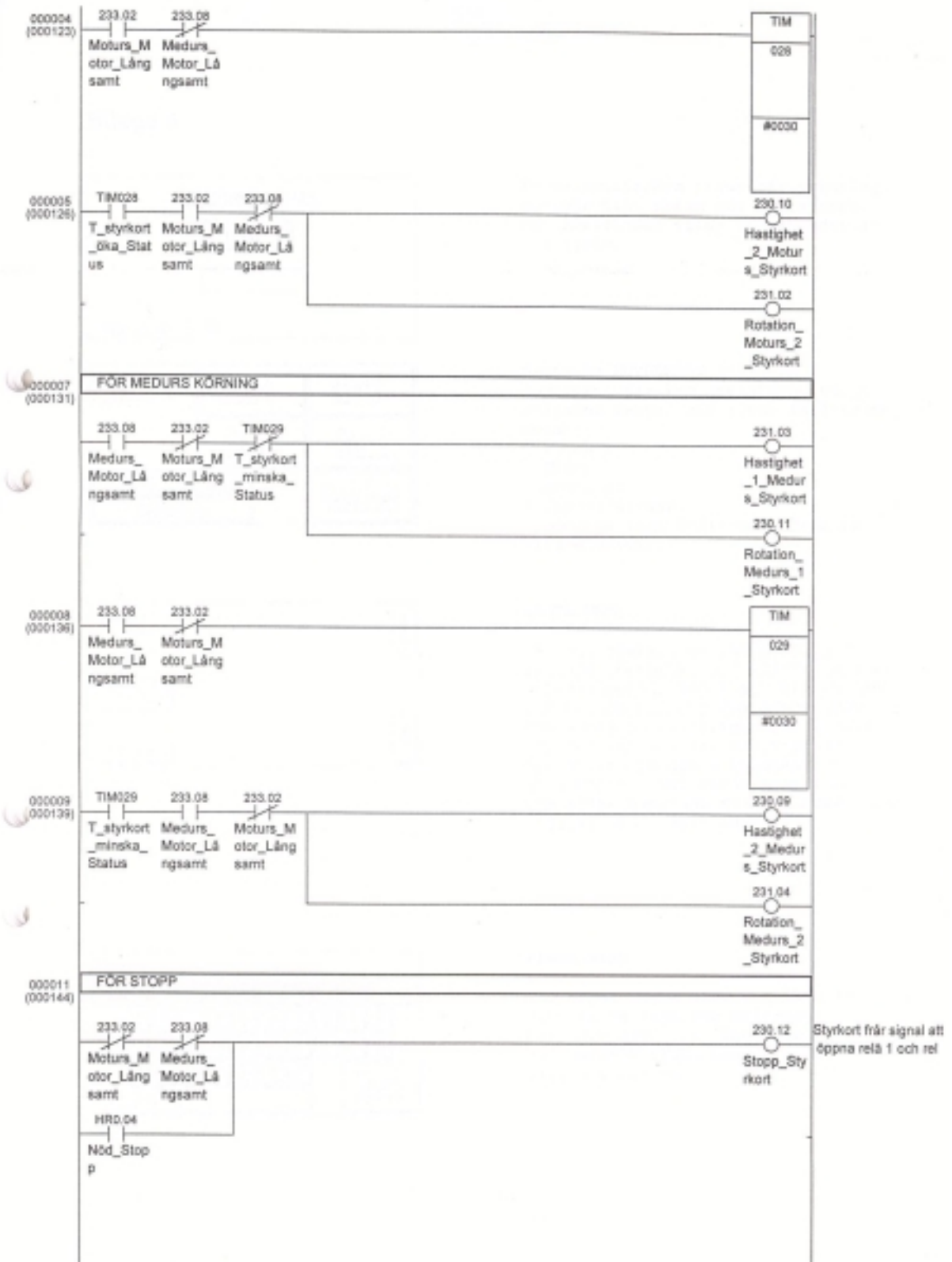
Inböring



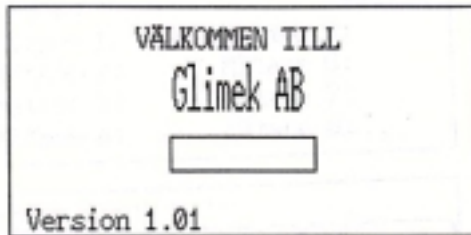
Ställmotorstyrning_Alla



Ställmotorstyrning_A1a



Bilaga 5

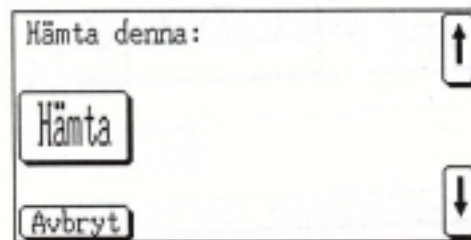


En välkomstkärm visas när spänning ansluts till skärm och styrsystem som försvinner efter 10 sekunder av sig själv.



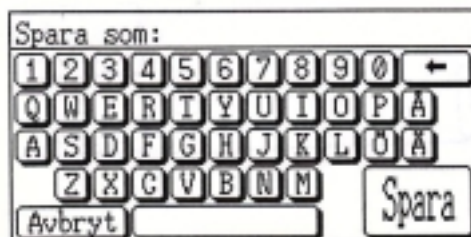
Detta är HUVUDMENY för hela systemet. Här kan operatören välja följande menyer som finns förklarade nedan:

- Hämta
- Spara
- Maskiner
- Inställningar
- Service samt Start och Stopp av alla maskiner.



HÄMTA MENY

Här kan operatören hämta tidigare sparade inställningar som har sparats i Spara menyn. Genom att trycka upp och ner på pilarna kan operatören hämta den inställningen som önskas. När den rätta visar sig trycker operatören på hämta knappen och ställmotorer aktiveras i de maskiner som finns kopplade till systemet och ställer sig i rätt läge.



SPARA MENY

Här döper operatören ett lämpligt namn på de läge som motorerna befinner sig i nu. Namn med tillhörande lägen kommer nu att sparas i datorn.

Du har sparad: Meny

Värden:

Mätare 1: 0.0%	Mätare 5:
Mätare 2:	Mätare 6:
Mätare 3:	Mätare 7:
Mätare 4:	Mätare 8:

Det namn operatören nu har Sparat syns i fönstret tillsammans med de värden som de olika mätarna har. Värdena är knutna till namn operatören tidigare döpte.

Spara som:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 ←

Q 0 Inget namn anget!

A L P A

Z X C V B N M L Spara

Avbryt

Om operatören trycker på spara knappen utan att ha skrivit något kommer denna bild upp. Operatören ombedes nu att försöka igen.

Spara som:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 ←

Q Namn finns redan sparad

A A

Z X C V B N M L Spara

Avbryt

Skriver operatören ett namn som redan finns sparad i datorn som kommer denna bild upp. Operatören ombedes att välja ett nytt namn.

INSTÄLLNINGAR

Ta bort inställningar

Fabriksinställning

Avbryt

INSTÄLLNINGAR MENY

Här kan operatören välja om han/hon vill aktivera:

- Ta bort inställningar
- Fabriksinställningar.

Radera denna:

↑

Radera

↓

Avbryt

Med Ta bort inställningar raderar operatören en enskild inställning med tillhörande namn. Detta påverkar enbart denna inställning.

Will du ta bort inställning:

JA NEJ

Operatören ombedes nu att bekräfta att han/hon vill ta bort den inställning som operatören har valt. Om NEJ väljs kommer inställningen att lämnas opåverkad.

Will du ta bort **ALLA** sparade inställningar?

JA NEJ

Väljer operatören Fabriksinställning kommer alla sparade inställningar att tas bort.

Ange passerkod

0

Avbryt KLAR

1	2	3	4	5	6
7	8	9	0	CLR	+/-

SERVICES MENY

Meny enbart för servicetekniker.

Total tid: 00000000h

Tid sen senaste reset:

00000000 h

Avbryt Reset

Del av servicemenyn.

Välj maskin, trycka på den

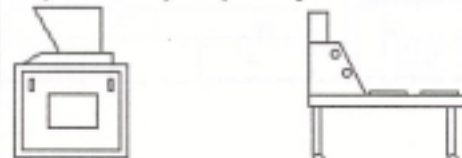


Avbryt Flera maskiner →

MASKINER MENY

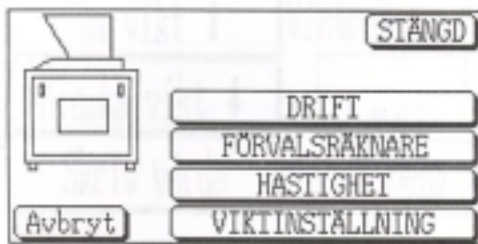
Här kan operatören välj när han/hon vill gå in och ändra på en eller flera specifika inställningar på varje maskin.

Välj maskin, trycka på den



Avbryt Flera maskiner →

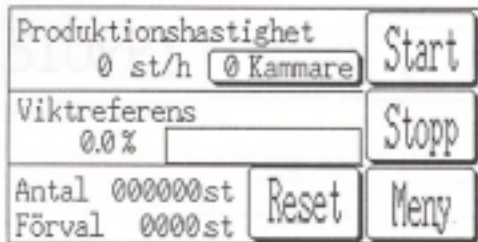
Skulle operatören inte använda alla maskiner i en linje så kommer denna meny att se lite annorlunda ut beroende på hur många maskiner som används.



Detta är huvudmeny för Avvägare
Här kan operatören gå vidare i
undermenyerna:

- Drift
- Förvalsräknare
- Hastighet
- Viktinställning

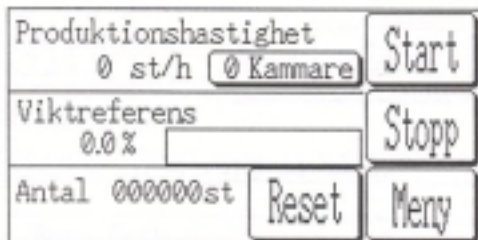
Man kan även välja att stänga av
runddrivaren så den ej ingår i
systemet.



DRIFT

Här kan maskinen avvägare startas
och stängas. Här sker avläsningar av
produktionshastighet, antal valda
kammare, viktreferens samt antal
producerade bitar. I denna meny är
förval aktiverad vilket innebär att
avvägaren stannar när antal är lika
stort som förval. Vid ny start så
nollställs räknare och en ny räkning
påbörjas. Samma saker gäller om
reset knappen hålls inne i minst tre
sekunder.

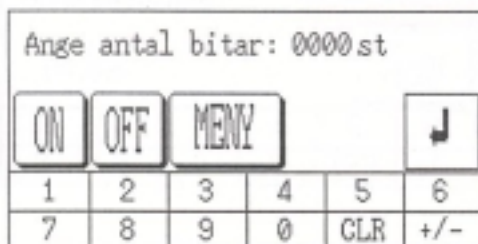
I den nedre bild är skillnaden att
förval inte är aktiverad om maskinen
stannar inte förrän stopp trycks in.



FÖRVAL

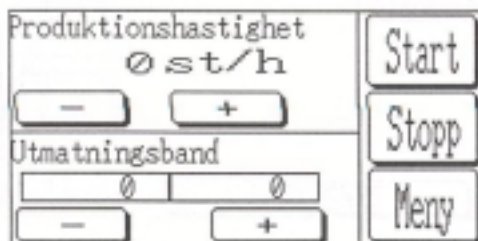
Förvals räknare aktiveras genom att
ON trycks ner medan OFF deaktiverar
räknaren.

OBS! Enterknappen ↵ måste tryckas
ner när du matat ner antalet som
skall produceras annars blir
förvalet 0 bitar.



HASTIGHET

Här ställs produktionshastigheten
för avvägaren in och man kan även
starta och stoppa avvägaren här.
Utmatningshastigheten kan ställas
separat. Förhållandet mot huvudmotor
indikeras på grafen.



Öka vikt ↑	Viktreferens
Minska vikt ↓	0.0%
Skriv värde	Meny

STOPP! Öka vikt ↑

Ändläge nått
Vidare viktminskning ej möjlig

STOPP! Minska vikt ↓

Ändläge nått
Vidare viktökning ej möjlig

Ange önskad Viktreferens	Start
00.0%	Meny
1	2
3	4
5	6
7	8
9	0
CLR	+/-

	STÄNGD
Avbryt	HASTIGHET

VIKTINSTÄLLNING

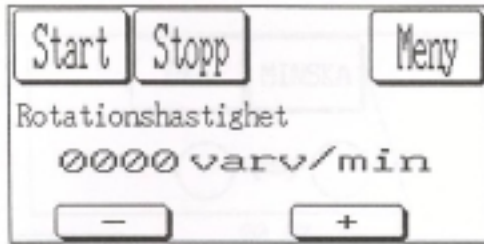
Här ställer operatören in ställmotorn på avvägaren genom att öka respektive minska vikten på degbitarna. Man kan även välja att skriva värde och ställmotorn går då till valt viktreferensläge.

Skulle ställmotorn nå ett ändläge av möjlig vikt så kommer ställmotorn att stanna om man kan enbart välja att öka vikten respektive minska vikten beroende på vilket ändläge som har nåtts.

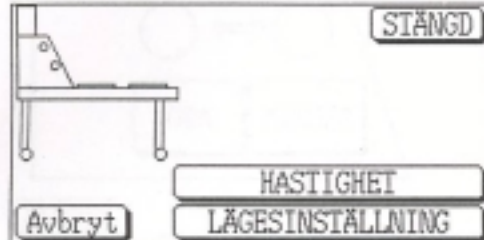
Här väljer operatören en önskad viktreferens utan att manövrera med hjälp av knapparna.

RUNDRIVARE

Här kan hastighet på runddrivarens rotation ställas in. Operatören kan även välja att stänga av runddrivaren så den ej ingår i systemet.

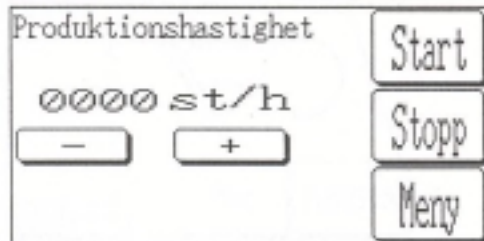


Här väljer operatören att starta respektive stanna runddrivaren separat samt att påverka vilken rotationshastighet runddrivaren skall ha..



Detta är huvudmeny för **LÅNGRULLARE**. Här kan operatören gå vidare i undermenyerna:

- Hastighet
 - Lägesinställning
- Man kan även välja att stänga av långrullaren så den ej ingår i systemet.



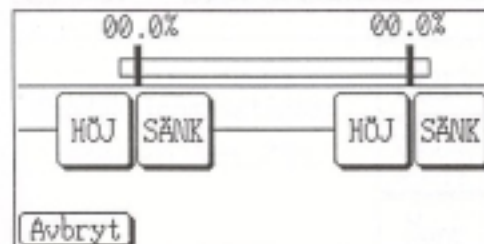
HASTIGHET

Här väljer operatören att starta respektive stanna långrullaren separat samt att påverka vilken produktionshastighet långrullaren skall ha.

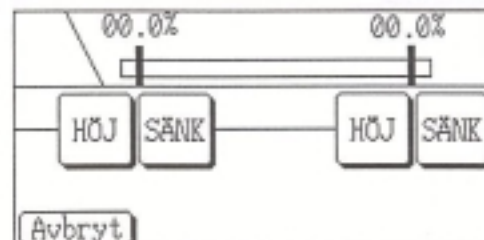


LÄGESINSTÄLLNING

Här väljer operatören vilken ställmotor som skall justeras separat genom att peka i det område som den ställskruv sitter på som operatören vill justera.



Här justera operatören den **yttersta** tryckbräden genom att höja och sänka varje ställskruv. Värdet ovan visar referensnivå.



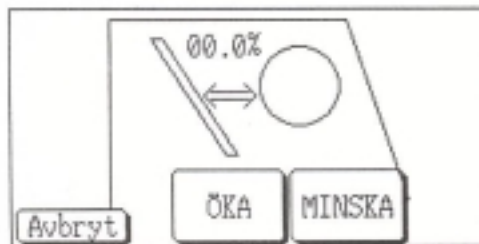
Här justera operatören den **innersta** tryckbräden genom att höja och sänka varje ställskruv. Värdet ovan visar referensnivå.



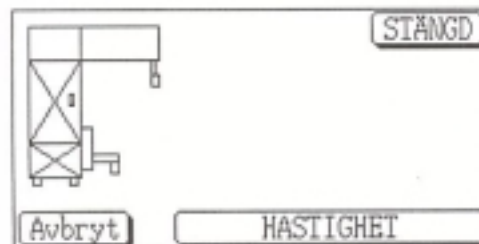
Här justera operatören det **nedersta** valsparet genom att flytta yttersta valsen närmare (minska) eller längre från (öka) från den fasta valsen. Värdet nedan visar referensnivå.



Här justera operatören det **mellersta** valsparet genom att flytta yttersta valsen närmare (minska) eller längre från (öka) från den fasta valsen. Värdet till höger visar referensnivå.

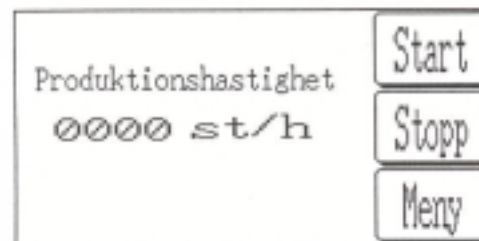


Här justera operatören det **översta** valsen genom att flytta valsen närmare (minska) eller längre från (öka) från den fasta banan. Värdet ovan visar referensnivå.

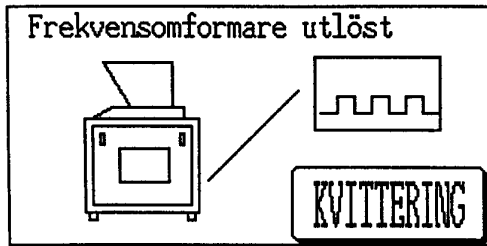


VILOSKÅP

Här kan hastighet på viloskåpets banor ställas in. Man kan även välja att stänga av viloskåpet så den ej ingår i systemet.



Här väljer operatören att starta respektive stanna viloskåpet separat samt att påverka vilken hastighet banorna skall ha.



Följande bilder nedan är antigen larm att frekvensomformaren på den i bilden visad maskin är utlöst eller att en annan orsak utlöst som måste kartläggas. När felet är åtgärdat aktiveras systemet igen när kvitteringsknappen trycks ner.

