



Stegmotordriven linjärenhet i svetsmiljö

Linear stage driven by a stepper motor in a welding environment

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Mekatronik

JENS SPÅNGBERG
ANDREAS SVENSSON

Institutionen för signaler och system
Avdelningen för reglerteknik, automation och mekatronik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige, 2013

FÖRORD

Examensarbetet är en möjlighet att pröva den kunskap man har fått under utbildningen på en verklig uppgift. Högskoleingenjörsprogrammet inom mekatronik (180 hp) vid Chalmers tekniska högskola är en bred utbildning och det här examensarbetet på 15 hp har gett oss möjlighet att pröva de flesta mekatroniska områden. Examensarbetet har utförts på ESAB:s utvecklingsavdelning i Göteborg och vi tackar Urban Svensson och Per Åberg för den möjligheten.

Vi vill tacka några personer som varit oss särskilt behjälpliga.

- Per Wetterbrandt, för att du varit ett bra bollplank och handledare på ESAB.
- Oscar Eriksson, för att du funnits för alla frågor och funderingar om stort och smått.
- Johan Toftling, för din hjälp med tillverkning och mekaniska råd.
- Bertil Svensson, för din hjälp med ursprunglig kod och programmering.
- Morgan Osbeck, för det stöd du har gett oss i skrivandet och för att du varit vår handledare på Chalmers.

Göteborg den 26 augusti 2013

Jens Spångberg

Andreas Svensson

SAMMANFATTNING

ESAB är ett företag som producerar svetsutrustning och tillsatsmaterial för svetsning. En del av svetsprocessutvecklingen är att höghastighetsfilma svetsförlopp. För att höghastighetsfilma ett svetsförlopp med bra resultat krävs det en stillastående kamera och ett rörligt arbetsstycke. Den här rapporten beskriver urvalet och modifieringen av en linjärenhet för det ändamålet. En viktig avgränsning är att färdigkonstruerade komponenter ska användas i så stor mån som möjligt. Linjärenheten har krav på stegmotordrift och styrning via fältbuss. Styrparametrarna för linjärenheter är bland annat hastighet, tids- och längdstyrning. Linjärenheten ska klara av att transportera provsvetsplåtar i standardformat. Framtagningen av linjärenheten baserar sig på olika drivtekniker för linjär rörelse, där kulmutterskruv valdes i den här applikationen, samt elektronisk styrutrustning. Styrningen av linjärenheten sker via CAN-meddelanden och ett matarverkskort för svetstrådsmatning innan det når drivelektroniken för stegmotorn. CAN-meddelanden är inte i standarden CANopen utan ESABCAN. Programkoden i matarverkskortet är modifierad för att ta emot meddelanden för linjärenheten och vidarebefordrar styrsignaler till drivelektroniken. Den färdiga linjärenheten har genomgått ett antal tester och uppfyller de flesta krav som ställts.

ABSTRACT

ESAB is a company that produces welding equipment and welding consumables. Part of the welding process development is to film welding processes with high speed camera. In order to high-speed film the welding process with a good result, a stationary camera and a moving weldment are required. This report describes the selection and modification of a linear stage for that purpose. An important scope is to use components on the market to the greatest extent possible. The linear stage has the requirement to be driven by a stepper motor and controlled by a field bus. The parameters for controlling the linear stage include speed, time and distance. The linear stage shall be capable of transporting test plates in standard format. The development of the linear stage is based on different techniques of linear motion, where ball screws are used in this application, and electronic control equipment. The linear stage is controlled via CAN messages. The CAN messages are not in the standard CANopen, instead ESABCAN is used. A feeder card for welding wire receives the messages and transmits them to the stepper motor driver. The original program code in the feeder card is modified to receive messages and transmit control signals. The linear stage has been tested and fulfills most of the specified requirements.

INNEHÅLL

1.	INLEDNING	1
1.1	Bakgrund	1
1.2	Syfte.....	1
1.3	Avgränsningar	1
1.4	Precisering av frågeställning	1
2.	TEKNISK BAKGRUND	2
2.1	Svetsprocesser	2
2.2	Linjärdrift.....	2
2.3	Stegmotorer	3
2.3.1	Stegmotorns grunder	3
2.3.2	Permanentmagnetiserad	4
2.3.3	Helsteg.....	4
2.3.4	Halvsteg.....	5
2.3.5	Stegmotor med variabel reluktans.....	5
2.3.6	Hybridstegmotor.....	5
2.3.7	Mikrosteg	6
2.3.8	Stegmotorns momentkaraktäristik.....	6
2.4	CAN-buss	6
3.	METOD.....	8
4.	LÖSNINGSFRAMTAGNING.....	9
4.1	Kravspecifikation.....	9
4.2	Val av linjärenhet.....	10
4.2.1	Första urvalet.....	10
4.2.2	Kulmutterskruv.....	11
4.2.3	Remtransmission	11
4.2.4	Andra urval.....	12
4.2.5	Modeller och tillverkare	12
4.2.6	Urvalsmatris	13
4.2.7	Slutgiltigt val	14
4.3	Urvalsprocess av stegmotor och drivelektronik	15
4.3.1	Val av stegmotor	15

4.3.2	Val av drivelektronik.....	17
5.	DEN KOMPLETTA LINJÄRENHETEN	18
5.1	Mekanisk konstruktion	18
5.1.1	Inspänningsanordning för provsvetsplåtar	18
5.1.2	Linjärenhet och drivning	18
5.2	Styrning av stegmotor och drivelektronik	19
5.2.1	Styrning av stegmotor	19
5.2.2	Styrning av drivelektronik.....	20
6.	TESTER OCH TESTRESULTAT.....	24
6.1	Tidsstyrning av olastad stegmotor	24
6.2	Längdstyrning av sammansatt linjärenhet	27
7.	RESULTAT	28
7.1	Uppfyllda krav	28
7.2	Ej uppfyllda krav	28
8	DISKUSSION	30
8.1	Förbättringsmöjligheter	30
8.2	Felproblematik.....	30
8.3	Övriga reflektioner	31
	KÄLLFÖRTECKNING	32
	BILAGOR	

1. INLEDNING

Linjär rörelse är vanligt förekommande i industriella sammanhang. I den här rapporten skapas linjär rörelse av en stegmotor i en linjärenhet. Rapporten beskriver processen för konstruktion och utformning av styrningen av en stegmotordriven linjärenhet.

1.1 Bakgrund

ESAB är ett företag som producerar svetsutrustning och tillsatsmaterial för svetsning. De bedriver även utveckling av svetsar och svetsprocesser. Ett inslag vid utvecklingen av bågsvetsprocesser är att använda höghastighetskamera för att filma och analysera svetsförloppet. Dagens labbutrustning tillåter endast filmning av stationärsvetsning på en punkt, eftersom arbetsstycket är orörligt.

1.2 Syfte

Examensarbetets syfte är att konstruera en stegmotordriven linjärenhet för transport av provsvetsplåtar. Linjärenheten ska ingå i befintlig labbcell med höghastighetskamera och användas vid utveckling av bågsvetsprocesser. Stegmotorn är intressant för ESAB då kunskapen om stegmotordrift skulle kunna användas i framtida svetstrådsmatarverk.

1.3 Avgränsningar

Arbetet har en begränsad tidsram och för att kunna fokusera på helhetsresultatet skall i största mån färdigkonstruerade komponenter användas. Examensarbetet fokuserar på linjärenheten och inte på övriga delar av labbcellen såsom höghastighetskamera och svets. Övriga tillämpningar av linjärenheten kommer inte att undersökas. Eftersom endast en linjärenhet kommer framställas, så kommer enskilda komponenters kostnad att spela mindre roll.

1.4 Precisering av frågeställning

ESAB har behov av en linjärenhet vid utveckling av svetsprocesser. Linjärenheten ska uppfylla ett antal krav. Linjärenheten ska drivas av en stegmotor samt ha en plan ovansida där provsvetsplåtar av format upp till 250×100 mm kan spännas fast. På ovansidan ska även en återledare för svetsströmmen anslutas, som klarar upp till 500 A. Linjärenhetens slaglängd ska vara 250-300 mm och hastigheten ska kunna varieras mellan 0 - +/- 100 mm/s och nå maximal hastighet på 50 ms. Den ska kunna styras genom en fältbuss. Styrfunktionerna som ska ingå är start/stopp, fördröjd start 0-5 s, hastighet, acceleration, tids- och längdstyrning. I mån av tid ska momentkaraktäristiken för stegmotorn undersökas, där begränsning och mätning av momentet är mest intressant.

2. TEKNISK BAKGRUND

Under den tekniska bakgrunden förklaras de grundläggande begreppen inom svetsning, linjärdrift samt stegmotorers egenskaper.

2.1 Svetsprocesser

Grunden för svetsning är att genom hög temperatur foga samman metaller genom att smälta en elektrod och en liten del av grundmaterialet. Det finns en mängd olika svetsprocesser. Alltifrån specifika processer såsom svetsning av reaktorkärl inom kärnkraftsindustrin till mer all dagliga och flexibla svetsprocesser vilka återfinns inom industrin och verkstäder. Beroende på processens behov finns det olika metoder för svetsning; bågsvetsning, gasbågsvetsning, lasersvetsning och många fler. Bågsvetsning är den vanligaste tekniken där de två metallstyckena fogas samman av en ljusbåge mellan elektrod och metallstycket med en temperatur uppemot 7 000 °C (ESAB, Svetsprocesser).

Största problemet vid svetsning är att svetsgodset (de delarna man vill foga samman) blir förorenade av den omgivande luften. Detta försöker man motverka med en mängd olika tekniker. Gasbågsvetsningen (eng Gas Metal Arc Welding) delas in i främst två typer MIG (Metal Inert Gas), där en icke aktiv gas skyddar svetsgodset under stelning, och MAG (Metal Active Gas) där en aktiv gas, oftast argon, skyddar svetsgodset under stelning (ESAB, MIG/MAG – gasmetallbågsvetsning).

En annan teknik för att skydda fogen är MMA (Manual Metal Arc), där tillsatsmaterialet, istället för gas som i MIG/MAG, sitter på svetstråden och smälter ovanpå svetsgodset och på så vis skyddar det mot luft. Tillsatsmaterialet kan även tillföras vid sidan om under svetsprocessen. Gemensamt för olika tillsatsmaterial är att de bildar en skorpa som efter borttagning genom knackning visar svetsfogen (ESAB, Manuell metallbågsvetsning).

2.2 Linjärdrift

Linjärdrift används vid en mängd olika tillämpningsområden. De grundläggande egenskaperna hos linjärdrift är att någon slags förflyttning sker linjärt. Detta kan vara alltifrån en liten släde på en skena eller en stor motordriven enhet på räls. Inom området finns ett antal termer som är vanliga; linjärenhet, linear stage och linjärbord tillhör de vanligaste, där engelskans linear stage står för linjärenhet. Förflyttningen linjärt kan åstadkommas via hydrauliskt eller pneumatiskt tryck som driver en cylinder vilken i sig skapar en förflyttning. Förflyttning kan också skapas genom en tandrem där ett tandat drev driver en rem vilken är förbunden med lasten som då kan förflyttas. Vid förflyttning av tyngre laster kan kulskruvsdrivningen vara ett alternativ. I det fallet roterar gängad axel vars kraft överförs till lasten via en kulmutter. Kulmutterskruvmetoden är vanligare vid långsamma men kraftfulla

förflyttningar. Tandrem och kulmutterskruv drivs av roterande motorer, så som servomotorer eller stegmotorer.

2.3 Stegmotorer

Stegmotorn återfinns i en mängd vardagliga maskiner, där skrivaren och kopian tillhör de vanligaste. I de fallen drivs skrivhuvudet eller läshuvudet av en stegmotor (McComb 1999). Vid linjärförflyttning används ofta servomotorer. En servomotor är en motor som ständigt vet var den befinner sig då den är återkopplad. Den vanliga typen av servomotorer använder återkoppling i form av en dekodare som mäter pulser på axeln. Stegmotorn kan liknas vid en servomotor utan återkoppling, där stegmotorns läge återfinns i den information som matas till den. För enklare applikationer är en stegmotorlösning en billigare metod för att skapa precis linjärdrift. Belastas däremot stegmotorn för hårt förlorar den sina egenskaper som servomotor eftersom steg tappas (Jones 1995).

2.3.1 Stegmotorns grunder

Stegmotorer, till skillnad från vanliga elektriska motorer, styrs inte av en kontinuerlig spänning eller ström. Stegmotorns rotation skapas genom att styra strömmen i statorns spolar, även kallad lindningar. Hos en bipolär motor skapas rotationen av att strömriktningen vänds. Varje vändning motsvarar ett steg i motorn, vilket oftast är mellan 0,9 och 1,8 grader. Stegmotorn kräver drivelektronik, där en enkel drivelektronik kan klara hel och halvsteg till mer avancerad drivelektronik som klarar mikrosteget och har inbyggda intelligenta funktioner för att optimera drivningen av stegmotorn. Mer om hel, halv och mikrosteget återfinns i senare avsnitt. Det finns tre huvudtyper av stegmotorer; den permanentmagnetiserade stegmotorn, stegmotor med variabel reluktans samt hybridstegmotorn. Hybridstegmotorn är en blandning av den permanentmagnetiserade samt den med variabel reluktans. Med variabel reluktans menas att det magnetiska flödet i motorn kan ändras. Detta skapas främst hos rotorn som har en osymmetrisk geometri relativt statorns poler samt att den är tillverkad av ett magnetiserbart ferritmaterial.

En av de grundläggande delarna i drivelektroniken är oftast en H-brygga. H-bryggans huvudfunktion är att den möjliggör strömsättning av varje lindning i stegmotorn separat. Varje lindning kan vid behov matas med stora strömmar. När strömmen sedan bryts används frihjulsdioder för att låta strömmen dö ut i lindningen istället för att förstöra drivelektroniken.

Vid strömsättningen av en lindning tar det en viss tid innan den når sin fulla styrka och detsamma gäller när strömmen bryts. För att snabba upp stegmotorn kan en resistans kopplas i serie med lindningen. Detta innebär dock att spänningen behöver höjas för att motverka den ökning i impedans som resistansen leder till. Med den tekniken kan stegmotorn arbeta med hastigheter runt 1 000 steg per sekund (Wildi 2002).

Stegmotorns fördelar

- Stegmotorn fungerar som en servomotor utan återkoppling
- Låter användaren styra en enhet med stor precision
- Den enda helt digitala motorn
- Hållmoment vid stillastående

Stegmotorns nackdelar

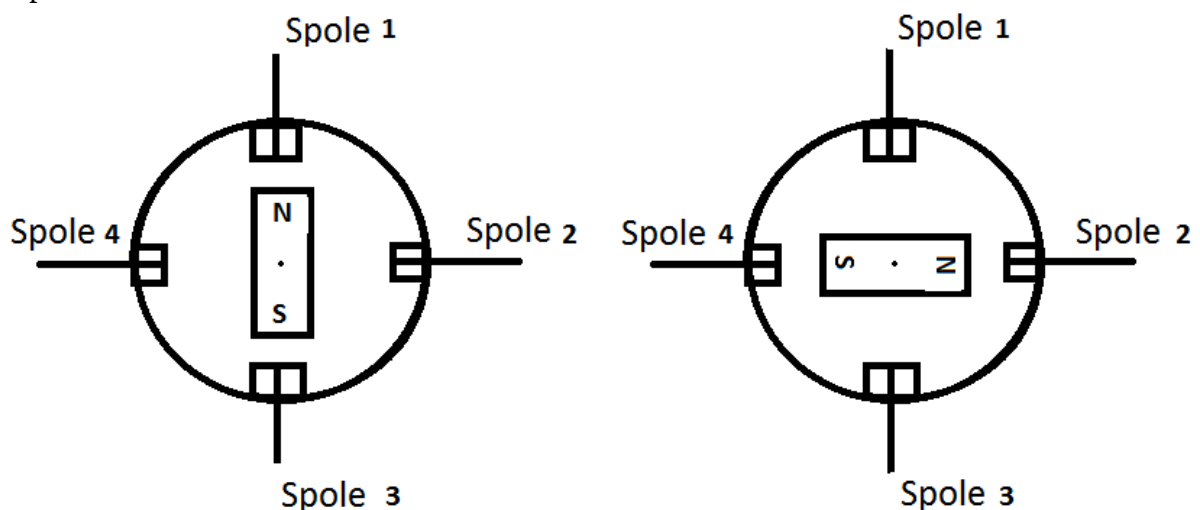
- Hög ljudnivå på grund av resonans vid hel och halvsteg
- Kräver mer avancerad styrelektronik
- Yttre tröghetsmoment kan resultera i att steg tappas
- Tappar moment i takt med ökande varvtal
- Ingen återkoppling av det verkliga mekaniska läget, vilket innebär att stegmotorn inte märker om steg tappas

2.3.2 Permanentmagnetiserad

Den permanentmagnetiserade stegmotorn är den allra vanligaste typen och återfinns oftast i enklare applikationer. Rotorn i en permanentmagnetiserad stegmotor är en permanentmagnet med en fast syd och nordpol. Den permanentmagnetiserade stegmotorn har en låg kostnad då den enkelt massproduceras. Den används i skrivare, kopiatorer och andra enheter där man vill kunna precisionsstyra utan att införa en servomotor (Wildi 2002).

2.3.3 Helsteg

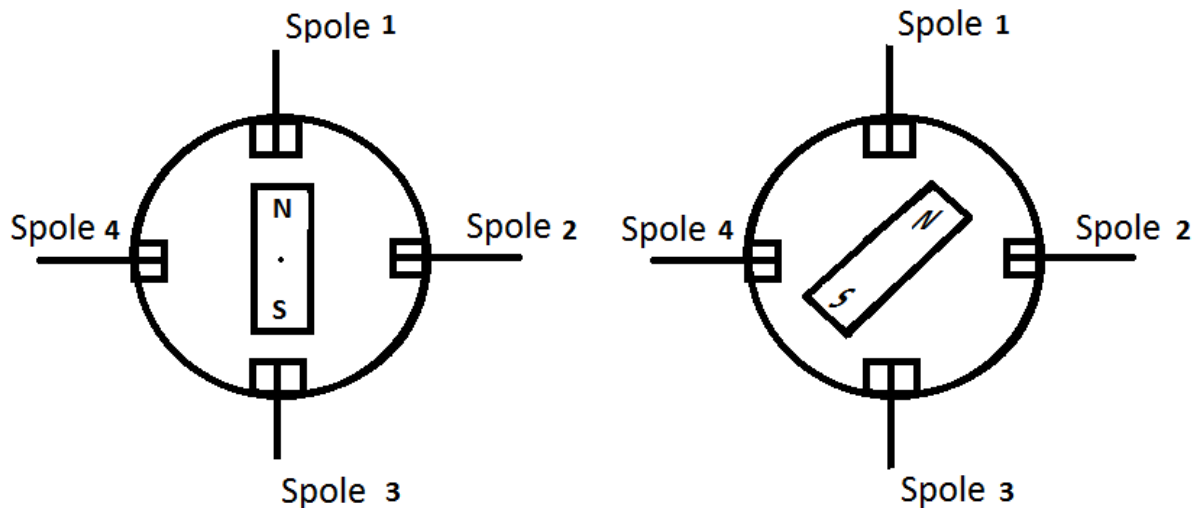
Helsteg är steg som tas från en spole eller lindning till en annan. Detta visas enkelt i figur 2.1, innan det första steget tagits ligger rotorn orienterad mellan spole 1 och spole 3. Vid nästa puls magnetiseras spole 2 och spole 4. Detta görs i en vald takt och på så vis kan en rotation skapas.



Figur 2.1. Helsteg med permanentmagnetiserad stegmotor

2.3.4 Halvsteg

En stegmotor kan ta halvsteg genom att utnyttja flera spolar eller lindningar samtidigt. Ett halvt steg tas genom att både spolen innan steget tagits (spole 1) samt spole 2 efter steget tagits är aktiva samtidigt som spolarna 3 och 4 betar sig likadant, då kommer rotorn att fastna mitt mellan dem. På så vis har ett halvt steg tagits. Nedanstående figur 2.2 visar före och efter det halva steget tagits.



Figur 2.2. Halvsteg med permanentmagnetiserad stegmotor

2.3.5 Stegmotor med variabel reluktans

Den enklaste formen hos en stegmotor med variabel reluktans är en stegmotor vars rotor har samma form som hos den permanentmagnetiserade i figur 2.2. Den stora skillnaden mellan dem är däremot att rotorn hos den med variabel reluktans inte är permanentmagnetiserad utan gjord av något material som kan magnetiseras. Ett viktigt kriterium för att dessa motorer skall fungera är att rotorns geometri är osymmetrisk gentemot statorn, är den inte det kan inte rotorns magnetism ändras i en sådan följd att nya steg kan tas.

2.3.6 Hybridstegmotor

Stegmotorer av hybridtyp blandar egenskaperna för permanentmagnetiserade stegmotorer och stegmotorer med variabel reluktans. En hybridstegmotor har en magnetiserbar rotor av ett ferritmaterial. För att förbättra motorns egenskaper förses rotorn och statorn med en osymmetrisk tandad struktur. Detta leder till starka hållmoment men också ett moment som varierar. Vid stillastående uppvisar stegmotorn sitt starkaste moment. Vid rotation minskar det och studerar man det närmare kan man se att det hackar lite. Detta beror av den magnetiska strukturen där attraktionen mellan stator och rotor är större i vissa lägen. En hybridmotors totala moment är summan av tre magnetiska flöden, dels flödet permanentmagneten ger upphov till, det variabla flödet från statorns lindningar samt flödet den tandade strukturen ger upphov till (Bellini et al 2007).

2.3.7 Mikrostep

Stegmotorn tar i detta läge mycket små steg. Vid vanliga helsteg skapas stegen med att varje lindning magnetiseras fullt ut i en följd. Detta skapar förutom ljud också stora hack i momentet. Vid mikrostep kommer stegmotorn att ta ett antal små steg innan det hela steget tagits. Mikrostep skapas oftast genom PWM-styrning. PWM står för engelskans Pulse Width Modulation, vilket på svenska är pulsbreddsmodulering. De största problemen hos mikrostepningen återfinns i den lilla steglängden. Stegmotorn har alltid ett så kallat grundläggande vridmoment. Kan inte strömskillnaden i lindningarna åstadkomma ett högre vridmoment än det grundläggande momentet kommer ett steg inte tas (Wildi 2002).

Metoden för att skapa mikrostep grundar sig i att varje lindning hos stegmotorn spännsätts i olika nivåer. Vid ett mikrostep strömsätts och nollställs lindningarna på ett mer kontrollerat sätt. Med hjälp av PWM-signaler, vilka styr spänningen över en lindning, kan varje lindnings magnetiska flöde göras mycket liten varvid mikrostep tas. Detta kräver dock avancerad styrelektronik (Wildi 2002).

2.3.8 Stegmotorns momentkaraktäristik

Stegmotorns rotor behöver inte rotera för att utöva sitt maxmoment utan det uppnås vid stillastående då en ström håller rotorn i ett statiskt tillstånd. Momentet minskar gradvis med ökad steghastighet. Dock är sambandet inte linjärt utan kan mer liknas vid en avtagande andragsgradskurva. I en vanlig elmotor följer momentet strömförbrukningen linjärt. Detta gäller dock inte för stegmotorn där ökad steghastighet minskar det maximala momentet hos motorn. Detta beror främst av den inducerade spänningen som bildas då rotorn roterar. När en magnet roterar i ett magnetfält induceras en spänning i lindningarna, denna spänning brukar betecknas mot-emk (motriktad elektromotorisk kraft). Det magnetfält som skapas för att driva motorn motarbetas således av mot-emk vilket leder till att motorn tappar moment vid högre varvtal. Överskrider motorns högsta steghastighet leder det till att motorn tappar steg eller i värsta fall till att motorn stannar (Wildi 2002).

2.4 CAN-buss

CAN - Controller Area Network - är en fältbusstandard utvecklad under sent 80- tal i Tyskland. CAN är vanlig inom bilvärlden där de olika mikroprocessorerna i bilarna kommunicerar via CAN. I industriella sammanhang är protokollen CANopen samt DeviceNet vanliga, de båda är en vidareutveckling av CAN-standarden (National Instruments 2011). ESAB har ett eget CAN-protokoll, ESABCAN.

Ett CAN-nätverk är uppbyggt i ett system av noder. Varje nod har möjlighet att sända eller ta emot meddelanden. Ett meddelande från en nod når alla noder i systemet, om två meddelanden sänds samtidigt avgör meddelandets prioritet om det har förtur. Den nod som är angiven som mottagare av meddelandet reagerar på mottagarsignaturen och behandlar meddelandet. Varje nod lyssnar efter felmeddelanden, i varje meddelande sänds bitar som vid en viss sekvens indikerar på ett fel. Detta hindrar att felaktiga kommandon utförs. Upptäcker

en nod ett fel meddelar den alla noder i systemet. Fördelarna hos ett CAN nätverk i dagsläget är att kretsar och noder är relativt billiga, det är en robust kommunikation och allmänt känd inom industrin (National Instruments 2011).

3. METOD

Först formuleras en kravspecifikation tillsammans med ESAB. Kravspecifikationen innehåller kraven för linjärenheten och stegmotor med styrelektronik. Den anger de grundläggande egenskaperna hos linjärenheten och delar upp dess egenskaper i bas och extra. Bas är krav och extra är i mån av tid. Med hjälp av kravspecifikationen ska olika typer av lösningar tas fram för respektive del.

Därefter utvärderas de olika förslagen på linjärenheter i en urvalsmatris. Urvalsmatrisens resultat viktas beroende på vilka delar som anses extra viktiga. Stegmotorn väljs genom beräkningar av erfordrat moment för att driva svetssläden i högsta hastighet. Här tas hänsyn till masströghetsmoment för skruv och accelerationskraft för släden. Ur kravspecifikationen samt motorvalet väljs drivelektroniken. Efter att lösningsförslagen utvärderats färdigställs det mest lämpade förslaget med hjälp av verkstad. Övriga delar tillhörande linjärenheten såsom återledarkabel och inspänningsanordning tillverkas av verkstad.

Arbetet kommer därefter fortgå genom programmering av drivelektroniken och eventuellt kompletteras utifrån styrfunktionerna som kommer preciseras i kravspecifikationen. Slutligen testas stegmotorns styrning, innan linjärenheten som helhet monteras och provkörs.

4. LÖSNINGSFRAMTAGNING

Urvalsprocessen har delats in i tre delar. Den första delen beskriver kravspecifikationen, den andra hur linjärenheten valdes och den tredje om valet av motor och drivelektronik

4.1 Kravspecifikation

Inledande beskrivning av linjärenheten

ESAB har önskemål om att kunna utföra svetsprocesstester med hjälp av en rörlig linjärenhet. Ett antal krav finns angivna om linjärenhetens egenskaper men en del saker kan tillkomma efterhand då linjärenheten utvecklas. Nedan presenteras de grundläggande egenskaperna inom respektive kravområde.

Storlek på linjärenhetens transportdel

Yttre storleksmått samt formegenskaper.

Längd	Skall kunna bära provbricka med minsta längd 250 mm samt monteringsanordning, övre längd finns ej definierat.	Bas
Bredd	Skall kunna bära provbricka vars bredd är 100 mm på bra sätt.	Bas
Form	Plan ovansida för att möjliggöra montering av provsvetsplåt.	Bas

Speciella egenskaper hos linjärenheten

Önskade egenskaper utifrån krav som ställs vid svetsprocesstester.

Slaglängd	250-300 mm.	Bas
Hastighet	0- +/- 100 mm/s.	Bas
Acceleration	Nå maximal hastighet på 50 ms (2 m/s^2).	Bas
Provplåtsmontering	Provsvetsplåtarna skall monteras med sedvanlig inspänningsanordning och tillåta plåtar i storleksspannet $250 \times 100 \text{ mm}$.	Bas
Strömåterföring	Elektrisk anslutning på ovansidan som skall kunna återföra strömmar upp till 500A.	Bas
Svetsmiljö	Linjärenheten ska kunna användas i svetsmiljö och känsliga delar ska vara skyddade mot svetsstänk.	Bas
Isolering	Känsliga delar såsom motor, transmission och styrelektronik behöver skyddas mot de stora svetsströmmarna.	Bas
Lastvikt	Kunna transportera en last på 20 kg.	Bas

Drift och styrning av linjärenheten

Motor samt styrelektronik och de parametrar svetsläden ska styras av.

Stegmotor	Linjärenheten skall drivas av en stegmotor.	Bas
Styrning	Företrädesvis styrd drivutrustning genom fältbus (CAN).	Bas
Styrfunktioner	Start, stopp, tidsfördröjd start 0-5sek, hastighet, acceleration, lägesstyrd och tidsstyrd svetslängd.	Bas
Momentmätning	Utveckla och testa och inkludera metod för momentmätning.	Extra

4.2 Val av linjärenhet

Det första steget för att göra ett urval är att komma fram till olika principtekniker för linjär rörelse. Genom litteraturstudier av linjärrörelse i andra sammanhang hittades fyra principtekniker.

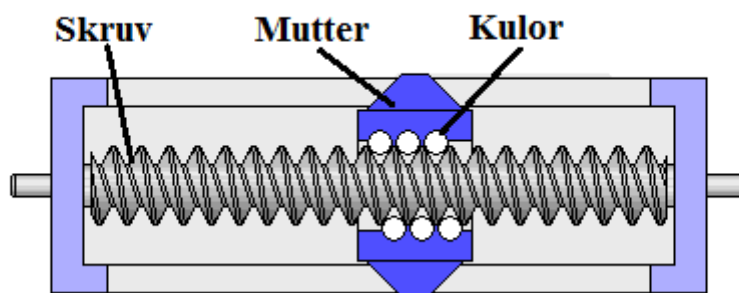
- Kulmutterskruv - motorn sitter direkt eller via en förbindelse fast vid en kulmutter-skruv. Transportdelen sitter fäst på en mutter som rör sig längs med skruvens gänga beroende på vilket håll motor snurrar.
- Remtransmission - motorn driver en rem som går runt en roterande axel och tillbaka. Transportdelen sitter fast på remmen och förflyttar i remmens rörelseriktning.
- Inbyggd motor - motorn sitter i transportdelen och driver direkt på transportdelens drivaxel. Själva linjärenheten ska röra sig längs lämplig bana. Det här lösningsalternativet kan liknas vid ett rälsburet fordon.
- Kuggstång - motorn sitter vid kuggstången och driver stången i vald rörelseriktning. Transportdelen är fäst vid stången.

4.2.1 Första urvalet

Enligt avgränsningarna ska främst färdigkonstruerade komponenter användas i konstruktionen. Det första urvalet baseras på vilka komponenter och färdiga lösningar på linjärenheter som finns. Efter en snabb undersökning hos olika tillverkare och leverantörer visar det sig att kulmutterskruv och remtransmission är dominerande inom färdiga linjärenheter. Kuggstångskomponenter finns att tillgå men få färdiga linjärenheter. Vid lösningsförslaget inbyggd motor krävs det att på egen hand konstruera större delen av linjärenheten. Utifrån tidigare nämnda avgränsningar väljs kulmutterskruv och remtransmission för en fördjupad jämförelse.

4.2.2 Kulmutterskruv

Kulmutterskruven har en enkel konstruktion och är vanlig i industriella sammanhang där kraft och precision är eftertraktade. Precisionen för en kulmutterskruv beror delvis av gängornas stigning samt hur stort glapp det är mellan mutter och kula i olastat läge. Stigningen är avståndet mellan två gängor. Eftersom det finns kulor i muttern är det låg friktion mellan kulskraven och muttern, vilket minskar behovet av tillförd effekt. För att upprätthålla den låga friktionen kräver kulmuttern underhåll. Tekniken har fördelen att även ett lågt moment på skruven kan skapa en stark axiell kraft till lasten då momentet överförs till kulmuttern. Kulmutterskruven klarar därför av stora laster, men kan ha problem med höga hastigheter då stigningen storlek är direkt kopplat till det överförbara momentet (Shigley, Mischke och Brown 2004). I figur 4.1 visas en kulmutterskruv i genomsnitt.



Figur 4.1. Genomsnitt av kulmutterskruv (Rebel 2009)

4.2.3 Remtransmission

Remtransmission bygger på att en rem är kopplad runt två axlar, varav den ena axeln är drivande. Remtransmission är vanligt inom automationsindustrin. Remmen är vanligtvis av gummi, fiber eller kord. Teknikens fördel är att remmen klarar höga hastigheter och snabba hastighetsförändringar. Remtransmission kan med fördel användas för cykliska processer och har hög tillförlitlighet. Normalt används en tandad rem vilken minimerar fel såsom slirning. Tekniken är relativt underhållsfri, på det sättet att remmen inte behöver smörjas (Perneder och Osborne 2012).

4.2.4 Andra urval

De stora skillnaderna mellan kulskruvsmutter och remtransmission återfinns inom hastighet, precision, lastkapacitet och underhåll.

Remtransmissionen är mer lämplig vid höga hastigheter än kulskruvsmuttern. Enligt kravspecifikationen ska linjärenheten arbeta inom förhållandevis låga hastigheter, vilket gör det till en mindre viktig aspekt vid urvalet. Precisionen finns inte exakt definierad i kravspecifikationen då precisionen beror av både stegmotorns och linjärenhetens precision. Kulmuttersskruven har en högre precision än remtransmissionen. Lastkapaciteten är beroende av valet av inspänningsanordning för provsvetsplåtar och dess vikt. Kulmuttersskruven har större lastkapacitet och kräver mer underhåll än remtransmission. Efter diskussion med ESAB baserad på nämnda egenskaper har det beslutats att kulmuttersskruven är den valda drivtekniken och olika tillverkare av kulmuttersskruvdrivna linjärenheter kommer att kontaktas för att jämföra olika modeller innan slutgiltig modell beställs.

4.2.5 Modeller och tillverkare

Fem leverantörer av linjärenheter med kulmuttersskruvdrift kontaktades med en offertförfrågan. Offertförfrågan innehöll de delar av kravspecifikationen som var aktuella för den mekaniska konstruktionen och visas nedan.

Behov:

- Antal: 1 st
- Drivmetod: kulmuttersskruv
- Slaglängd: 250-300 mm (hellre längre än kortare)
- Hastighet: 100 mm/sekund
- Lastvikt: 20 kg
- Skydd mot svetsstänk
- Pris inklusive leveranskostnad
- Leveranstid till Göteborg

Önskemål:

- Integrerad stegmotor med styrelektronik

Rollco

Linjärenheten från Rollco är av modellen QME20. Priset inklusive leverans är 4 300 SEK. Skruven skyddas av en mantel som ligger mellan bordet och skruvens ändar. Bordets storlek är 130×130 mm och har fyra hål att fästa last i. Bordet är fäst på kulmuttersskruven och två styraxlar. Leveranstiden är 1-2 veckor. Produktdatabladet som finns att tillgå ger en bild av yttre och inre mått men saknar information kring kulmuttersskruvens delning. Produkten har en enkel konstruktion som gör den lätt att anpassa och underhålla.

Aluflex

Linjärenheten från Aluflex är av modellen LM3KGT. Priset är 21 000 SEK. Skruven är inbyggd i konstruktionen och skyddas av ett överdrag. Bordets storlek är 190×65 mm och har åtta hål att fästa last i. Bordet är fäst på kulmutterskruven samt glider genom spår i konstruktionen. Leveranstiden är 2-3 veckor. Produktdatabladet som finns att tillgå ger en bild av yttre mått men saknar information kring kulmutterskruvens delning. Produkten har en konstruktion som gör den lätt att anpassa och underhålla.

ESAB

Linjärenheten från ESAB är av modellen Servoslid-885. Bordet som har fyra hål att fästa last i är 184×122 mm stort och flyttas genom en kulmutterskruv. Styraxlar ger stabilitet till bordet. Priset är 6 709 SEK med en leveranstid på 2 veckor. Produktdatabladet som finns att tillgå ger en bild av enhetens yttre mått och kulmutterskruvens delning, dock inte allmän information kring dess funktion som linjärenhet då den är tänkt att ingå i en från fabrik redan färdig automationsprodukt. Linjärenheten uppfattades som måttligt anpassningsbar då enheten i grundutförande försetts med motor som behöver tas bort. Kulskruven skyddas av två skyddsbälgar som är spiralformade.

Mekanex

Linjärenheten från Mekanex är av modellen SDM20. Skruven är inbyggd i konstruktionen och skyddas av ett överdrag. Bordets storlek är 185×80 mm och har sex hål för att fästa last. Bordet är fäst på kulmutterskruven samt glider genom spår i konstruktionen. Pris inklusive leverans är 20 250 SEK med en leveranstid på 5 veckor. Produktdatabladet som finns att tillgå ger en bild av yttre mått och information kring kulmutterskruvens delning. Produkten har en konstruktion som gör den lätt att anpassa och underhålla.

Tools momentum

Linjärenheten från Tools momentum är av modellen LEFS32B, den levereras med inbyggd stegmotor och medföljande drivelektronik. Linjär rörelse skapas genom en i konstruktionen dold kulmutterskruv. Bordets storlek är 122×60 mm med sex hål att fästa last i. Pris för motor och linjärenhet exklusive leverans är 15 301 SEK. En utförlig produktkatalog finns att tillgå vilken beskriver linjärenhetens egenskaper med den medföljande styrelektroniken och motor. Konstruktionen uppfattas som mindre anpassningsbar då enhetens nyckeldelar är inbyggda och svåra att komma åt.

4.2.6 Urvalsmatris

Urvalskriterierna i matrisen i tabell 4.1 är pris, leveranstid, medföljande motor, medföljande produktdatablad, anpassning och underhåll samt storlek på bordet. För att mer eftertraktade egenskaper ska få större genomslag vid jämförelsen användes viktning. I detta fall sätts en viktning på mellan ett och fem, det angivna poängvärdet för egenskapen kommer därmed att multipliceras med viktningsvärdet för egenskapen.

Viktningen av de olika kriterierna är gjord i samarbete med ESAB. Störst vikt läggs vid leveranstid eftersom projektet har en begränsad tidsplan. Bordets storlek har också en hög

betydelse eftersom inspänningsanordningen för provsvetsplåtar kan ta plats. Minst betydelse har en medföljande stegmotor eftersom en stegmotor är lätt att köpa till. Priset har också en låg viktning då det är en engångsprodukt och enskilda komponenters kostnader har mindre betydelse.

Tabell 4.1. Urvalsmatris för linjärenheter

Leverantör Modell	Viktning	Rollco QME20	Aluflex LM3KGT	ESAB Servoslid	Mekanex SDM20-80	Tools Momentum LEFS32B
Pris	2	5	2	4	2	3
Leveranstid	5	4	3	4	1	3
Medföljande motor	1	3	3	3	3	5
Medföljande produktdatablad	3	4	2	3	4	5
Anpassning och underhåll	3	5	4	5	4	3
Storlek på bord	4	3	2	5	3	1
Summa		24	16	24	17	20
Summa efter viktning		72	48	75	48	54

4.2.7 Slutgiltigt val

Utifrån urvalsmatrisen har ett slutgiltigt val gjorts. ESAB:s linjärenhet har lika mycket poäng som Rollco:s innan viktningen men ESAB:s linjärenhet har flest totalpoäng. Det som gav ESAB ett försprång var storleken på bordet. ESAB erbjuder ett bord på 184×122 mm där Rollco hade 130×130 mm. Utöver detta påvisade de båda linjärenheterna fördelar gentemot de andra leverantörerna inom områdena pris, leveranstid samt anpassningsbarhet. I figur 4.2 nedan visas ESAB:s linjärenhet.



Figur 4.2 ESAB Servoslid A6 (ESAB, A6 Slide bruksanvisning 0443 394 101 SE, 2011)

4.3 Urvalsprocess av stegmotor och drivelektronik

Ett av grundkraven hos linjärenheten är att den skall vara stegmotordriven. Stegmotorn kan inte fungera utan drivelektronik vilket innebär att lämplig stegmotor samt drivelektronik behöver väljas utifrån de krav som ställts i kravspecifikationen.

4.3.1 Val av stegmotor

ESAB har tidigare gjort studier för att utforska stegmotorns möjligheter att användas i deras produktområde. Det har medfört att urvalet av stegmotor har begränsats till de modeller som redan har funnits på plats hos ESAB. De grundläggande kraven för motorn baseras på beräkningar nedan.

Linjärenheten använder en kulmutterskruv kopplad till stegmotorn via en remtransmission. Utväxlingen mellan dem blir 1:1,58 (ett kugghjul med 19 kuggar och ett med 30 kuggar), vilket innebär att kulmutterskruvens axel roterar 1,58 gånger så snabbt som stegmotorns axel gör. Beräkningarna baseras på momentet för att rotera skruven, momentet som krävs för att accelerera lasten 20 kg längs skruven samt utväxlingens påverkan på momentet. Skruvens stigning är 5,454 mm (0,005454 m) och den maximala hastigheten är 100 mm/s (0,100 m/s). Accelerationskravet är att nå maximal hastighet på 50 ms, vilket är 2 m/s^2 .

Först beräknas skruvens masströghetsmoment, enligt ekvation 4.1. Skruven approximeras till en massiv cylinder.

$$J = \frac{mr^2}{2} \quad (4.1)$$

J = masströghetsmomentet [kgm^2]

m = skruvens massa [kg]

r = radien [m]

Skruvens massa fås via skruvens volym samt densitet. Skruven är 630 mm (0,630 m) lång samt har en diameter på 17 mm (0,017m). Dess volym blir då $1,43 \times 10^{-4} \text{ m}^3$. Densiteten för järn är ca $8\,000 \text{ kg/m}^3$. Vilket ger att skruvens vikt då beräknades till 1,14 kg. Genom att använda värdena ovan i ekvation 4.1 fås att skruvens masströghetsmoment är $J = 4,12 \times 10^{-5} \text{ kgm}^2$.

Från masströghetsmomentet fås skruvens moment enligt ekvation 4.2

$$M = \alpha \cdot J \quad (4.2)$$

M = momentet [Nm]

J = masströghetsmomentet [kgm^2]

α = vinkelacceleration [rad/s^2]

Vinkelaccelerationen fås genom att beräkna varvtalet för högsta hastigheten. Varvtalet hos skruven vid högsta hastighet beräknas utifrån kulmutterskruvens stigning, enligt ekvation 4.3.

Utifrån maximala hastigheten och stigningen kan man beräkna antalet varv per sekund skruven behöver rotera när den går som snabbast.

$$n = \frac{v_{\max}}{p} \quad (4.3)$$

n = varv per sekund [varv/s]

$v_{\max}$ = max hastighet [m/s]

p = stigning [m/varv]

Ekvation 4.3 ger att kulmuttersskruven roterar med 18,33 varv/s. Ska skruven nå den hastigheten krävs vinkelaccelerationen enligt ekvation 4.4.

$$\alpha = \frac{n \cdot 2\pi}{t_{\text{acc}}} \quad (4.4)$$

α = vinkelacceleration [rad/s^2]

n = varv per sekund [varv/s]

t_{acc} = accelerationstid [s]

Vinkelaccelerationen blir $2\,300 \text{ rad/s}^2$ vid en accelerationstid på 50 ms. Sätts det sedan in i ekvation 4.2 så fås skruvens moment till 0,095 Nm.

Därefter ska momentet som krävs för att förflytta lasten beräknas. Det görs med hjälp av ekvation 4.5.

$$M = \frac{F \cdot p}{2\pi} \quad (4.5)$$

M = moment [Nm]

F = kraft [N]

p = stigning [m]

Kraften F fås genom att använda lastens acceleration och massa. Accelerationen fås på motsvarande sätt som i ekvation 4.4 fast för linjär rörelse, vilket ger accelerationen 2 m/s^2 . Kraften blir då 40 N med 20 kg last. Värdena sätts in i ekvation 4.5 och momentet blir då 0,035 Nm.

Det totala momentet för att driva skruven blir då $0,035 \text{ Nm} + 0,095 \text{ Nm} = 0,130 \text{ Nm}$. Uppskattas friktionen och eventuella approximeringsfel till att vara lika stort som det övriga totala momentet så fås 0,260 Nm som det erforderade momentet från motorn utan utväxling.

Mellan motor och linjärenhet finns en utväxling på 1:1,58. Utväxlingen påverkar momentet enligt ekvation 4.6.

$$M_1 n_1 = M_2 n_2 \quad (4.6)$$

M_1 = motorns moment [Nm]

n_1 = motorns varvtal [varv/s]

M_2 = moment som krävs för att driva skruv och last [Nm]

n_2 = skruvens varvtal [varv/s]

Ur utväxlingen kan man utläsa att stegmotorns varvtal är skruvens varvtal dividerat med 1,58. Stegmotorn behöver därmed rotera med hastigheten $18,33/1,58 = 11,6$ varv per sekund. Nu kan motorns erforderade moment beräknas till 0,42 Nm.

Den motorn som har funnits mest lämpad med tanke på storlek och styrka är en prototypmodell NEMA24 modell 24H268-60-4B. Stegmotorn har en masströghet $5,7 \times 10^{-5} \text{ kgm}^2$, vilket kräver momentet 0,13 Nm vid vinkelaccelerationen ovan. Det saknas moment-hastighetskurva för stegmotorn, men det finns moment-hastighetskurvor för mindre stegmotorer i storleksmodellen NEMA23 från samma leverantör. De mindre stegmotorerna klarar att leverera 0,55 Nm vid maximal hastighet (ca 700 rpm drivning på motoraxel). De mindre stegmotorerna har lägre hållmoment än den valda stegmotorn. Den valda stegmotorn har ett hållmoment på 2,2 Nm och bedöms klara att accelerera sig själv och skruv med last. I bilaga 1 finns ett datablad på stegmotorn.

4.3.2 Val av drivelektronik

På samma vis som med stegmotorn baserades valet av drivelektronik på tidigare erfarenheter hos ESAB. Det viktigaste kravet på drivelektroniken är att den ska kunna ta emot styrparametrar från en extern källa. Styrparametrarna är start, stopp, tidsfördröjd start, hastighets- och accelerationsinställning, läges- eller tidsstyrd rörelse. I tidigare studier på ESAB hade drivelektroniken Stepnet STP 075-10 utnyttjats för att driva olika sorters utrustningar. Den valda drivelektroniken uppfyller de ställda kraven i kravspecifikationen, antingen ensamt eller som en del i ett större system, och valdes för styrning av linjärenheten. Stepnet STP075-10 är en programmerbar fristående enhet som tillåter direktstyrning via CANopen och RS232. CANopen är en standard för CAN-protokoll och RS232 är en standard för serieportar. Det är möjligt att programmera sekvenser som kan exekveras i vald ordning på förbestämda kommandon.

ESAB har ett eget CAN-protokoll som inte är kompatibelt med CANopen, därför kan drivelektroniken inte ta emot meddelanden direkt från en överordnad enhet som kommunicerar via ESABCAN. Därför kommer ett matarverkskort att användas för att tolka meddelanden från ESABCAN och skicka vidare meddelande till drivelektroniken. Ett matarverkskort är ett styrkort som driver en servomotor för trådmätning vid MIG/MAG-svetsning.

5. DEN KOMPLETTA LINJÄRENHETEN

I det här avsnittet beskrivs varje del av linjärenheten. Först beskrivs den mekaniska konstruktionen av linjärenheten och därefter hur linjärenhetens styrning är uppbyggd.

5.1 Mekanisk konstruktion

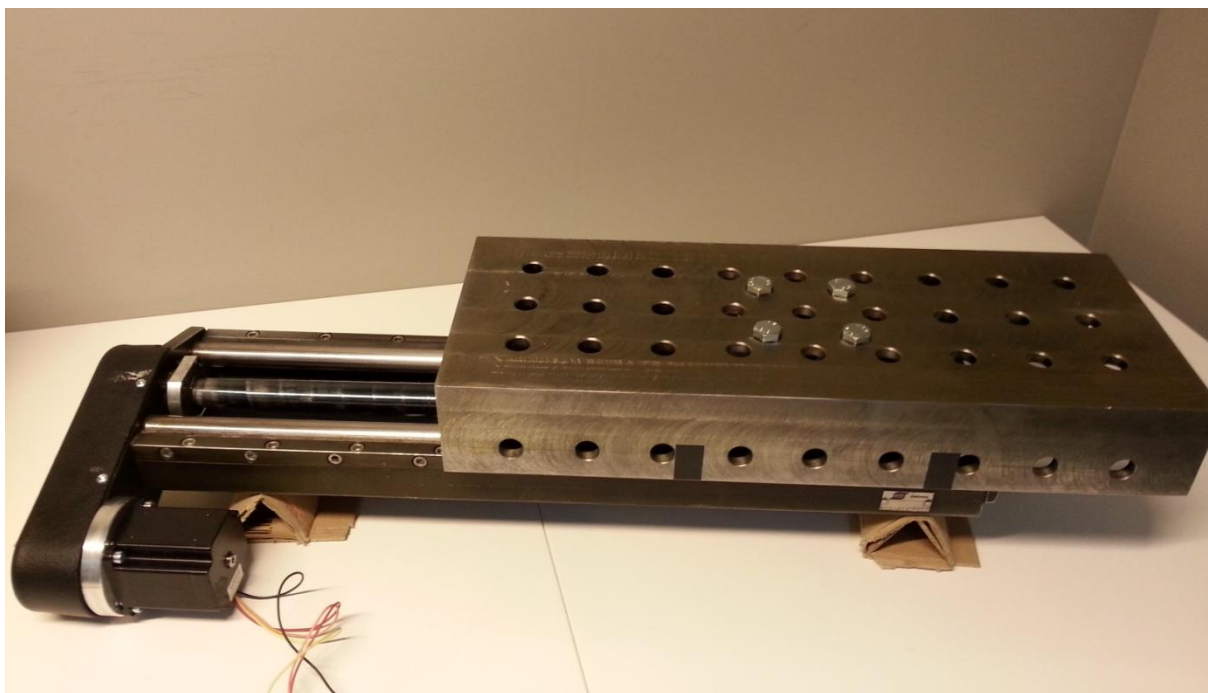
Nedan följer en beskrivning av varje komponents plats i den färdigställda linjärenheten.

5.1.1 Inspänningsanordning för provsvetsplåtar

Inspänningsplattan, som används för att fästa en inspänningsanordning, är fäst vid linjärenhetens bord på fyra stycken keramiska isolatorer. Dessa hindrar svetsströmmen från att nå linjärenheten och stegmotorn som är fäst vid den. En återledarkabel anpassad för 500 A är inborrad i sidan på inspänningsplattan, detta för att kunna leda bort de stora strömmar som bildas vid svetsningen. Infästningsplattan är anpassad för att använda redan befintliga inspänningsanordningar på ESAB. Utformningen av inspänningsplattan är rektangulär med storleken 20×50 cm, med nedbockade sidor. Ett jämnt nät av hål möjliggör fastspänning av olika sorters inspänningsanordningar, beroende på om man vill prova svetsning i en fog eller om det är svetsning på en plan provsvetsplåt.

5.1.2 Linjärenhet och drivning

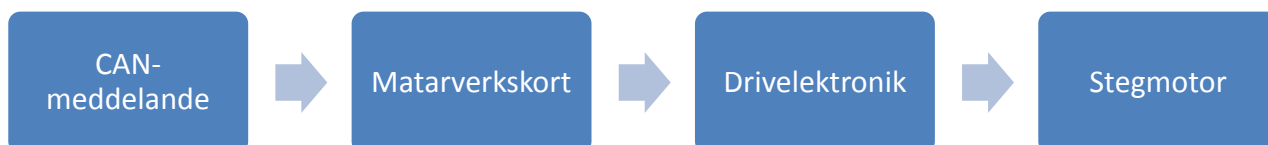
Linjärenheten drivs av en stegmotor som är fäst i samma infästning som servomotorn i ordinarie utförande. Mellan stegmotorn och infästningen sitter en adapterplatta för att anpassa stegmotorns hålförhållande med infästningens hålförhållande. Stegmotorns axel är förbunden till kulskruvens axel via en remtransmission. Kugghjulet som är monterat på stegmotorns axel har 30 kuggar och kugghjulet på kulskruvens axel har 19 kuggar, vilket skapar den nämnda utväxlingen i beräkningen i val av stegmotor (4.3.1). Kugghjulet med 30 kuggar har en slirfunktion inbyggd, vilket gör att kugghjulet slirar när bordet har kommit till sina ändlägen på skruven eller när momentet blir för stort. Slirningen förhindrar att linjärenheten körs sönder. I figur 5.1 visas en bild på den monterade linjärenheten med stegmotor och infästningsplatta.



Figur 5.1. Monterad linjärenhet med stegmotor och infästningsplatta

5.2 Styrning av stegmotor och drivelektronik

Styrningen av linjärenheten är uppbyggd av två separata delar. Dels styrningen av stegmotorerna och dels styrningen av drivelektroniken som styr stegmotorerna. I figur 5.2 nedan visas kommunikationsflödet mellan linjärenhetens olika delar.



Figur 5.2. Kommunikationsflöde mellan linjärenhetens olika delar

5.2.1 Styrning av stegmotor

Styrningen av stegmotorn utförs av den valda drivelektroniken från Stepnet. Drivelektroniken programmeras i CME2 vilket är ett medföljande analys- och programmeringsverktyg. Programmet tillåter analys av motorer och kalibrering av styrvärden. I programmeringsmiljön kan användaren välja hur stegmotorerna drivelektronik skall reagera på inkommande signaler. Alltifrån enkla program där drivelektroniken bara står och lyssnar efter en puls till mer avancerade sekvensbaserade automationslösningar.

Programvaran körs på en vanlig PC och kommunicerar med drivelektroniken via en USB-RS232 konverterare. Att programmera i CME2 görs i en del av programmet som heter CVM, Copley Virtual Machine.

Styrningen av linjärenhetens stegmotor är baserad på två enkla sekvenser i CVM. Sekvenserna styrs via förprogrammerade ingångar. Ingångarna är digitala I/O-pinnar och i den här applikationen används fem av de 26 I/O-pinnarna. Av de 26 I/O-pinnarna är 12 digitala ingångar och 4 digitala utgångar, resten används för olika sorters förbestämd utrustning såsom dekodare.

De två sekvenserna anger hög respektive låg upplösning på stegmängden i motorn. Detta för att möjliggöra mer precis stegning vid låga hastigheter.

Varje sekvens är baserad på en kod som lyssnar av fyra pinnar. Dels vilken riktning som motorn skall rotera mot samt en pulsingång som styr hastighet och två ingångar som lyssnar på en startsignal.

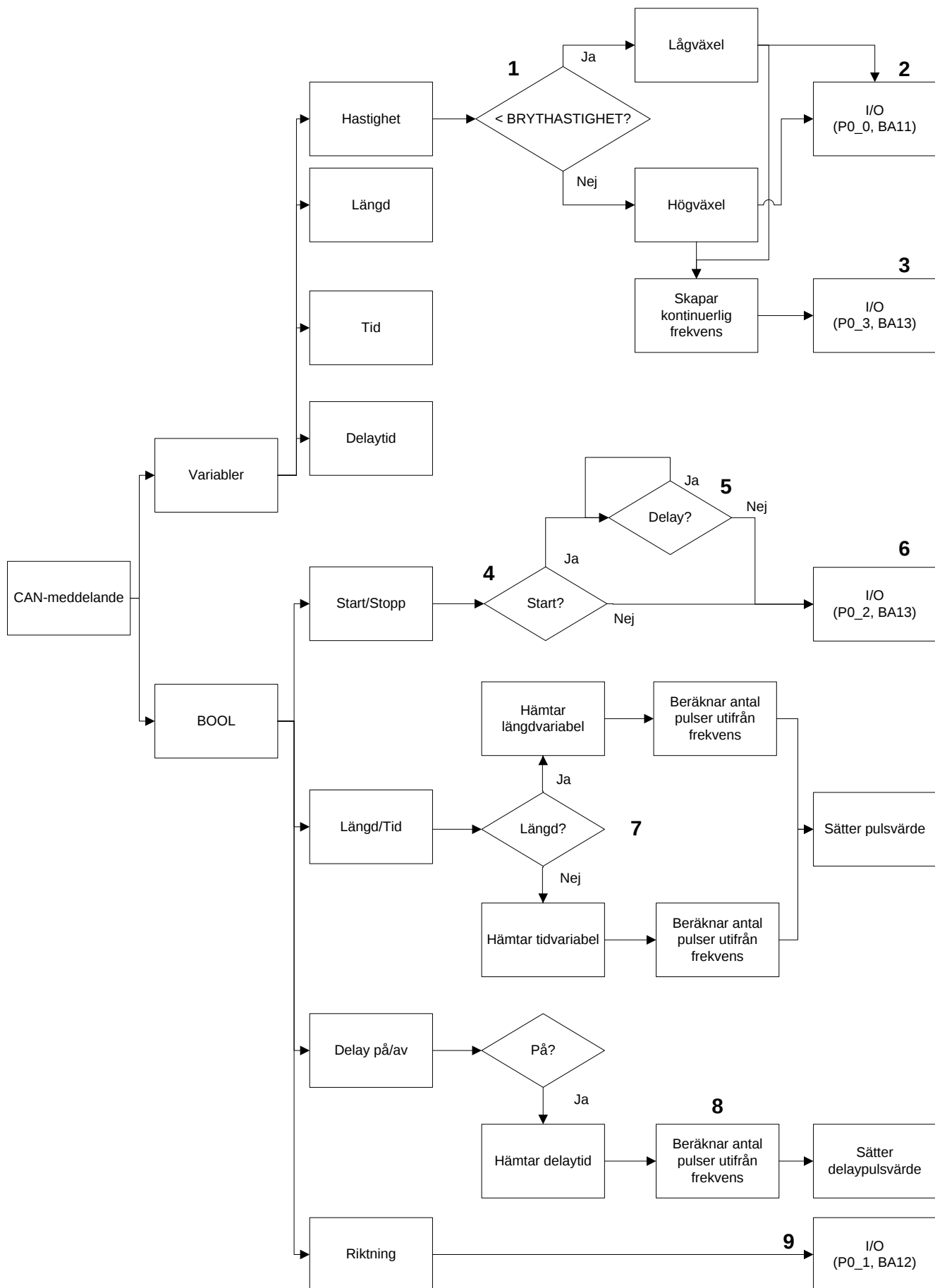
Hastigheten är den del som skiljer sig mellan de två sekvenserna. I den med låg upplösning krävs 200 pulser för att motorn skall rotera ett varv, den med hög upplösning kräver 2 000 pulser för att rotera ett varv. I CVM kan man sätta begränsningar för högsta möjliga acceleration av stegmotorn.

Den pulsformade signalen som antingen kan vara sinus eller fyrkantsvåg har som krav att den måste pulsera utanför två bestämda värden. Logiken i drivelektroniken kräver att en logisk nolla är en spänning under 1,35 V och en logisk etta är en spänning över 3,65 V. Detta ställer krav på den enhet som skall leverera den pulsade signalen.

5.2.2 Styrning av drivelektronik

Drivelektroniken styrs via CAN-meddelanden. För att kunna ta emot CAN-meddelanden enligt ESAB:s CAN-protokoll används ett matarverkskort. Matarverkskortet sitter ursprungligen i enheten som matar svetstråd och kommunicerar med en svetsdataenhet (master i svetssystemet) via CAN. Kortet är därför lämpligt för ändamålet att ta emot CAN-meddelanden och kommunicera informationen vidare till drivelektroniken. Mellan matarverkskortet och drivelektroniken finns ett nödstopp. Nödstoppet bryter fysiskt signalen mellan matarverkskortet och drivelektroniken. Processorn på matarverkskortet behandlar inte nödstoppet och vet ej om det är aktiverat.

Koden i processorn är i grunden den för ett matarverkskort men är modifierad för att styra linjärenheten istället för svetstrådsmatning. Koden är skriven i programmeringsspråket C. För att möjliggöra styrning av linjärenheten behövdes matarverkskortet modifieras genom att ta bort en kondensator då den hindrade en pulsformad utsignal att nå sin fulla amplitud på grund av långsam uppladdningstid. I figur 5.3 visas flödesschemat för ett mottaget CAN-meddelande.



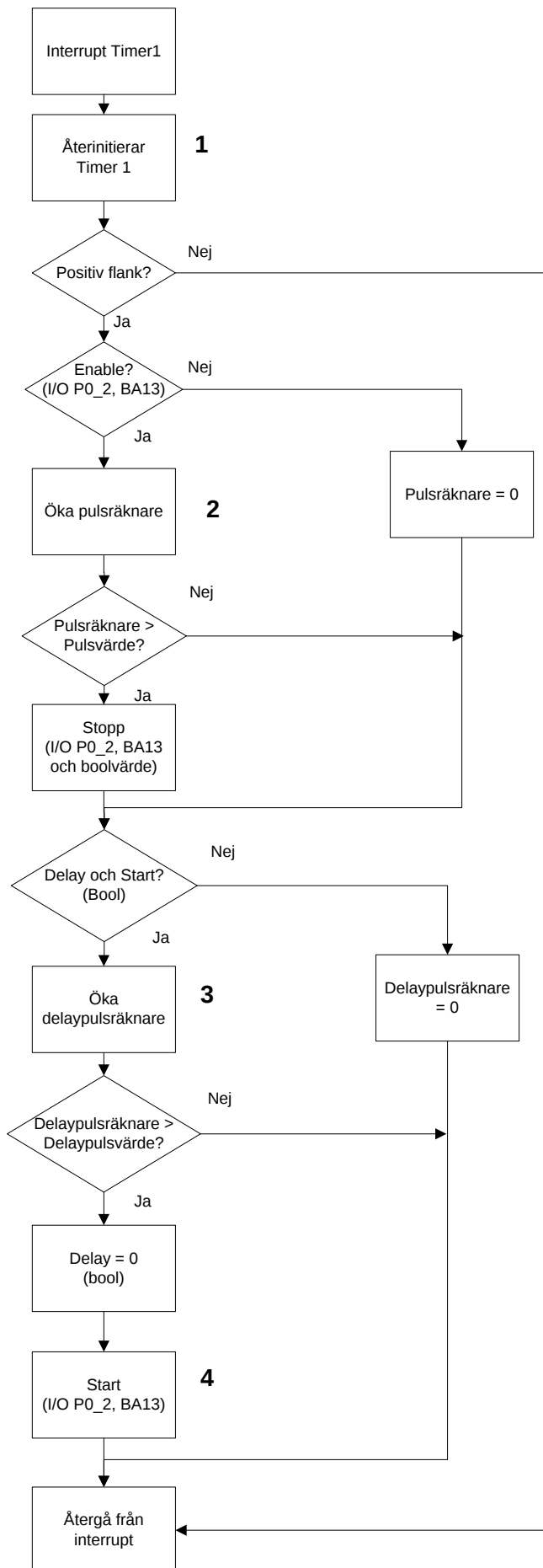
Figur 5.3. Flödesschema för CAN-meddelande, (1) Brythastighet (2) Växelval (3) Hastighetsfrekvens (4) Start/Stop (5) Tidsfördröjning (6) Startsignal (7) Längd/Tid-beräkning (8)Tidsfördröjningsberäkning (9) Riktning

Numren inom parantes i det här och nästa stycke syftar på numren i figur 5.3. När ett CAN-meddelande i figur 5.3 tas emot så klassas det antingen som ett meddelande med en variabel eller boolskt värde (etta eller nolla). Om meddelandet är en hastighet så jämförs variabeln med en brythastighet (1). Brythastigheten används för att välja vilken upplösning eller växel hastighetspulsens får. Växelvalet skickas sedan ut på en I/O-port (2). Hastighetens värde räknas därefter om till en frekvens för att generera ett avbrott och skapa en hastighetspuls som läggs ut på en I/O-port (3). Övriga variabler sparas i ett register och används när deras motsvarande boolska meddelande skickas.

Av de boolska värdena är riktningen den enklaste. Den skickas direkt ut på en I/O-port (9). Övriga behandlas i operationer i processorn. Skickas Start/Stopp används värdet för att ta reda på om linjärenheten ska starta eller stoppa (4). Ska linjärenheten startas kollar processorn om det finns en tidsfördröjning aktiverad (5) och när den är avaktiverad skickas startsignalen ut på en I/O-port (6). Skickas Delay på/av och tidsfördröjning ska aktiveras, så hämtas tiden för tidsfördröjningen och räknas om till antal pulser utifrån hastighetsfrekvens (8). På motsvarande sätt sker hämtningen och omräkningen vid Tid/Längd (7).

I den modifierade koden används en timer för att generera avbrott och skicka ut en hastighetsfrekvens och för att öka interna räknare. Tiden mellan varje avbrott är beroende av den inmatade hastigheten som skickats via ett CAN-meddelande. I figur 5.4 visas ett flödes-schema för avbrottsrutinen. Numren inom parantes i det här stycket syftar på numren i figur 5.4. Vid avbrott så återinitieras först timern (1). Det finns två räknare i avbrottsrutinen, en för tidsfördröjning (3) och en för längd eller tid (2). Räknaren ökas på positiv flank (när hastighetspulsens går från nolla till etta). Räknaren för tidsfördröjning ökar om Delay på är skickad medan räknaren för tid eller längd ökar när startsignal har skickats på en I/O-pinne till drivelektroniken. När tidsfördröjningen är klar skickas signal till I/O-pinne (4) och även värdet i registret för Delay på/av ändras.

På grund av utformningen av koden krävs det att hastighetsvariabeln skickas först, därefter övriga variabler och sist de boolska värdena. Riktningen är möjlig att skicka oberoende av ordning. För en utförligare beskrivning av styrningen hänvisas till bilaga 2.



Figur 5.4. Flödesschema för avbrottsrutin, (1) Återinitiering (2) Öka pulsräknare för längd eller tid (3) Öka pulsräknare för tidsfördröjning (4) Startsignal

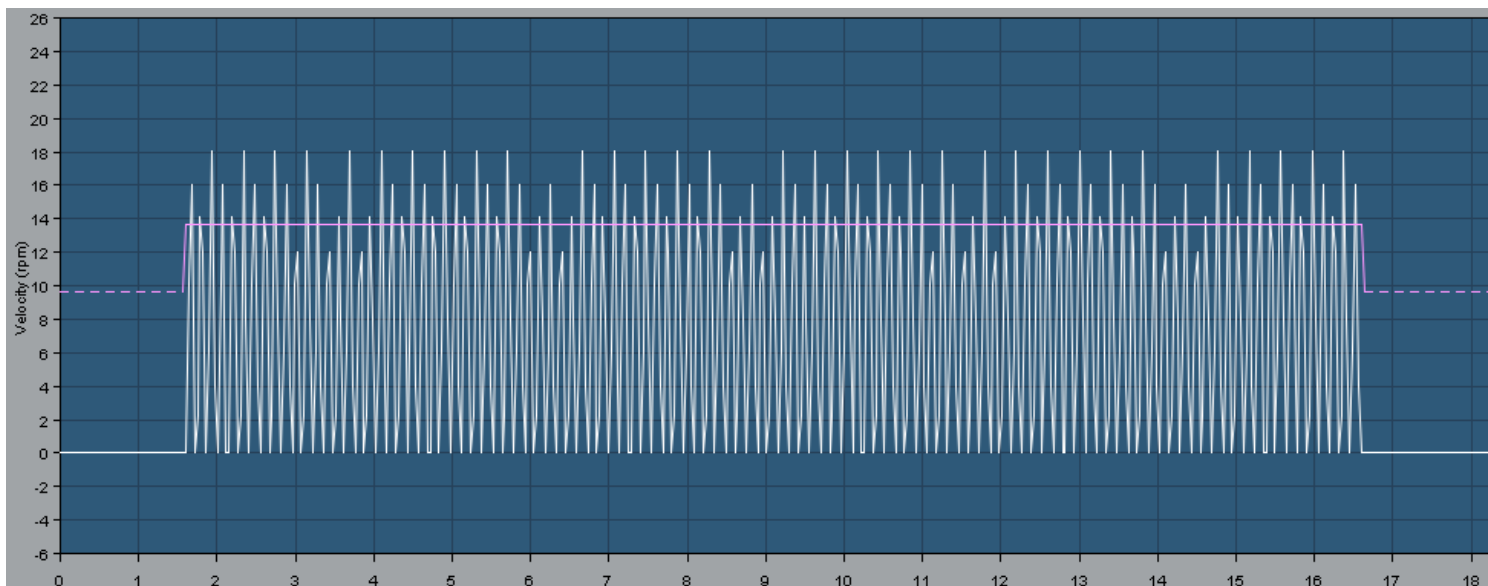
6. TESTER OCH TESTRESULTAT

Stegmotorn ska enligt kravspecifikationen styras via längd eller tidsstyrning. Processorn har en timer som kan generera avbrott vilket dels styr hastighetspuls och dels tid- eller längdräknare. Räknaarna är beroende av antalet pulser som skickas ut och de i sin tur beroende av den hastighet som valts. Hastigheten är i sin tur indelad i två områden, högväxel och lågväxel. Nedan presenteras de tester som utförts. De kan delas in i två delar. I den första delen testas endast den olastade stegmotorn vid olika hastigheter och tider medan i den andra testas längdstyrningen för en sammansatt linjärenhet.

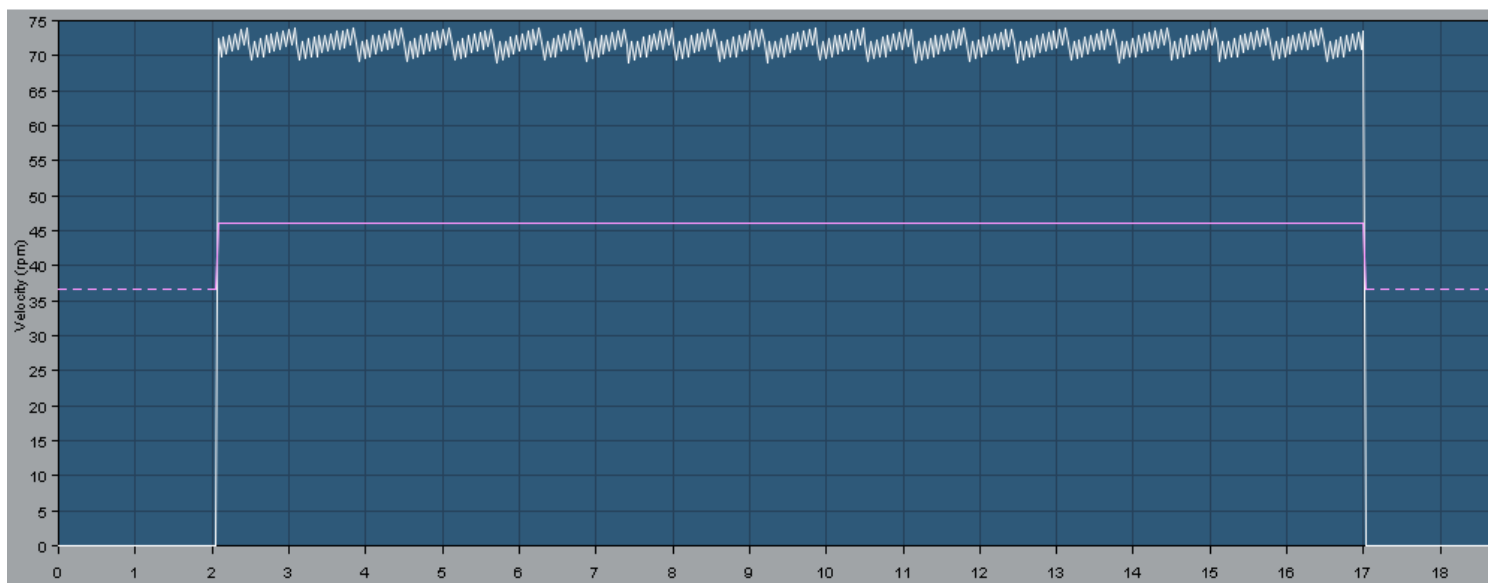
6.1 Tidsstyrning av olastad stegmotor

Den olastade och ej inkopplade stegmotorn används i det första testet. I det första testet kontrolleras hur tidsstyrningen fungerar. Anledningen till att tiden ej testas på en sammansatt linjärenhet är att det är svårt att testa längre tider för höga hastigheter eftersom linjärenheten har en begränsad slaglängd.

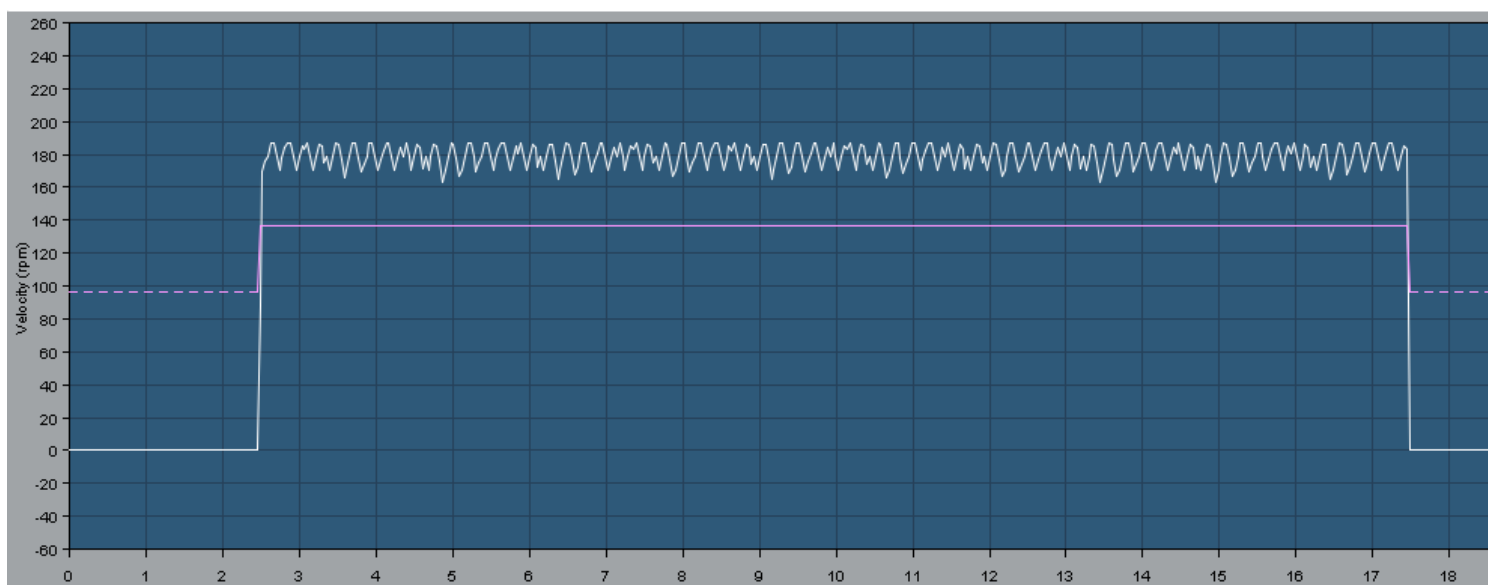
Tidsstyrningen testas för lågväxelhastigheterna 1 mm/s och 10 mm/s samt högväxelhastigheterna 25 mm/s, 50 mm/s, 75 mm/s och 100 mm/s. Tiderna som testas för respektive hastighet är 1 s, 5 s, 10 s och 15 s. Nedan i figur 6.1 – 6.6 visas endast resultatet för 15 s för respektive hastighet, övriga resultat finns i Bilaga 3. Figurerna är hämtade ur analysverktyget i CME2. I figurerna är x-axeln tiden i sekunder och y-axeln hastigheten i rpm (varv per minut). Den fyrkantliknande signalen i figurerna är enable-signalen till drivelektroniken och den andra signalen är stegmotorns hastighet. Hastigheten är ojämn för att stegmotorn tar steg och har därför ej en konstant hastighet. Stegmotorn roterar den tiden som önskas i samtliga testfall.



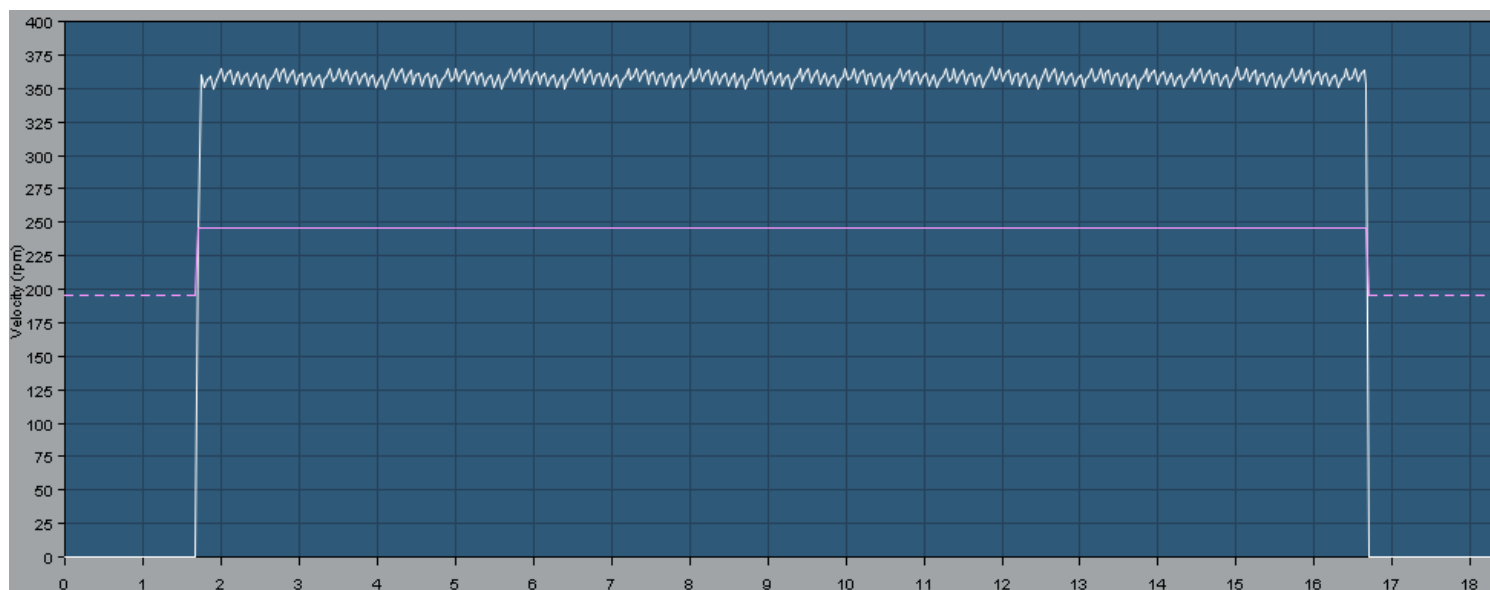
Figur 6.1. Tidstest 15 s för 1 mm/s



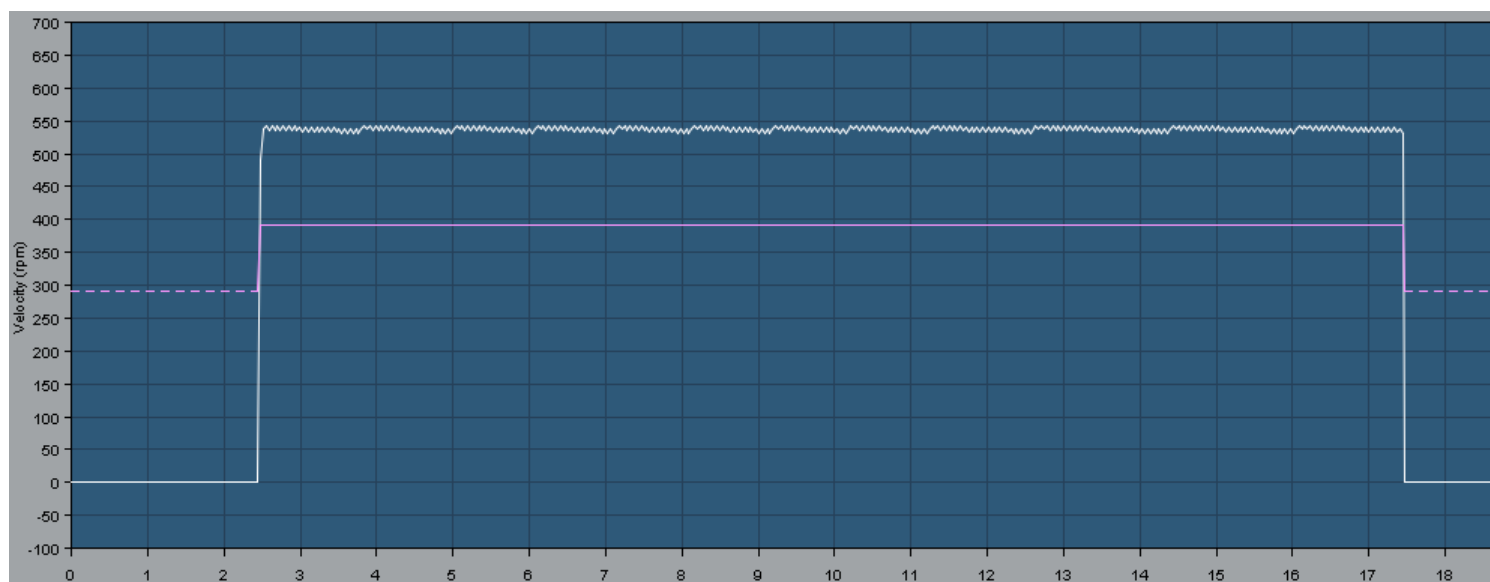
Figur 6.2. Tidstest 15 s för 10 mm/s



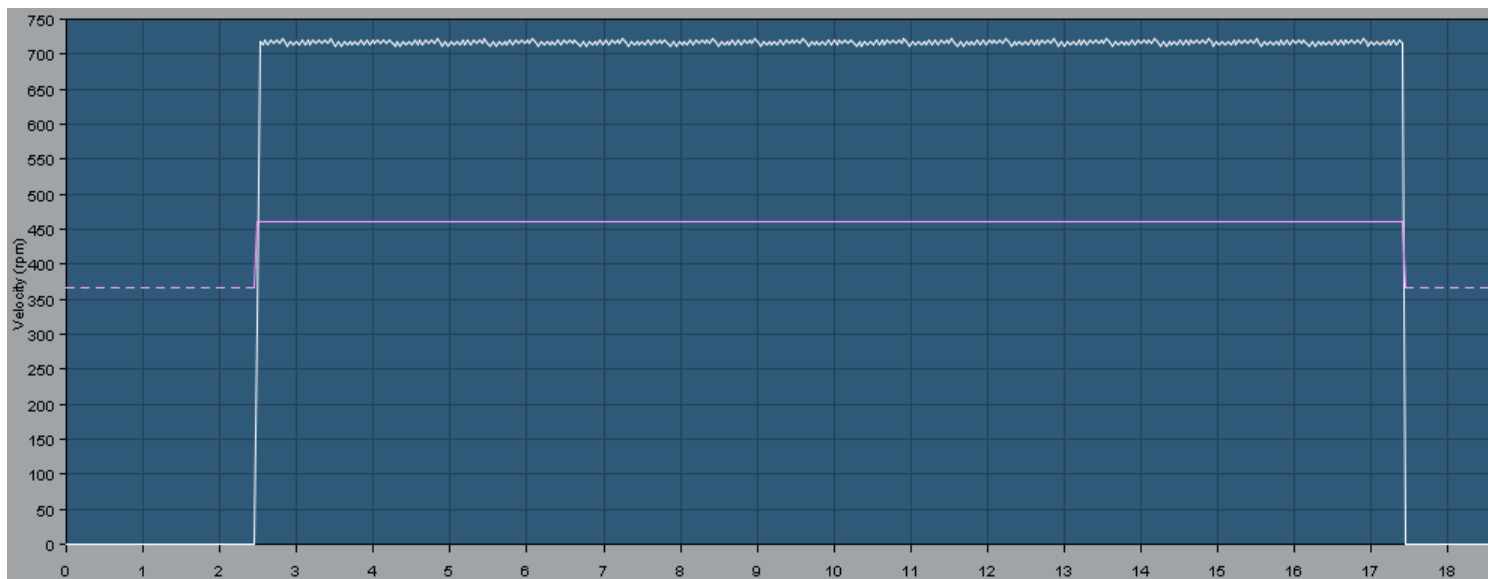
Figur 6.3. Tidstest 15 s för 25 mm/s



Figur 6.4. Tidstest 15 s för 50 mm/s



Figur 6.5. Tidstest 15 s för 75 mm/s



Figur 6.6. Tidstest 15 s för 100 mm/s

6.2 Längdstyrning av sammansatt linjärenhet

Längdstyrningen testas med den sammansatta linjärenheten. Längden mäts genom att använda linjal fäst på linjärenheten och mäta avstånd mellan start och stopp. Linjalen har en noggrannhet på ± 1 mm. Längdstyrningen testas genom att åka samma längder och olika hastighet. Längderna som använts i testet är 10 mm, 30 mm, 50 mm, 100 mm och 200 mm. Hastigheterna som används är samma som i föregående test, det vill säga lågväxelhastigheterna 1 mm/s och 10 mm/s samt högväxelhastigheterna 25 mm/s, 50 mm/s, 75 mm/s och 100 mm/s. I tabell 6.1. visas mätprotokoll för testerna för 200 mm. Övriga testprotokoll finns i bilaga 4. Linjärenheten förflyttar sig den önskade längden i samtliga testfall. Längdstyrningen har i viss mån undersökts genom att förflyttning mellan två fastställda punkter upprepade gånger, men undersökningarna har ej protokollförts.

Tabell 6.1. Testprotokoll för testlängd 200 mm

Testlängd 200 mm	
Hastighet (mm/s)	Uppmätt körlängd (mm)
1	200
10	200
25	200
50	200
75	200
100	200

7. RESULTAT

Arbetet med att färdigställa linjärenheten har utgått från linjärenhetens kravspecifikation och den preciserade frågeställningen. Den linjärenhet som tagits fram i samarbete med ESAB uppfyller de flesta av de krav som ställts i kravspecifikationen. Nedan beskrivs vad som uppfylls och de delar som inte uppfyllts.

7.1 Uppfyllda krav

Storlek på linjärenhetens transportdel

Linjärenhetens infästningsplatta är anpassad med ett rutnät av hål för att fästa inspänningsanordningar för provsvetsplåtar. Det är sedan upp till respektive inspänningsanordning att klara av att fästa en provsvetsplåt med en största längd och bredd 250 mm respektive 100 mm. Hålbilden ger möjlighet att till olika inspänningsanordningar att fästas, vilket gör att olika typer av fogar kan svetsas. Storleken på infästningsplattan är 20×50 cm.

Speciella egenskaper hos linjärenheten

Linjärenheten har en slaglängd på 420 mm vilket överstiger kravet på minst 250 mm. Linjärenhetens infästningsplatta är isolerad från själva linjärenheten med fyra stora keramikisolatorer. Isolatorerna hindrar den stora svetsströmmen att skada motor och linjärenhet. Svetsströmmen leds bort i en kabel monterad på sidan av transportdelen. Kulmutterskruven är skyddad mot svetsstänk. Linjärenheten går att styra inom det hastighetsspann som finns i kravspecifikationen och klarar av den last som inspänningsplatta och inspänningsanordning innebär.

Drift och styrning av linjärenheten

Linjärenheten är stegmotordriven. Linjärenheten klarar att röra sig mellan två punkter med stor precision. Styrningen görs via CAN-meddelanden vilka låter användaren reglera hastighet, körlängd, tidsbestämd körning, start, stopp, samt tidsfördröjd start. Två krav blev ej uppfyllda under denna delrubrik, dessa redovisas nedan.

7.2 Ej uppfyllda krav

De två krav som inte uppfyllts återfanns båda två hos kravområdet *Drift och styrning av linjärenheten*. Det första av kraven som inte uppfylls är avsaknaden av accelerationsstyrning vilket var ett krav, accelerationen kan dock ändras i den medföljande drivelektroniken till motorn men inte via ett CAN meddelande. Vidare diskussioner om förbättringar på det här området återkommer i nästa kapitel.

Det andra kravet som inte uppfylldes var ett extrakrav. Vid mån av tid önskade ESAB en mer grundläggande studie av stegmotorns uppträdande vid drift, det var särskilt momentåterföringen de var intresserade av, det vill säga hur man skulle märka att stegmotorn var på

väg att tappa steg då det uttagna momentet blev för stort. På grund av tidsbegränsning har projektet valt att fokusera mer på andra faktorer på linjärenheten.

8 DISKUSSION

I diskussionen diskuteras förbättringsmöjligheter och felproblematik för linjärenheten.

8.1 Förbättringsmöjligheter

I föregående kapitel påpekades det att kravet på accelerationsstyrning ej uppfylldes. Accelerationsstyrning kräver mer omfattande programmering för att implementeras. Linjärenheten styrs genom att steg pulsas fram beroende av en frekvens, som fås ifrån hastighetsvariabeln. För att variera accelerationen så krävs det att frekvensen varieras. Frekvensen kan varieras genom att minska tiden mellan varje avbrott utifrån vald acceleration. Det kräver mer räkneoperationer i processorn som utförs i huvudprogram. I den programkod som är utvecklad utförs räkneoperationer för frekvenser och stegräkningar i antingen avbrottsrutin eller rutin för att motta CAN-meddelanden. Accelerationen kan också varieras genom att ändra i programmet i drivelektroniken. Programmet i drivelektroniken har en accelerationsbegränsning i CVM som går att justera för att anpassa till de test man önskar göra. Det är dock betydligt omständigare än att skicka CAN-meddelanden.

En annan förbättringsmöjlighet är att det är möjligt att minska antalet CAN-meddelanden som skickas genom att inkludera valet av längd- eller tidsstyrning i variabelmeddelandet. Det boolska meddelandet för Längd/Tid behövs då ej. Minskningen av meddelanden förenklar styrningen om man skickar meddelanden manuellt men är mindre förlåtande om användaren gör fel, eftersom det enbart är ett meddelande som skickas.

En ytterligare förbättringsmöjlighet är att återkoppla nödstoppet till processorn på matarverkskortet. Nödstoppet bryter fysiskt signalen till drivelektroniken och behandlas ej av processorn. Det betyder att om nödstoppet återställs innan programmet är klart, så fortsätter det tills det är slut. Det är främst viktigt att tänka på vid längre körningar. Linjärenheten kan även stoppas genom att skicka CAN-meddelanden.

8.2 Felproblematik

Under utvecklingen och testningen av linjärenheten har vissa oförklarliga fel upptäckts. Felen är av sådana karaktärer att de är svåra att återskapa. Felen kan uppstå första gången vid byte mellan olika hastigheter. Vid ett sådant fel kan hastigheten variera kraftigt under körningen. Prövar man att köra linjärenheten en gång till så har felet försvunnit. Felen har varken kunnat lokaliseras till matarverkskort, drivelektronik eller stegmotor.

Andra fel som upptäckts under arbetets gång är att vid frekvenser över 2,5 kHz så blir frekvensen som når stegmotorn ostabil och minskar. Det upptäcktes vid försök att skapa 1:1 utväxling mellan kulmutterskruven och stegmotorns drivaxel. Det är en viktig aspekt att ha med sig om man vill ändra utväxlingen, öka maximala hastigheten eller öka brythastigheten. I den färdiga linjärenheten är det här felet inte aktuellt eftersom de högsta frekvenserna är 2,32 kHz.

8.3 Övriga reflektioner

Stegmotordrift är kanske inte den mest lämpade drivningen i den här tillämpningen men har visat sig fungera med bra resultat. Det yttre tröghetsmomentet som utväxlingen ger upphov till har inte påverkat stegmotorn nämnvärt i det här fallet. Stegmotorer tappar även i moment vid högre hastigheter, men stegmotorn är i det här fallet tillräckligt stark för att klara att driva linjärenheten vid maximal hastighet. Även en hög last påverkar inte stegmotorn nämnvärt på grund av valet av kulmutterskruv. I de tester som genomförts har linjärenheten en hög precision vid upprepade körningar mellan två punkter. Sammantaget kan det konstaterats att en fungerande linjärenhet har levererats.

KÄLLFÖRTECKNING

Bellini et al. (2007) Mixed-Mode PWM for High-Performance Stepping Motors, *IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS*, VOL54, NO. 6, 3167-3177

ESAB (2011), *A6 Slide bruksanvisning 0443 394 101 SE*

ESAB, Manuell metallbågsvetsning, <http://esab.se/se/se/education/processes-mma-smaw.cfm>, (ACC 22 mars 2013)

ESAB, MIG/MAG - gasmetallbågsvetsning, <http://esab.se/se/se/education/processes-mig-gmaw.cfm>, (ACC 22 mars 2013)

ESAB, Svetsprocesser, <http://esab.se/se/se/education/processes.cfm>, (ACC 22 mars 2013)

Jones, D. W. (1995), *Control of Stepping Motors*, The University of Iowa Department of Computer Science

McComb, G. (1999) Using stepper motors, *Popular Electronics*, VOL16, NO. 7, 64-70.

National Instruments (2011), *Controller Area Network (CAN) Overview*

Perneder, R. och Osborne, I. (2012). *Handbook Timing Belts - Principles, Calculations, Applications*. Berlin, Tyskland: Springer Berlin Heidelberg

Rebel, W, (2009). GearBoxRotLinScrew, Wikimedia Commons, commons.wikimedia.org (ACC 18 juni 2013)

Shigley, J. E., Mischke, C. R. och Brown, T. H. Jr. (2004). *Standard Handbook of Machine Design*, Third Edition. New York, USA: McGRAW-HILL

Wildi, T. (2002). *Electrical Machines, Drives and Power Systems*. 5 edition. Upper Saddle River, New Jersey, USA: Prentice Hall

BILAGOR

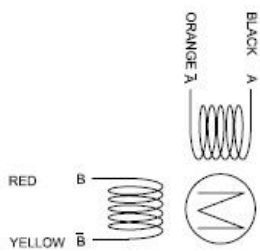
Bilaga 1 – Datablad stegmotor

Bilaga 2 – Manual linjärenhet

Bilaga 3 – Testresultat - tidsstyrning

Bilaga 4 – Testprotokoll - längdstyrning

Dimensions unit=mm



Specflication:

Current/Phase	6.0 A
DC Resistance	0.85±10% Ohm
Inductance/phase	1.0mH±20%
Voltage	3.9 V
Holding torque	2.2 Nm min
Inertia	570 g.cm ²
Weight	1.2kg

		A	$\overline{A}$	B	$\overline{B}$
1	+	-	-	-	-
2	-	+	+	-	-
3	-	-	+	+	+
4	+	-	-	+	+
1	+	+	+	-	-

CCW ← CW →

$$1(1)$$



Kopia till/Copy to

Dokument/Document

Till/To	Datum/Date 130621	Reg.no	Bil/Suppl	Sida/Page 1(6)
	Ärende/Subject Manual, linjärenhet för provsvetsning			
	Från/From (tjänsteställe/org code/namn) Andreas Svensson och Jens Spångberg			

Bakgrund

Manualen baseras på en linjärenhet som tagits fram i ett examensarbete under vårterminen 2013. Linjärenheten är tänkt att användas vid höghastighetsfilmad provsvetsning. Linjärenheten är stegmotordriven och styrs via CAN-buss och har ett nödstopp som fysiskt bryter signalen mellan styrelektronik och stegmotorn.

Ingående delar

Modifierad ESAB Servoslid 0334 333 885
 Stegmotor 24H268-60-4B
 Drivelektronik Stepnet STP075-10
 Matarverkskort 487186-002K

Uppkoppling

Stegmotorn är fäst i linjärenheten via en adapterplatta i fästet för ursprungliga motorn. På stegmotorn sitter kugghjulet 0334 328 001 som är sammanbundet med en tandrem med kulmutterskruvens kugghjul 0334 328 002. Remväxeln ger en utväxling på 1:1,58. Stegmotorn styrs från drivelektroniken. Drivelektroniken får instruktioner från ett matarverkskort som styrs via CAN-buss.

CAN-kommunikation och matarverkskort

Matarverkskortet tar emot CAN-meddelande via CAN-buss. Matarverkskortet använder ESAB-CAN. Koden i processorn är modifierad för att styra linjärenheten. Matarverkskortet är modifierat fysiskt genom att kondensator C9 är borttagen.

Grundfunktionen i koden är att Timer 1 används för att generera ett avbrott och skicka ut en hastighetsfrekvens och öka räknare. Tiden mellan varje interrupt är beroende av inmatad hastighet via CAN-meddelande.

CAN-meddelanden för linjärenheten är definierade som servicefunktioner i esat.c.

Digitala värden

ID	Byte1	Byte2	Byte3	Byte4	Byte5	Byte6	Byte7	Byte8
387	70	0	0	1	0	Hastighet	0	0
387	70	0	0	2	Längd	Längd	0	0
387	70	0	0	3	Tid	Tid	0	0
387	70	0	0	4	0	Delaytid	0	0
387	71	0	0	1	0	Riktning	0	0
387	71	0	0	2	0	Start/Stopp	0	0
387	71	0	0	3	0	Längd/Tid	0	0
387	71	0	0	4	0	Delay på/av	0	0

Meddelanden med Byte1 = 70 betraktas som variabler och meddelande med Byte1 = 71 betraktas som boolska.

Varje variabel har ett tillåtet inmatningsområde. Maxvärdena för variablerna är definierade i Esabdef.h.

Variabel	Inmatningsområde	Enhet	Definition i Esabdef.h
Hastighet	0-100	[mm/s]	MAX_HASTIGHET
Längd:	0-400	[mm]	MAX_LANGD
Tid	0-300	[tiondels sekund]	MAX_TID
Delaytid	0-50	[tiondels sekund]	MAX_DELAY



Kopia till/Copy to

Dokument/Document

Till/To	Datum/Date 130621	Reg.no	Bil/Suppl	Sida/Page 2(6)
	Ärende/Subject Manual, linjärenhet för provsvetsning			
	Från/From (tjänsteställe/org code/namn) Andreas Svensson och Jens Spångberg			

För variabler med värden mindre än 255 (en byte) används Byte6. För större värden används även Byte5, då betraktas Byte5 och Byte6 som ett tal, där Byte5 är mest signifikant.

Tolkningar av boolska värden:

Riktning	1= Negativ riktning	0 = Positiv riktning
Start/Stopp	1= Start	0 = Stopp
Längd/Tid	1= Längdstyrt	0 = Tidsstyrt
Delay på/av	1= På	0 = Av

Samtliga variabler och boolska värden är 0 i grundinställning och meddelande behöver skickas för att ändra/aktivera värden.

Meddelanden skickas i ordningen:

1. Hastighet
 2. Längd eller tid (variabel)
Delaytid (variabel)
 3. Längd/Tid (bool)
Delay (bool)
 4. Start/Stopp (bool)
- Oberoende av ordning: Riktning

Kommentarer till ordning på meddelanden:

- Längd, tid och delaytid är beroende av frekvensen som genereras av hastigheten för att rätt värde ska uppnås.
- Riktning kan skickas oberoende av ordning. Riktningen går direkt till utgång och inga andra funktioner i processorn är beroende av den.
- Används tidsfördröjning behöver den återaktiveras inför varje körning (skicka Delay (bool)) eftersom den nollställs efter användning.
- Det är genom att skicka Längd/Tid (bool) som ny längd eller tid räknas fram. Vill man ändra längden eller tiden men fortfarande ha samma hastighet så behöver man först skicka ny tid eller längd (variabel) och därefter skicka Längd/Tid (bool) igen.

Modifieringsmöjligheter:

- Det går att ta bort valet av Längd/Tid (bool) genom att flytta funktionerna `SetLangd()` och `SetTid()` till under respektive del bland variabelmeddelandena. Valet sker då genom att skicka respektive variabelmeddelande i `esat.c`. Tex:

```
...
usTimeValue = ServFuncArg.usArg3;
SetTid();
...
```

- Koden är byggd på utväxlingen 1:1,58. Ändras utväxlingen behöver variabel `UTVAXLING` ändras i `Esabdef.h` samt eventuellt en konstant i `SetLangd()`. Det är viktigt att ha koll på vad de nya frekvenserna ut blir eftersom över ca 2,5 kHz blir hastighetsfrekvensen som når stegmotorn vid användning ostabil och minskar. Det påverkar även längd och tid. Det berör främst högre hastigheter, men även höga frekvenser vid lågväxel. Frekvensen vid lågväxel kan då åtgärdas genom att minska `BRYTHASTIGHET` i `Esabdef.h`.



Kopia till/Copy to

Dokument/Document

Till/To	Datum/Date 130621	Reg.no	Bil/Suppl	Sida/Page 3(6)
	Ärende/Subject Manual, linjärenhet för provsvetsning			
	Från/From (tjänsteställe/org code/namn) Andreas Svensson och Jens Spångberg			

Drivelektronik: STP 075-10

Programmering drivelektronik:

Styrningen av linjärenhetens stegmotor utförs av den Stepnet tillverkade drivelektroniken Stepnet STP075-10. Enheten programmeras i den tillhörande mjukvaran CME2. Programmeringen av drivelektronikens huvudfunktioner görs i underfunktionen CVM, Copley Virtual Machine. Programmet är baserat på två sekvenser i CVM. De två sekvenserna anger hög respektive låg upplösning på steglängden i motorn. Detta för att möjliggöra mer precis stegning vid låga hastigheter.

Anslutningar för styrning av Stepnet STP075-10

Stepnet STP075-10 använder en 26-polig kontakt för kommunikation med matarverkskortet. Fem av dessa ingångar används vid styrningen av linjärenheten.

Pin	Grundfunktion	Funktion i CVM
Pin1 [IN1]	Enable	Enable
Pin2 [IN2]	Programmable Input	Växel
Pin7	Signal ground	Jord
Pin19 [IN9]	Programmable Input	Hastighetspuls
Pin20 [IN10]	Programmable Input	Riktning
Pin21 [IN11]	Programmable Input	Go

Grundprogrammet i CVM lyssnar efter ett värde på Pin2 [IN2], beroende om värdet är en "etta" eller "nolla" väljs hög (200 pulser per varv) respektive låg växel (2 000 pulser per varv). De två växlarna är de två sekvenserna. Det går att sätta accelerationsbegränsning i respektive sekvens för att hindra att stegmotorn tappar steg.

Varje sekvens är baserad på en kod som lyssnar av tre pinnar:

- Pin19 [IN9] anger hastigheten, ingången lyssnar efter en puls, där en puls motsvarar det antal mikrosteg som är definierade i sekvensen hos stegmotorn.
- Pin20 [IN10] undersöker i vilken riktning linjärenhetens bord skall köras. En "etta" anger negativ färdriktning och en nolla anger positiv färdriktning. Positiv färdriktning är ut från änden där motorn är fastmonterad.
- Pin21 [IN11] anger om stegmotorn är klar att köras och kallas för "Go" i programmet. När den sätts till en "etta" så körs sekvensen. Pin 21 är även sammankopplad med Pin1 [IN1] som är Enable pinnen för drivenheten.



Kopia till/Copy to

Dokument/Document

Till/To	Datum/Date	Reg.no	Bil/Suppl	Sida/Page
	130621			4(6)
	Ärende/Subject			
	Manual, linjärenhet för provsvetsning			
	Från/From (tjänsteställe/org code/namn)			
	Andreas Svensson och Jens Spångberg			

Pulldown-brygga mellan Matarverkskort och drivelektronik STP 075-10

Pulldown-bryggan behövs då processorns utgångar på matarverkskortet i sig inte klarar att leverera 15V ut, däremot klarar de att "nolla" en spänning. En koppling med detta ändamål tillverkades och finns som ritning på nästa sida i manualen.

Nedan visas matarverkskortets utgångar och till vilka ingångar de via pulldown-bryggan kopplats till i Stepnet STP075-10.

Matarverkskort 487186-002K

BA1 0V-Jord
 BA11 Växel
 BA12 Riktning
 BA13 Enable
 BA14 Hastighetspuls
 BA23 +15V (strömsätter pulldown-bryggan)

Stepnet STP075-10

Pin7 Signal ground
 Pin2 Växel
 Pin20 Riktning
 Pin 21 Go
 Pin19 Hastighetspuls

Nödstopp

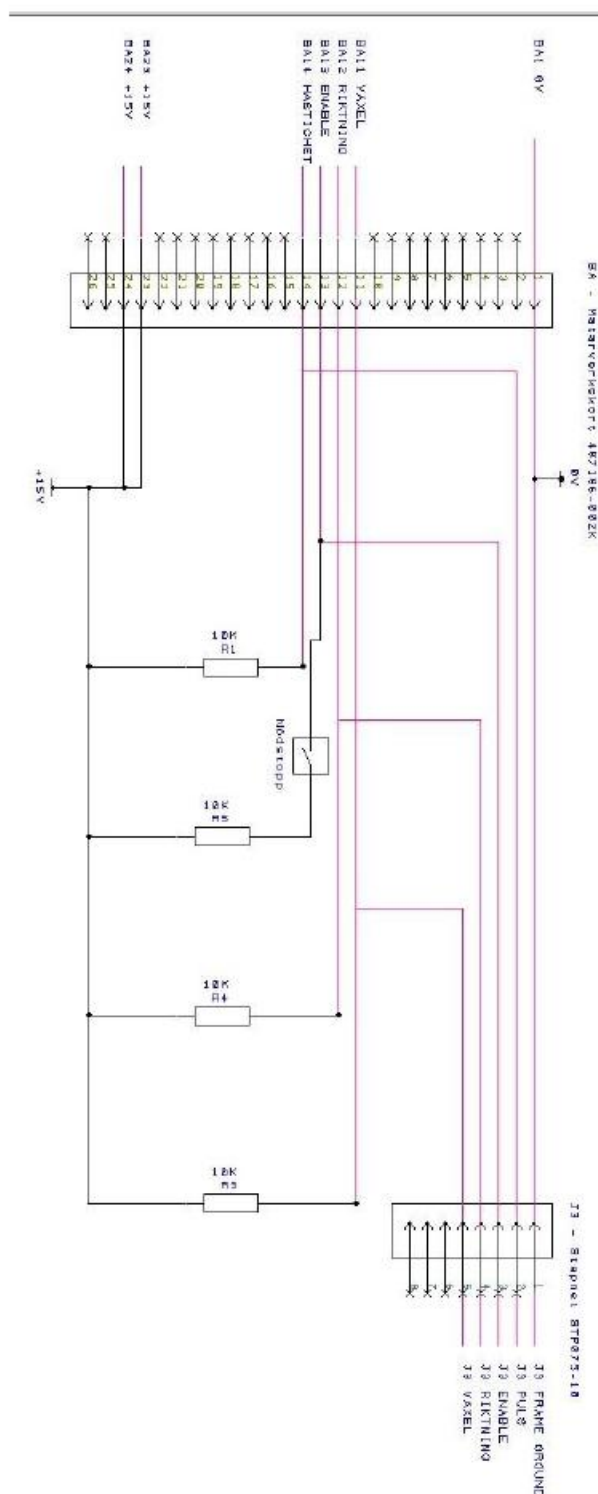
På matarverket sitter ett nödstopp. Nödstoppet är kopplat till en signal till drivelektroniken och behandlas ej av processorn i matarverkskortet. Återställs nödstoppet innan önskad körning (antalet pulser) är slutförd fortsätter linjärenheten tills det är slut. För att bryta körningen via processorn skickas stoppsignal via CAN.



Kopia till/Copy to

Dokument/Document

Till/To	Datum/Date 130621	Reg.no	Bit/Suppl	Sida/Page 5(6)
	Ärende/Subject			
	Manual, linjärenhet för provsvetsning			
	Från/From (tjänsteställe/org code/namn) Andreas Svensson och Jens Spångberg			





Kopia till/Copy to

Dokument/Document

Till/To	Datum/Date 130621	Reg.no	Bil/Suppl	Sida/Page 6(6)
	Ärende/Subject Manual, linjärenhet för provsvetsning			
	Från/From (tjänsteställe/org code/namn) Andreas Svensson och Jens Spångberg			



Stepnet Panel



CONNECTORS & SIGNALS

J3 CABLE CONNECTOR:

26-Position, High-density D-Sub, male

Solder-Cup:

Connector: Norcomp, Inc. PN: 180-026-103L001 (or equivalent)

Backshell: Century Interconnect PN: CHS15B (or equivalent)

Poke & crimp:

Connector: Norcomp, Inc. PN: 180-026-173L000 (or equivalent)

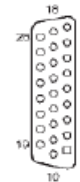
Contacts: Norcomp, Inc. PN: 180-001-170L001 (or equivalent, for AWG 24-26)

Crimping tool: Norcomp, Inc PN: 180-701-170-000

Backshell: Century Interconnect PN: CHS15B (or equivalent)

Cable: 26 conductor, shielded

J3 SIGNALS	PIN	J3 SIGNALS	PIN	PIN	J3 SIGNALS
Output 4 [OUT4]	26	Output 2 [OUT2]	17	9	Frame ground
Signal ground	25	Encoder +5 Vdc	16	8	[OUT1] Output 1
Encoder input /X	24	Encoder input /B	15	7	Signal ground
Encoder input X	23	Encoder input B	14	6	Encoder input /A
Programmable input [IN12]	22	Programmable input [IN8]	13	5	Encoder input A
Programmable input [IN11]	21	Programmable input [IN7]	12	4	[IN4] Programmable Input
Programmable input [IN10]	20	Programmable input [IN6]	11	3	[IN3] Programmable Input
Programmable input [IN9]	19	Programmable input [IN5]	10	2	[IN2] Programmable Input
				1	[IN1] Enable



J4 CABLE CONNECTOR:

RJ-11 style, male, 6 position

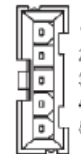
Cable: 6-conductor modular type

J4 SIGNALS	Pin
No connect	1
RxD Input	2
Signal Ground	3
Signal Ground	4
TxD Output	5
No connect	6

J3

J2

PIN	J2 SIGNALS
1	Frame Ground
2	Motor B-
3	Motor B+
4	Motor A-
5	Motor A+



J2 CABLE CONNECTOR:

Molex: 39-01-4051 backshell

Molex: 39-00-0039 contact (5)

Cable: AWG 18

J5,J6 SIGNALS	Pin
(CAN_V+) ¹	8
CAN_GND	7
(CAN_SHLD) ¹	6
Reserved ¹	5
No connection	4
CAN_GND	3
CAN_L	2
CAN_H	1

CAN signals within dashed line are isolated from amplifier
See J4-J5 Notes

J4

J5

J6

S1

J1

PIN	J1 SIGNALS
1	Frame Ground
2	Aux HV
3	+HV Input
4	GND



J1 CABLE CONNECTOR:

Molex: 39-01-4041 backshell

Molex: 39-00-0039 contact (4)

Cable: AWG 18

J4, J5 CABLE CONNECTOR:

RJ-45 style, male, 8 position

Cable: 8-conductor modular type

F.G.

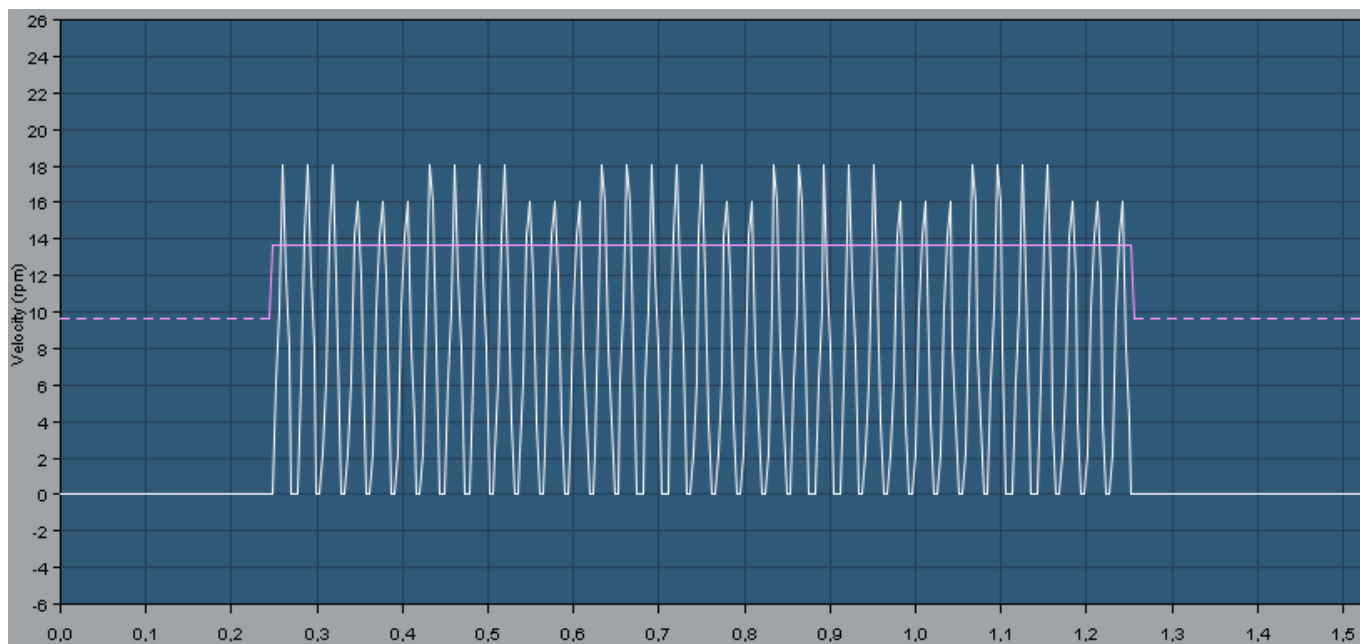
Frame ground via tapped hole in heatplate

J4-J5 Notes

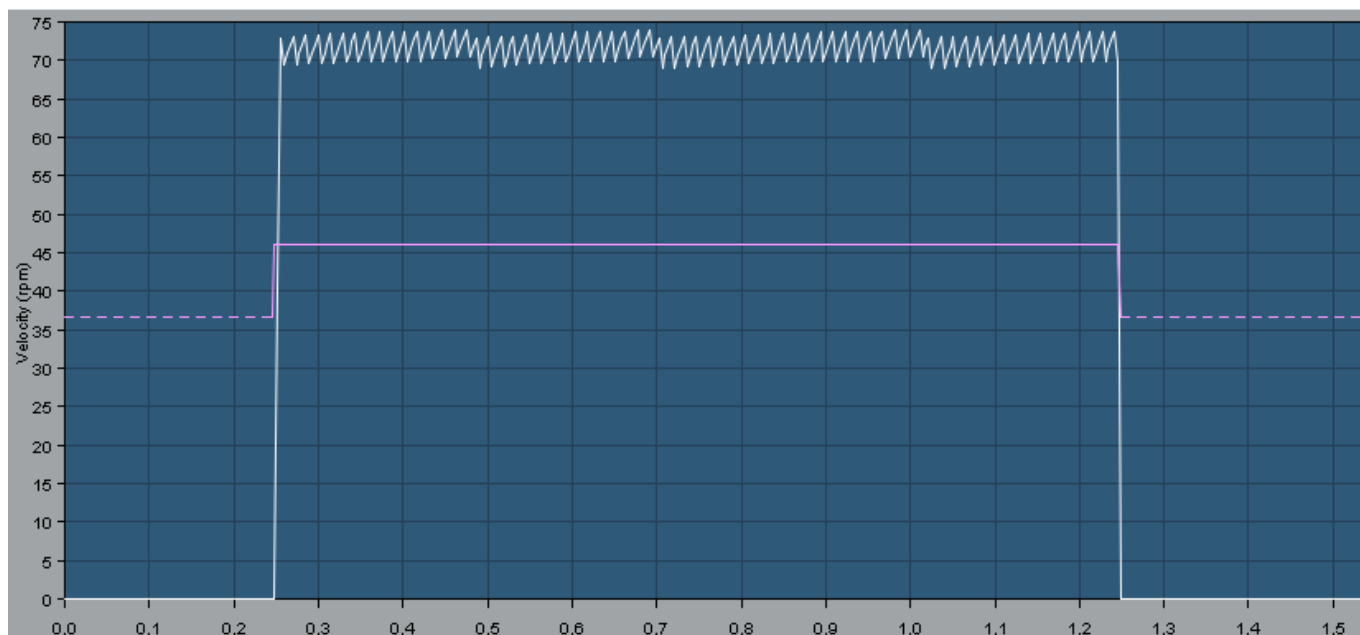
- These signals interconnect between J4 & J5 but have no internal connections to the drive
- CAN circuits are optically-isolated from drive circuits

Nedan presenteras övriga testresultat av tidsstyrningen. Tidsstyrningen testas för lågväxelhastigheterna 1 mm/s och 10 mm/s samt högväxelhastigheterna 25 mm/s, 50 mm/s, 75 mm/s och 100 mm/s. Tiderna som testas för respektive hastighet är 1 s, 5 s och 10 s. I figurerna är x-axeln tiden i sekunder och y-axeln hastigheten i rpm (varv per minut). Den fyrkantsliknande signalen i figurerna är enable-signalen till drivelektroniken och den andra signalen är stegmotorns hastighet. Hastigheten är ojämn för att stegmotorn tar steg och har därför ej en konstant hastighet.

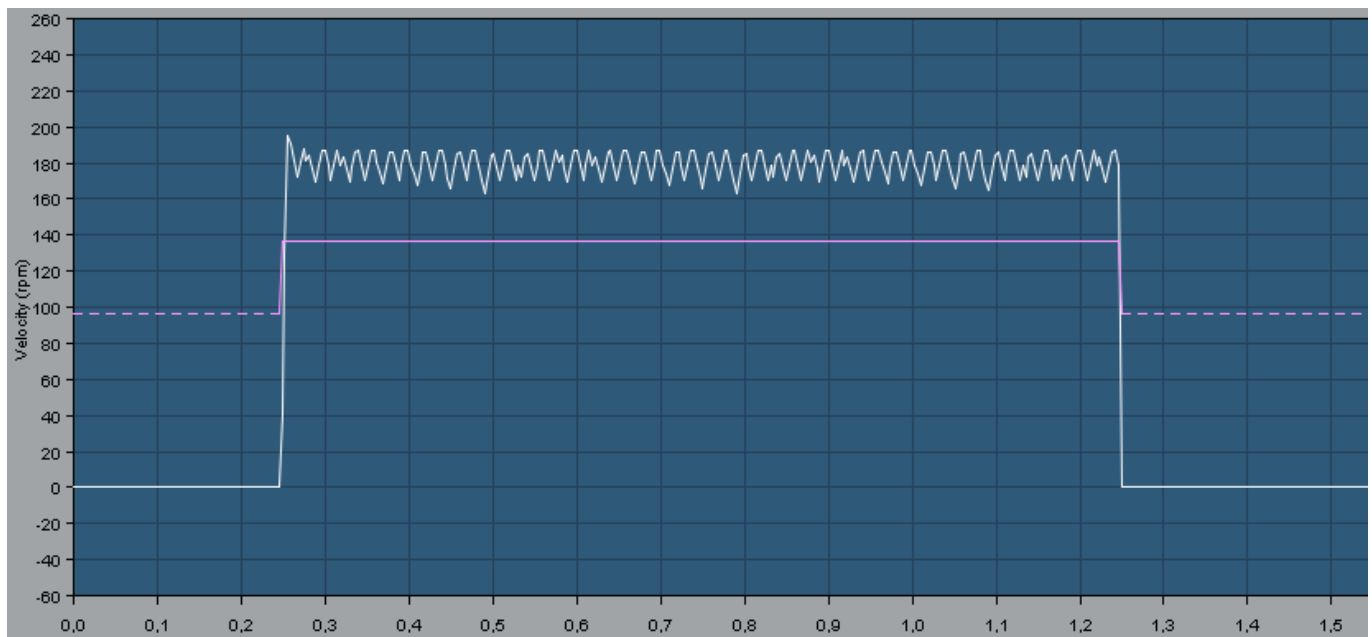
I figur B.3.1-B.3.6 visas testresultat för 1 s för respektive hastighet.



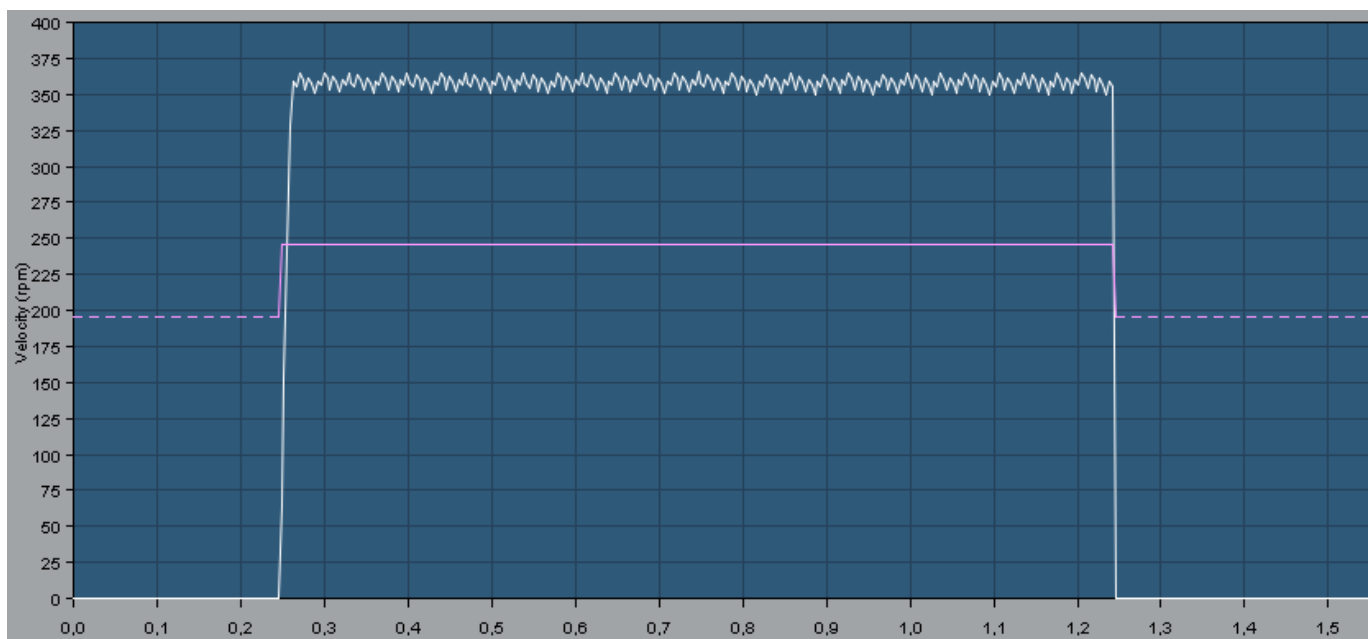
Figur B3.1. Tidstest 1 s för 1 mm/s



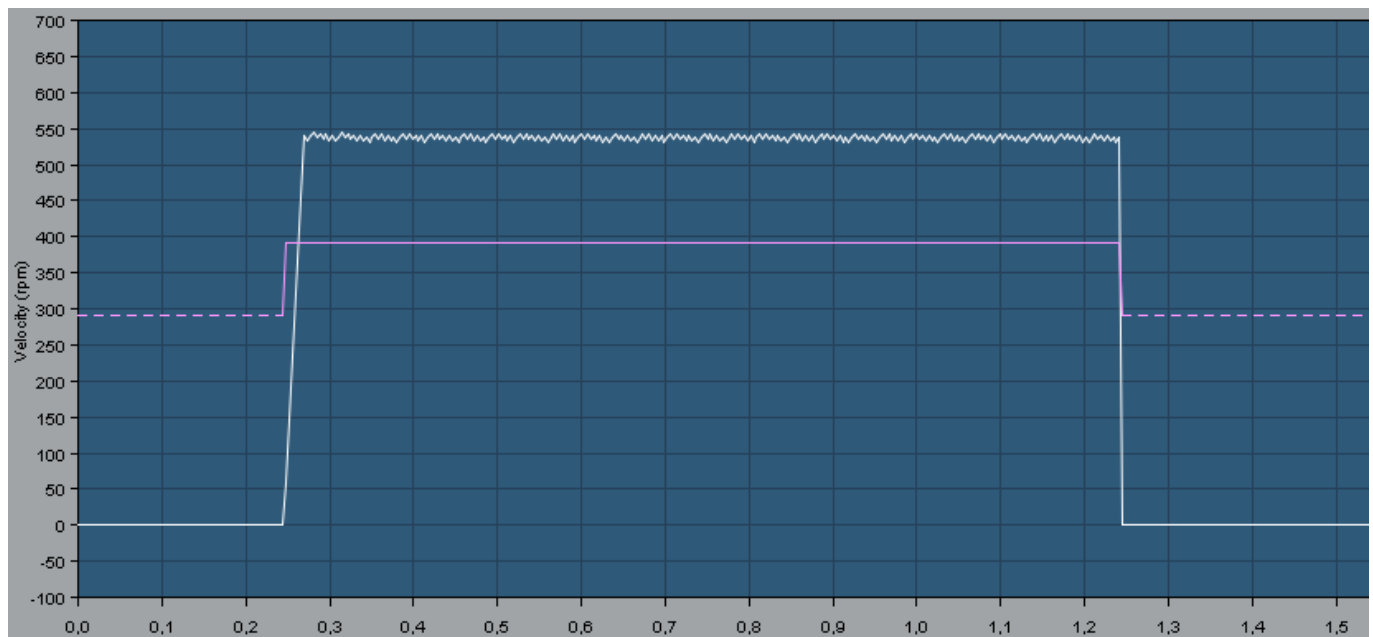
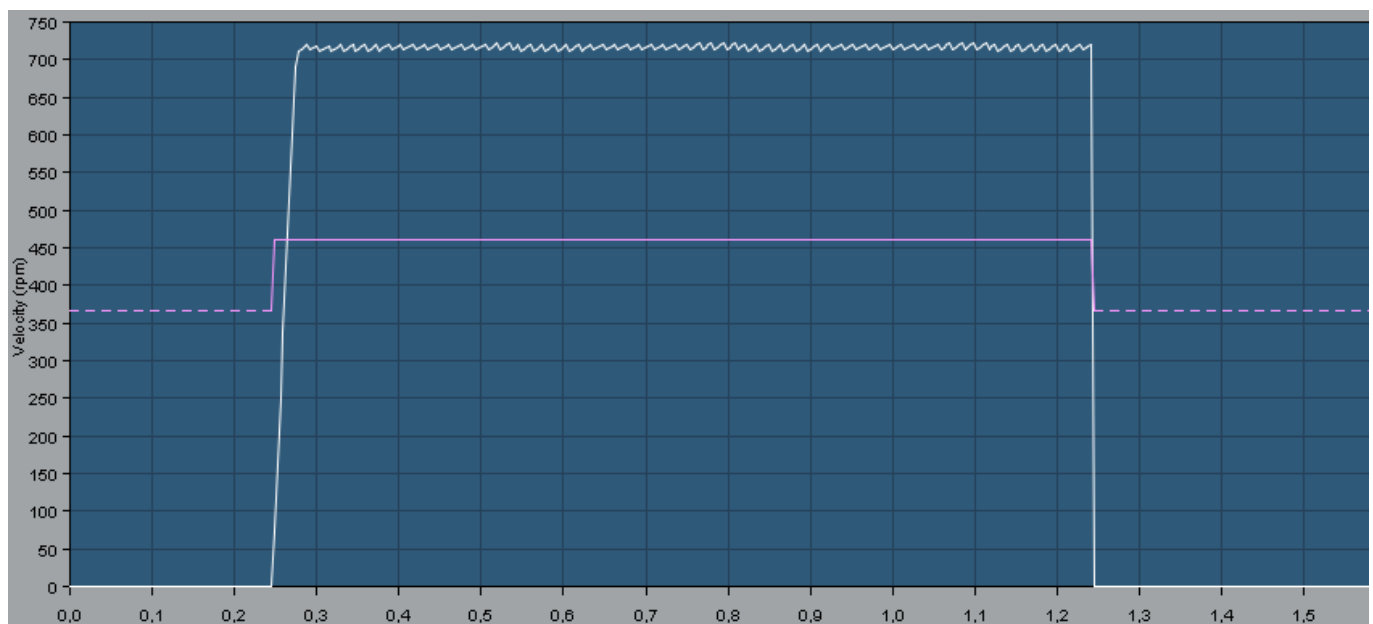
Figur B3.2. Tidstest 1 s för 10 mm/s



Figur B3.3. Tidstest 1 s för 25 mm/s



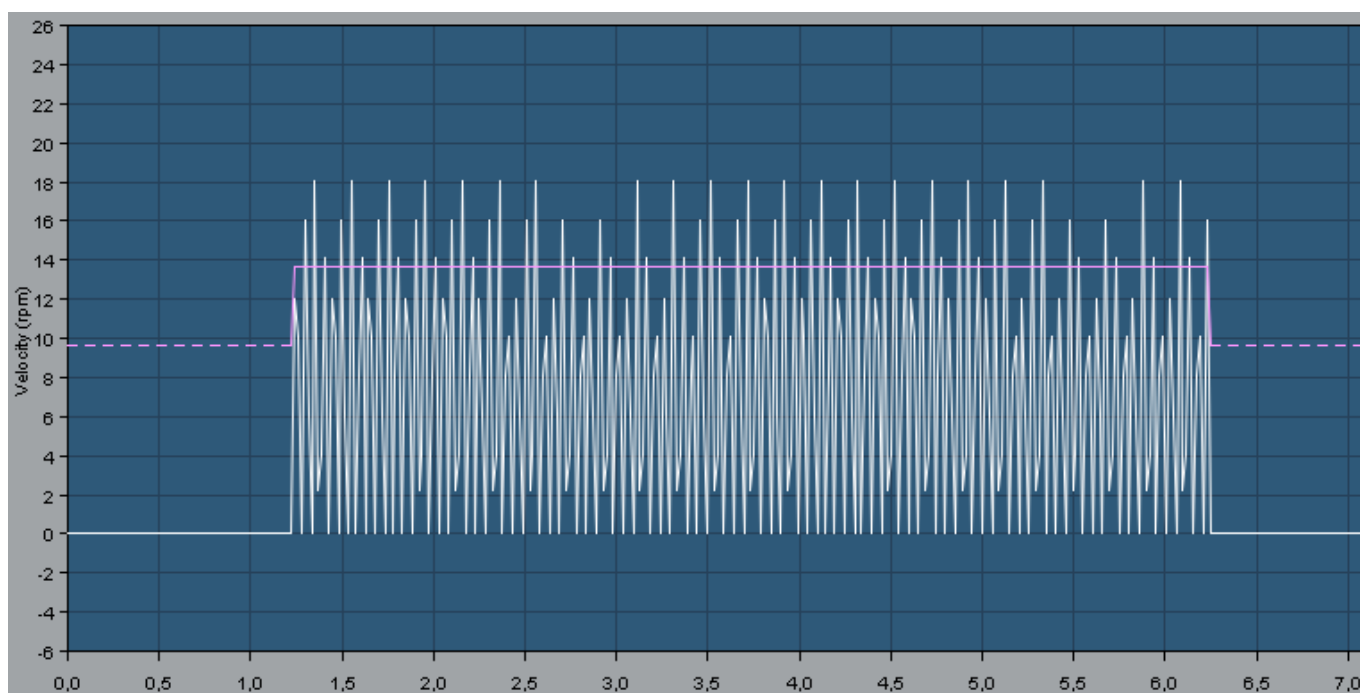
Figur B3.4. Tidstest 1 s för 50 mm/s

*Figur B3.5. Tidstest 1 s för 75 mm/s**Figur B3.6. Tidstest 1 s för 100 mm/s*

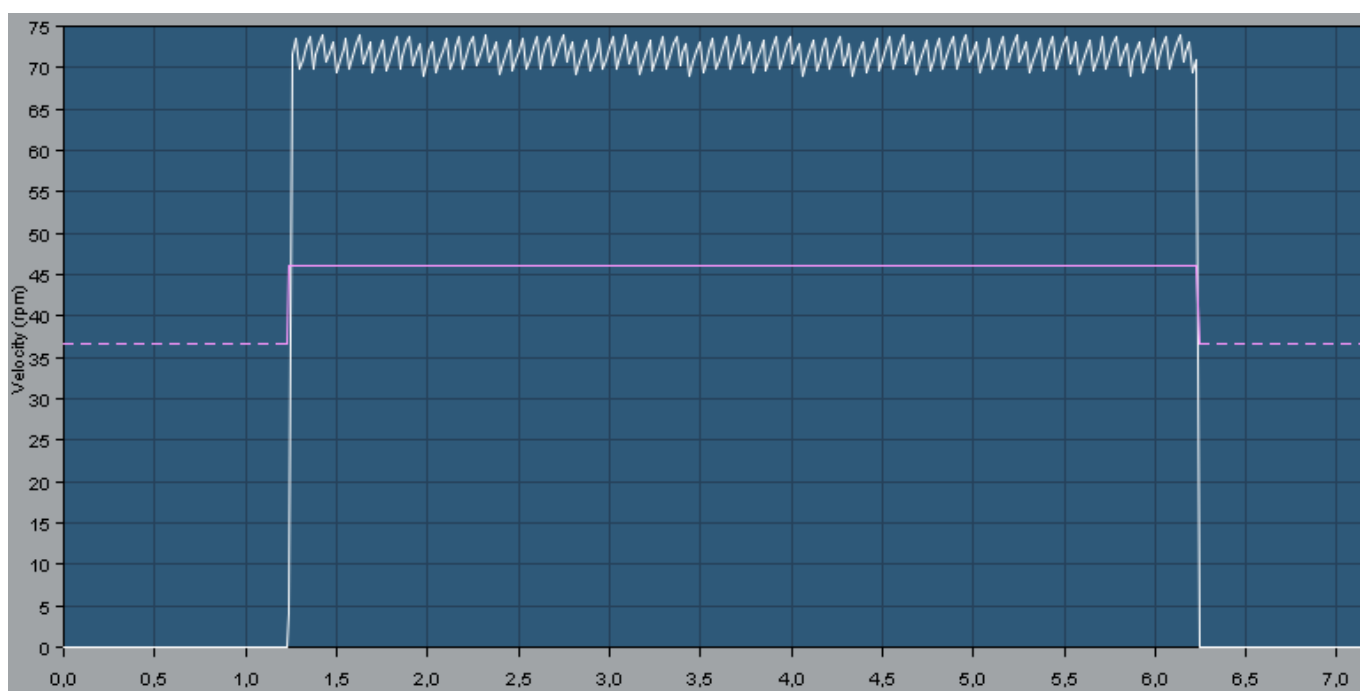
Bilaga 3

Testresultat - tidsstyrning

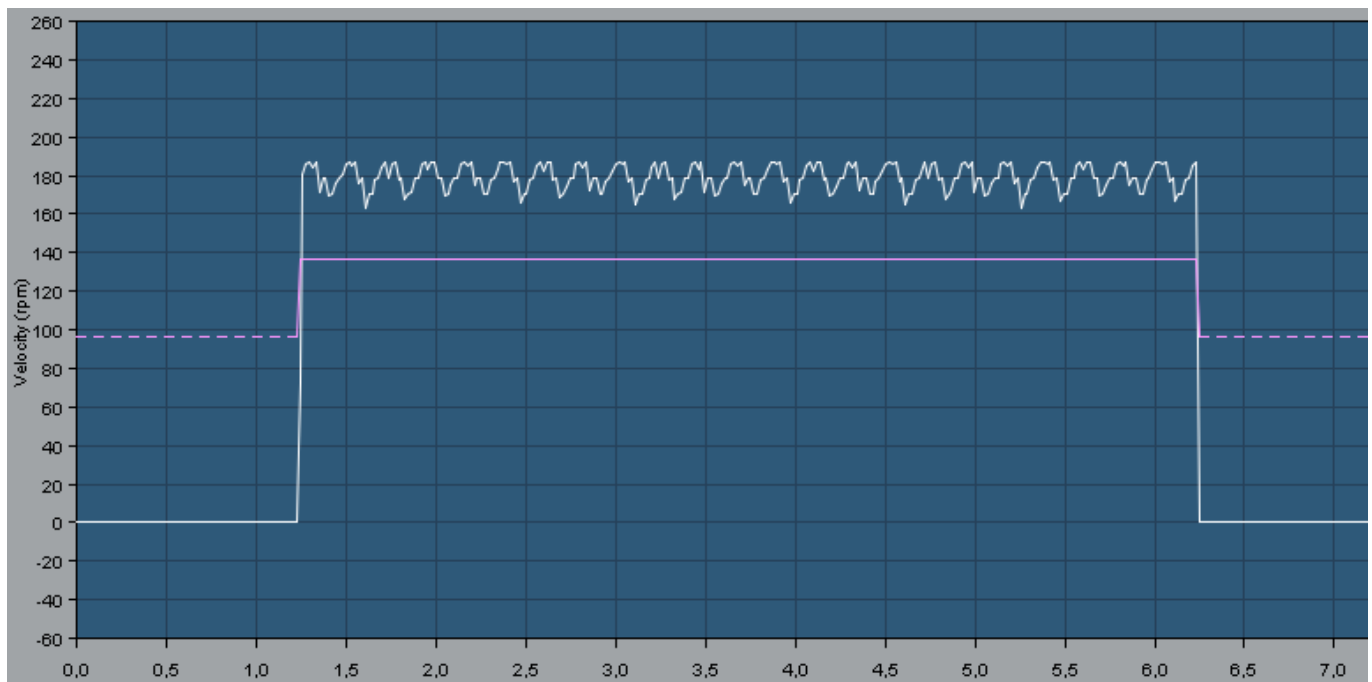
I figur B.3.7-B.3.12 visas testresultat för 5 s för respektive hastighet.



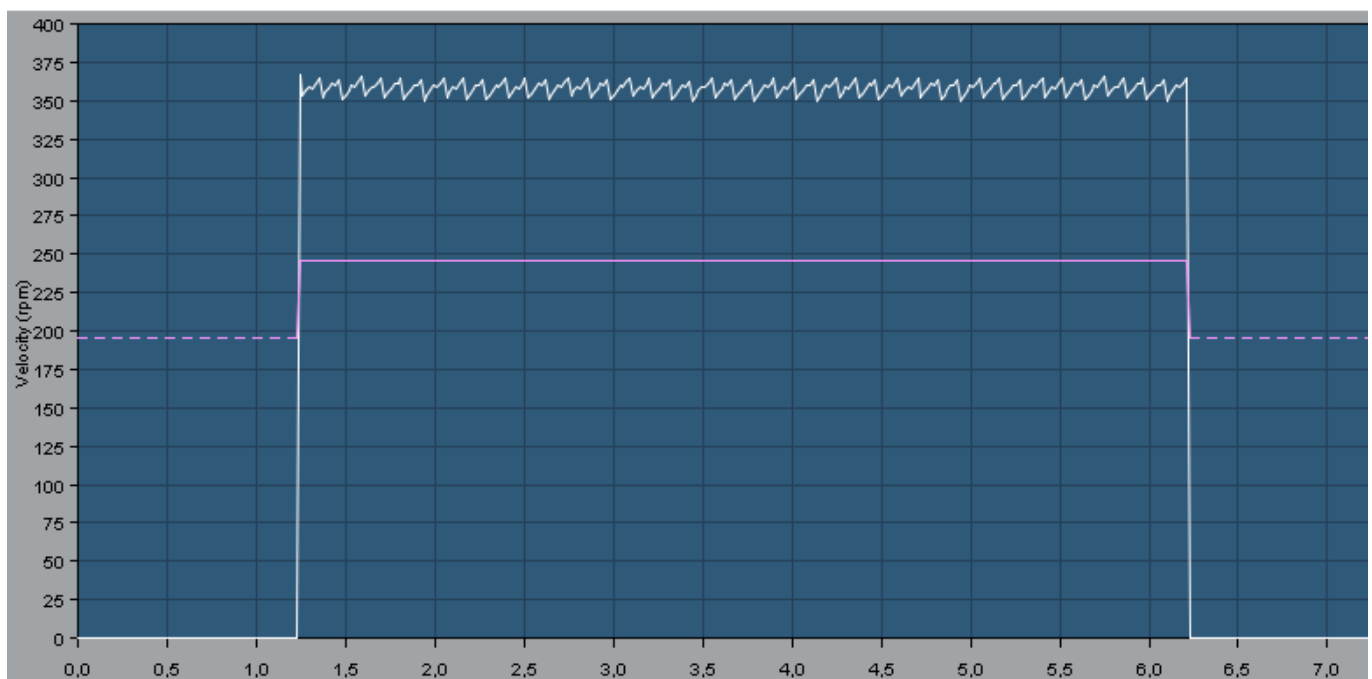
Figur B3.7. Tidstest 5 s för 1 mm/s



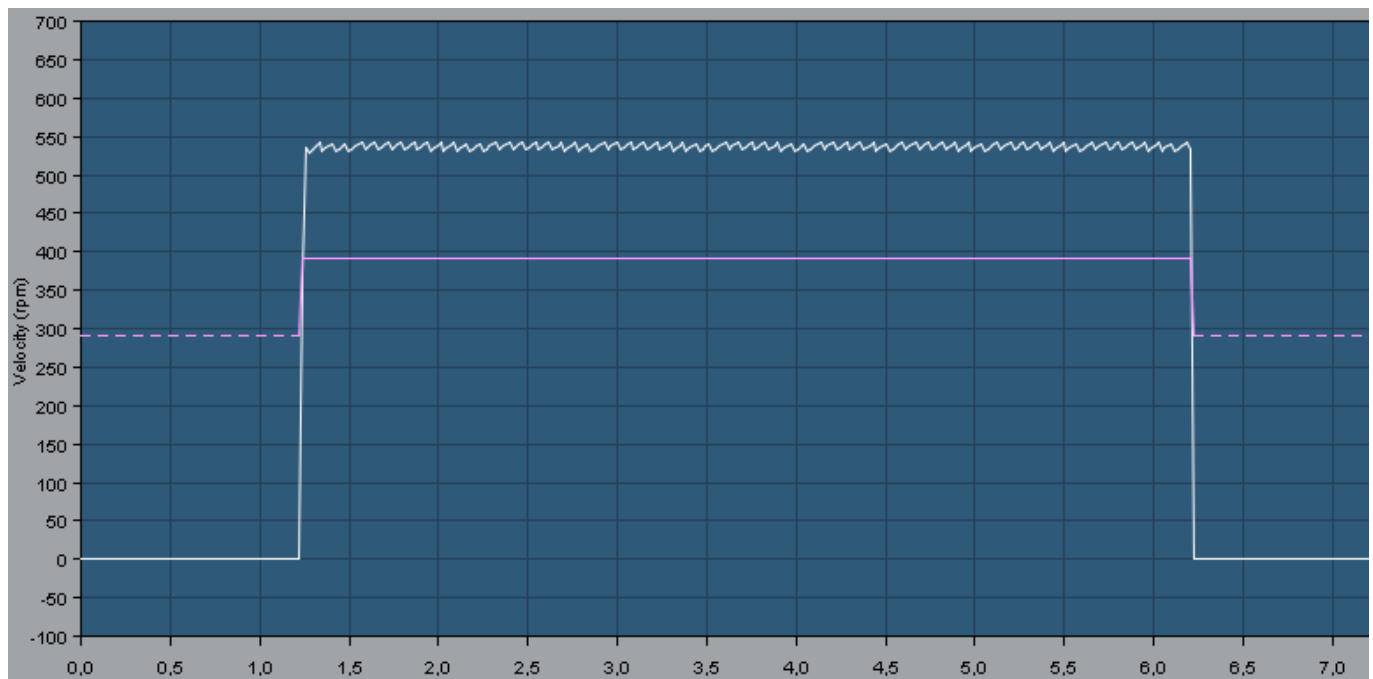
Figur B3.8. Tidstest 5 s för 10 mm/s



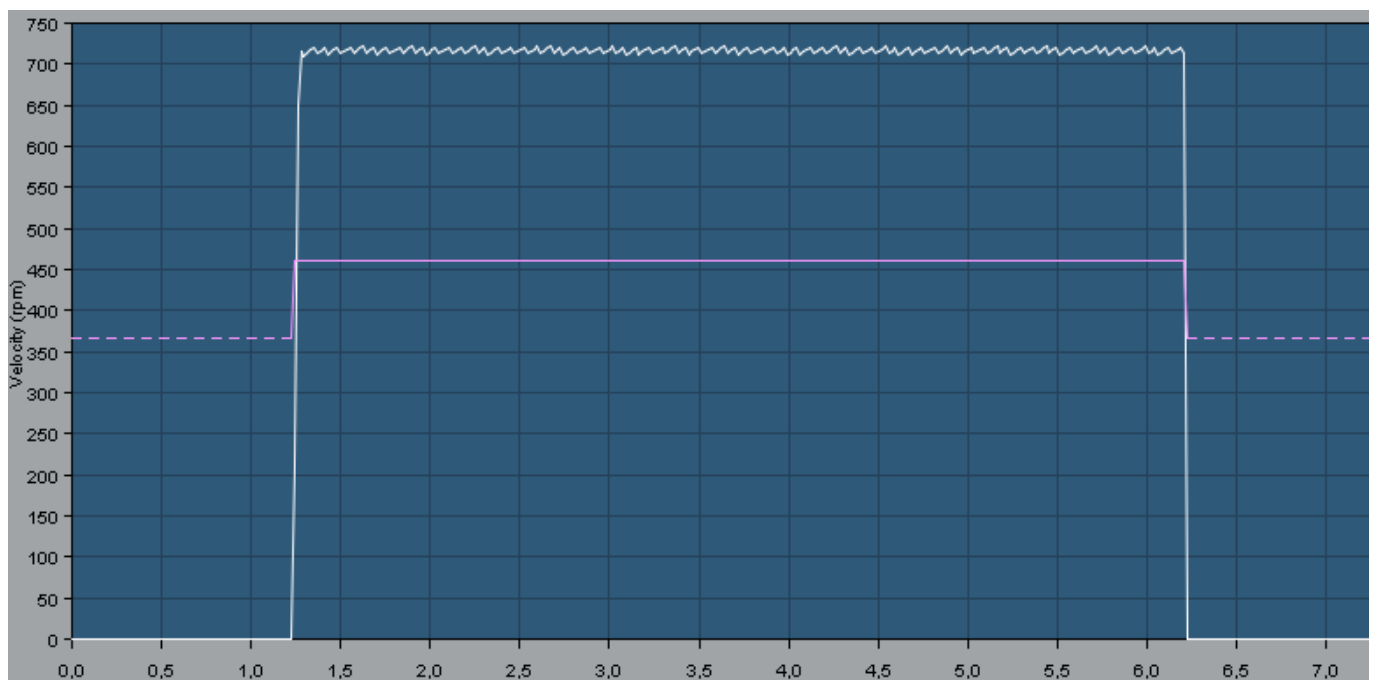
Figur B3.9. Tidstest 5 s för 25 mm/s



Figur B3.10. Tidstest 5 s för 50 mm/s



Figur B3.11. Tidstest 5 s för 75 mm/s

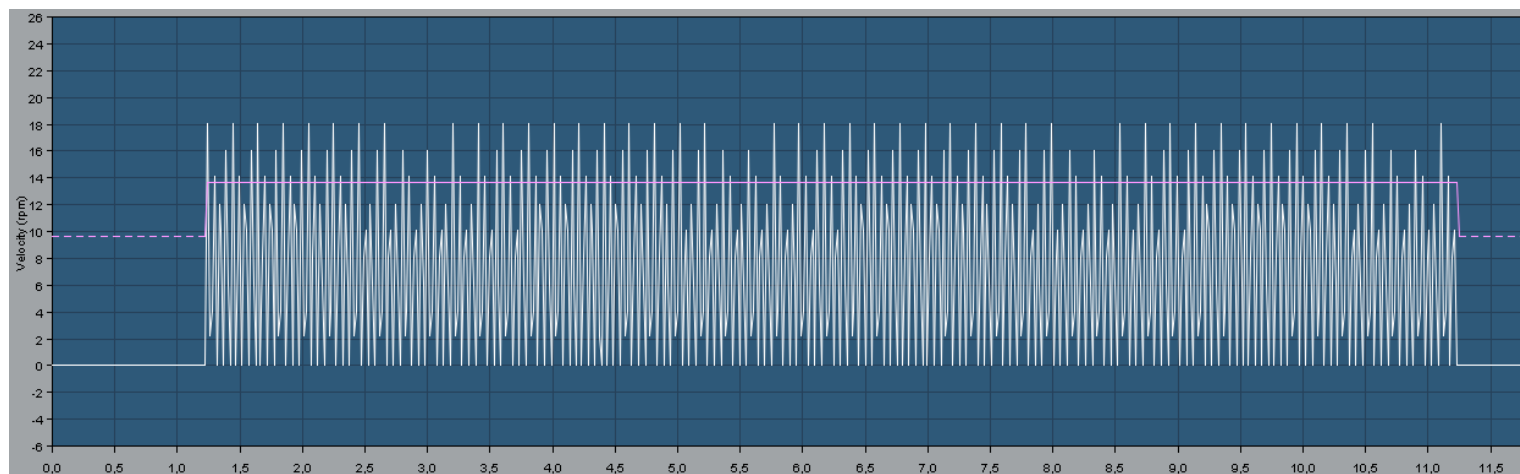


Figur B3.12. Tidstest 5 s för 100 mm/s

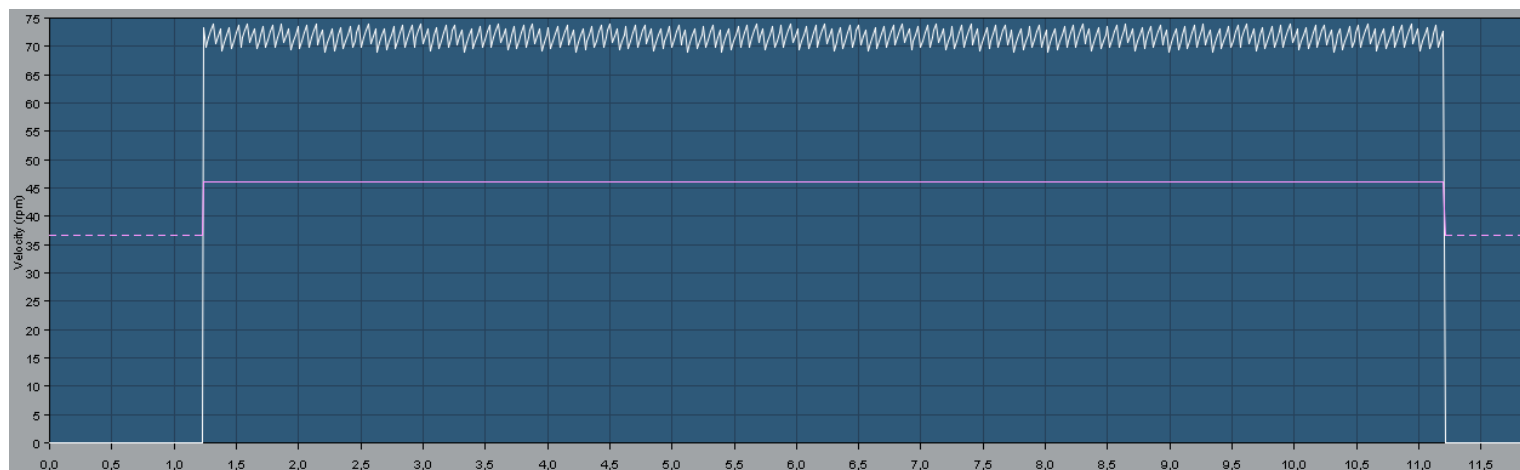
Bilaga 3

Testresultat - tidsstyrning

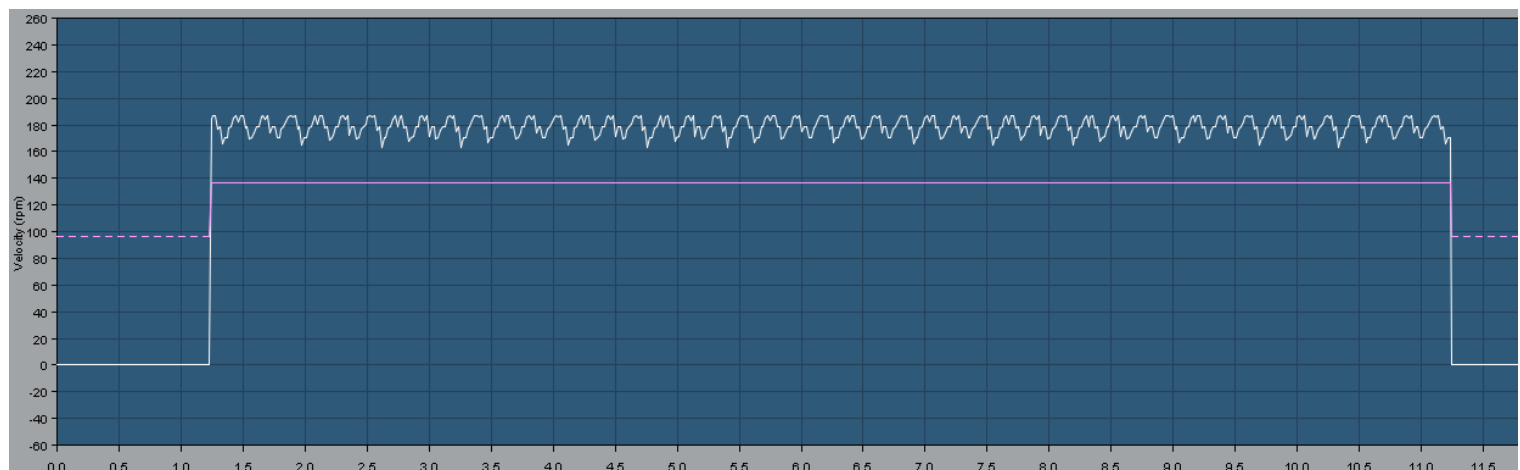
I figur B.3.13-B.3.18 visas testresultat för 10 s för respektive hastighet.



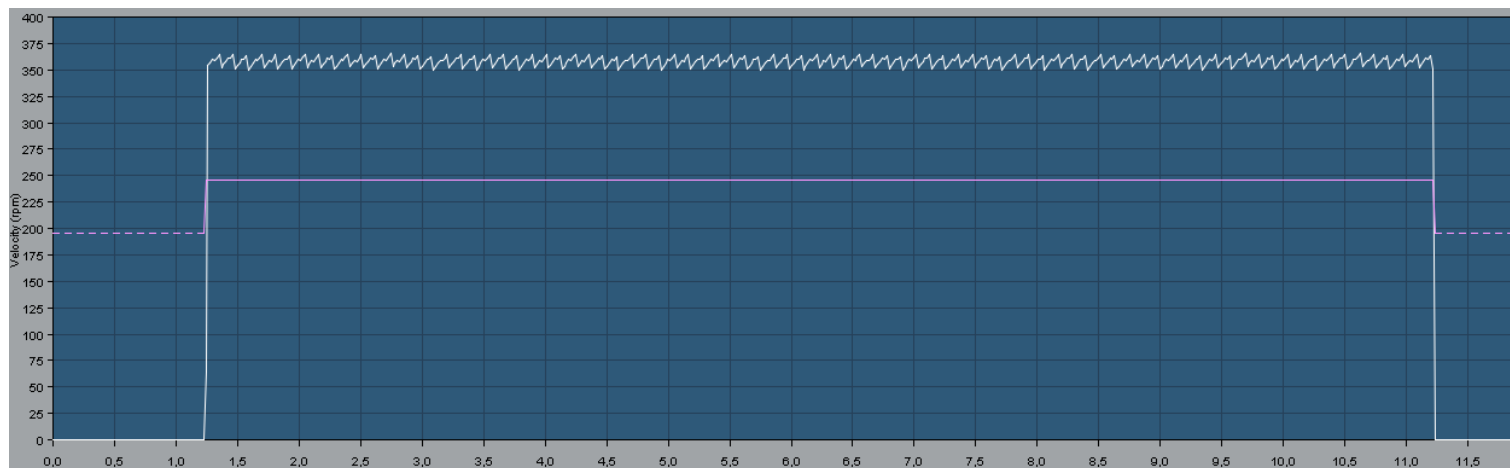
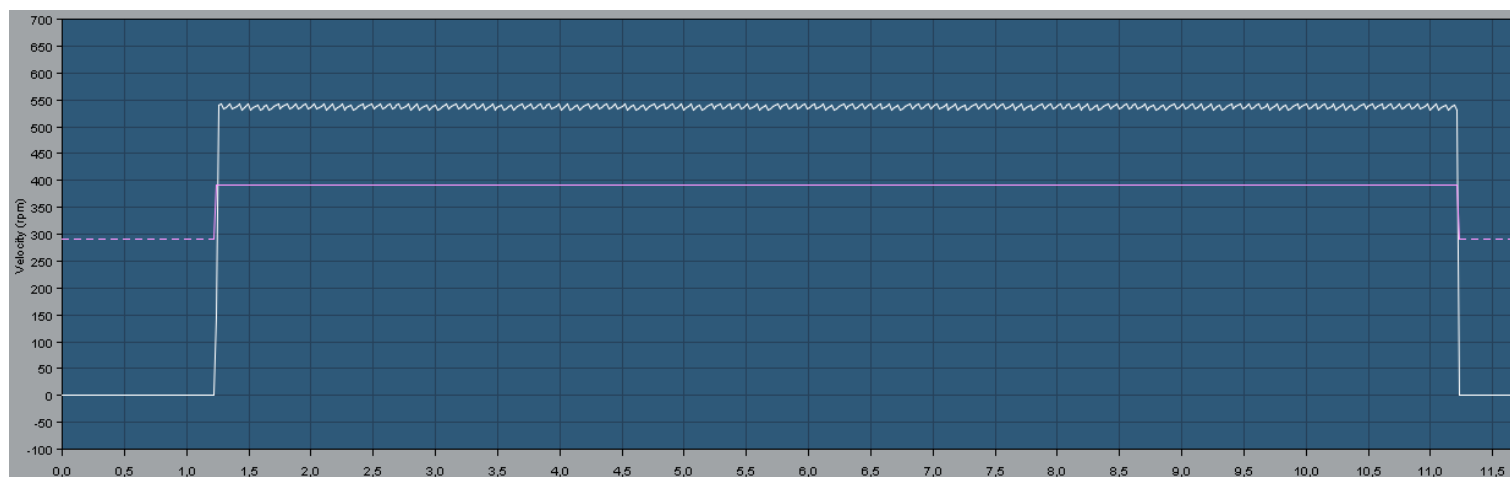
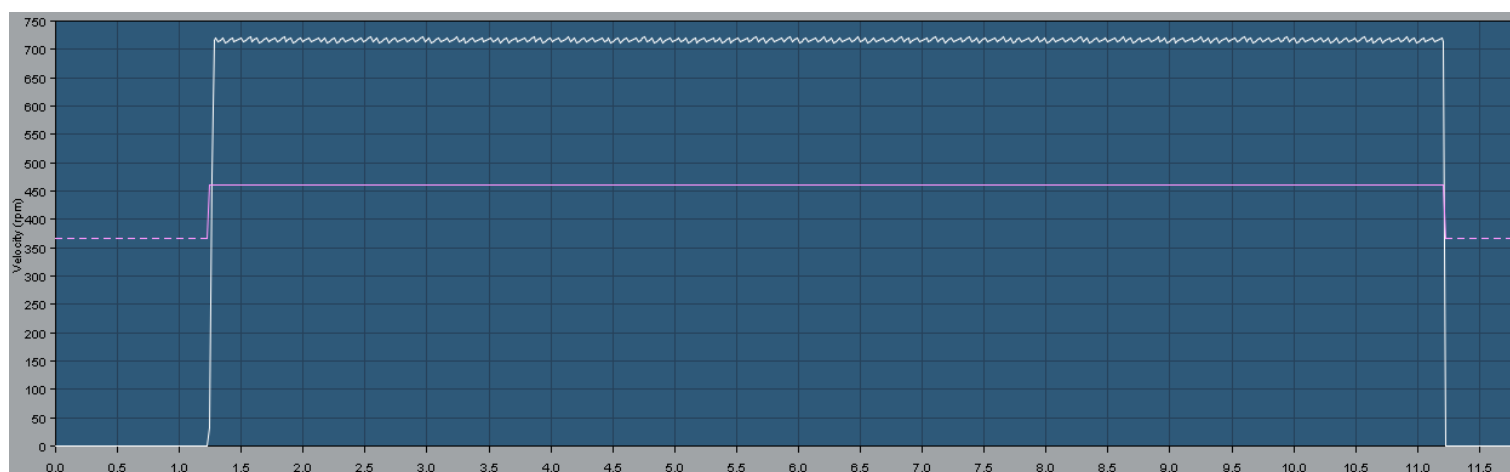
Figur B3.13. Tidstest 10 s för 1 mm/s



Figur B3.14. Tidstest 10 s för 10 mm/s



Figur B3.15. Tidstest 10 s för 25 mm/s

*Figur B3.16. Tidstest 10 s för 50 mm/s**Figur B3.17. Tidstest 10 s för 75 mm/s**Figur B3.18. Tidstest 10 s för 100 mm/s*

Nedan presenteras övriga testprotokoll av längdstyrningen. Längden mäts genom att använda linjal fäst på linjärenheten och mäta avstånd mellan start och stopp. Linjalen har en noggrannhet på +/- 1 mm. Längdstyrningen testas genom att åka samma längder och olika hastighet. Längderna som finns i testprotokollen är 10 mm, 30 mm, 50 mm och 100 mm. Längderna testas för lågväxelhastigheterna 1 mm/s och 10 mm/s samt högväxelhastigheterna 25 mm/s, 50 mm/s, 75 mm/s och 100 mm/s. Protokollen visas i tabell B4.1-B4.4.

Tabell B4.1. Testprotokoll för testlängd 10 mm

Testlängd 10 mm	
Hastighet (mm/s)	Uppmätt körlängd (mm)
1	10
10	10
25	10
50	10
75	10
100	10

Tabell B4.2. Testprotokoll för testlängd 30 mm

Testlängd 30 mm	
Hastighet (mm/s)	Uppmätt körlängd (mm)
1	30
10	30
25	30
50	30
75	30
100	30

Tabell B4.3. Testprotokoll för testlängd 50 mm

Testlängd 50 mm	
Hastighet (mm/s)	Uppmätt körlängd (mm)
1	50
10	50
25	50
50	50
75	50
100	50

Tabell B4.4. Testprotokoll för testlängd 100 mm

Testlängd 100 mm	
Hastighet (mm/s)	Uppmätt körlängd (mm)
1	100
10	100
25	100
50	100
75	100
100	100