

Positionering av last med frekvensomriktare



Jesper Ferm

Lars-Johan Andersson

Dept. of Industrial Electrical Engineering and Automation

Lund University

Abstract

Within industry there are high demands of efficiency and reliability to decrease the costs and increase the production. The key to be successful on a global market lies in how effective you can coordinate both technical, economical and human resources in an industrial activity. By automatizing these processes you can full fill these demands. Automation is the engineering skill to make use of measurement and information in real time to get the best results of flows of material and energy.

One automation tool to control an engine is a frequency inverter.

Frequency inverter regulates electrical engine speed in automation of machines and processes. Torque control saves energy and extends the lifetime of machines.

In this master thesis project we will use a frequency inverter to position an induction motor. The first part of this project comprises absolute positioning of the engine and uses a pre-programmed profile. In the second part absolute positioning and incremental positioning is used.

When you positioning an induction motor with a frequency inverter you can achieve a better and more accurate result. This was only possible with more expensive solution before, for example by using servo engines.

Sammanfattning

Inom industrin ställs det höga krav på effektivitet och driftsäkerhet för att få ner kostnaderna och öka produktionen. Nyckeln till att vara framgångsrik på en global marknad ligger i att på ett effektivt sätt koordinera tekniska, ekonomiska och mänskliga resurser i en industriell verksamhet. Genom att automatisera processer kan man uppfylla dessa mål

Automation är ingenjörskonsten att utnyttja mätning och information i realtid för att få material – och energiflöden att fungera på bästa sätt. En automationslösning för att styra motorer är att använda sig utav frekvensomriktare.

Frekvensomriktare reglerar elmotorers hastighet vid styrning och automatisering av maskiner och processer. Varvtalsstyrning sparar energi och reducerar maskinslitage. I detta examensarbete kommer det att användas en frekvensomriktare för positionering av en asynkronmotor. Första delen omfattar absolut positionering av motorn och användning av förprogrammerad körprofil. I den andra behandlas absolut positionering och inkrementell positionering.

Vid positionering av en asynkronmotor med hjälp av frekvensomriktare kan ett bättre och mer exakt resultat uppnås. Något som endast var möjligt med dyrare lösningar innan, såsom användning av servomotorer.

Innehållsförteckning

1 INLEDNING	6
1.1 Bakgrund.....	6
1.2 Syfte	6
1.3 Avgränsningar	6
1.4 Disposition	7
2 TEORI.....	8
2.1 Elmotorer.....	8
2.2 Frekvensomriktare	11
2.2.1 Övergripande om kraftdelen	11
2.2.2 Generatorverkan i kraftdelen	13
2.2.3 Likriktare.....	14
2.2.4 Mellankretsen	16
2.2.5 Växelriktaren.....	18
2.3 Pulsamplitudmodulering.....	21
2.3.1 Pulsbreddmodulering.....	21
2.3.2 Sinusstyrd PWM	22
2.4 PLC (Programmable Logic Controller).....	24
2.5 Körprofiler	24
2.5.1 Absolut- och inkrementell positionering	26
2.5.2 Positionering med frekvensomriktare	27
2.5.3 Positionering mot gränslägesgivare	28
2.5.4 Positionering med pulsgivaråterkoppling	28
2.5.5 Positionering med analogt hastighetsbörvärde.....	28
2.5.6 Positioneringsenheter.....	29
2.6 Kalibrering	29
2.7 Vektorreglering	30
2.8 Lägesgivare.....	31
2.8.1 Inkrementalgivaren.....	32
2.8.2 Absolutgivaren.....	33
3 METOD.....	34
3.1 Positionering av last med simulerade givare	34
3.1.1 Funktion	35
3.1.2 Inkoppling av process	36
3.1.3 Kommunikation mellan PLC-system och frekvensomriktare.....	36
3.1.4 PLC-programmets funktion.....	37
3.1.5 PLC-programmets uppbyggnad och funktioner	38
3.1.6 Terminalprogrammets uppbyggnad i E-Designer.....	39

3.2 Positionering av last med pulsgivare	41
3.2.1 Funktion	41
3.2.2 Generering av körprofil och positionskontroll	42
3.2.3 Positioneringsnoggrannhet	42
3.2.4 Inkoppling av process	43
3.2.5 Kommunikation mellan PLC-system och frekvensomriktare.....	43
3.2.6 PLC-programmets funktion.....	44
3.2.7 Skrivning av parametrar (inställningar).....	45
3.2.8 PLC-programmets uppbyggnad och funktioner	45
3.2.10 Terminalprogrammets uppbyggnad i E-Designer.....	49
4 RESULTAT.....	51
4.1.1 Positioneringsnoggrannhet.....	51
5 DISKUSSION OCH FRAMTID	53
6 KÄLLFÖRTECKNING	54
APPENDIX	55

Förord

Detta arbete utgör ett examensarbete på 20 poäng på civilingenjörs utbildningen elektroteknik på Lunds Tekniska Högskola (LTH). Examensarbetet är utfört på institutionen Industriell elektronik och Automation (IEA) hösten 2006.

Examensarbetet är gjort i samarbete med Beijer Electronics i deras lokaler på krangatan 4 i Malmö. Vi vill framförallt tacka vår handledare Rickard Andersson och Jan Strandberg på Beijer Electronics för all vägledning under arbetet. Vi tackar även Göran Håkansson för möjligheten att göra examensarbete vid Beijer Electronics. Ett gemensamt tack till alla på teknikavdelningen för ett trevligt och generöst bemötande. Vi vill även tacka vår handledare Gunnar Lindstedt och vår examinator Bengt Simonsson på institutionen Industriell elektronik och Automation (IEA).

Malmö den 31 januari 2007

Jesper Ferm
Lars-Johan Andersson

1 Inledning

I takt med att kraven på effektivitet och driftsäkerhet ökar inom industrin ställs det högre krav på utrustningen som synkroniserar dessa faktorer. Samtidigt som produktionen höjs eftersträvas en så låg energiförbrukning som möjligt. Slitage och användarfel på automationsutrustningen är faktorer som ska minimeras. Allt detta ställer höga krav på hårdvaran och mjukvaran som styr processerna och dessutom ska allt vara så användarvänligt som möjligt. Inom detta examensarbete kommer det att testas en ny frekvensomriktare från Mitsubishi med avseende på positionering. Skillnaden från de tidigare frekvensomriktarna är att denna innehåller en PLC (Programmable Logic Controller) för styrning och reglering av process. I första delprojektet positioneras en asynkronmotor med absolutpositionering och andra delen av projektet används inkrementell positionering. Som grund för arbetet har mätdata tagits för att senare användas vid utvärdering av frekvensomriktaren. Allt arbete har kunnat utföras praktiskt och därför har allt kunnat verifierats direkt utan simuleringar.

1.1 Bakgrund

Frekvensomriktarna som finns på marknaden idag måste kopplas samman med kompletterande utrustning som PLC m.m. för att få en fungerande reglering av en process. Därför börjar det komma frekvensomriktare som har PLC integrerat i sig för att få en mer slimmad helhetslösning. Denna lösning är fullt tillräckligt i exempelvis det fall som studeras i denna rapport där omriktaren ska positionera en motor till angiven position. En önskad körprofil skapas då i PLC:n som i sin tur styr omriktaren direkt till angiven position. Användningsområdet ökas i och med detta markant och det blir även enklare att skraddarsy sin omriktare så att den blir optimerad för en specifik process.

1.2 Syfte

Examensarbetet innebär att utreda och utveckla funktioner för att positionera laster med hjälp av frekvensomriktare. Uppdraget omfattar framtagning av PLC-program, parameterinställningar, kretsschema för sammankopplad hårdvara, framtagning av mjukvara för operatörspanel, prestandatester, insamling av mätdata, noggrannhetstester för positionering och framtagning av ”kom i gång” dokumentation för publicering på Beijer Electronics supportthemsida.

1.3 Avgränsningar

Eftersom allt är testat praktiskt, så stämmer mätdata väl överens med verkligheten. Skillnader uppkommer självklart vid användning av andra enheter än de som finns med i detta projekt. Eftersom olika givare kan skilja sig mycket åt och på grund av svårigheter att installera dem på rätt sätt på vår testutrustning, valde vi att simulera givarna i en extern PLC-modul. Detta är något som måste tas hänsyn till när mätdata undersöks.

1.4 Disposition

Teorin om de berörda områdena tas upp i kapitel 2 – Teori. Där beskrivs mer ingående hur en frekvensomriktare är uppbyggd och hur en asynkronmotor fungerar. Ingen specifik detaljstudering av konstruktionen om den berörda omriktaren kommer att nämnas på grund av svårigheter för att få in detaljerad information. En generell genomgång om hur frekvensomriktarna är uppbyggda och deras funktion kommer att tas upp. Hur PLC system fungerar i allmänhet och vad de används till nämns i kapitel 2. Hur och vad som har gjorts i examensarbetet är beskrivet i kapitel 3. Väsentlig mätdata kommer att specificeras under kapitel 4. Programkod och kretsschema som har framtagits kommer att listas i appendix.

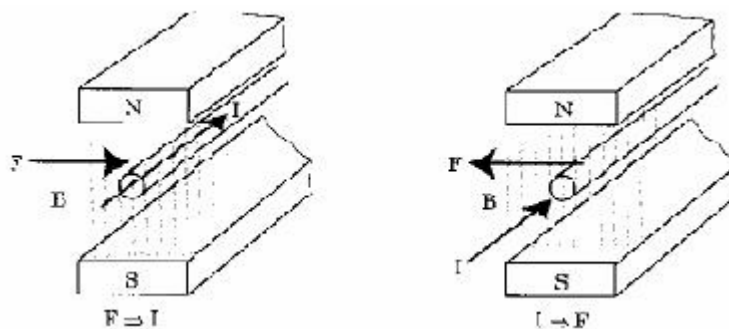
2 Teori

Kapitlet redogör grunderna inom de berörda områdena. Under kapitel 2.1 nämns grunderna om elektriska motorer och mer ingående om asynkronmotorer behandlas under kapitel 2.1.1. I kapitel 2.2 beskrivs hur en frekvensomriktare är uppbyggd och dess funktioner. Olika moduleringsstyper finns i kapitel 2.3. Lite kort om PLC och dess funktion finns under kapitel 2.4. Olika typer av positionerings möjligheter radas upp i kapitel 2.5. Kalibrering, vektorreglering och lägesgivare finns som avslutande del i detta kapitel.

2.1 Elmotorer

Den första elmotorn byggdes 1833 och var en likströmsmotor. Först 1889 konstruerades den första växelströmsmotorn. Skillnaderna mellan motorerna var att likströmsmotorn var lätt att varvtalsreglera medan trefas växelströmsmotorn hade enklare och robustare konstruktion. Eftersom varvtal och momentkarakteristiken är fast hos trefas växelströmsmotorn, var det först i modern tid som de var möjligt att använda dessa för styrning i mer avancerade positioneringssystem. Detta för att den kringliggande tekniken hade utvecklats och kunde styra varvtals och momentregleringen.

Principen för trefas motorer är att omvandla elektrisk energi till mekanisk eller tvärt om (generatorverkan). Detta sker genom elektromagnetisk induktion, vilket fungerar enligt följande. När en ledare rör sig genom ett magnetfält med fältstyrkan B , induceras en spänning över ledaren. Om ledaren utgör en del utav en sluten krets, kommer en ström I att drivas genom kretsen, då kommer en kraft F verka på ledaren i magnetfältet som är vinkelrät mot magnetfältet och i sådan riktning att den motverkar ledarens rörelse



Figur 1. Till vänster generatorprincip och till höger motorprincip.

Vid motordrift placeras en strömförande ledare i ett magnetfält och påverkas då av en kraft F som försöker dra ut ledaren ur magnetfältet. Alltså skapas en rörelse genom att magnetfältet och strömmen i ledaren samverkar, vilket kan ses i figur 1.

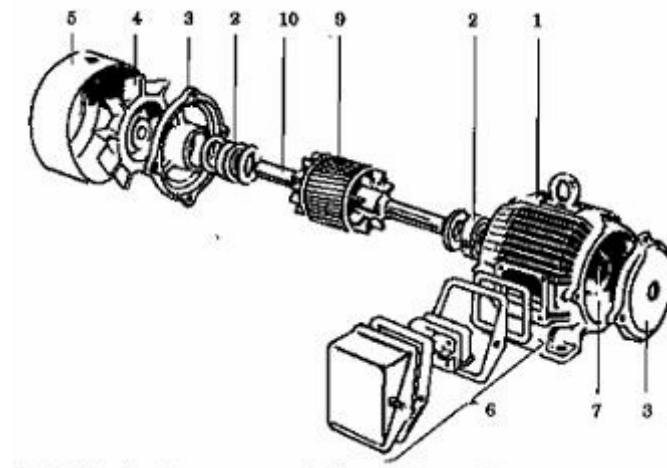
Magnetfältet i motorn skapas i den stillastående delen, som heter statorn. Ledaren som påverkas av de elektromagnetiska krafterna, är placerad i den roterande delen, som kallas för rotorn. Trefas växelströmsmotorer kan delas in i två grupper, vilka är synkronmotorer och asynkronmotorer. Skillnaden mellan de båda typerna är att i synkronmotorn ligger

rotor och magnetfält i fas, dvs. de rör sig med samma hastighet. I asynkronmotorn är rotor och magnetfält ur fas, dvs. de rör sig med olika hastigheter.

Det finns flera olika elektriska motorer som kan användas i positioneringssystem. Exempel på dessa kan vara borstlös AC-servomotor, likströmsmotor, asynkronmotor och synkronmotor, men här behandlas främst asynkronmotorn på grund av att den används i detta examensarbete [1].

2.1.1 Asynkronmotorer

Asynkronmotorn är en utav de vanligaste motorerna som används i industrin idag. Detta beror på att de är förhållandevis billiga och de finns normering mellan olika fabrikat. De har också en enkel och robust konstruktion, vilket leder till hög driftsäkerhet och litet underhåll.



Figur 2. Asynkronmotorns fysiska uppbyggnad.

Motorns konstruktion kan ses i figur 2. Som nämnts tidigare är asynkronmotorns två viktigaste delar statorn och rotorn (9). Statorn är inbyggd i motorns stillastående del, som består av statorhus (1), kullager (2). Dessa delar fungerar som lager till rotorn. På gaveln av statorhuset sitter lagersköldar (3) som har till uppgift att hålla lagren vid en fast positionen. På andra änden av motorn sitter en fläkt (4) och fläktkåpa (5), vilket hjälper till att kyla motorn och förhindra personskador. På sidan av statorhuset sitter en kopplingsbox (6) där de olika faserna ska kopplas in. På insidan av statorhuset finns järnkärnan (7), vilken är uppbyggd av tunna järnplåtar. I dessa plåtar finns spår där de tre faslindningarna är placerade. Det är faslindningarna och statorn som tillsammans skapar magnetfältet i motorn. Beroende på hur många poler eller rättare sagt, antal polpar kommer motorn få ett visst synkront varvantal. Med detta menas vilken frekvens som magnetfältet kommer att rotera med [1].

Funktion

En enkel asynkronmotor fungerar på så vis att den har en burlindad rotor där buren består av ett antal aluminiumledare som är kortslutna i ändarna. Med hjälp av statorlindningarna i motorhöljet skapas ett magnetfält i vilket rotorn placeras och då induceras en ström i rotorledarna. Den här strömmen ger upphov till ett nytt magnetfält som försöker få rotorn att följa det magnetiska flödet i motorn. Genom att variera strömmen i asynkronmotorns stator fås flödet att rotera, vilket ger upphov till att motorn roterar. För att ström skall induceras i rotorlindningarna måste flödet rotera något snabbare än rotorn. Detta kallas för eftersläpning.

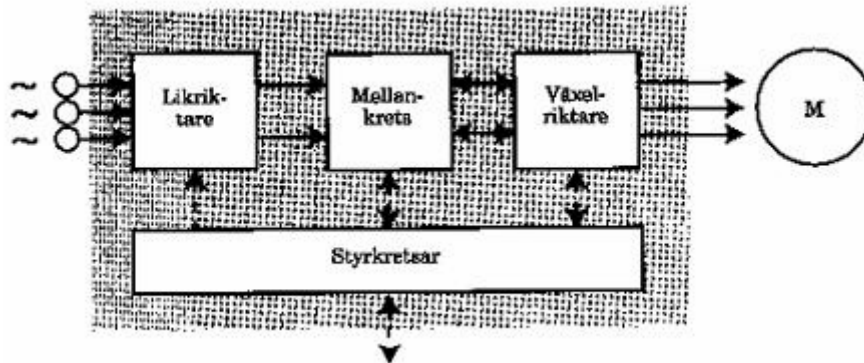
Ökande belastning på motorn ökar rotorns eftersläpning, vilket ger högre rotorström och kraftigare magnetisering av rotorn. Detta medför att motorn blir starkare och orkar mer. För att rotorn skall magnetiseras krävs det eftersläpning, vilket innebär att det vanligtvis inte skapas något moment i motorn när rotorn står stilla. Det varvtal som motorn skulle ha haft utan eftersläpning kallas för det synkrona varvtalet. Exempel på olika synkrona varvtal kan ses i tabell 1. Gränsen för hur stort toppmoment motorn kan ge begränsas av den övre gräns för hur mycket ström som kan överföras vid induktion mellan statorn och rotorn. Det som definierar att det är en asynkronmotor är att motorns varvtal i normal drift är lägre än varvtalet för det roterande flödet [1].

Polpar (p)	1	2	3	4	6
Antal poler	2	4	6	8	12
Varv/min	3000	1500	1000	750	500

Tabell 1. Polpar, pöaltal och synkront varvtal.

2.2 Frekvensomriktare

På andra hälften av 1900-talet har utvecklingen inom frekvensomformningsområdet varit mycket snabb. Anledningen till detta är att utvecklingen av mikroprocessorer och halvledarkomponenter har gått snabbt framåt, vilket har lett till att de blivit prismässigt konkurrenskraftiga. Dock har principen för hur en frekvensomriktare är uppbyggd inte förändrats, figur 3.



Figur 3. Schematisk bild för hur en frekvensomriktare är uppbyggd.

Frekvensomriktaren har till uppgift att anpassa utgångsspänningen till motorn så att den klarar av pålagd belastning. Detta för att motorn ska uppnå bra driftförhållande över hela reglerområdet. Slutsatsen utav detta är att det går att hålla optimal magnetisering av motorn även utanför den nominella arbetspunkten. Det vill säga arbetsområdet för motorn breddas [1].

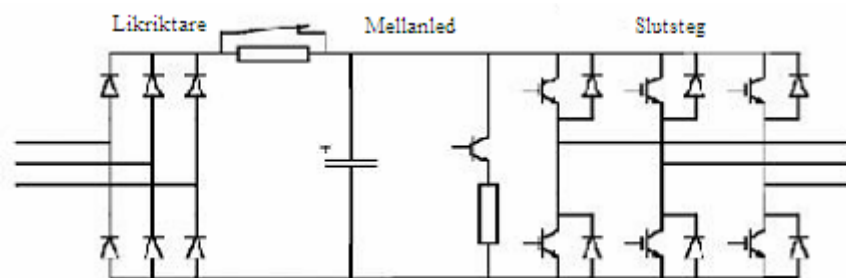
2.2.1 Övergripande om kraftdelen

Kraftdelen hos motordrivsteget, figur 4, består från spänningsmatningssidan av en likriktarbrygga på de inkommande faserna. Denna likriktar den inkommande nätspänningen till en likspänning som glättas över en eller flera stora kondensatorer. Därmed åstadkoms en likspänning/mellanledningsspänning som är något högre än den inkommande matningsspänningens effektivvärde, 325V DC vid enfas nätanslutning 230V och 565 V DC vid trefas nätanslutning 400 V.

För att begränsa inkopplingsströmmen till kondensatorerna när matningsspänningen slås till, monteras oftast ett motstånd i serie med kondensatorn. Detta motstånd kortsluts med en intern kontakt när likspänningsnivån i mellanledet, dvs. spänningen över kondensatorn har stigit över en viss nivå. Denna koppling minskar belastningen på nätet vid inkoppling och därmed ökar kondensatorernas livslängd. I mellanledet sitter även en IGBT i serie med ett motstånd som har till uppgift att ta hand om regenerativ effekt.

Kraftdelens sista del innan motorn är drivsteget där switchtransistorerna sitter. Genom att styra transistorernas till- och från-tid fås önskad fasspänning och frekvens till motorn.

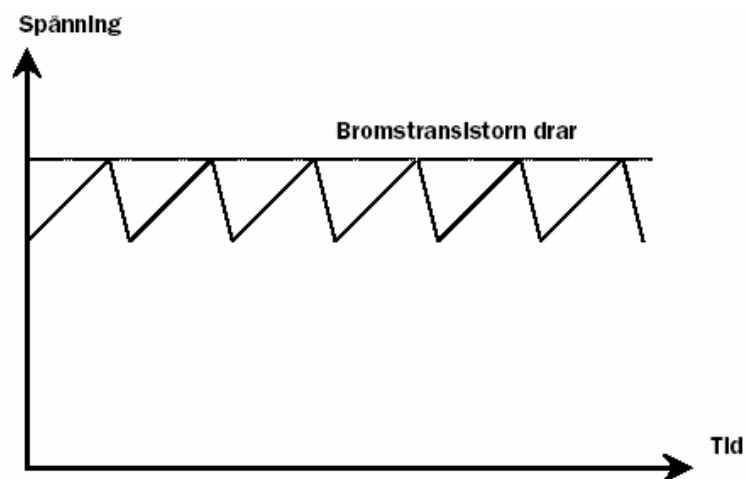
I slutsteget finns det sex sådana här transistorer. De är kopplade två och två i serie och är omväxlande låg- eller högohmiga. Eftersom lasten är induktiv har transistorerna frihjulsdioder för att begränsa spänningen över transistoren i frånslagstillfället. Frihjulsdioderna fungerar också som återledare för ström vid inbromsning av en last med stort tröghetsmoment [3], [5].



Figur 4. Kraftdelens uppbyggnad i en frekvensomriktare.

2.2.2 Generatorverkan i kraftdelen

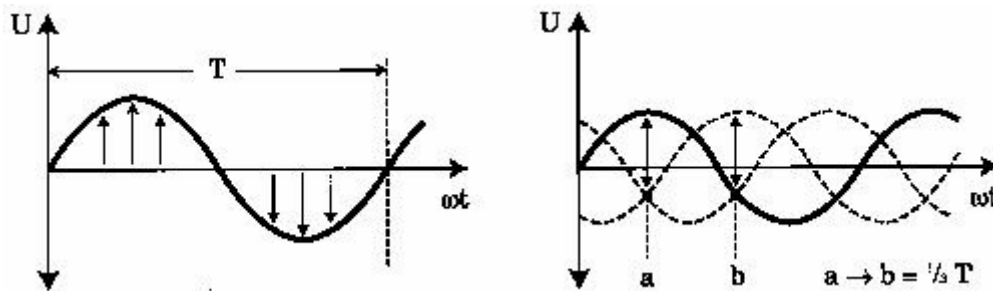
När en motor som är inkopplad till kraftdelen bromsas fungerar den som en generator. Då kommer spänningen över kondensatorn i mellanledet att öka och till sist närma sig en viss säkerhetsnivå. Om säkerhetsnivån skulle överstigas finns det risk för att transistorerna i slutsteget kan skadas. Därför finns det en övervakningskrets i mellanledet som har till uppgift att styra en bromstransistor. Denna fungerar så att när spänningen når den kritiska nivån börjar den leda ström genom ett bromsmotstånd och till följd av detta laddas kondensatorn ur och mellanledningsspänningen sjunker. När spänningsnivån i mellanledet har sjunkit till en säker nivå slås transistorn av igen. Har inte motorn vid det tillfället bromsats in tillräckligt kommer spänningsnivån i mellanledet att stiga igen och transistorn börjar leda. Detta visas i figur 5. Om det är stora laster som ska bromsas och tillräckligt hög bromsverkan inte kan uppnås måste dessa krafter bromsas på annat sätt, t.ex. med en extern broms. På en kraftdel med låga effekter ner mot 400W finns denna inbyggda broms oftast inte med [5].



Figur 5. Mellanledningsspänning i kondensatorn när bromstransistorn dra.

2.2.3 Likriktare

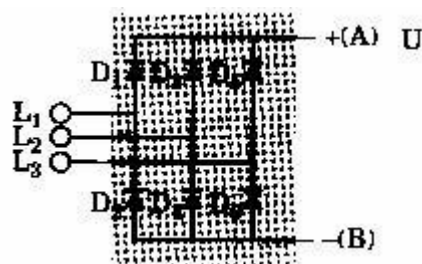
Likriktardelen kan se annorlunda ut beroende på vilken funktion som vill uppnås. En likriktare matas med antingen enfas eller trefas växelspanning från elnätet och ger i sin tur en pulserande likspänning, figur 6. Det finns både styrda, ostyrda och halvstyrda likriktare som är en kombination av de två första. Det som skiljer dem är vilka komponenter de är uppbyggda av, vilket påverkar hur likspänningen skapas och var de lämpar sig för att användas [1], [2].



Figur 6. Till vänster enfas och till höger trefas växelspanning.

Ostyrda likriktare

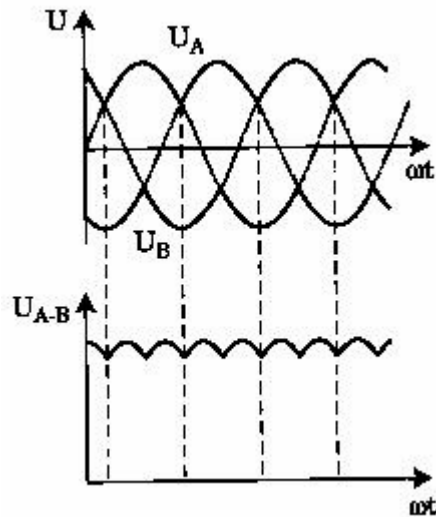
En ostyrd likriktare är uppbyggd utav dioder. Diodens funktion är sådan att den tillåter ström att flyta i endast en riktning, från anod till katod. I den andra riktningen blockerar den strömmen. Det går inte att styra strömstyrkan i en diod utan när en växelspanning läggs på den kommer en pulserande likspänning ut. En ostyrd trefaslikriktare ser ut enligt figur 7, och fungerar så att de två diodgrupperna D_1, D_3, D_5 och D_2, D_4, D_6 leder vid olika tidpunkter under en period. Varje diod leder under en tredjedel av periodtiden, dvs. under 120 grader och de olika grupperna växlar mellan varandra. Intervallen under vilka de båda grupperna leder är tidsförskjutna en sjättedel av perioden dvs. 60 grader relativt varandra.



Figur 7. Kretsschema för en ostyrd trefas likriktare.

Diodgruppen $D_{1,3,5}$ släpper fram de positiva halvperioderna. Anslutning A kommer då att få samma spänning som den fas som vid given tidpunkt har den högsta positiva spänningen. På liknande sätt kommer anslutning B att få samma spänning som den fas som har den lägsta negativa fasspänningen, då diodgruppen $D_{2,4,6}$ släpper fram de negativa halvperioderna. Som exempel när L_3 har den lägsta spänningen utav de tre faserna kommer diod D_6 leda. Över de två andra dioderna D_2 och D_4 , kommer det då att ligga

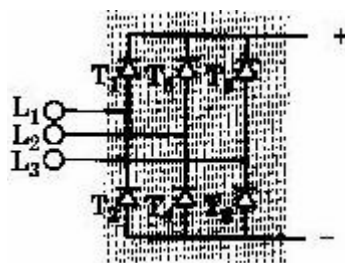
backspänningarna U_{L3-1} , respektive U_{L3-2} , vilket gör att dessa dioder blir spärrade. Utspänningen från en ostyrd likriktare är skillnaden mellan spänningarna på de båda diodgruppernas utgångar A och B och har medelvärdet, 1,35 multiplicerat med nätspänningen, figur 8 [1].



Figur 8. Utgångsspänningen från en ostyrd trefas likriktare.

Helstyrda likriktare

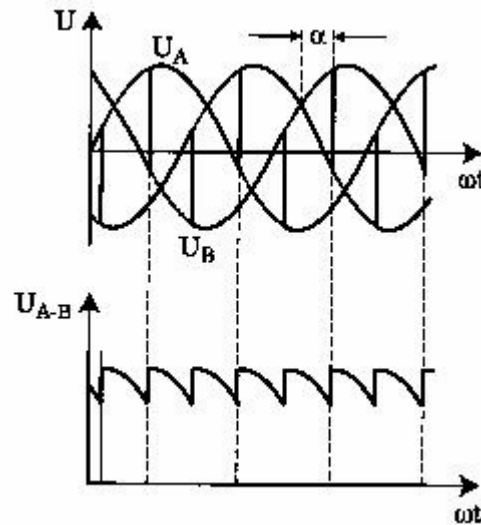
I en helstyrd likriktare är dioderna utbytta mot thyristorer. En thyristor leder endast ström i en riktning, från anoden till katoden och den leder endast ström då den fått en signal på gaten. Det går inte att hindra den från att leda ström, då den fått order om att leda utan den leder tills strömmen genom den blivit noll. Signalen som ges på gaten kallas för thyristorns styrsignal och brukar betecknas med α . Detta är en i grader omräknad tidsförskjutning för styrsignalen och gradantalet motsvarar förskjutningen mellan spänningens nollgenomgång och det ögonblick då thyristorn börjar leda. Beroende på vad för värde α antar kommer thyristorbryggan fungera antingen som likriktare eller växelriktare. Då α antar värden mellan 0 till 90 grader har bryggan likriktarverkan och mellan 90 till 300 grader, växelriktarverkan. Som kan ses i figur 9, är thyristorbryggan i den helstyrda likriktaren uppbyggd på liknade sätt som diodbryggan i den ostyrda likriktaren.



Figur 9. Krettschema för en helstyrd trefas likriktare.

Även funktionen är liknande, men i den helstyrda likriktaren är thyristorerna styrda till att börja leda mellan 0 till 30 grader efter växelspänningens nollgenomgång. Med hjälp utav

styrsignalen α , kan nivån på likspänningen som likriktaren levererar styras. Likspänningens medelvärde ges av 1,35 multiplicerat med nätspänningen multiplicerat med $\cos \alpha$; figur 10.



Figur 10. Utgångsspänningen från en helstyrdd trefas likriktare.

Beroende på vad för funktion likriktaren ska ha kan man välja mellan olika varianter för att hitta de som är mest lämpade. En helstyrdd likriktare kan när motorn drivs som generator mata tillbaka energi till mellankretsen och vidare till elnätet. Jämfört med ostyrda likriktare orsakar helstyrda likriktare stora förluster, samt ger negativa effekter på elnätet. Detta på grund av att när tyristorerna leder under en kort del utav halvperioden drar de hög reaktiv ström [1].

2.2.4 Mellankretsen

Det finns tre olika typer av mellankretsar, vilken som används beror på vad växelriktaren ska drivas med.

En typ som bara används tillsammans med helstyrda likriktare är uppbyggd utav en stor spole och den omformar likriktarspänning till likström, figur 11.

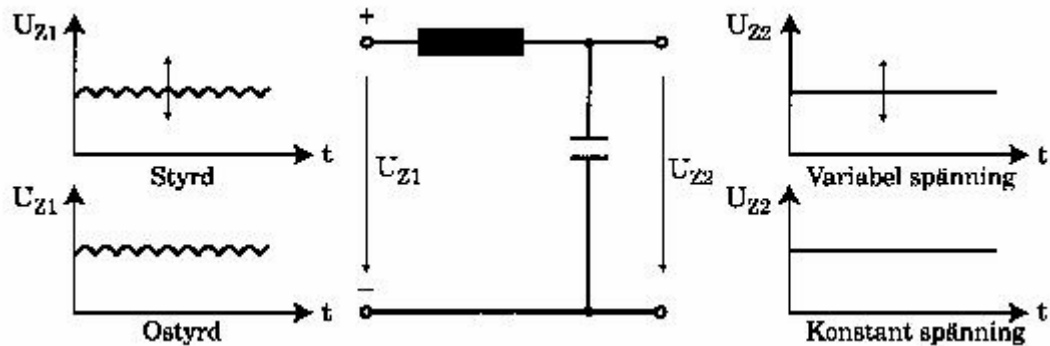


Figur 11. Variabel likströmsmellankrets, med spole som omformare.

Det finns också en mellankrets som kan användas till båda typerna av likriktare. Denna krets är ett filter som innehåller en kondensator och en spole, figur 12. Filtret glättar den pulserade likspänningen U_{Z1} som kommer från likriktaren och ifall den är ostyrdd (likriktaren) kommer en konstant likspänning genereras. Om likriktaren däremot är styrd

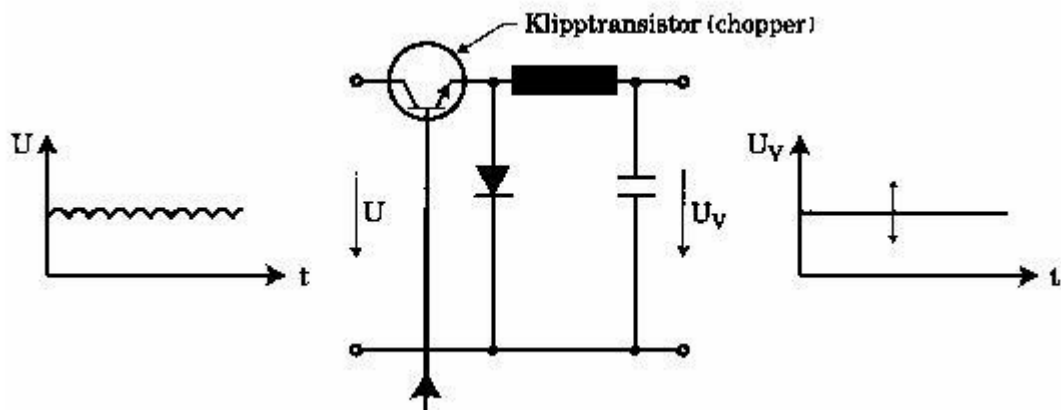
kommer spänningen som skickas till växelriktaren att hållas konstant vid en given frekvens.

Den här spänningen kan dock varieras till olika nivåer.



Figur 12. Mellankrets med konstant likspänning.

Den sista typen av mellankrets är en utveckling av den som är uppbyggd utav ett filter och den ger en variabel likspänning. Här har en klipptransistor eller chopper som den också kallas lagts till före filtret, figur 13. Choppern har en transistor som växelvis kopplar till och från spänningen som kommer från likriktaren.



Figur 13. Mellankrets med variabel likspänning.

Spänningen regleras genom att styrkretsen jämför den variabla spänningen U_V som kommer ut från kretsen med den inkommande spänningen. Om U_V skiljer sig från det önskade värdet, kan detta regleras genom att förhållandet mellan transistorens ledtid t_{on} och spärrtid t_{off} ändras. Den önskade spänningen kan ändras med hjälp av ledtiden hos transistoren, enligt formel 1.

$$U_V = U \times t_{on} / (t_{on} + t_{off}) \quad \text{formel 1.}$$

Filtret i mellankretsen ska jämna ut fyrkantsspänningen som choppern lämnar. Detta görs genom att kondensatorn och spolen håller spänningen konstant för en given frekvens. För

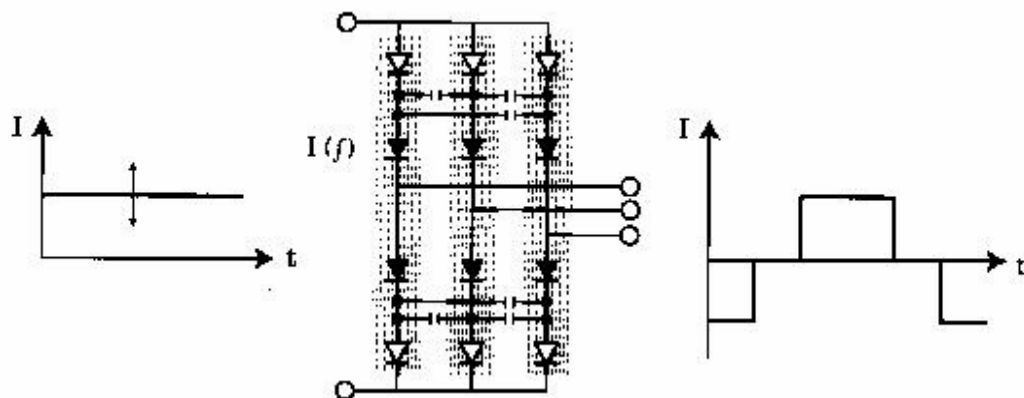
att skydda choppertransistorn när den bryter strömmen har en frihjulsdiod kopplats in i kretsen. Denna har till uppgift att förhindra att spolen i filtret genererar en för hög spänningen över choppern [1], [2].

2.2.5 Växelriktaren

Växelriktaren är det sista steget i frekvensomriktaren innan inkoppling till motorn sker. Här anpassas utgångsspänningen, så att den tillgodoser motorns krav. Beroende på om det kommer variabel likström, variabel spänning eller konstant likspänning från mellankretsen kommer växelriktaren vara konstruerad på lite olika sätt. Dock är dess funktion alltid samma, att se till att spänningen som tillförs motorn är en variabel växelspanning.

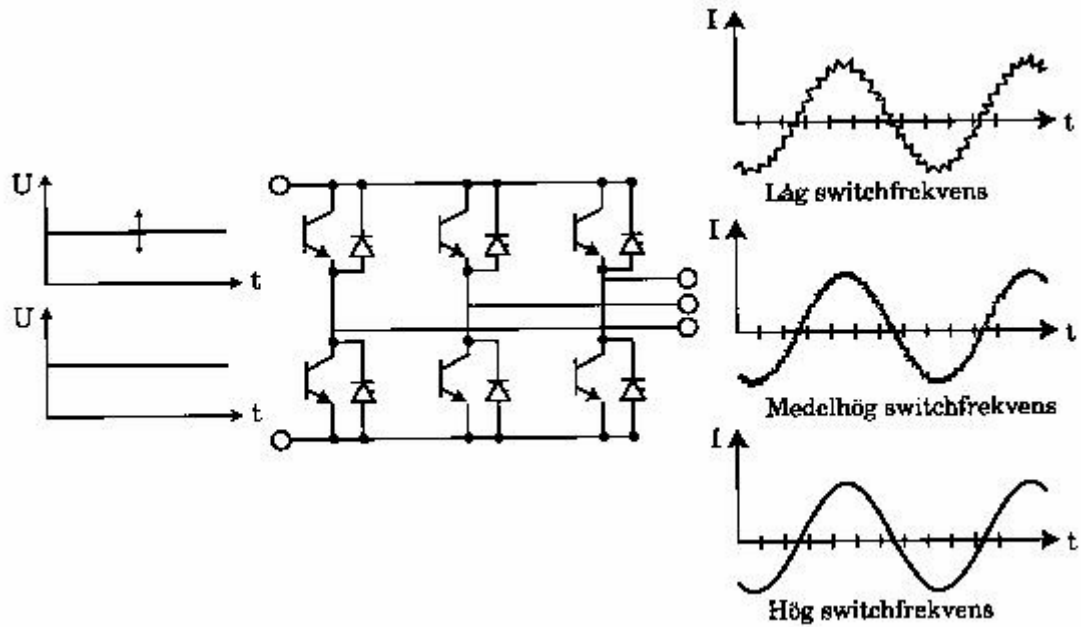
Växelriktaren är i huvudsak uppbyggd utav styrda halvledare som är kopplade parvis i tre grenar. Förr i tiden användes tyristorer, men på grund av att dessa är svåra och långsamma att styra mellan ledande och spärrande tillstånd, används idag oftast olika transistorer så som bipolar (LTR), unipolär (MOS) eller Insulated Gate Bipolar Transistor (IGBT). En annan fördel med transistorer är att switchfrekvensen kan ökas. Från tyristorers 2 kHz till vissa transistorers 20 kHz, vilket medför att växelriktarens switchfrekvens kan höjas från 300 Hz till 20 kHz.

Som nämnts tidigare ser konstruktionen av växelriktaren lite annorlunda ut beroende på vad som skickas in i den. Är det en variabel likström så består den framförallt av sex dioder, sex tyristorer och sex kondensatorer som styrs av styrkretsen, figur 14. Då strömmen redan är variabel är det endast frekvensen som behövs skapas av växelriktaren. Kondensatorernas uppgift är att tända och släcka tyristorerna och behöver därför laddas med den energi som behövs för vald motorstorlek. Genom att slå till och från tyristorerna uppstår det i motorns faslindningar ett mönster av likströmpulser som är förskjutna 120 grader relativt varandra. När matningsspänning periodiskt läggs över motorns anslutningar U-V, V-W, W-U och om igen, uppstår ett roterande fält med önskad frekvens i statorn. Detta ger att motorströmmarna nästintill blir fyrkantsformade och motorspänningarna nästintill sinusformade. Då till och frånslag av strömmen sker uppstår det dock spänningstoppar. Diodernas uppgift är att vara en spärr mellan kondensatorerna och motorns belastningsström [1].



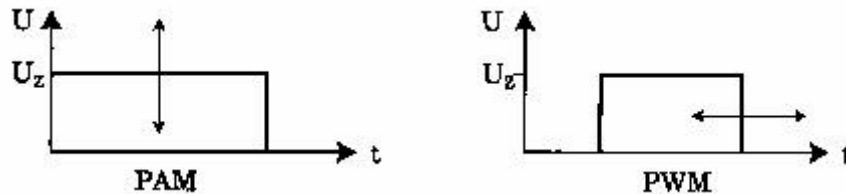
Figur 14. Växelriktare för mellankrets med variabel ström.

Om det är konstant eller variabel spänning som kommer från mellankretsen kommer likriktarens konstruktion se ut enligt figur 15. Som kan ses består kretsen i figuren av sex switchkomponenter. Dessa styrs av styrkretsar som kan styras med flera olika modulationsprinciper, för att frekvensomriktarens utgångsfrekvens ska ändras.



Figur 15. Växelriktare för mellankrets med variabel eller konstant spänning och utgångsström anpassad till växelriktarens switchfrekvens .

I det första fallet med variabel spänning eller variabel ström som kommer från mellankretsen, behövs endast frekvensen skapas. Frekvensen skapas genom att upprepa intervaller då de enskilda halvledarkomponenterna leder respektive spärrar. Det är mellankretsens variabla spänning eller ström som styr halvledarnas switchmönster. Om till exempel en spänningsstyrd oscillator används kommer frekvensen hela tiden att följa spänningens amplitud. Detta sätt att styra växelriktaren kallas för pulsamplitudmodulering, PAM (Pulse Amplitud Modulation), figur 16.

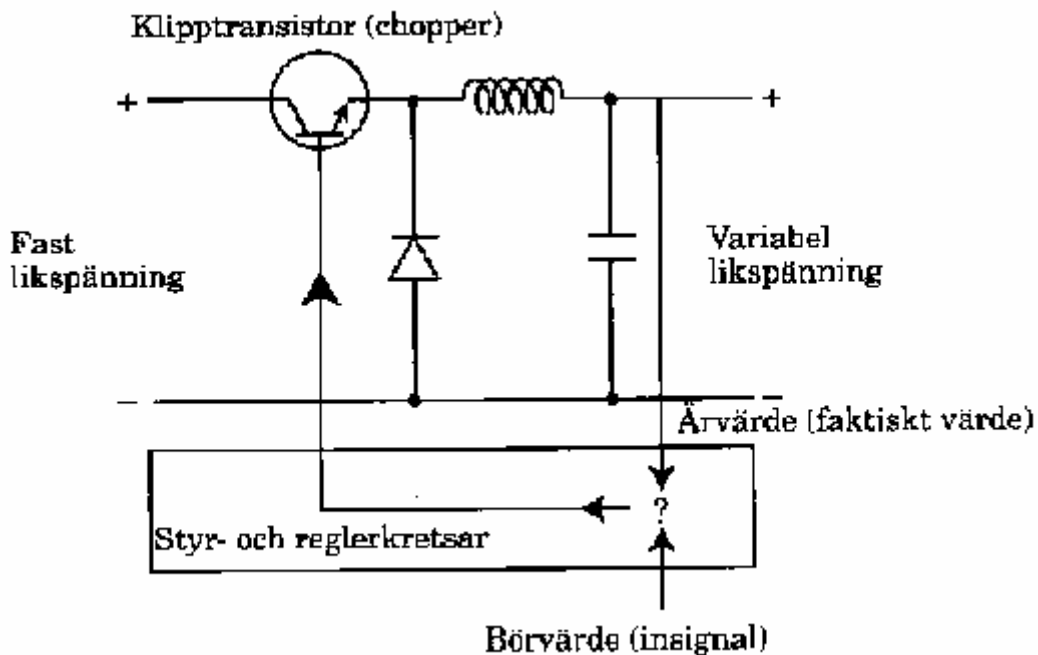


Figur 16. Olika sorters modulation där pulsens amplitud och bredd illustreras.

I det andra fallet med konstant spänning måste både variabel växelspanning samt frekvens skapas. För att skapa en variabel spänning styrs de tidsintervall under vilka mellankretsens spänning är inkopplad till motorlindningarna. Den variabla frekvensen fås genom att växla spänningspulserna längs tidaxeln, positiva under den ena halvperioden och negativ under den andra. Detta sätt att ändra pulsernas bredd för att styra växelriktaren kallas för pulsbreddsmodulering, PWM (Pulse Width Modulation). I sinusstyrd PWM bestämmer styrkretsarna tänd- och släcktidpunkter för halvledarkomponenterna som skärningspunkter mellan en trekantspänning och en sinusformad referensspänning [1].

2.3 Pulsamplitudmodulering

Som tidigare beskrivits används pulsamplitudmodulering, PAM när variabel spänningen kommer från mellankretsen. Beroende på vad för likriktare som används i kraftdelen kommer utgångsspänningens amplitud bestämmas på olika sätt. Om en ostyrd likriktare används bestämmer mellankretsens chopper amplituden och om en helstyrd likriktare används bestäms amplituden direkt, figur 17.



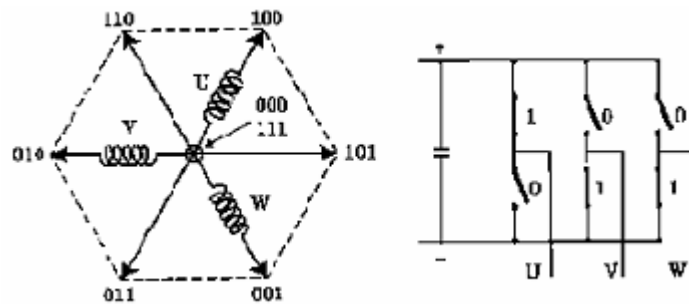
Figur 17. Spänningsreglering i frekvensomriktare med mellanktreschopper.

Då spänningsreglering sker med en mellankrets med inbyggd chopper är det styr- och reglerkretsar som bestämmer när choppern ska slås till och från. Skillnaden mellan insignal och ärvärde dvs. uppmätt spänning över kondensatorn, bestämmer den tid då choppertransistorn ska leda respektive spärra. Med hjälp av styrsystemet ska transistorn se till att ärvärdet följer börvärdet. Då transistorn öppnar och stänger uppstår spänningstoppar och därför sitter spolen och kondensatorn som ett filter vars funktion är att jämna ut dessa spänningsvariationer [1].

2.3.1 Pulsbreddmodulering

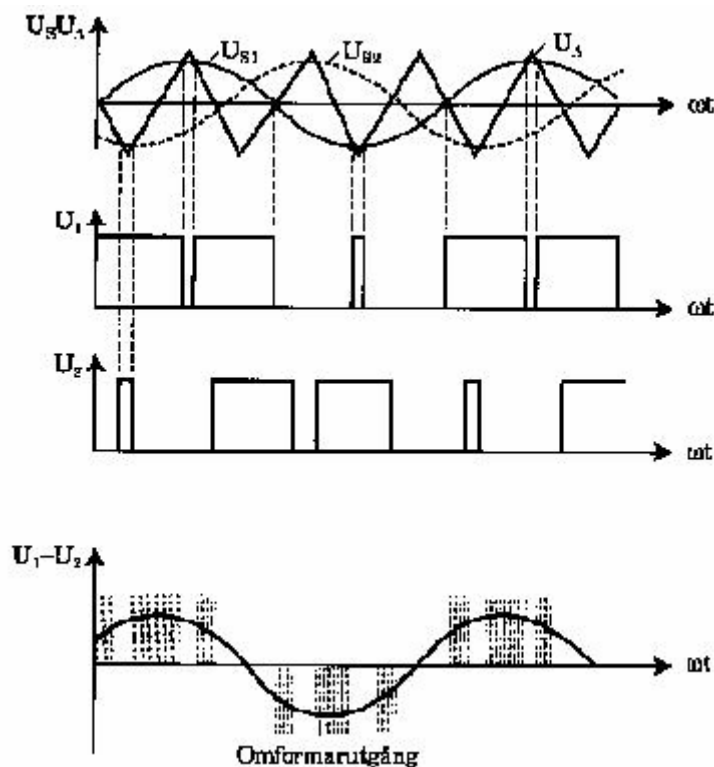
Pulsbreddsmodulering eller PWM som är förkortningen är den vanligaste metoden för generering av trefasspänning med motsvarande frekvens. I PWM-tekniken slås mellankretsspänningen till och från av effektelektronik och en variabel utgångsspänning fås genom att variera pulsbredden och frekvensen. Som kan ses till höger i figur 18 kan varje gren i en trefas PWM-växelriktare ha två lägen, till eller från. Detta ger att det finns $2^3=8$ kombinationer och i och med det även 8 stycken spänningsvektorer på växelriktarens utgång. Hur dessa vektorer spänns upp kan ses till vänster i figur 18. Vektorerna är 100, 110, 010, 011, 001, 101 samt nollvektorerna 000 och 111.

Nollvektorena är egentligen samma vektorer för de har samma potential, antingen på mellankretsens pluspotential eller minuspotential och på växelriktarns tre utgångar. För motorn ger detta i stort sett liknade effekt som en kortslutning av dess anslutningar, dvs. spänningen som läggs på motorlindningarna blir 0V [1], [4].



Figur 18. Till vänster ses hur vektorerna och till höger en schematisk bild för en PWM-växelriktare.

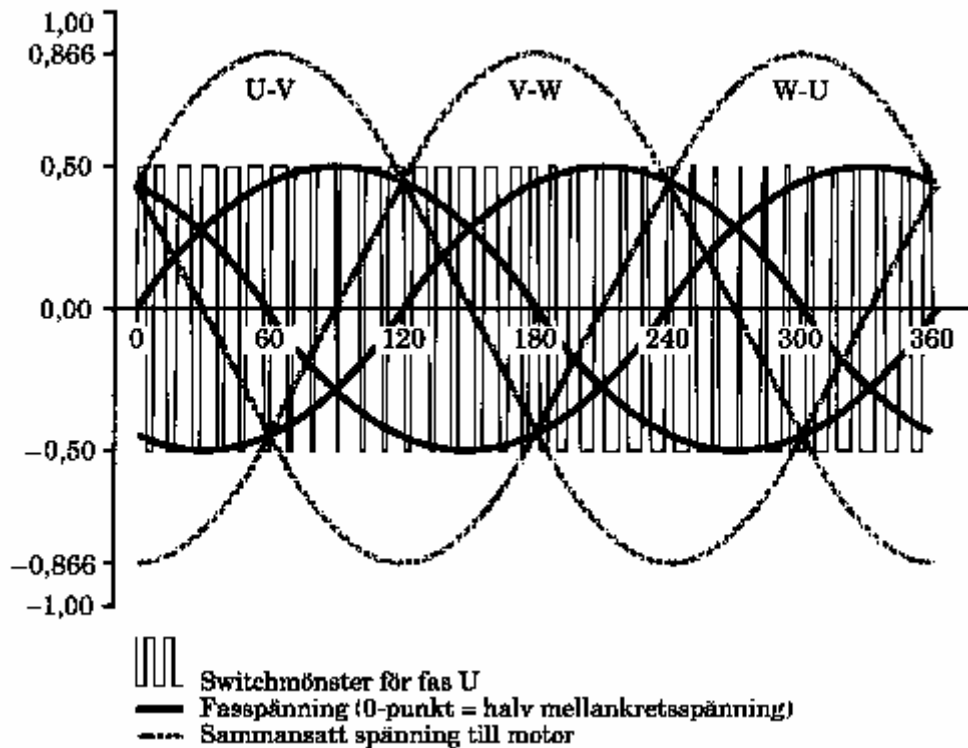
2.3.2 Sinusstyrd PWM



Figur 19. Princip för hur ensinusstyrd PWM fungerar.

Vid sinusstyrd PWM används en sinusformad referensspänning till var och en av växelriktarens olika utgångar. Periodlängden hos sinusspänningen motsvarar önskad grundfrekvens hos utgångsspänningen. För att bestämma när de olika halvledarswitcharna skall slås till och från, jämförs de tre referensspänningarna med en trekantsspanning, figur 19. Ett styrkort detekterar skärningspunkterna mellan sinusreferensen och

trekantsspänningen, och ifall trekantsspänningen är högre än sinusspänningen växlar utgångspulsen från negativ till positiv. Motsatt förlopp sker då trekantsspänningen sänks. Det är mellankretsen som sätter begränsningen för hur hög utgångsspänningen kan bli. Utgångsspänningen är en funktion av förhållandet mellan tid i tillslaget respektive frånslaget läge. Genom att styra detta förhållande, dvs. ändra tiderna kan utgångsspänningen varieras. Amplituden hos den positiva och den negativa spänningspulsen är halva mellankretsspänningen, figur 20.



Figur 20. Utgångsspänning vid sinusstörd PWM.

Problem kan uppkomma vid låga statorfrekvenser, eftersom periodtiden blir lång och därav också tiden som switcharna spärrar. Detta gör så att trekantsspänningen frekvens inte kan bevaras. Det har till följd att motorn kommer ha för långa perioder då den är spänningslös, vilket gör att motorn kommer gå ojämnt. Problemet går att avhjälpa genom att fördubbla trekantsspänningens frekvens vid låga frekvenser.

Frekvensomriktarens fasspänning på utgången är halva mellankretsspänningen dividerat med $\sqrt{2}$ och är lika med halva nätspänningen. Huvudspänningen på frekvensomriktarens utgång är $\sqrt{3}$ gånger fasspänningen eller 0,866 av den nominella spänningen, vilket gör att motorns märkspänning inte kan uppnås [1].

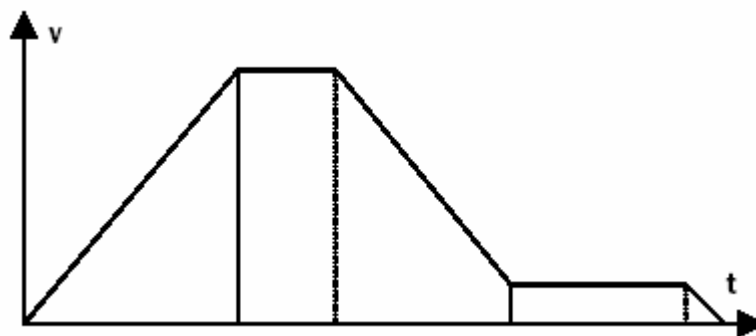
2.4 PLC (Programmable Logic Controller)

En Programmable Logic Controller, PLC är en programmerbar styrenhet som används för att automatisera processer inom industrin. Ett vanligt generellt ändamål är att avläsa ett antal insignaler, bearbeta dessa och beroende på vad som är programmerat i PLC:n skicka ut ett antal styrsignaler för att reglera processen. Allt detta ska naturligtvis ske i realtid vilket ställer krav på alla ingående komponenter och mjukvaran som ska hantera detta. Inom detta examensarbete har det använts en PLC integrerad i frekvensomriktaren för att styra dess funktioner. Användbarheten för en PLC är stor och idag finns de nästan överallt inom industrin. PLC:n är framtagen för att klara av tuffa och stökiga omgivningar och vara extremt driftsäker. För att programmera en PLC erbjuds programmeraren ett antal funktioner som varierar mellan tillverkarna, men de liknar varandra. Alla tillverkare måste följa PLC-standarden IEC61131. För att lagra data finns det ett antal minnesceller som kan representera binära tal och data register. Dessa klarar av decimal-, hexadecimal-, binär- och BCD-representation. PLC erbjuder också tidskretsar och räknare. Allt detta finns i de enklaste typer av PLC och om mer avancerade funktioner önskas är det kostnaden som styr. I detta examensarbete har det använts en enklare PLC typ och detta har försvårat vissa funktioner som behövs användas, mer om detta under kapitlet metod.

2.5 Körprofiler

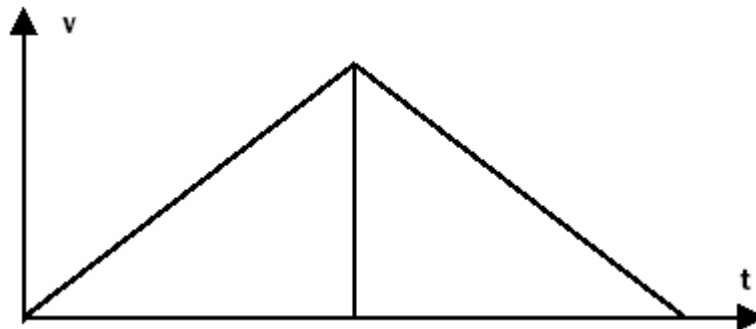
Det finns ett stort antal olika sätt att styra vridningen av en motoraxel på, vissa mer avancerade än andra. Oftast räcker det med ett enkelt PLC-program som i detta examensarbete.

Punkt till punkt positionering med krypfart används i delprojekt 1 och är även den vanligaste och mest använda typen av körprofil, figur 21. Denna används om en positioneringen ska utföras med en frekvensomriktare. Från stop accelererar hastigheten upp till maxhastigheten och när målet börjar närma sig minskas hastigheten och stannar vid målpositionen. Anledningen till att hastigheten minskas till krypfart/lågfart innan stop är för att öka positionsringsnoggrannheten. Denna typ av positionering lämpar sig bäst vid positionering utan tidskrav och krav på synkroniseringen mot omvärden. Eftersom bara två hastigheter används brukar dessa två hastigheter programmeras internt i frekvensomriktaren och styrs med digitala signaler.



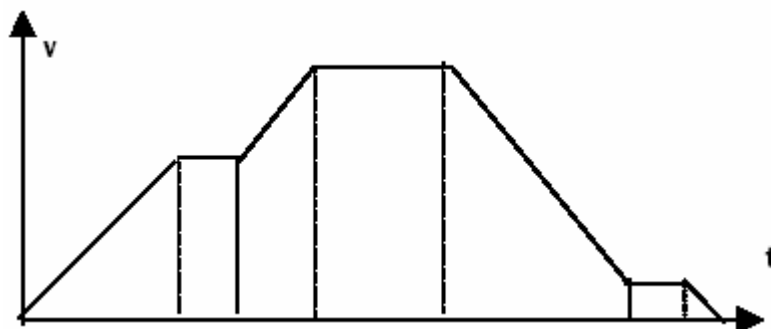
Figur 21. Punkt till punkt med krypfart.

I enklare pulspositioneringssystem används ofta triangelprofiler eller symmetriska trapetsprofiler. Fördelen med denna typ av rörelse är att positioneringstiden minskar jämfört med positionering med krypfart. Denna körprofil ställer å andra sidan högre krav på positioneringssystemet och används ofta tillsammans med pulsstyrda servoförstärkare. I en triangelprofil, figur 22 är accelerationstiden och retardationstiden så långa som möjligt, vilket gör att motorn aldrig går med konstant hastighet. Fördelen med detta är att minimalt med kraft tas ut ur motorn, men nackdelen är att positioneringen tar onödigt lång tid.



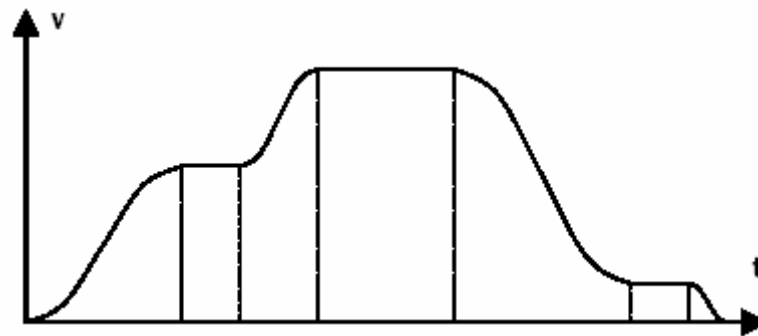
Figur 22. Triangelprofil.

Den optimala profilen erhålls när accelerations- och retardationsramperna är så långa som möjligt. Detta erhålls ifall accelerationstiden är en tredjedel av totaltiden och konstant hastighet används under en tredjedel av totaltiden och även så retardationstiden är en tredjedel av totaltiden. Denna typ av körprofil kallas för symmetrisk trapetsprofil. I vissa fall önskas varierbar hastighet under resans gång, figur 23. Ett extremfall är när cirkulärinterpolerade rörelser används. Denna körprofil används ifall snabb acceleration av ett objekt önskas till en medelhög hastighet för att synkronisera mot ett annat objekt. Därefter accelererar objektet till en högre hastighet för att komma ifrån och retarderar slutligen till kryphastighet för att stoppa.



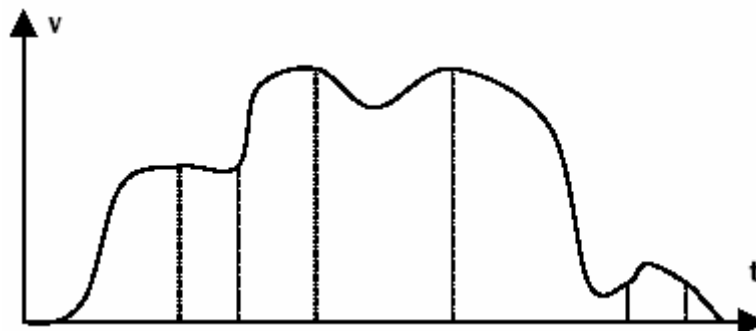
Figur 23. Varierbar hastighetsprofil.

I vissa applikationer eftersträvas mjuka accelerations- retardationsrörelser. I sådana fall krävs det att positioneringssystemet kan generera S-ramper, figur 24.



Figur 24. S-formad hastighetsprofil.

I mer avancerade positioneringssystem som tex PMAC (Programmable Multi Axis Controller) bestämmer användaren helt och hållet själv hur körprofilen ska se ut i varje ögonblick, figur 25. Hastigheter och positioner placeras ut var de önskas och då genererar positioneringssystemet själv en matematisk funktion som beskriver körprofilen. Denna typ av körprofil används mest i specialmaskiner för avancerad synkronisering eller positionering , som tex konturfräsar [5].



Figur 25. Programmerbar hastighetsprofil.

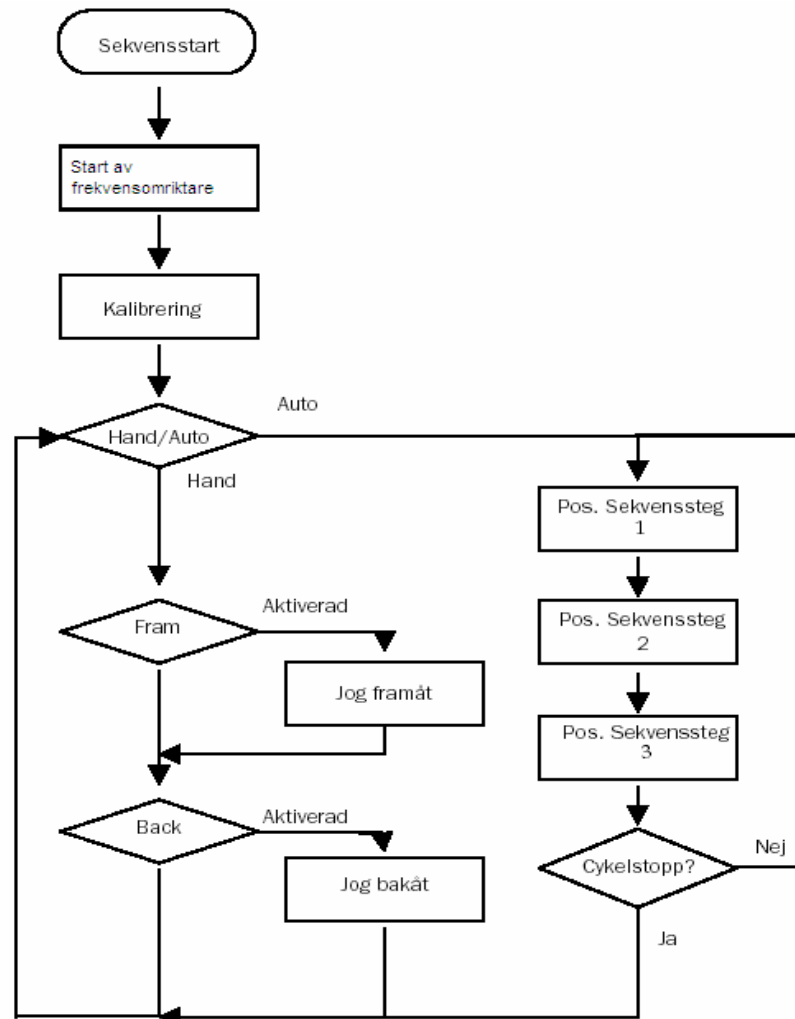
2.5.1 Absolut- och inkrementell positionering

Vid Positionering av en enaxlig rörelse finns det två olika sätt att beskriva en position på: absolut eller inkrementell. Valet bestämmer hur programmerad positionsdata skall tolkas. Positionsdatan tolkas vid absolutpositionering som en specifik punkt dit motorn skall förflyttas. Ifall inkrementellpositionering används anges positionen från den nuvarande punkten Absolut positionering används vid förflyttningar inom ett begränsat arbetsområde, t ex positionering mellan två punkter på en linjärenhet med fasta ändlägen. Vid drifter med en likformig rörelse, som t ex en frammatare, används inkrementell positionering [5], [11].

2.5.2 Positionering med frekvensomriktare

Med små enkla medel i form av PLC-program och asynkronmotorer hastighetsstyrda av frekvensomriktare kan man få rätt kraftfulla och noggranna positioneringsmöjligheter. Detta är precis vad som har används i detta examensarbete. Ovan nämnd positionering kan delas upp i tre kategorier [5]:

- Positionering med omriktarens fast inställda hastigheter mot fasta gränslägesgivare i mekaniken, delmoment ett i examensarbetet. I figur 26 visas positioneringssekvensen som används.
- Positionering med omriktarens fast inställda hastigheter mot pulsgivare monterad på motor axeln, delmoment två i examensarbetet.
- Positionering med analogt hastighetsbörvärde till omriktaren mot pulsgivare monterad på motoraxeln.



Figur 26. Positioneringssekvens.

2.5.3 Positionering mot gränslägesgivare

Denna lösning har använts i delmoment ett, skillnaden är att gränslägesgivarna simulerades med en extern PLC. Detta är även den lösning som är billigast och enklast. Om transportsträckan behöver ändras, så måste givarna mekaniskt förflyttas till önskad position. Ifall lösningen kräver ett stort antal olika sträckor blir lösningen med fasta givare snabbt ohållbar. När positioneringen startas så använder sig omriktaren av en fördefinierad accelerationsramp för styrning av motorn. När ändlägesgivare nås så retarderas motorns hastighet med omriktarens retardationsramp till stopp. Denna positionering fungerar i många fall väl om motorns belastning är konstant och hastigheterna är relativt låga. Om så inte är fallet varierar bromssträckan och positioneringsnoggrannheten blir lidande [5].

2.5.4 Positionering med pulsgivaråterkoppling

I delmoment två används denna metod för positionering. Här används pulsgivaråterkoppling och fasta hastigheter. Styrsystemet räknar ut vid vilken position som omriktaren skall påbörja retardationen ner mot en kryphastighet. När programmerad position indikeras retarderar omriktaren från krypfart till stopp. Med hjälp av pulsgivaren mäter omriktaren hur stort positionsfelet blev och korrigerar detta. På detta sätt justerar omriktaren sig själv och bibehåller rätt position så att maximal positioneringsnoggrannhet uppnås. Varierande last påverkar naturligtvis noggrannheten i position. Bäst resultat erhålles om krypfarten kan hållas låg, vilket idag är fullt möjligt med de vektorstyrda omriktarna. Behovet att gå ner till krypfart ger dock en viss tidsförlust [5].

2.5.5 Positionering med analogt hastighetsbörvärde

Finns behovet att steglöst variera motorns hastighet och samtidigt kunna ändra accelerationsramper och retardationsramper, måste man styra frekvensomriktaren med en analog styrsignal. Med en korrekt trimmad positionsregulator i PLC-systemet kan man få bra positioneringsnoggrannhet [5].

2.5.6 Positioneringsenheter

I detta examensarbete används en extern PLC från Mitsubishi av typ FX3U för simulering av HF/LF-givare och ändlägesgivare. Med tanke på att PLC:n behöver räkna antalet pulser från pulsgivaren som sitter på växellådan för att kunna simulera givarna, så ställs det ganska höga krav vad gäller hastigheten på enheten. Pulsgivaren är av typ Strängnäs och sitter monterad på växellådan och den levererar 4000 pulser under ett motorvarv. Vid en hastighet på 50 Hz är frekvensen på pulserna ungefär 30 kHz, vilket ställer krav på PLC-enheten. I PLC-enheten används en räknare som håller reda på antalet pulser som pulsgivaren levererar. För att simulera givarna används en funktion som delar in pulserna i områden och kopplar dem till motsvarande utgång, t.ex. ändlägesgivare 1 är inom området 0-1000 pulser och det andra gränsläget kan vara inom 12000-13000. Detta ställer självklart stora krav på utgångarna och denna modul använder sig utav reläutgångar i grundutförande. Normal fördröjning på denna typ av utgångar ligger på ungefär 10-20 ms vilket motsvarar 300 till 600 pulser fördröjning. Detta är självklart något som begränsar positioneringsnoggrannheten avsevärt. För att ta bort denna fördröjningen kan reläutgångarna bytas till transistorutgångar med en tilläggsmodul vilket förbättrar positioneringsnoggrannheten avsevärt. I moment två i examensarbetet används ett pulsgivarkort på frekvensomriktaren för positionering. Detta är direktkopplat till frekvensomriktaren och genom detta så lägger omriktaren upp en körprofil ut efter antalet pulser som ska förflyttas och inställningarna i omriktaren [8], [14].

2.6 Kalibrering

Det finns många olika namn för kalibrering i positioneringssammanhang. Exempel på andra namn är hemmalägesökning eller mekanisk nollning. Anledningen till att kalibrering används är att positioneringssystemet skall få information om var den rörliga mekaniken på motoraxeln exakt befinner sig i förhållande till övrig statisk mekanik. Detta görs genom en speciell kalibreringssekvens och behöver endast göra en gång under förutsättning att systemet förblir spänningssatt. Kalibreringen fungerar på så vis att den rörliga mekaniken förflyttas av motorn i endera riktning och vid en viss position, mekaniska nollpunkten genereras en signal till positioneringssystemet. Då den mekaniska nollpunkten är bestämd vet positioneringssystemet med hjälp av pulsgivaren alltid var mekaniken befinner sig i förhållande till lägesreferensen. Precis som vid positionering går det vid kalibrering inte att få bättre noggrannhet än mekaniken tillåter. Vid användning av en inkrementell pulsgivare finns det olika metoder för att skapa en lägesreferens. Gemensamt för alla metoder är att då mekaniken befinner sig i den mekaniska nollpunkten genereras en signal till positioneringssystemet. När signalen kommer vet positioneringssystemet var mekaniken befinner sig och nollställer vanligtvis sin egen positionsräknare. Pulsgivaren kommer därefter att räkna upp eller ner positioneringsräknaren beroende på mekanikens rotationsriktning och därför kommer mekanikens aktuella position alltid vara känd. Vad som används för att skapa signalen i den mekaniska nollpunkten beror på applikationens noggrannhetskrav och mekaniska konstruktionen [5]. De tre vanligaste kalibreringssätten är:

- Kalibrering med endast kalibreringsgivare, nämns i denna rapport
- Kalibrering med kalibreringsgivare och nollpulsen från motorns pulsgivare

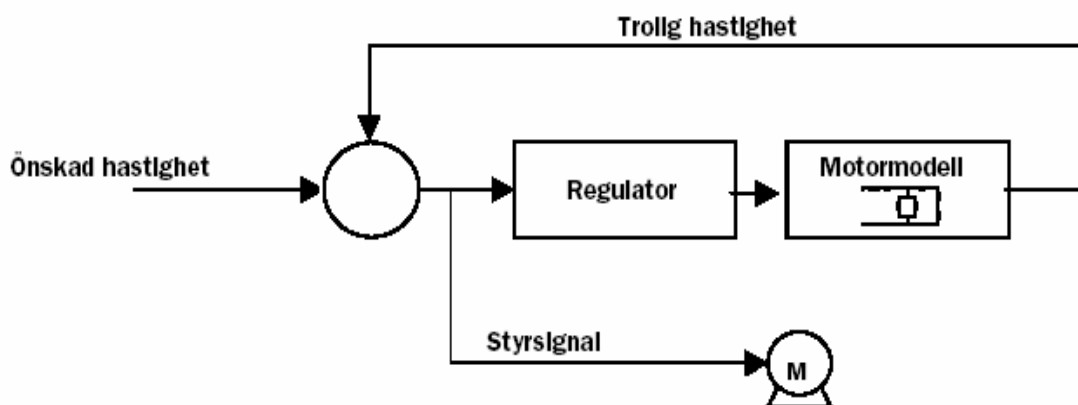
- Kalibrering mot ett mekaniskt stopp

Kalibrering med endast kalibreringsgivare

Denna metod används framför allt vid positionering med frekvensomriktare och i servoapplikationer med låga noggrannhetskrav. Metoden innebär att motorn körs med en viss hastighet till signal från kalibreringsgivaren, i form av en induktiv givare eller lägesbrytare erhålls. En viss spridning av den mekaniska nollpunkten kommer att uppstå pga. motorhastigheten och scantiden i styrsystemet och varierande last under retardationen. Denna spridning kan i många fall bli större än vad applikationen tillåter. Därför ska alltid den maximala spridningen som kan uppstå ligga inom toleranserna. Enklaste sättet att minska spridningen är att minska motorhastigheten då kalibreringsgivaren aktiveras. Detta medför att den sträcka som tillryggaläggs mellan varje avläsning av positioneringssystemet ingångar minskar, vilket medför att motorn stoppas mer exakt. Denna metod kommer dock göra att kalibreringen tar längre tid ett genomföra. För att få en snabb och mer exakt kalibrering kan en kombination av hög och lågfart på motorn kombineras [5].

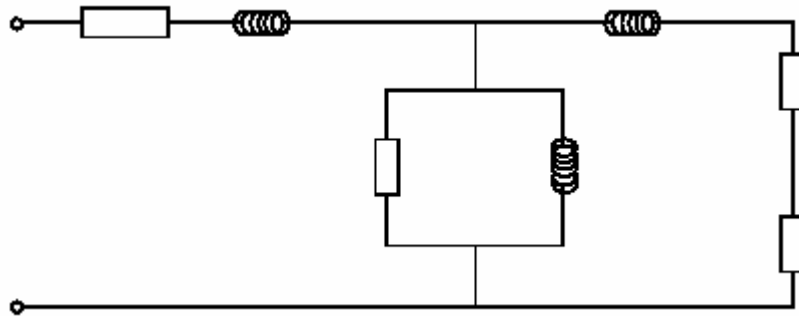
2.7 Vektorreglering

Något som blir allt vanligare är flödesvektorreglering eller vektorreglering av asynkronmotorer. Denna funktion börjar även dyka upp i allt enklare frekvensomriktare. Genom vektorreglering förbättras asynkronmotorns moment vid låga varvtal, under 10% av märkvarvtalet. Principen med vektorreglering går ut på att asynkronmotorns moment regleras genom att hålla det magnetiska flödet i rotorn konstant. Detta är en ganska krånglig teknik därför att rotorflödet och rotorströmmen inte går att mäta på en kortsluten asynkronmotor. Detta löses genom att asynkronmotorns flöde beräknas med en matematisk modell enligt figur 27. Styrsignalen till modellen styrs också ut till den verkliga motorn och om dessa överstämmer så förbättras motorns prestanda avsevärt.



Figur 27. Reglerloopen i en vektorstyrd omriktare.

När frekvensomriktaren trimmar in flödesvektorregleringen försöker den mäta upp motorns olika parametrar. Detta överförs till den matematiska modellen så att den stämmer överens med den verkliga modellen av asynkronmotorn, figur 28 [4], [5].



Figur 28. Motormodell.

2.8 Lägesgivare

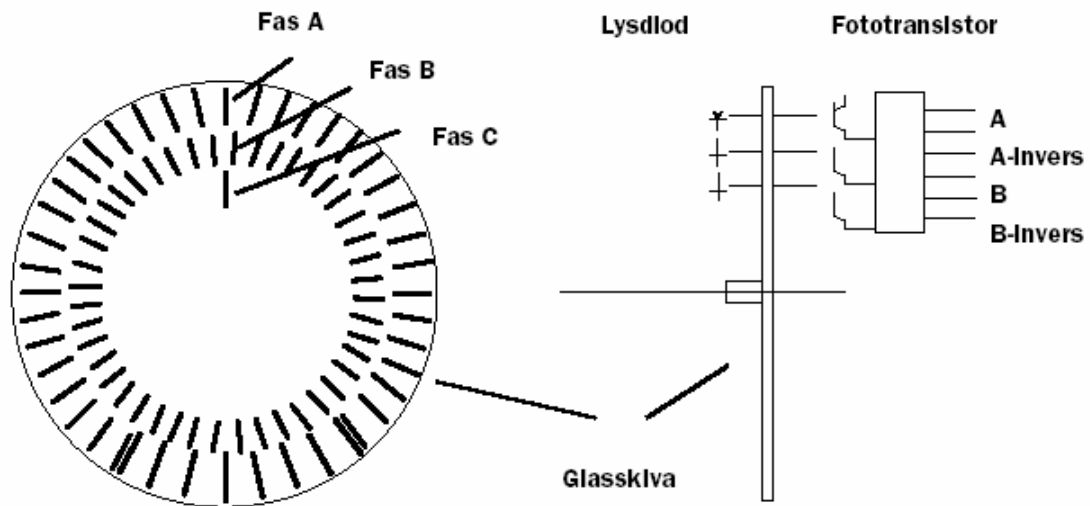
Vid den enklaste typen av positionering används en gränslägesbrytare för att ange stoppositionen. Om det krävs ökad flexibilitet behövs en givare som kan ge kontinuerlig information om aktuell position. Vid applikationer som bearbetningsmaskiner kvävs det hög upplösning och repeter Noggrannhet. Dagens givare benämns ofta pulsgivare eller encoder och kan indelas i två huvudgrupper:

- Inkrementell givare
- Absoluta givare

Inom dessa grupper finns såväl linjära som roterande givare. De roterande absolutgivarna kan vara en- eller flervarviga. Flervarviga givare är ibland en kombination av flera givare med en inbyggd mekanisk utväxling. De kan också vara så kallade pseudoabsolutgivare med internt batteri för att behålla positionsvärdet vid spänningsavbrott [5].

2.8.1 Inkrementalgivaren

Inkrementalgivaren kan ha en upplösning från 10 till 100 000 pulser per varv. Givaren består generellt av en så kallad kodskiva innehållande två cirkulära mönster (A-kanal och B-kanal) med spalter och mörka fält. Med hjälp av en lysdiod och en fotodiod detekteras kanalerna som sitter monterade på var sin skiva av kodskivan. Totalt genereras tre ut signaler A, B och C. Antalet spalter för varje kanal anger upplösningen och spalterna sitter symmetriskt fördelade på ett varv, figur 29.

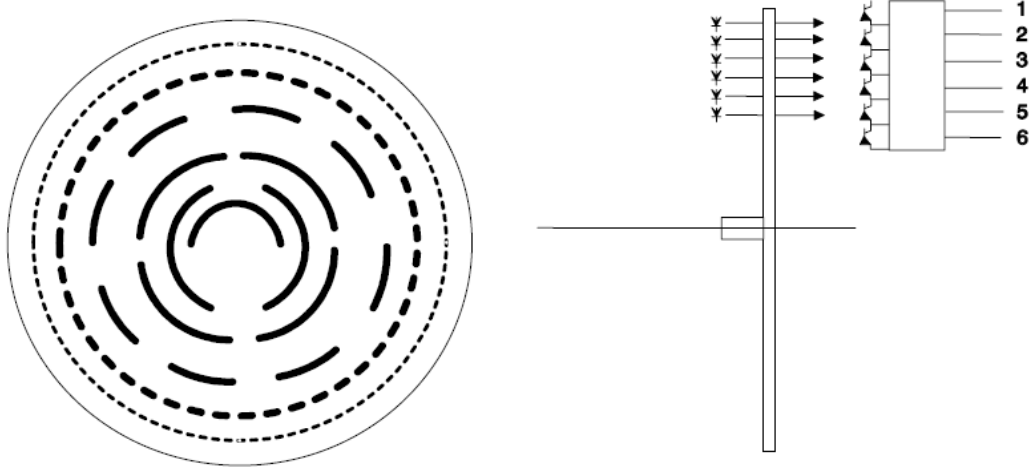


Figur 29. Inkrementell pulsgivare med komplementära A-, B-, C-utgångar.

De cirkulära mönstrena är inbördes förskjutna en halv spalt. Pulstågen kommer att detekteras med en fasförskjutning på 90 grader genom denna konstruktion. Detta ger möjlighet att detektera givarens rotationsriktning. Den tredje kanalen (C-kanalen) på kodskivan innehåller endast en spalt per varv. Genom att använda nollpulsen vid kalibrering som ges en gång per varv fås en mycket exakt position på motorn. Utspänningen kan varieras mellan 5-24 VDC genom att använda olika typer av utgångssteg. Den vanligaste utspänningsformen är 5 VDC med komplementärsignaler, dvs förutom A, B och C-kanalen finns det även motsvarande inverterande utgång. Denna kan användas för att undertrycka störningar.

2.8.2 Absolutgivaren

Absolutgivaren är också en optoelektrisk givare med principiellt samma detekteringsprincip av spalter som den inkrementella, figur 30. Skillnaden är att absolutgivaren har ända upp till 16 parallella mönster med spalter. Mönstren är formade på så vis att utsignalen från givaren bildar ett binärt eller Graykodat ord. Graykod innebär att endast en bit förändras vid varje värdesändring. Vanligtvis är en givare av denna typ endast "absolut" på ett varv. Lösningar med flera skivor och utväxlingar ger flervarviga absolutgivare. Fördelen med absolutgivare är att motoraxelns fysiska position alltid är känd, vilket gör att motorn inte behöver kalibreras efter spänningstillslag. Nackdelen är att denna typ av givare kostar något mer. En allt vanligare variant är den digitala absolutgivaren (pseudoabsolut). Den digitala absolutgivaren innehåller en batterimatad pulsräknare som presenterar positionen som ett absolutvärde. Detta ger fördelen att givaren kan tillverkas med lika hög upplösning som en inkrementell givare, vilket gör att antalet mönster på glasskivan kan hållas nere och att den lätt kan göras flervarvig utan någon mer mekanik inblandad. Nackdelen är självklart att den behöver batterimatning.



Figur 30. Absolutgivaren.

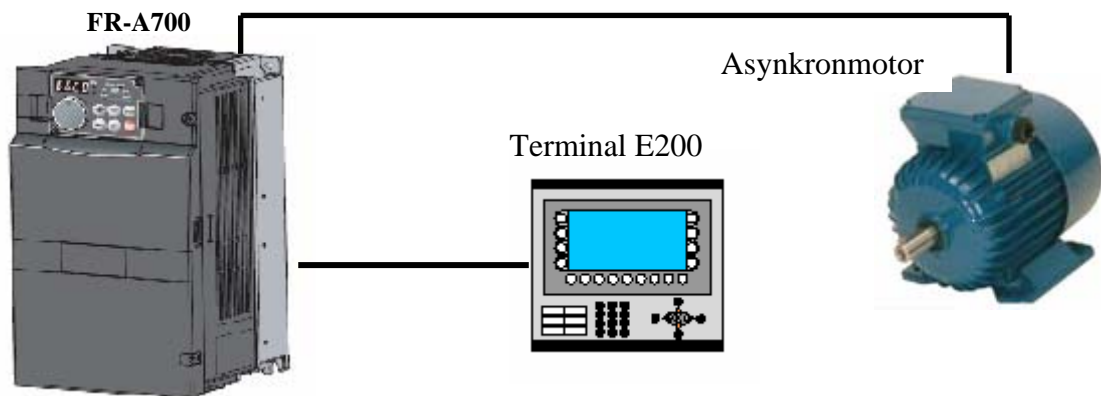
3 Metod

Examensarbetet är uppdelat i två moment:

- Positionering av last med simulerade givare
- Positionering av last med pulsgivare

3.1 Positionering av last med simulerade givare

I första delprojektet används en frekvensomriktare FR-A740 med inbyggd PLC (CPU A0JH). Frekvensomriktaren positionerar en 3-fas asynkronmotor av typ Groschopp som i sin tur är kopplad till ett rullband. För manövrering används en operatörspanel av modell E200 från Beijer Electronics, allt åskådliggörs i figur 31 [6].



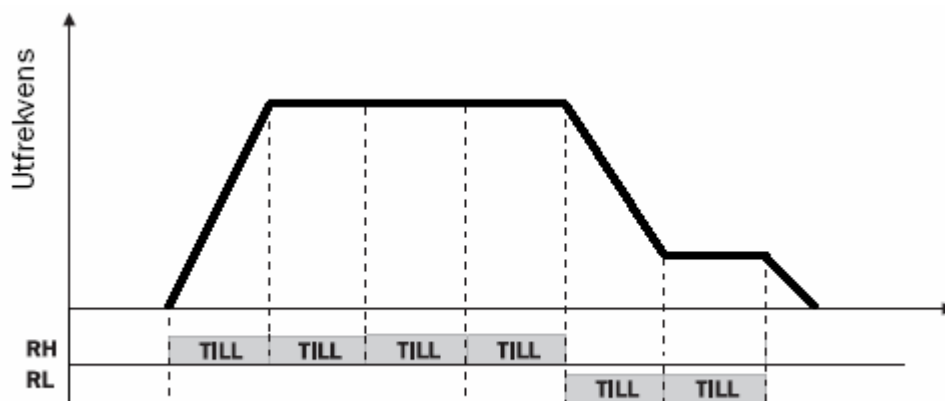
Figur 31. Uppkoppling.

PLC-programmet är skrivet i GX Developer version 8.30G. PLC-programmet finns beskrivet i kapitel 3.1.7 och koden finns med som bilaga i appendix. Programmeringen av terminalen gjordes i E-Designer och finns beskrivet i kapitel 3.1.8.

3.1.1 Funktion

Med hjälp av en asynkronmotor styrs en linjärenhet till valfri position med en kontrollerad körprofil enligt figur 32. En frekvensomriktare styr steglöst asynkronmotorns hastighet samt ger möjlighet till kontrollerade accelerations- och retardationsramper.

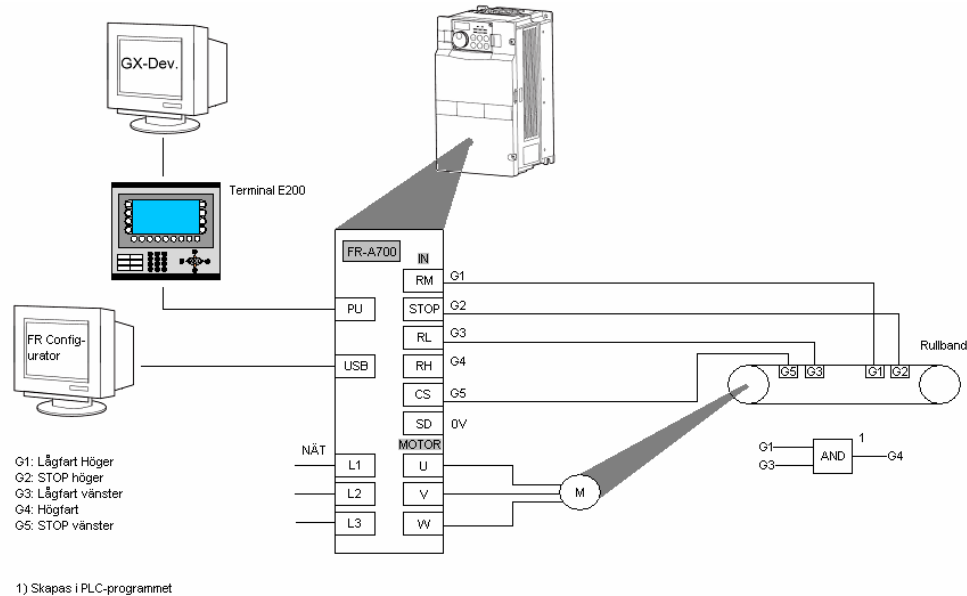
För att erhålla hög positioneringsnoggrannhet och önskad körprofil krävs ett PLC-system med tillhörande PLC-program, vilket redan finns inbyggt i frekvensomriktaren. PLC-programmet styr baserat på givare frekvensomriktaren och därigenom motorn, så att önskad körprofil och slutposition erhålls [6].



Figur 32. Körprofil (RH=högfart och RL=Lågfart).

3.1.2 Inkoppling av process

Programmering av PLC-delen i frekvensomriktaren görs uteslutande från frekvensomriktarens PU-anlutning (anslutning mellan PC och frekvensomriktaren). Princiell skiss med respektive hårdvaruenhet finns i figur 33.



Figur 33. Princiell skiss av hårdvaran.

För att göra parameterändringar i frekvensomriktaren kan två sätt användas. För att göra det från PC:n används ett program från Mitsubishi, FR Configurator. I detta program kan även frekvens, motorströmmar, hastigheter mm övervakas. Parameterändringar kan även göras direkt på frekvensomriktaren.

3.1.3 Kommunikation mellan PLC-system och frekvensomriktare

Tabellen nedan anger de signaler som måste anslutas mellan styrsystemet och frekvensomriktaren. Vid användning av terminal sker styrning inte genom plintarna (ingångarna på frekvensomriktaren), utan av respektive minnescell [7].

Frekvensomriktare (plintnamn)	PLC-system	Beskrivning
-	M9200	Startsignal för rotationsriktning framåt
-	M9201	Startsignal för rotationsriktning bakåt
-	M9205	Manuellt läge
-	M9210	Reset, stopp av frekvensomriktare
RT	RUN mode för PLC	Kopplad till SQ, Pr 183 ändras till värde 50. Måste vara ansluten till 24 V för att PLC ska befinna sig i RUN mode.
CS	X08	Givare för ändläge vänster (STOP vänster)

RL	X04	Givare för lågfart vänster (LF-vänster)
STOP	X0A	Givare för ändläge höger (STOP höger)
RM	X03	Givare för lågfart höger (LF-höger)

3.1.4 PLC-programmets funktion

PLC-programmets funktion är att utifrån önskad acceleration, retardation, hastighet och position generera en hastighetsprofil för motorn och sedan via frekvensomriktaren styra motorn så att önskad hastighetsprofil erhålls [7].

3.1.5 PLC-programmets uppbyggnad och funktioner

Här förklaras mer ingående varje programrads funktion. Motsvarande block är kopplat till programkoden i appendix.

Följande programdelar ingår i PLC-programmet Main:

Block	Funktion
0	Körs första programvarvet. Bestämmer vilka pinnar som ska användas. Exempelvis: STF, STR, osv.
9	Läser på ingång STF och ger startsignal om STF och STOP-vänster är hög, STR och JOG höger är låg. Sätter minnescell M1, som genererar en puls.
18	Läser på ingång STR och ger startsignal om STR och STOP-höger är hög, STF och JOG är låga. Sätter minnescell M3, som genererar en puls
27	Startar framåt rotation (STF) genom att sätta minnescell M9200 om minne M1 är högt. Startas även om JOG och STF är höga och STR är låg.
39	Startar bakåt rotation (STR) genom att sätta minnescell M9201 om minnescell M3 är hög. Startas även om JOG och STR är höga och STF är låg.
51	Ger stoppsignal om någon av de externa STOP-givarna slår till. Sätter minnescell M2 som generera en puls. Minnescell M4 används för att skapa rätt körprofil, dvs när motorn går från stopp till högfart är M4 aktiv. Nollställs när motorn befinner sig i högfart.
57	Stoppas motorn genom att nollställa minnescellerna M9200, M9201 och M9210. Detta genom att minnescell M2 eller Reset inv. är höga. Genom att JOG är hög, STR och STF har lika värde.
84	Hjälp minne för aktivering av högfart
90	Sätter M27 för indikering av högfartsområde
99	Resetar högfartsområdet vid inträde i lågfartsområde
107	Kör motorn på högfart genom att sätta minnescell M9202 när JOG är låg och externa högfartsgivaren X2 är hög eller när minnescell M4 är hög.
116	Nollställer minnescell M4 då högfartsgivaren X2 är hög.
118	Kör motorn på lågfart genom att sätta minnescell M9204 när de externa lågfartsgivarna X3 eller X4 är höga, samt när minnescell M4 och JOG är låg.
125	JOG mode när styrning sker från plint på omriktaren.
135	Kör motorn i JOG mode genom att sätta minnescell M9205 när JOG är hög och STF eller STR är höga.
142	Körs första programvarvet. Genererar puls för att initiera basfrekvens.
147	Minne M17 genererar puls för att parameterändring i frekvensomriktaren skall kunna ske
151	Parameterändring i frekvensomriktaren. Ändrar parameter genom att välja vilken i dataregister D111. Den valda parametern flyttas sedan över till dataregister D9241. Parametervärdet ändras sedan genom att dataregister D112 sätts till önskat värdet, vilket sedan överförs till dataregister D9242.
165	Operatören sätter dataregister D110, vilket blir värdet för basfrekvensen som sparas i dataregister D9144.
175	Minne M9217 anger vilket status som ska ges till lysdioden på operatörspanelen. Värdet sätt i dataregister D115
181	Minne M9218 anger vilket status som ska ges till lysdioden på operatörspanelen. Värdet sätt i dataregister D116

187	När minne M9216 är lågt, nollställs dataregistren D115 och D116.
198	Utgång (IPF) – positionering bakåt klar
201	Utgång (SU) - positionering framåt klar
204	Utgång (OL) – omriktare klar för ny positionering
207	Utgång (RUN) – positionering pågår
209	Skapar en reset puls för RESET av ALARM
214	Resetar ALARM historiken och omriktaren
227	Puls som triggar parameter läsning
231	Läser parameter och sparar värdet i D112
245	Givare stopp bakåt aktiv
251	Givare lågfart framåt aktiv
257	Givare lågfart bakåt aktiv
263	Givare stopp framåt
269	Högfartsområde aktivt
278	Puls som triggar läsning av alarm historik
282	Läser alarm historiken och sparar det i D4-D7
311	END-instruktion

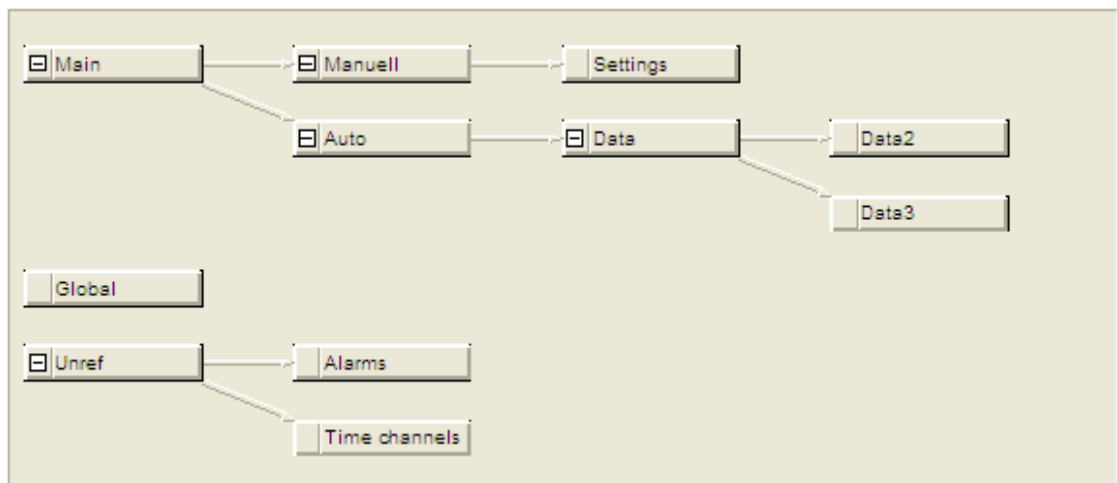
3.1.6 Terminalprogrammets uppbyggnad i E-Designer

Programmeringen av mjukvaran i terminal E-200, figur 34 görs i programmet E-Designer. E-Designer är ett grafiskt verktyg från Beijer Electronics för design och utformning av olika funktioner som önskas användas i terminaler.



Figur 34. Terminal E200.

Programmet för terminalen består av en huvudmeny som åskådliggörs när terminalen startas upp. Från huvudmenyn är det kopplat flera undermenyer figur 35. Menyernas funktion finns beskriven nedan.



Figur 35. E200-terminalens programstruktur.

Main menyn innehåller länk till manuellblocket för manuellstyrning av motorn (JOG) och en länk till Auto blocket för automatiskstyrning, alltså användning av hastighetsprofilen som är inprogrammerad i PLC.

Det finns även en reset funktion som behöver användas om stop funktionen blivit aktiverad. Main blocket har även en global länk, vilken man kan nå i vilket block man än befinner sig i.

Manuell menyn innehåller val för styrning framåt eller bakåt av motorn. Manuellmenyn innehåller länk till settingsblocket.

Settings görs inställningar för *JOG* drift och parameterinställningar för frekvensomriktarn.

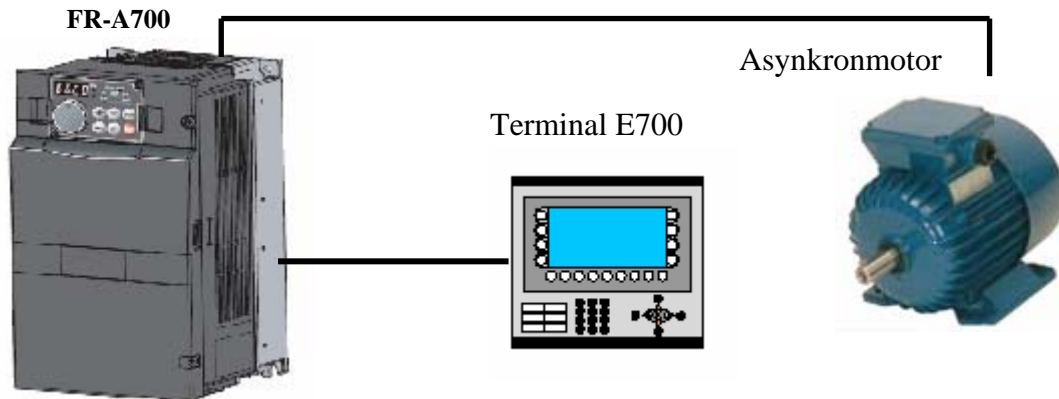
Auto innehåller val för framåt rotation av motorn med körprofil och bakåt rotation av motorn med motsvarande körprofil.

Data, data 2 och data 3 används för visning av hastigheter, frekvens, motorströmmar mm.

På terminalen finns det två knappar som är globalt kopplade till respektive funktion. Den ena är stoppfunktion som kan göras i vilket block man än befinner sig i med ett kontrollerat stopp av motorn. Terminalen innehåller ett block för larmhantering och bekräftelse av larm. Detta block är kopplat till en global knapp och kan nås överallt.

3.2 Positionering av last med pulsgivare

I andra delprojektet används en pulsgivare som är kopplad till asynkronmotorn. Pulsgivaren är i sin tur kopplad till frekvensomriktaren som med given pulsdata kan positionera motorn. För manövrering används en operatörspanel av typ E700, allt åskådliggörs i figur 36. PLC-programmet är skrivet i GX Developer version 8.30G och programmet för operatörspanelen är utformat i E-designer.

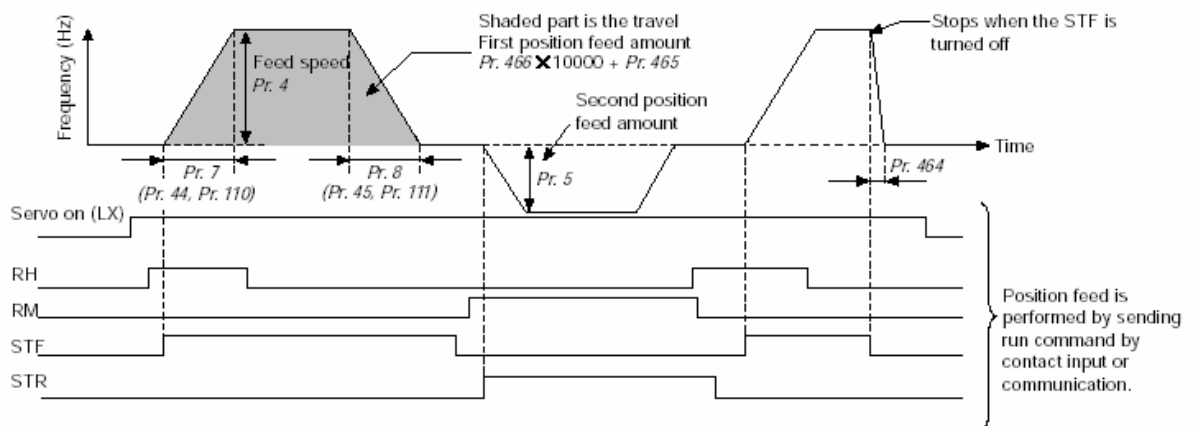


Figur 36. Uppkoppling.

3.2.1 Funktion

Med hjälp av en asynkronmotor styrs en linjärenhet till valfri position med en kontrollerad körprofil. En frekvensomriktare styr steglöst asynkronmotorns hastighet samt ger möjlighet till kontrollerade accelerations- och retardationsramper. Genom att i tex. operatörspanelen mata in antalet pulser (relativ positionering) eller önskad position (absolut positionering) till PLC-delen i frekvensomriktaren kan en positioneringsprofil skapas.

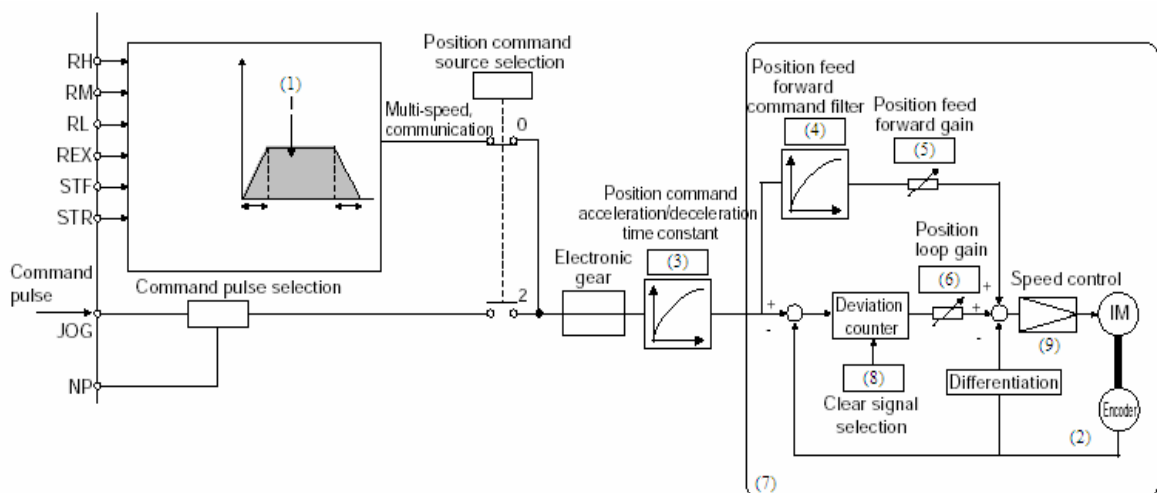
Profilen skapas genom att frekvensomriktaren tar antalet pulser inskrivet i två olika parametrar (inställningar). En parameter för pulser i intervallet 0-9999 och en parameter för pulser i 10000 tal. Genom att hämta accelerationstiden, retardationstiden och hastigheten skapar frekvensomriktaren en körprofil enligt figur 37[6].



Figur 37. Körprofil vid relativ- och absolutpositionering.

3.2.2 Generering av körprofil och positionskontroll

I nedanstående figur 38 beskrivs hur frekvensomriktaren genererar en körprofil vid positionsreglering. Beroende på vilka insignaler som ges på RH, RM, RL och REX så används rätt hastighet, anges Hz. Med given hastighet och värden på accelerationstid (upp till given hastighet) och retardationstid (från given hastighet till STOP) genereras en körprofil (1). Denna jämförs hela tiden under positioneringen mot pulsgivardatan (2) för att hålla koll på positionen. Beroende på vad för insignaler som ligger på STF och STR så utför positionering framåt eller bakåt, använder bestämt. Accelerations/retardations filtret (3) används ifall positioneringen blir ryckig, uppstår ifall en hög växel används samtidigt som motorn ligger och snurrar på lågvarv. Position feed forward command filtret (4) i samband med position feed forward gain (5) används för att kompensera fördröjningen som uppstår vid räkningen av antalet pulser från pulsgivaren. Position loop gain (6) anger förstärkningen på positionskontroll loopen (7). Deviation counter (8) räknar antalet pulser som avviker från det önskade positionsvärdet och kompenserar detta. Allt detta kopplas in till fart kontrollen (9) som reglerar rätt fart på motorn och får den att stanna på exakt rätt position [6].



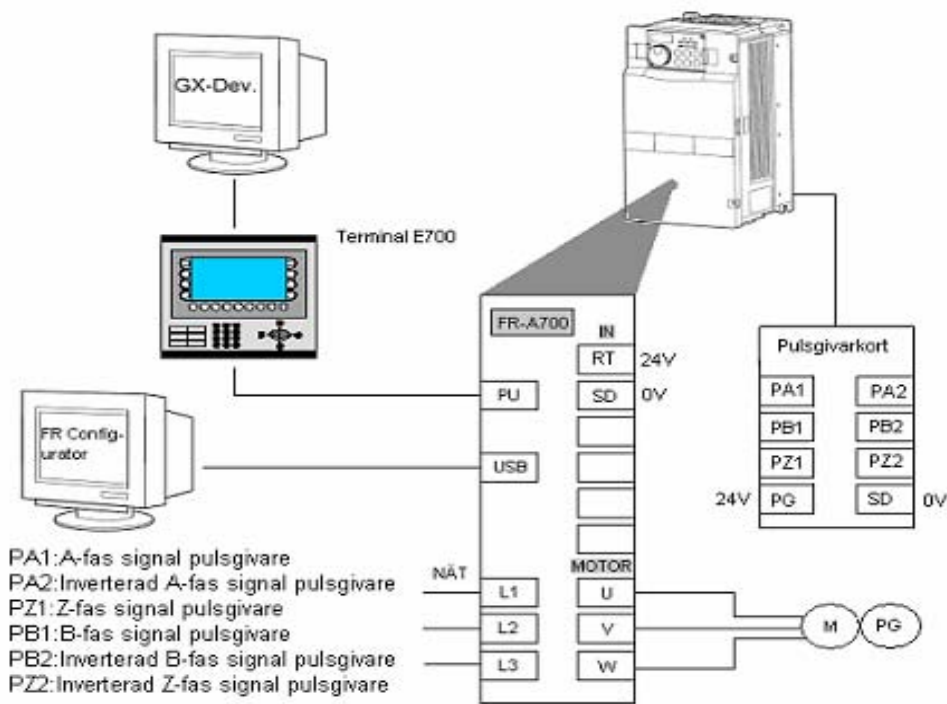
Figur 38. Positions reglering.

3.2.3 Positioneringsnoggrannhet

Genom att frekvensomriktaren skapar en körprofil där antalet pulser angivits till önskad position blir noggrannheten mycket exakt. Reglerfelet runt önskad position är cirka +/- 3 pulser maximalt. Detta fel kan bli större på grund av förslitningar i mekaniken eller ifall pulsgivardatan inte är korrekt.

3.2.4 Inkoppling av process

Programmering av PLC-delen i frekvensomriktaren görs uteslutande från frekvensomriktarens PU-anlutning (kommunikationsgränssnitt). För direkt läsning och skrivning av parametrar används ett PC-program utvecklat av Mitsubishi, FR-Configurator. Principiell skiss med inkopplingar för respektive hårdvaruenhet finns i figur 39.



Figur 39. Inkoppling av hårdvaran.

3.2.5 Kommunikation mellan PLC-system och frekvensomriktare

Tabellen nedan anger de signaler som måste anslutas mellan styrsystemet och frekvensomriktaren. Vid användning av terminal sker styrning inte genom plintarna, utan av respektive minnescell.

Frekvensomriktare (plintnamn)	PLC-system	Beskrivning
-	M1	Puls för startsignal, rotationsriktning framåt
-	M2	Puls för STOP av omriktare
-	M3	Puls för startsignal, rotationsriktning bakåt
-	M5	Start signal för JOG STF

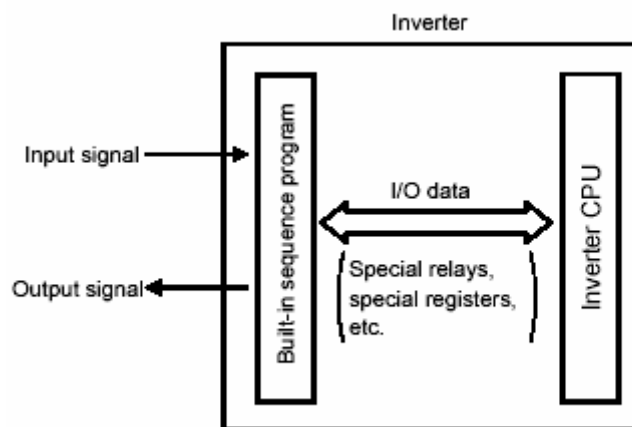
-	M6	Start signal för JOG STR
-	M7	JOG MODE, Skall vara aktiv för JOG körning
-	M8	Nödstop
-	M10	MAIN MODE, puls krävs vid växling mellan driftlägen.
-	M11	In position, Aktiv när positionering är klar
-	M12	Relativ MODE, skall vara aktiv för relativ positionering
-	M16	Aktivera skrivning av parameter
-	M19	Reset alarm
-	M20	Start av kalibrering med direktstop
-	M22	Start av kalibrering med negativ flank sökning
-	M23	Godkänn skrivning av pulser i absolut mode
-	M24	Calibration MODE, Skall vara aktiv vid kalibrering
-	M25	Lsn, ändlägesgivare, byts mot givarsignal
-	M26	Lsp, ändlägesgivare, byts mot givarsignal
-	M27	Kalibreringsgivare, byts till extern insignal
-	M48	Start absolutpositionering
-	M49	Paramater MODE, skall vara aktiv vid Pr. Inställning
-	M50	Absolut MODE, skall vara aktiv för absolutpositionering
-	M51	Godkänn skrivning av pulser i relativ mode
-	M53	Start relativ positionering
-	M59	LX ON/OFF. Servo on, aktiv för positioneringsreglering
-	D0	Lower pulses, 0-9999 pulser
-	D1	Upper pulses, (0-9999)*10000 pulser
-	D2	Val av värde vid parameterskrivning
-	D20	Ange riktning vid relativpositionering (-1 =STR, 1=STF)
-	D38	Val av parameter
RT	RUN mode för PLC	Kopplad till SQ, Pr 183 ändras till värde 50. Måste vara ansluten till 24 V för att PLC ska befinna sig i RUN mode.

3.2.6 PLC-programmets funktion

PLC-programmets funktion är att hantera inmatning av antalet pulser i absolutpositionering och relativpositionering och utföra beräkningar för att erhålla önskad position. När antalet pulser som krävs till önskad position är beräknade förs dessa över till frekvensomriktaren (skrivning). Aktuell position uppdateras varje gång en förflyttning sker. I PLC programmet hålls det även reda på önskad position och aktuell position. Funktioner för manuellkörning, parameterinställningar och hantering av alarm har även utvecklats i PLC-programmet.

3.2.7 Skrivning av parametrar (inställningar)

För att komma åt parametrar i omriktaren från PLC:n och göra ändringar i dessa, behövs det göras så kallade skrivningar till omriktaren, figur 40. Skrivningarna består av en liten bit programkod i PLC:n där en förfrågan om skrivning kan göras (aktivering av en minnescell). Omriktaren läser då på två dataregister, ett som innehåller den aktuella parametern och ett register som innehåller värdet som parametern ska ändras till. Detta är något som inte har gått helt smärtfritt. Anledningen verkar vara att eftersom funktionen med en PLC inbyggd i omriktaren är nytt, så verkar inte kommunikationen mellan PLC och omriktaren vara helt optimerad. De skrivningarna som behöver göras är dels direkta ändringar i parametrar, dels skrivningar för antalet pulser vid förflyttning när positionering ska utföras. Problemet som har uppstått är när två skrivningar precis efter varandra ska göras. Vilket har resulterat i att den andra skrivningen inte går igenom. Detta löstes till slut genom att en minnescell för aktivering av skrivningen sattes till toggel funktion i terminalen (minnescellen växlar mellan on/off). När skrivning ska göras så aktiveras minnescellen och när skrivningen är klar så plockas minnescellen ner i PLC programmet. Enda nackdelen med detta verkar vara att skrivningarna tar lång tid, uppemot 2 sekunder, vilket är mycket lång tid i dessa sammanhang [7].



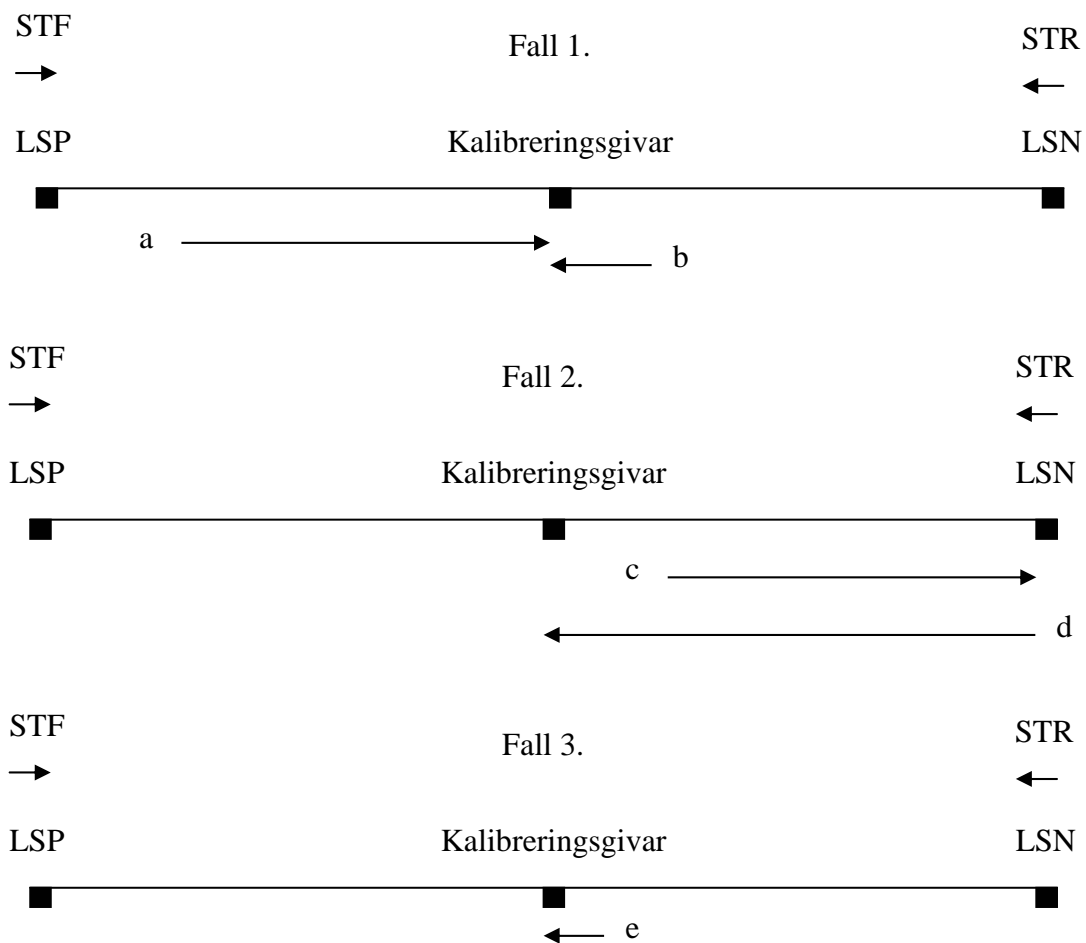
Figur 40. Skrivning av parametrar i omriktaren.

3.2.8 PLC-programmets uppbyggnad och funktioner

Kalibrering

Kalibrering används vid start av system där det är viktigt att veta var eller i vilken fas ett system är i. På grund utav detta har två metoder utvecklats för att hitta kalibreringspunkten/givaren. Vid den första metoden har stor vikt lagts vid snabbhet och att få så stor noggrannhet som möjligt. Bra noggrannhet fås genom att söka efter negativ flank. Med negativ flanktriggning menas att signal ges precis i det ögonblick då systemet går av kalibreringsgivaren. Detta görs genom att köra systemet tills kalibreringspunkten nås och därefter backa till negativ flank. Det kommer kunna uppkomma tre olika fall och

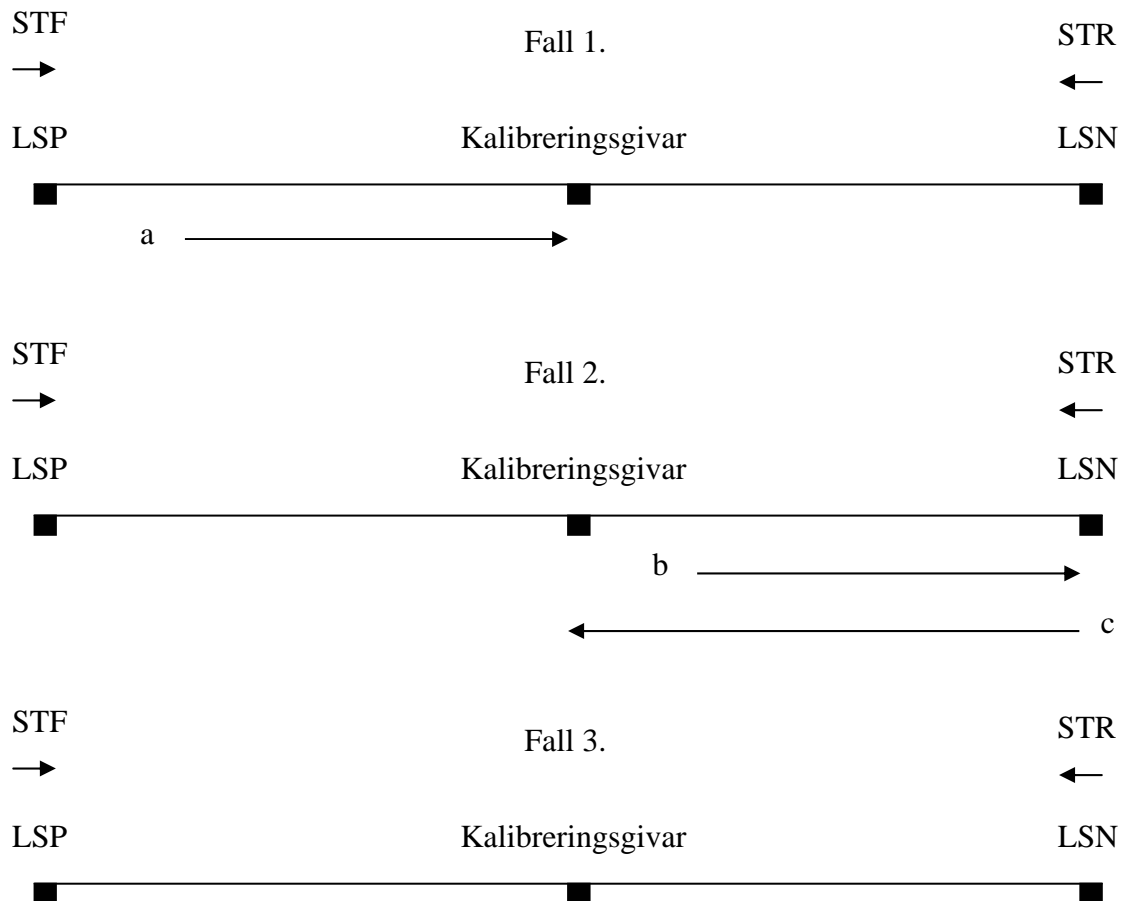
hur dessa lösts illustreras i figur 41. I fall 1 kör enheten med maxfart tills kalibreringsgivaren nås (a). Sedan ges stoppsignal och eftersom systemet troligtvis kommer åka förbi givaren på grund av den höga hastigheten ges backsignal i låg hastighet, tills negativ flank hos givaren träffas (b). I fall 2 startar kalibrering då systemet befinner sig till höger om kalibreringsgivaren. Likt tidigare ges startsignal för maxfart i STF riktning, men istället för att stöta på kalibreringsgivaren träffas ändlägesgivaren LSN (c). Nu vet PLC:n/systemet att den gått för långt och ger backsignal (STR) med låg hastighet, tills negativ flank hos kalibreringsgivaren träffas (d). I fall 3 är kalibreringsgivaren i aktivt läge redan från början. Alltså är det endast att hitta den negativa flanken på givaren och detta görs genom att ge backsignal i låg hastighet, tills negativ flank hos givaren träffas (e).



Figur 41. De olika fallen vid kalibrering med negativ flanktriggning.

Vid den andra metoden, kalibrering med direktstopp har stor vikt lagts vid att systemet inte skall backa, vilket gör att noggrannhet och snabbhet blir lidande. Detta på grund utav att det inte går att köra med för hög hastighet, vilket påverkar hur stor spridningen blir vid stoppet på givaren. Noggrannheten försämras på grund utav att det inte tas hänsyn till från vilket håll givaren gås på ifrån. Anledningen till att denna metod används är att inom vissa system går det inte eller är inte tillåtet att backa. Precis som tidigare kommer det uppkomma tre olika fall vid kalibreringen och hur dessa lösts illustreras i figur 42. Vid fall 1 ges startsignal framåt (STF) med låg hastighet tills givaren påträffas (a). I fall 2 startas kalibrering då systemet befinner sig till höger om kalibreringsgivaren. Likt tidigare

ges startsignal för lågfart i STF riktning, men istället för att stöta på kalibreringsgivaren träffas ändllägesgivaren LSN (b). Nu vet PLC:n/systemet att den gått för långt och ger backsignal (STR) med låg hastighet, tills kalibreringsgivaren påträffas (c). I fall 3 är kalibreringsgivaren i aktivt läge redan från början. Alltså systemet står på givaren och ingen förflyttning sker.



Figur 42. De olika fallen vid kalibrering med direktstopp.

Omvandlingar – Beräkningar - Omvandlingar

Eftersom det i frekvensomriktaren inte finns någon funktion för att hålla reda på hur många pulser som förflyttats måste PLC-programmet hela tiden hålla reda på dessa, det vill säga den aktuella positionen. Det här har skapat mycket bekymmer, eftersom CPU:n i frekvensomriktaren endast klarar av att behandla 16 bitars tal och applikationen kräver 32 bitars tal. För att ange pulsdatan som kan vara mycket stora tal så krävs det minst 32 bitars format för att representera talen. Detta har dock kunnat lösas med hjälp av att operatörspanelen klarar att skicka och ta emot 32 bitars tal i BCD-format (Binary Coded Decimal). När pulserna skickas från terminalen till CPU:n delas de 32 bitarna upp och sparas i två efterföljande 16 bitars dataregister. Därefter är en omvandling från BCD- till binärtformat nödvändig. Detta på grund utav att det annars inte går att göra beräkningar i CPU:n [10].

För att kunna göra omvandlingen flyttas de första 16-bitarna som ligger i ett dataregister till 16 efterföljande minnesceller. Minnescellerna grupperas och multipliceras med

respektive vikt, dvs de första 4 bitarna med 1 och nästföljande 4 bitarna med 10 och så vidare. Resultatet av multiplikationerna sparas i 4 stycken olika dataregister och dessa summeras sedan i ett data register. Motsvarande operation görs även för de övre bitarna. Beroende på om en relativ eller absolut förflyttning ska genomföras är det olika beräkningsalgoritmer som utföres. Om relativ förflyttning önskas ska terminalen även skicka åt vilket håll förflyttningen skall göras. Det här bestäms genom att operatören får mata in en teckenbit, plus ett eller minus ett i ett fält i terminalen för förflyttning framåt (STF) respektive bakåt (STR). Eftersom antalet pulser som önskas förflyttas är sparade i två olika dataregister krävs det ett antal jämförelser och beräkningar för att uppdatera är positionen. Dessa går till enligt följande pseudokod:

```

if(teckenbit=-1)
    aktuell_pos_lower=aktuell_pos_lower-pos_lower
    aktuell_pos_upper=aktuell_pos_upper-pos_upper
    if(aktuell_pos_lower<0)
        aktuell_pos_upper=aktuell_pos_upper-1
        aktuell_pos_lower=aktuell_pos_lower+10000

if(teckenbit=1)
    aktuell_pos_lower=aktuell_pos_lower+pos_lower
    aktuell_pos_upper=aktuell_pos_upper+pos_upper
    if(aktuell_pos_lower>=10000)
        aktuell_pos_upper=aktuell_pos_upper+1
        aktuell_pos_lower=aktuell_pos_lower-10000

```

Vid absolut förflyttning blir de antal pulser som skrivs in den nya ärpositionen i förhållande till kalibreringsläget. Antalet pulser måste räknas ut och hur detta går till visas i pseudokoden nedan:

```

if(pos_upper>aktuell_pos_upper & pos_lower<aktuell_pos_lower)
    förflyttning_lower=aktuell_pos_lower-pos_lower-10000
    förflyttning_upper=pos_upper-aktuell_pos_upper-1
    riktning=STF

if(pos_upper>aktuell_pos_upper & pos_lower>=aktuell_pos_lower)
    förflyttning_lower=pos_lower-aktuell_pos_lower
    förflyttning_upper=pos_upper-aktuell_pos_upper
    riktning=STF

if(pos_upper<aktuell_pos_upper & pos_lower>aktuell_pos_lower)
    förflyttning_lower=10000-pos_lower-aktuell_pos_lower
    förflyttning_upper=aktuell_pos_upper-pos_upper-1
    riktning=STR

if(pos_upper<aktuell_pos_upper & pos_lower<=aktuell_pos_lower)
    förflyttning_lower=aktuell_pos_lower-pos_lower
    förflyttning_upper=aktuell_pos_upper-pos_upper
    riktning=STR

```

```
if(pos_upper=aktuell_pos_upper & pos_lower>aktuell_pos_lower)
  förflyttning_lower=pos_lower-aktuell_pos_lower
  förflyttning_upper=0
  riktning=STF
```

```
if(pos_upper=aktuell_pos_upper & pos_lower<aktuell_pos_lower)
  förflyttning_lower=aktuell_pos_lower-pos_lower
  förflyttning_upper=0
  riktning=STR
```

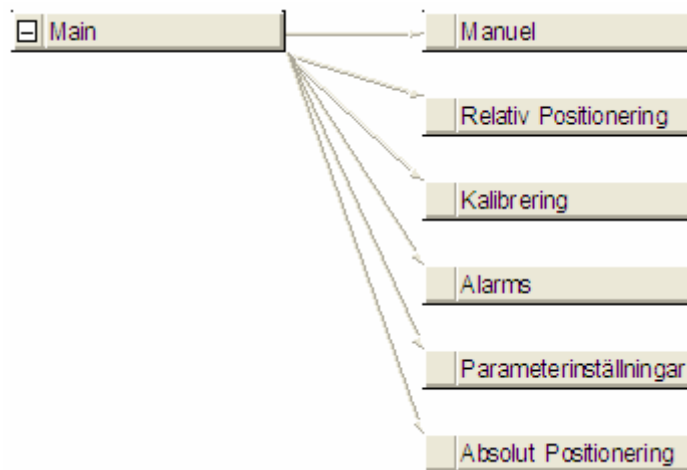
För att kunna representera den aktuella positionen är det tvunget att omvandla den binära datan tillbaks till BCD format. Detta görs genom att först konvertera de 16 lägre bitarna och sedan de 16 övre bitarna. I pseudokoden nedan visas binär-BCD omvandlingen [9], [12], [13].

```
a = aktuell pos % 10
b = aktuell pos% 100
c = aktuell pos% 1000
d = aktuell pos% 10000
```

```
BCDcode = a + b*16 + c*256 + d*4096
```

3.2.10 Terminalprogrammets uppbyggnad i E-Designer

Nedanstående figur 43 beskriver hur terminalprogrammet är uppbyggt och dess funktioner.



Figur 43. Terminal översikt.

Main – Här finns valmöjligheter för manuell drift, relativ positionering, absolut positionering, parameterinställningar, kalibrering samt alarm översikt.

Manuell – Manuell manövrering av motorn i JOG läge.

Relativ positionering – Här görs val för antalet pulser som man önskar förflytta sig. Riktning väljs genom att man skriver -1=STR eller 1=STF i fältet längst till vänster för förflyttning. Nuvarande position uppdateras och visas i fältet nuvarande position. För att göra en positionering skrivs riktning och antalet pulser in. För att skriva antalet pulser till omriktaren trycker man på knappen godkänn skrivning och klartecken inväntas på skrivning klar lampan (skifting grön-grå-grön). Nu utförs positioneringen genom att trycka på knappen start relativ positionering. När positioneringen är klar lyser lampan pos klar grönt.

Absolut positionering – Här görs val till vilken position räknat i pulser som önskas. Nuvarande position uppdateras och visas i fältet nuvarande position. För att göra en positionering skrivs antalet pulser in i fältet position. För att skriva detta till omriktaren trycker man på knappen godkänn skrivning och klartecken inväntas på skrivning klar lampan (skifting grön-grå-grön). Nu utförs positioneringen genom att trycka på knappen start absolut positionering. När positioneringen är klar lyser lampan pos klar grönt.

Parameterinställningar – I denna meny görs inställningar för parametrar i frekvensomriktaren.

Kalibrering – I denna meny utförs kalibrering. Det finns två olika sorters kalibrering. Den mest noggranna söker efter negativ flank på kalibreringsgivaren (start kalibrering) medans den andra stannar direkt vid kontakt med givaren (start kalibrering med direktstopp).

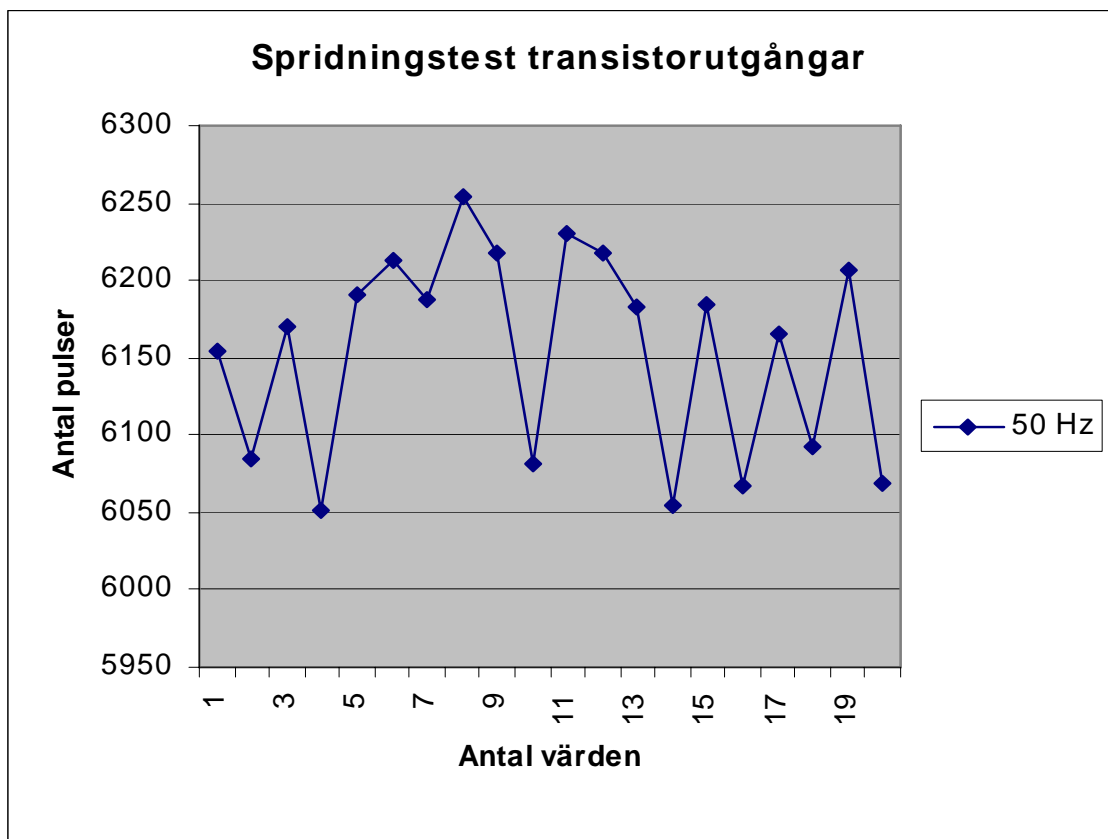
Alarms – Här listas aktuella alarm med tillhörande koder. Alarm kan bekräftas och resetas i denna meny.

4 Resultat

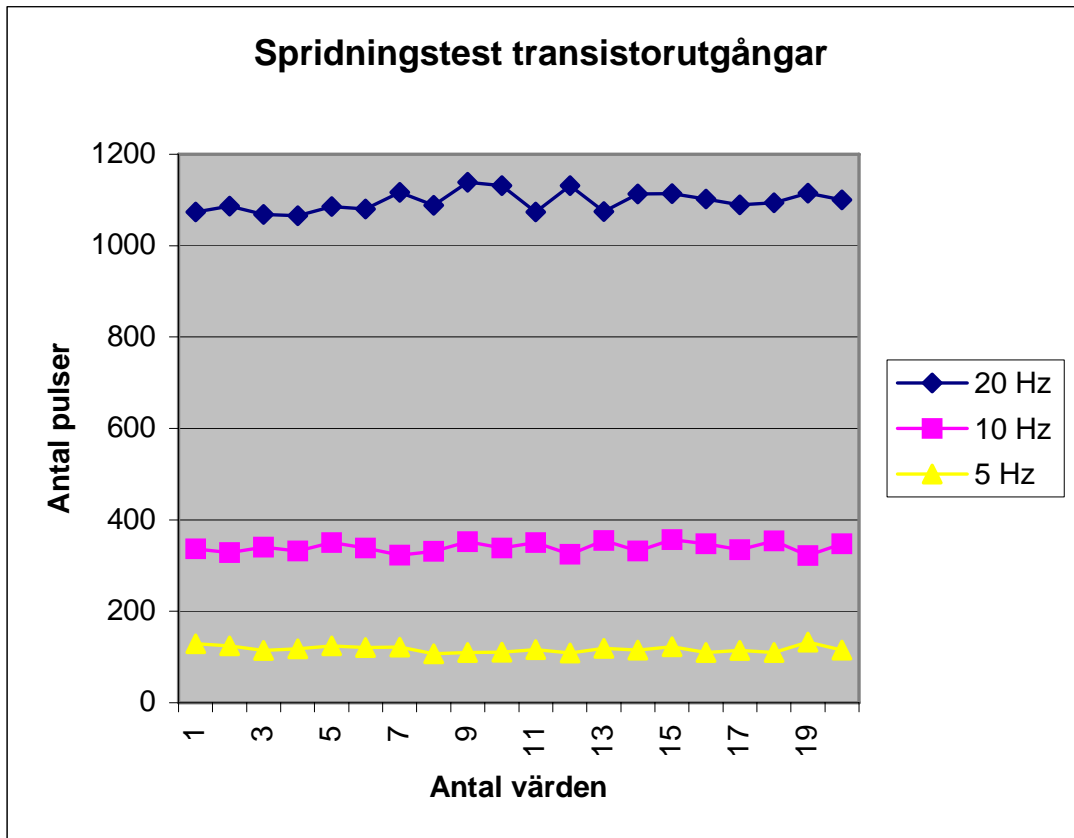
Det önskade resultatet av detta examensarbete var att underlätta för Beijer Electronics kunder vid framtagning av automationslösningar. Därför har en stor del av examensarbetet bestått i att ta fram ”kom igång” dokument för att underlätta uppstart vid drifttagning. Beijer Electronics använder sig utav en kunskapsdatabas där kunder snabbt kan hitta information om problem och ideer för att skraddarsy sitt egna system. I denna kunskapsdatabas kommer de två framtagna dokumenten att vara tillgängliga. Det relevanta i ”komigång” dokumentet för denna rapport har skalats ner i kapitlet metod. Programkod med förklaringar för de två delprojekten finns att tillgå i appendix.

4.1.1 Positioneringsnoggrannhet

Under delprojekt 1 togs mätvärden för att bedöma stoppnoggrannheten för systemet. Positioneringsnoggrannheten som erhållits är beroende av pulsgivardata, fördröjning i givare, mekanisk utväxling samt cykeltid i PLC-systemet. Med 140 byte PLC-program i frekvensomriktarn (inbyggda PLC), en fyrpolig (1500 rpm) asynkronmotor, och en pulsgivare monterad på motoraxeln som ger 4000 pulser per motorvarv kan en positioneringsnoggrannhet på ungefär 80 pulser erhållas från angiven stoppsignal vid 5 Hz. I figurerna nedan, figur 44 och figur 45 finns spridningsdata för olika hastigheter beroende på inställningar och parameterintervall.



Figur 44. Spridningstest med transistorutgångar.



Figur 45. Spridningstest med transistorutgångar.

5 Diskussion och framtid

Stora delar av examensarbetet har ägnats åt att optimera PLC-kod. Detta på grund av att minneskapaciteten som använts för lagring av programkoden endast uppgår till 1 Kbyte. En stor del av programkoden har ägnats åt att konvertera data från operatörspanelen till PLC:n i frekvensomriktaren, BCD till binärt. Anledningen har varit att CPU:n i PLC endast klarar av att göra beräkningar på data representerat i 16-bitars format.

Konverteringen har därför använts för att få ner pulsdatan på 16-bitars representation och sedan utfört beräkningar för att få fram förflyttningen i antalet pulser vid relativ- och absolutpositionering. Detta problem hade kunnat kringgås ifall tillverkaren hade gjort den återkopplade pulsdatan tillgänglig i tex. ett dataregister. Mycket tid hade sparats ifall CPU:n istället kunde utföra 32-bitars instruktioner, något tillverkaren har tagit fasta på och ska släppa uppdateringar för. Alla dessa begränsningar ligger det självklart en baktanke med och det är att tillverkaren inte vill konkurrera ut sitt eget produktsortiment i PLC-kategorin. Den slutgiltiga lösningen har precis fått plats inom minnets ramar. Detta är självklart ingen optimal lösning, eftersom en ledig minnes kapacitet på 30 procent brukar önskas för ändringar och förbättringar vid klart projekt.

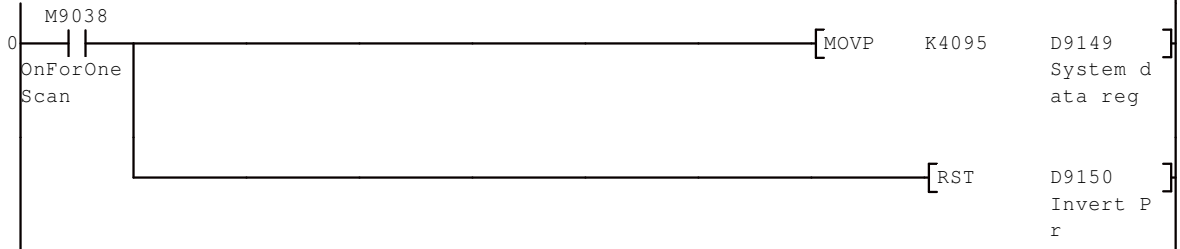
Idéen med att slå ihop ett styrsystem av PLC-typ med frekvensomriktare är självklart en bra och smidig lösning med avseende på att en kompaktare lösning uppnås. Självklart har produkten nackdelar, de viktigase nämnda ovan. En stor del av dessa beror självklart på att det är en nylanserad produkt. Mitsubishi har tidigare inte haft en frekvensomriktare med inbyggt styrsystem och flera av dessa problem får ses som barnsjukdomar.

6 Källförteckning

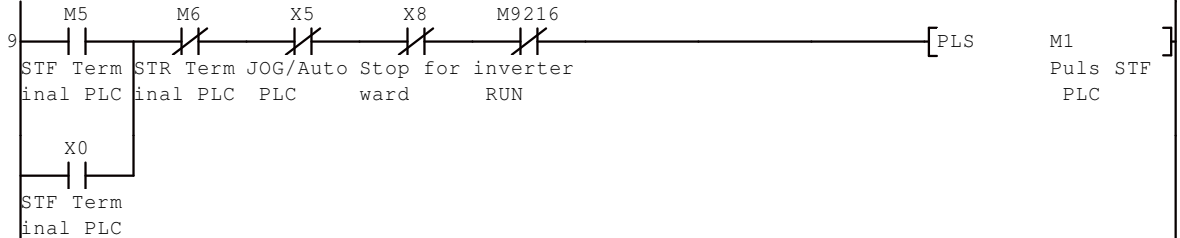
- [1] Värt att veta om frekvensomformare, Danfoss 1998
- [2] Elenergiteknik, Mats Alaküla, Lars Gertmar och Olof Samuelsson
- [3] Krafterelektronik, kompendie
- [4] Power Electronic Control, Mats Alaküla
- [5] Positioneringshandboken, G & L Beijer Electronics AB 1999
- [6] Inverter FR A740 EC Instruction manual, Mitsubishi Electric
- [7] Inverter FR-A700 PLC Function Programming Manual, Mitsubishi Electric
- [8] Emeta, <http://www.emeta.se/>
- [9] <http://sv.wikipedia.org/wiki/BCD>, adress kontrollerad 2007-01-15
- [10] <http://ww1.microchip.com/downloads/en/AppNotes/00617.pdf>,
adress kontrollerad 2007-01-15
- [11] http://www.beijer.se/web/web_aut_se.nsf/AllDocuments/4A06A6124529404BC1256F2C0043B315,
adress kontrollerad 2007-01-15
- [12] <http://direct.xilinx.com/bvdocs/appnotes/xapp029.pdf>,
adress kontrollerad 2007-01-15
- [13] http://www.doulos.com/knowhow/vhdl_designers_guide/models/binary_bcd/,
adress kontrollerad 2007-01-15
- [14] MELSEC FX3N - Programmeringsmanual

Appendix

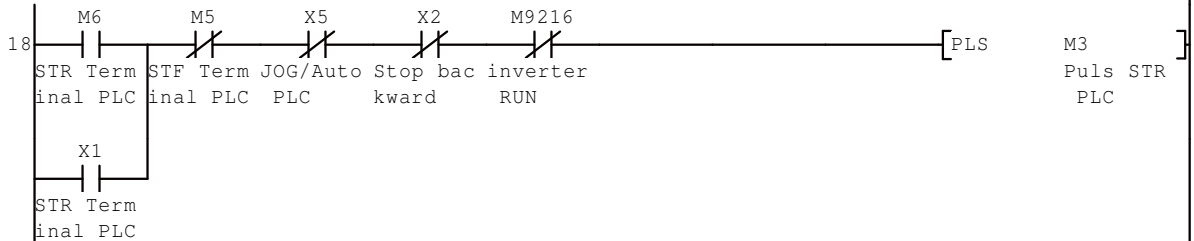
* Enable PLC control of all inputs and clear old errorcodes



* Start signal forward rotation



* Start signal reverse rotation



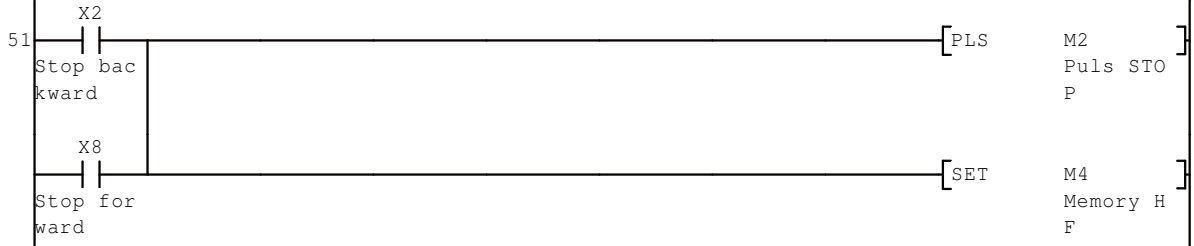
* Start forward rotation inverter



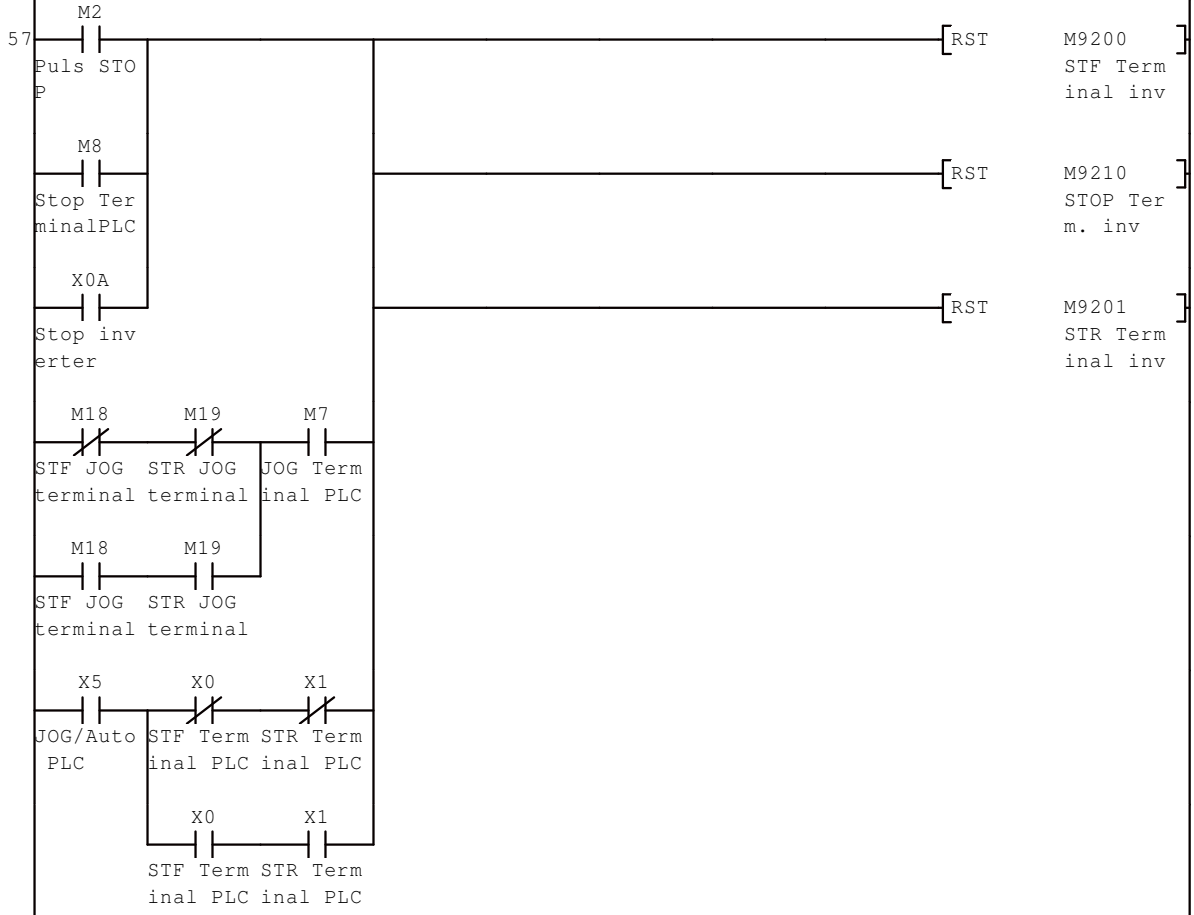
* Start reverse rotation inverter



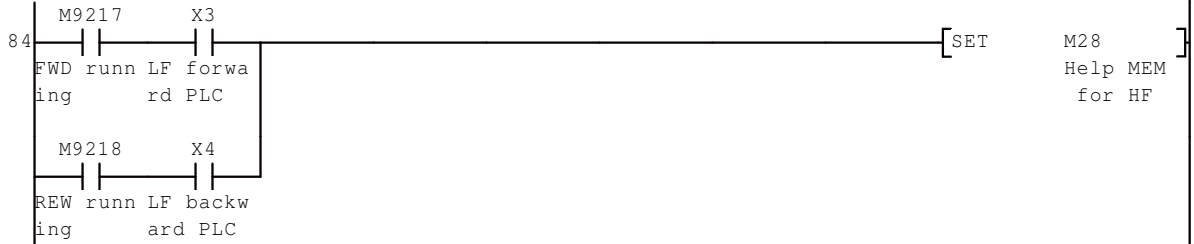
* Stop signal and memory for acceleration



* Stop inverter



* Help memory for high speed



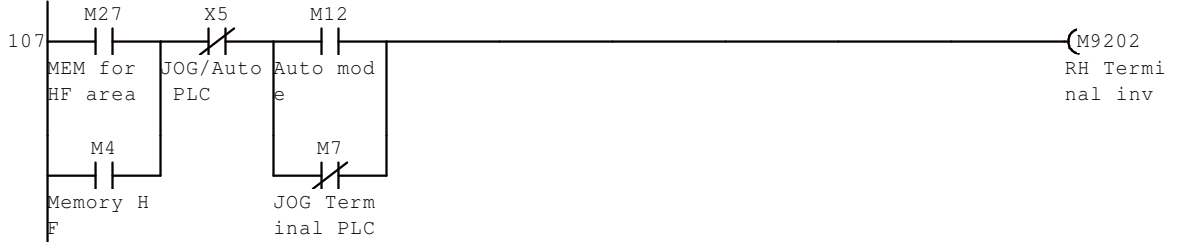
* Set M27 in high speed area



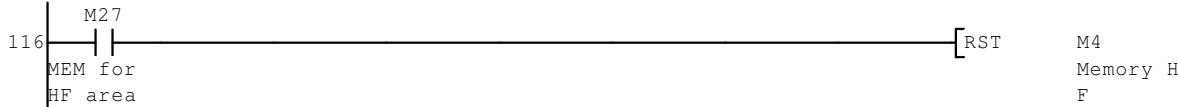
* Reset high speed in low speed area



* High speed



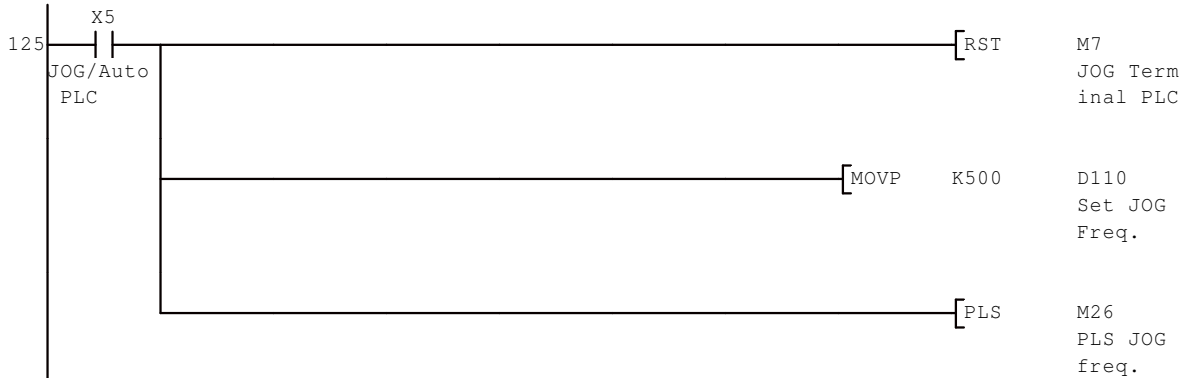
* Reset of acceleration memory



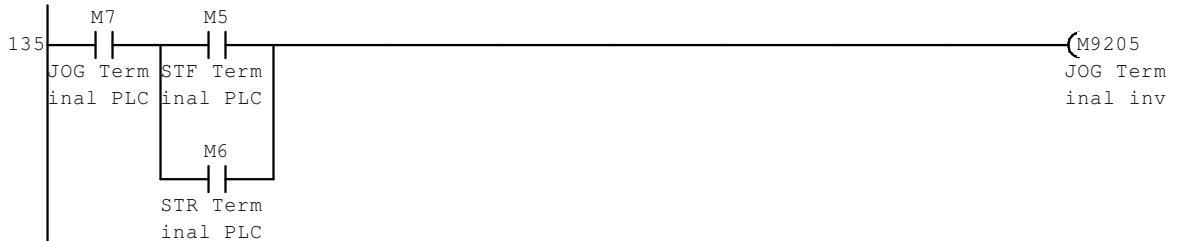
* Low speed

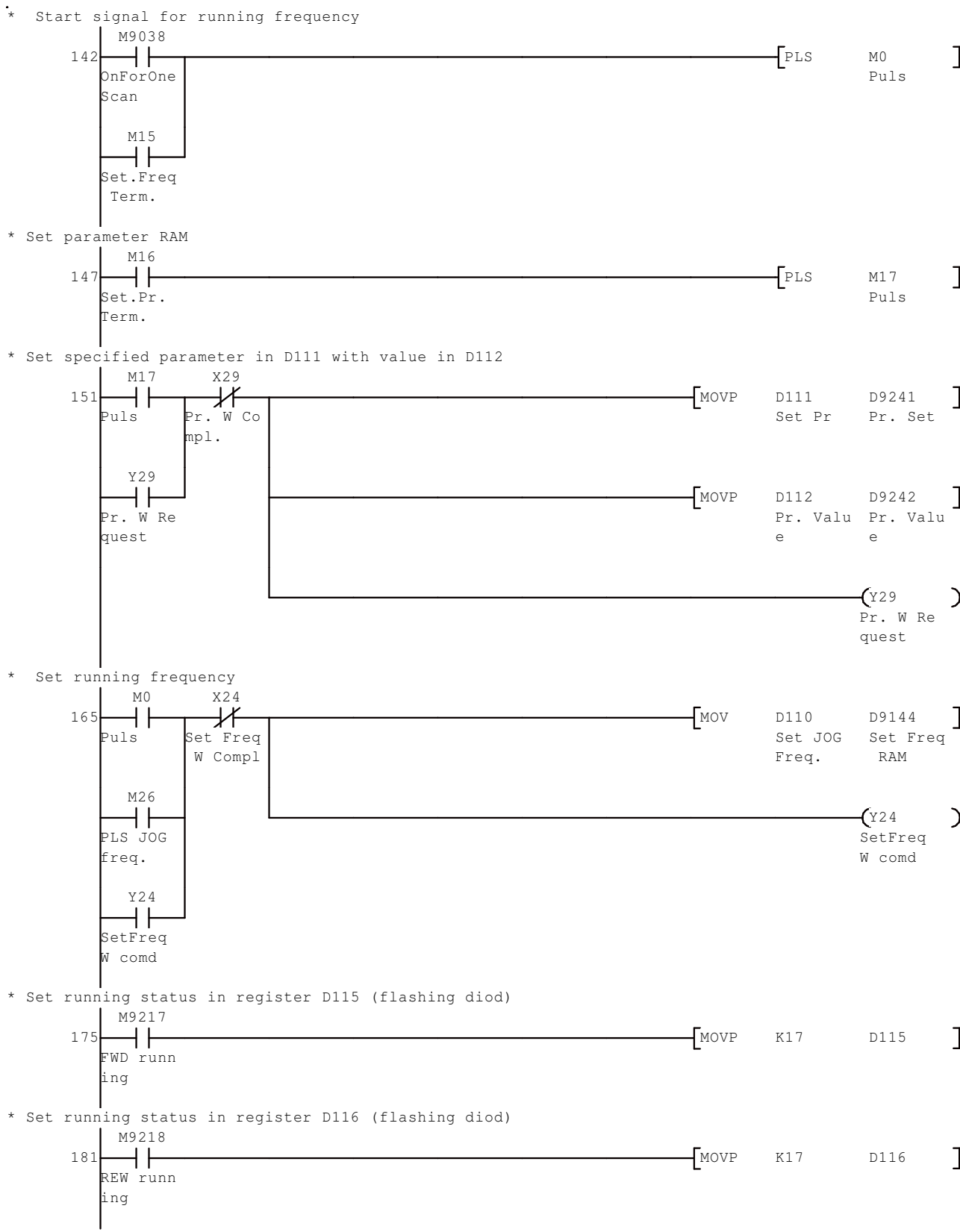


* JOG mode when using plints

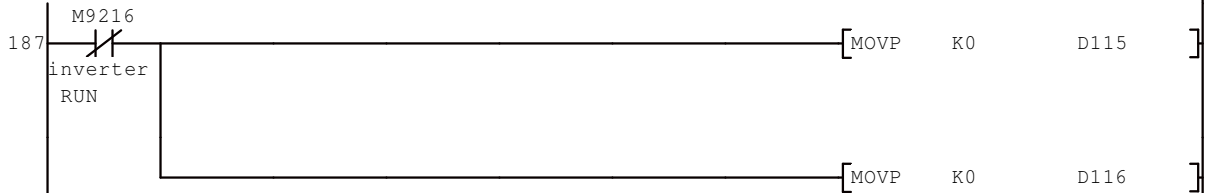


* JOG mode inverter PLC

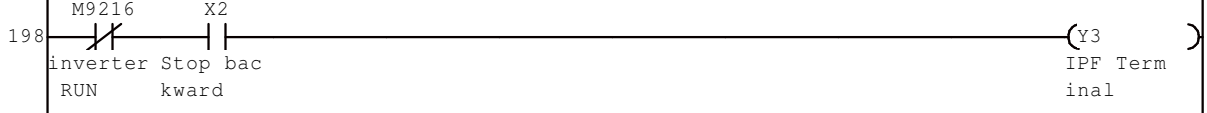




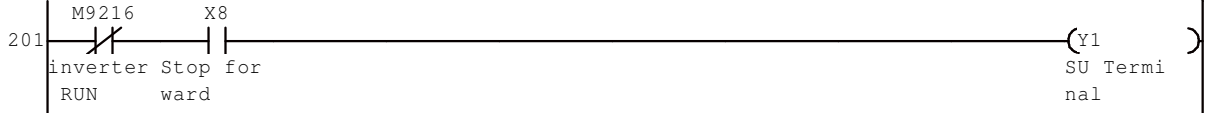
* Reset status in register D115 and D116



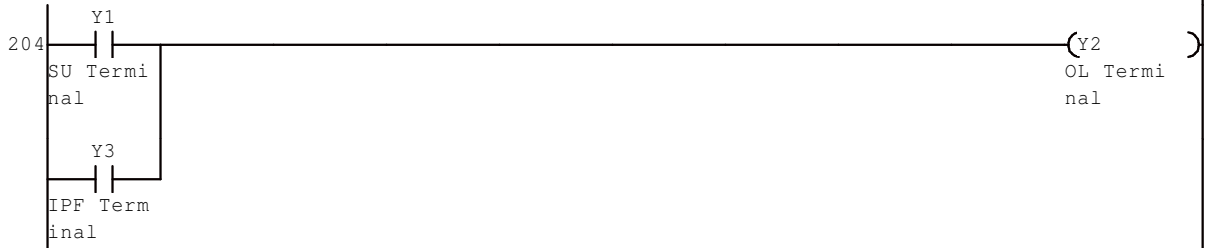
* Positioning backward completed



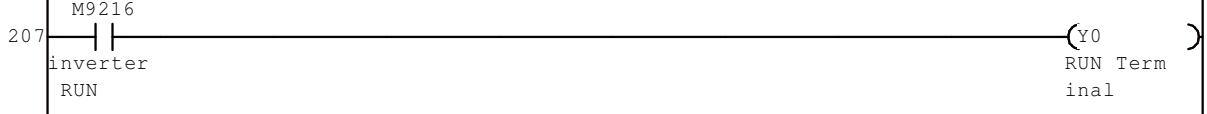
* Positioning forward completed



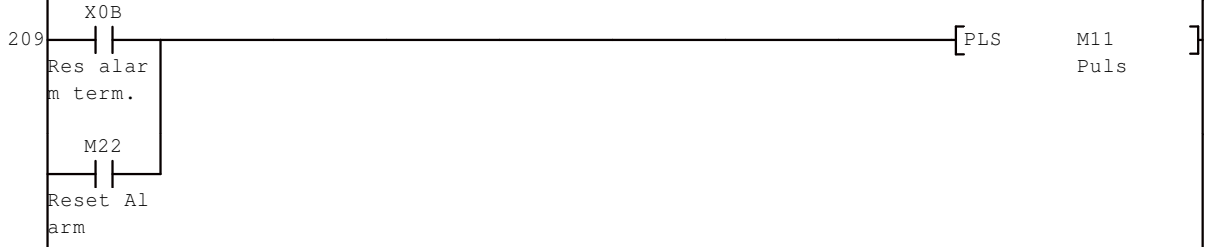
* Inverter ready



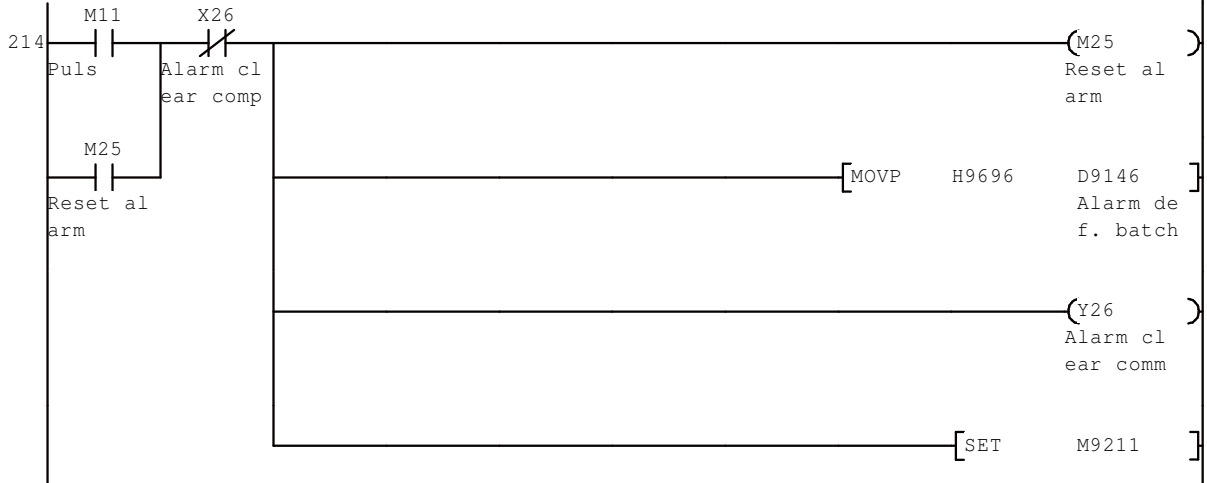
* Inverter running

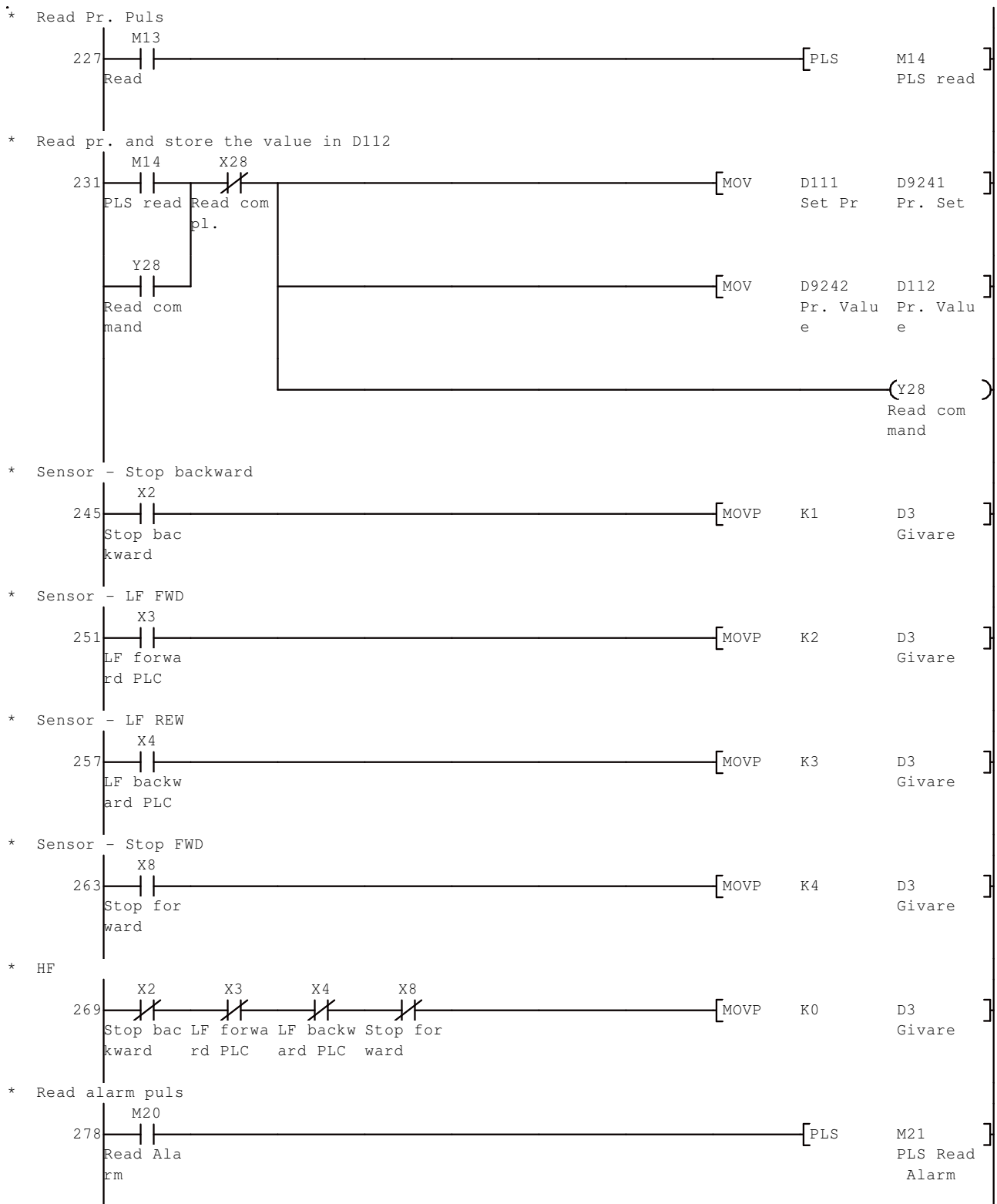


* Reset puls



* Reset alarm history and inverter





* Read alarm history



```

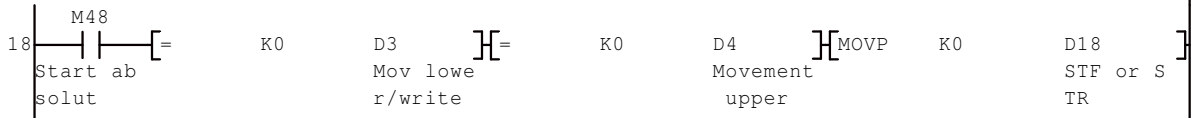
* #####
* If absolute positioning isn't needed, remove M23, M48, M58
* Blocks between 434-638 can be removed
*
* If relative positioning isn't needed, remove M51,
* M53, M52, M13, D20
* Blocks between 754-859 can be removed
*
* If parameter settings isn't needed, remove M16, M17, D2, D38
* Block 651 can be removed
* #####

```

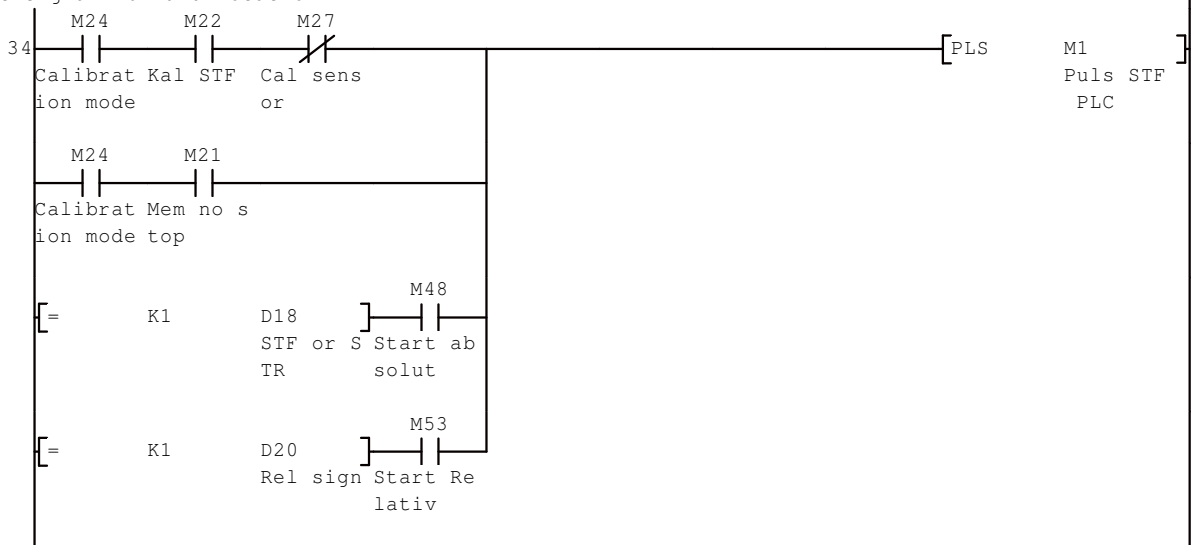
* Enable PLC control of chosen inputs



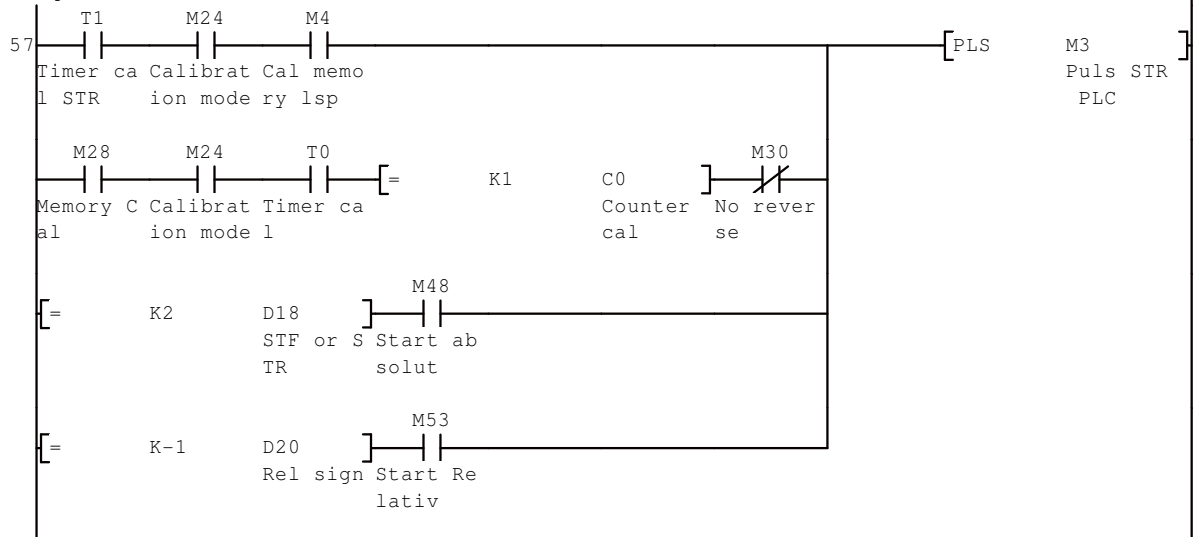
* No positioning when lower and upper digits is zero



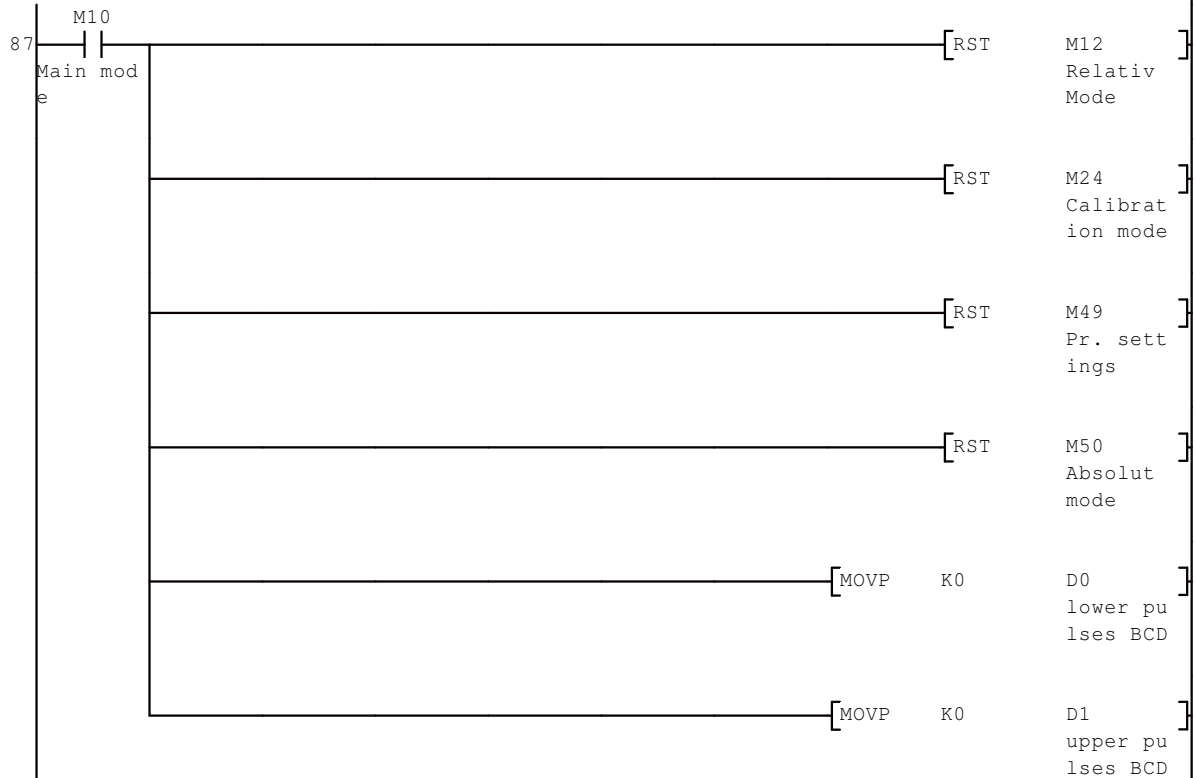
* Start signal forward rotation



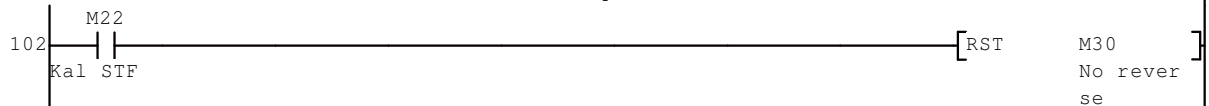
* Start signal reverse rotation



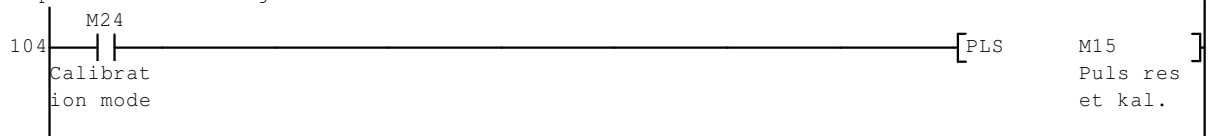
* Reset when the operator jumps to the main window
* in the terminal



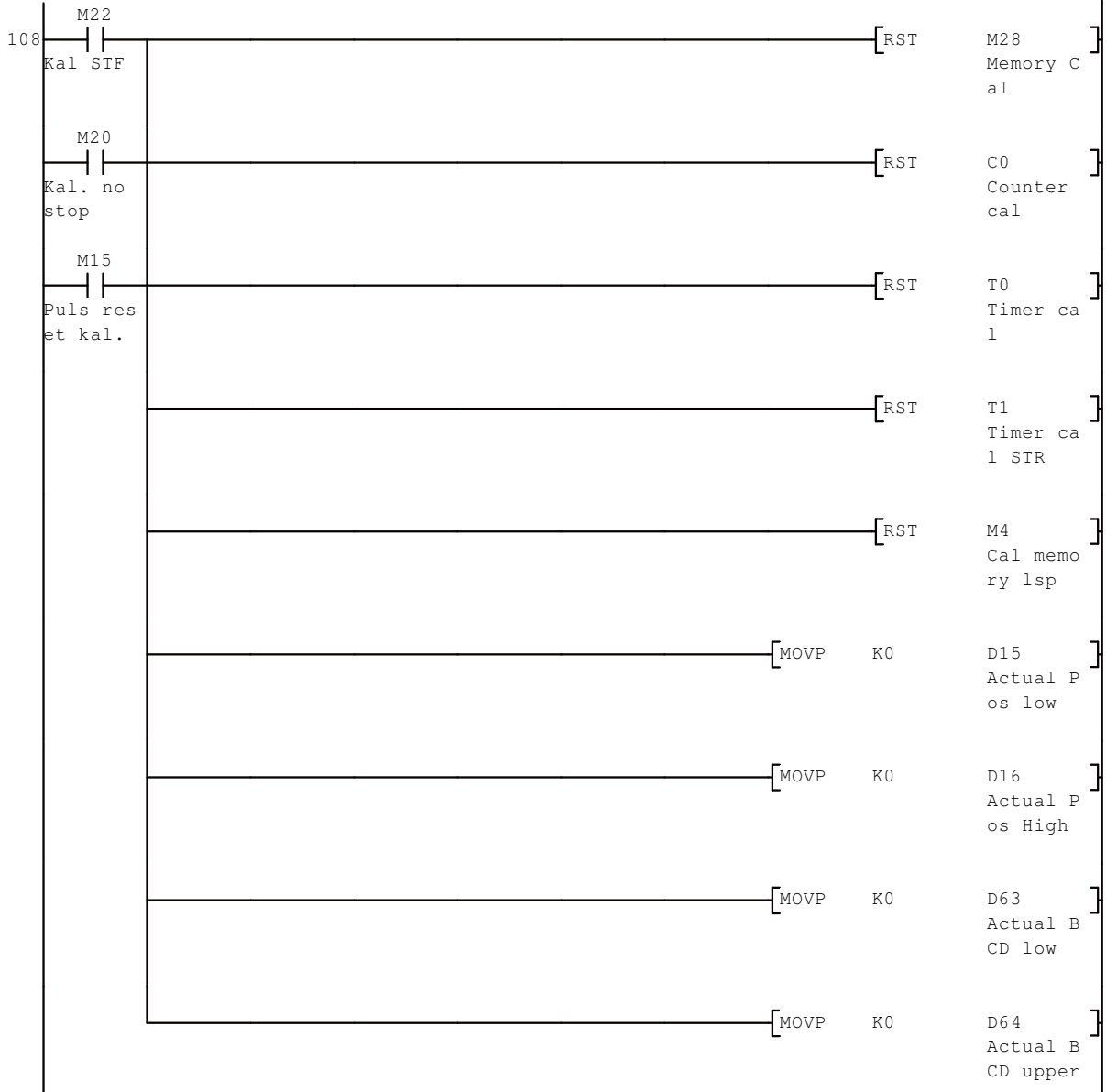
* Reverse not allowed in calibration with direct stop



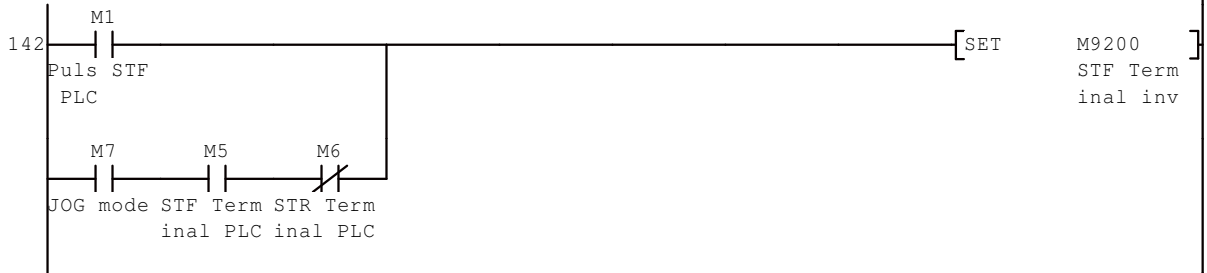
* Reset puls when entering calibration mode



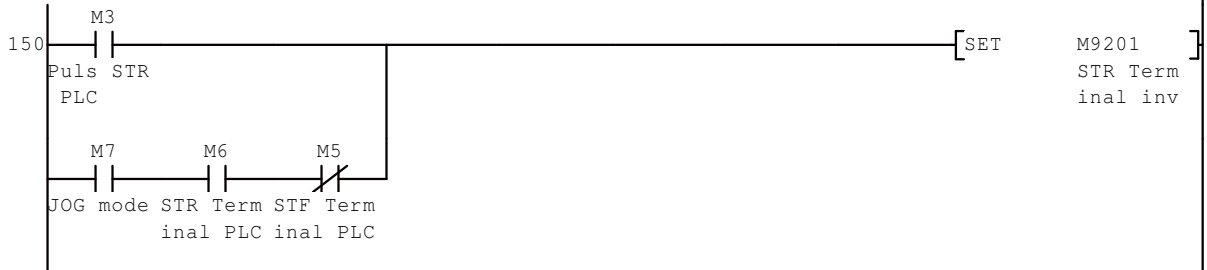
* Start new calibration and reset calibration Pr. in PLC



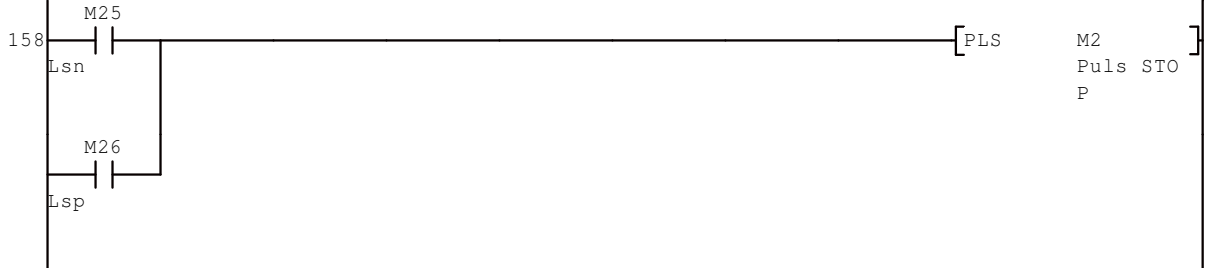
* Start forward rotation inverter



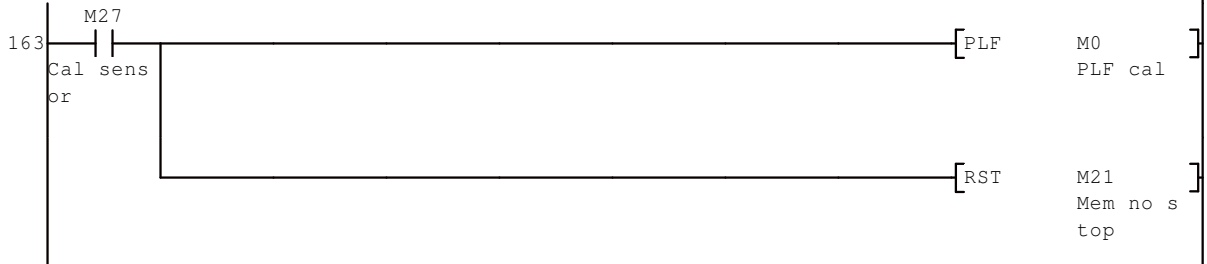
* Start reverse rotation inverter



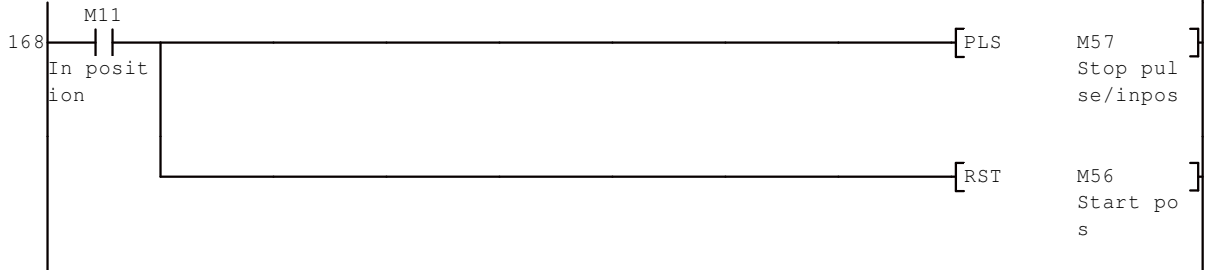
* Stop signal and memory for acceleration



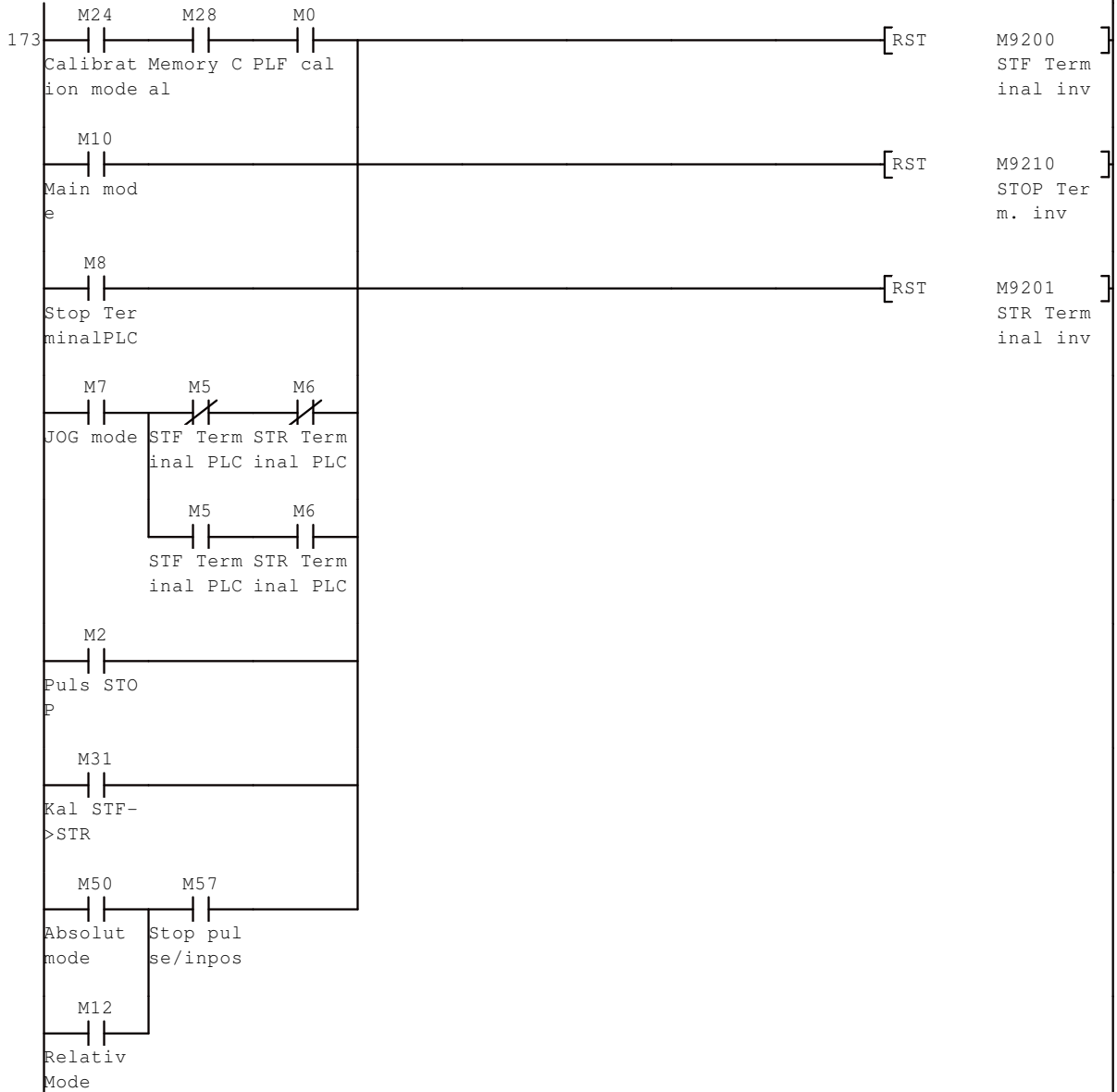
* Generate puls at negative flank from kal sensor
* and reset memory for running



* Memory for inposition, signals that positioning is finished



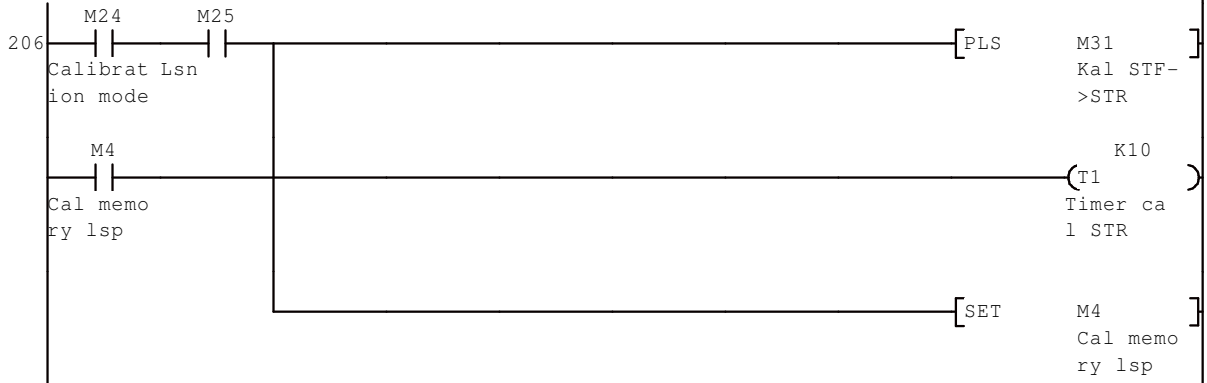
* Stop signals to inverter



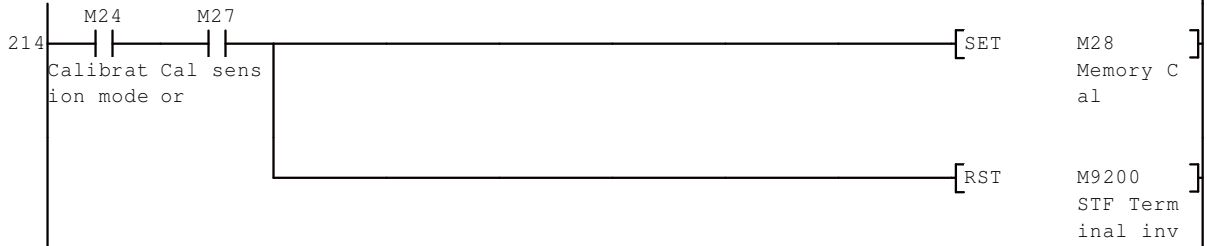
* Reset M10 main when leaving main window in the terminal



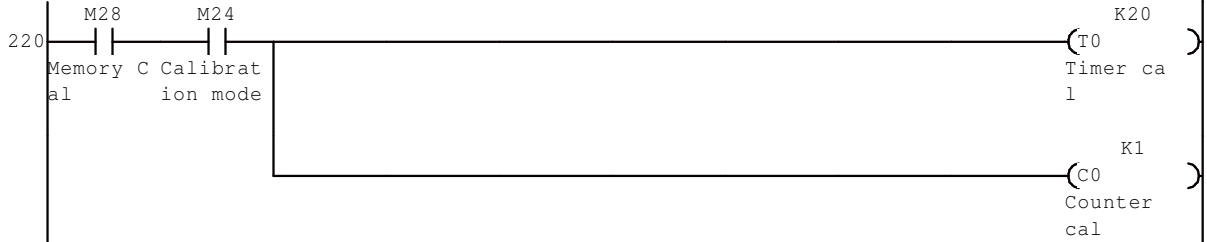
* Stop and change direction at calibration



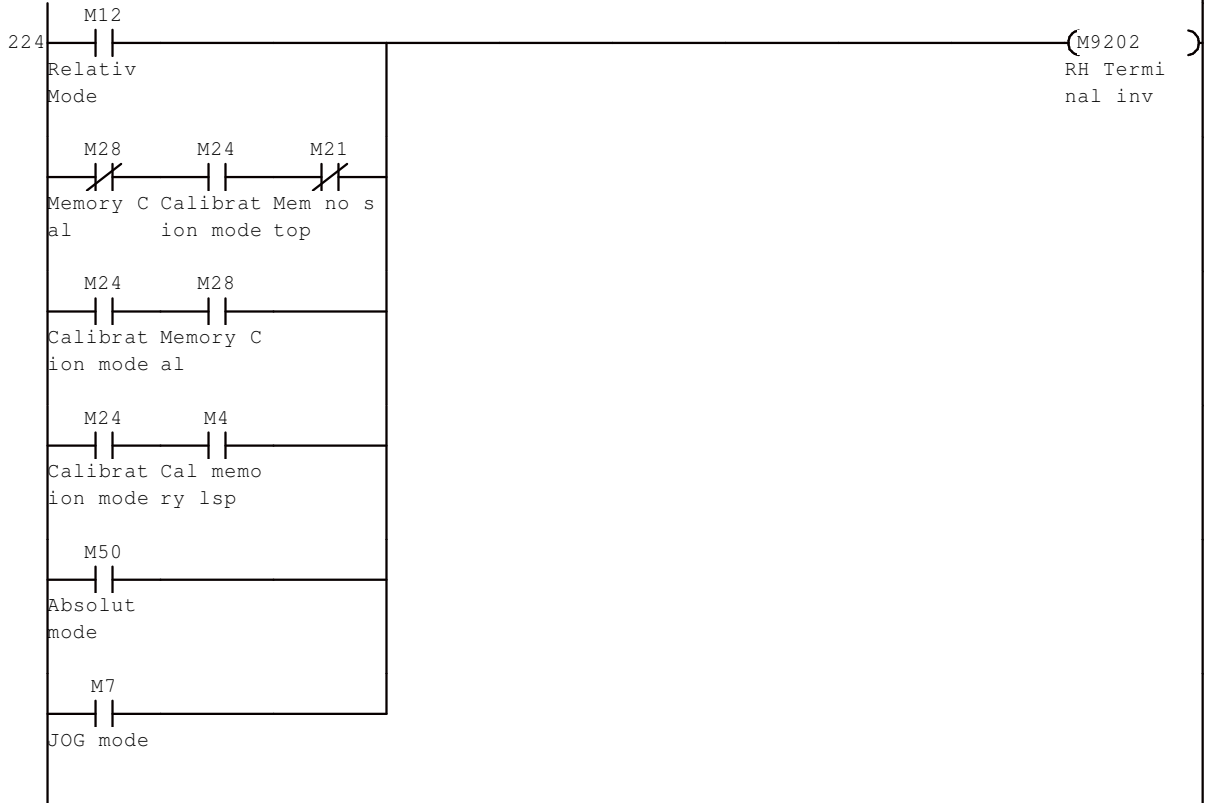
* Calibration found



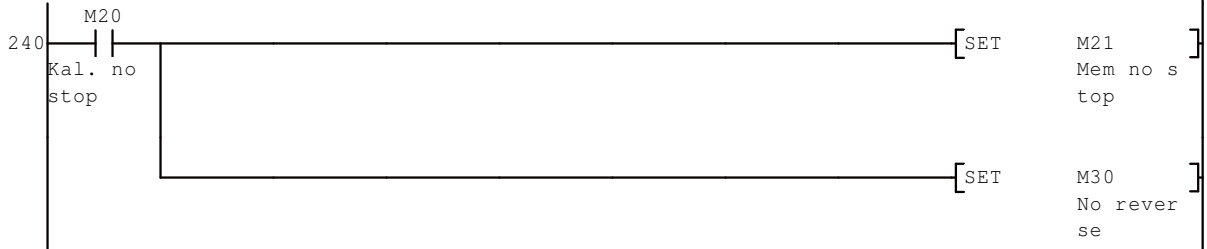
* Memory when finding calibration point



* High speed



* Desides that no high speed and no reverse is allowed



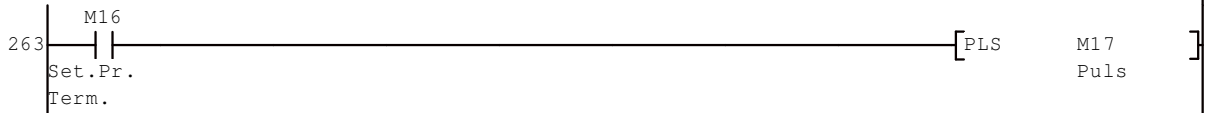
* Low Speed when serching for Calibration



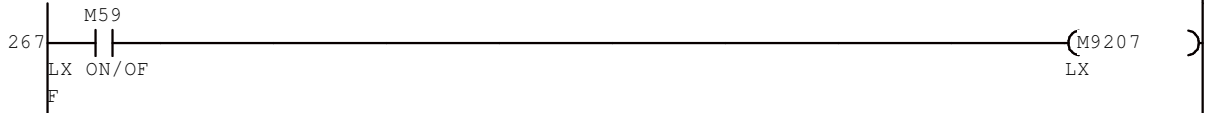
* JOG mode inverter



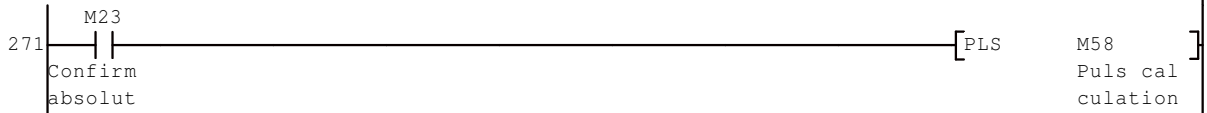
* Set parameter RAM

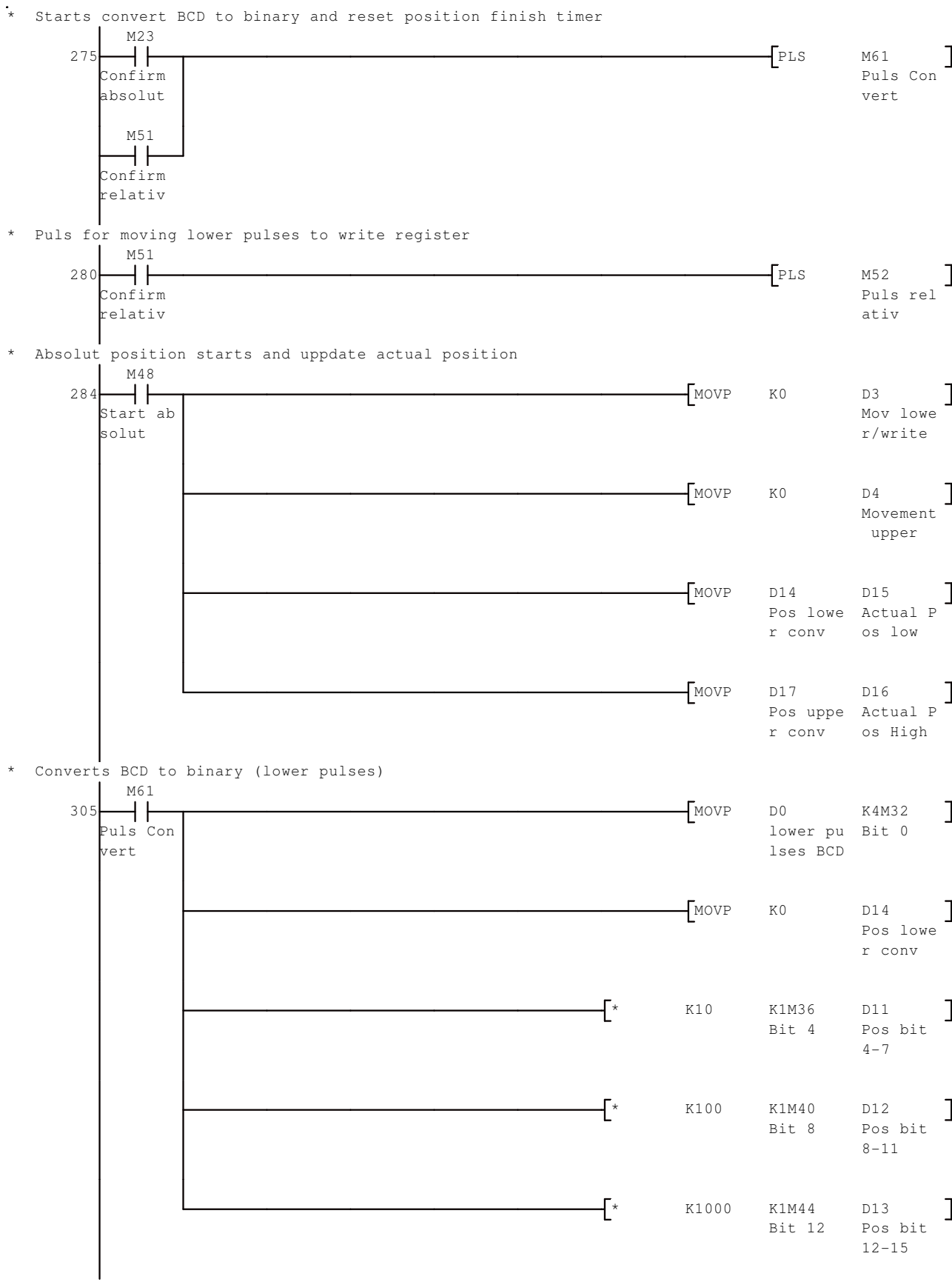


* Activates position control

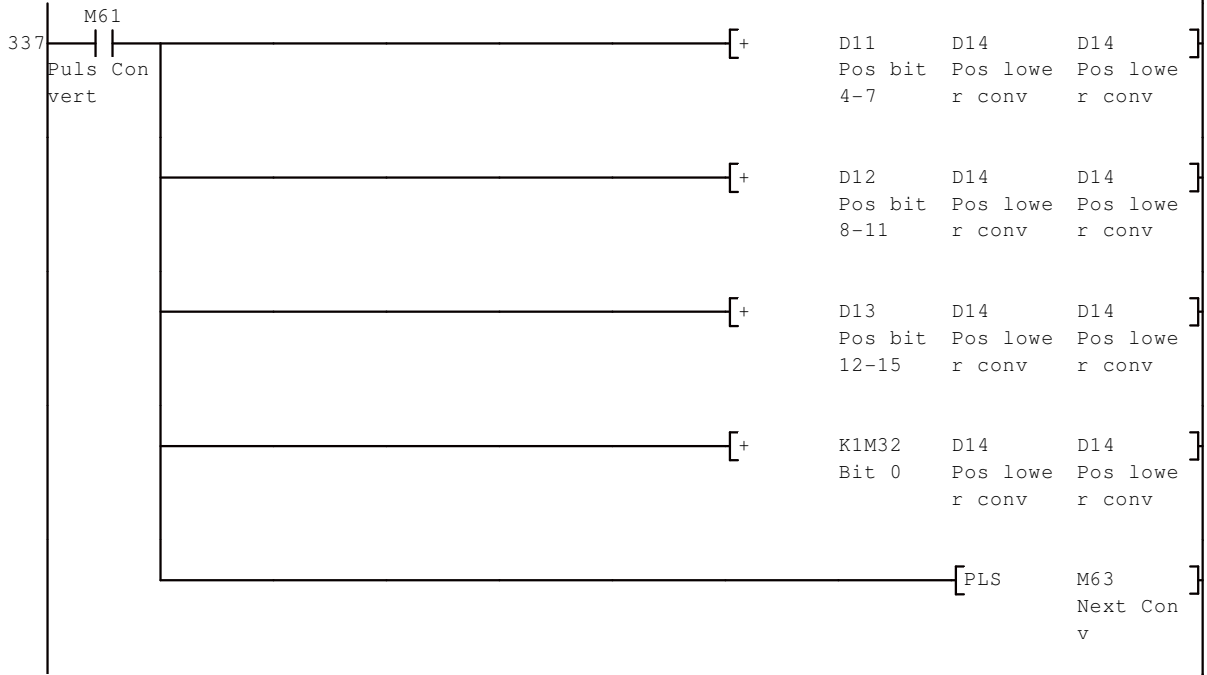


* Confirm calculation for absolut positioning

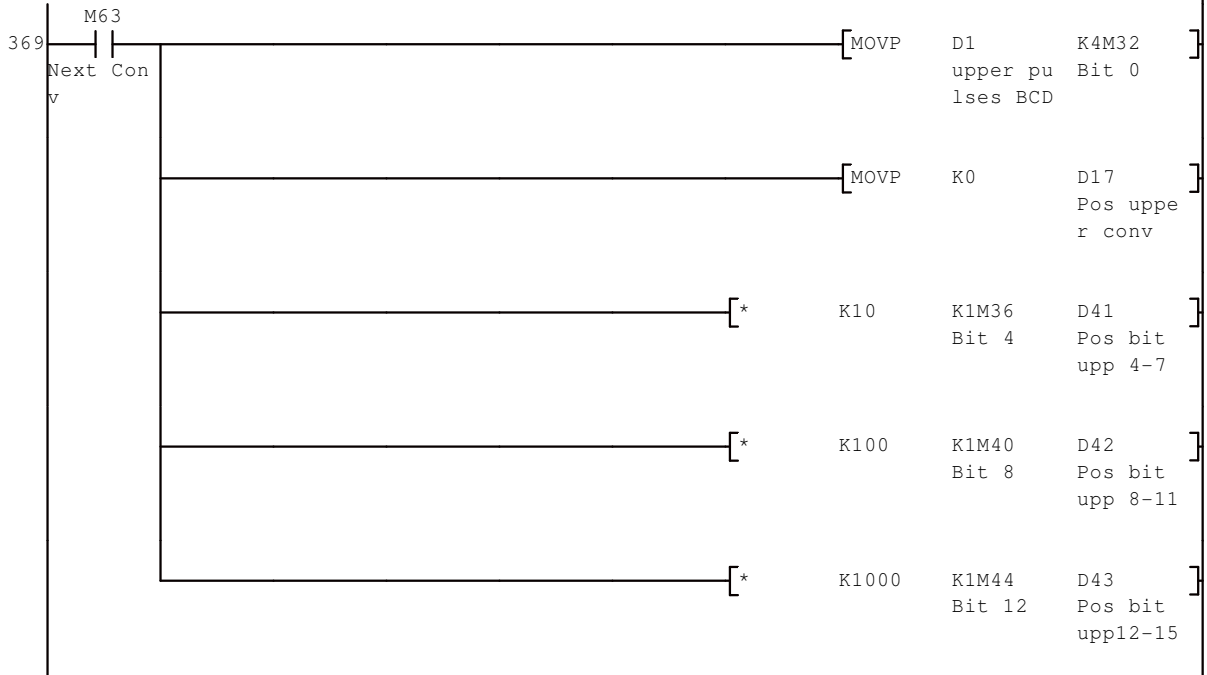




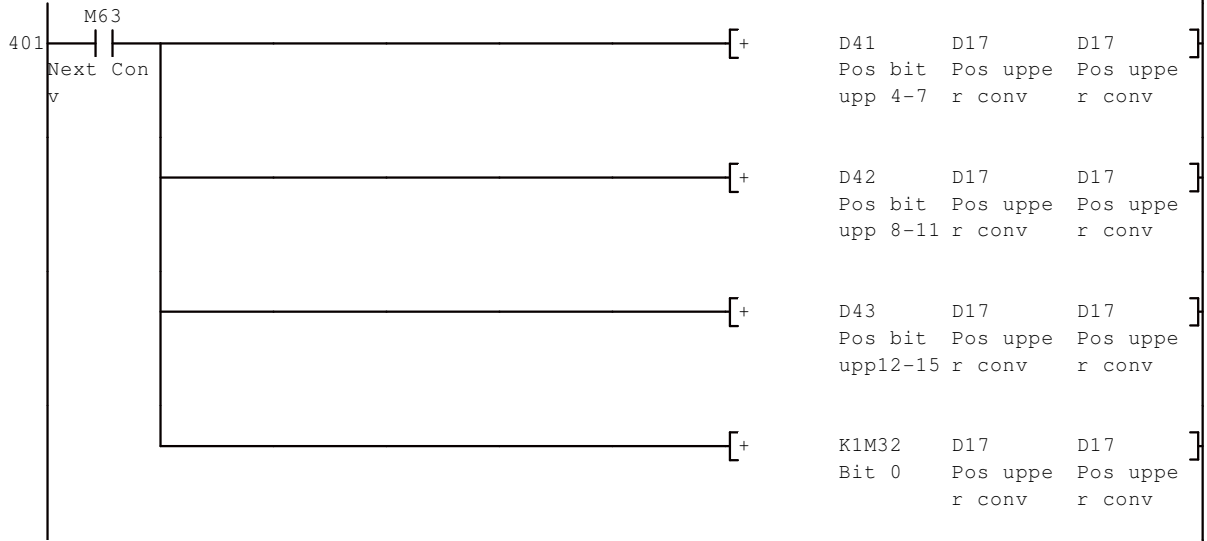
* Adds the converted result to d14



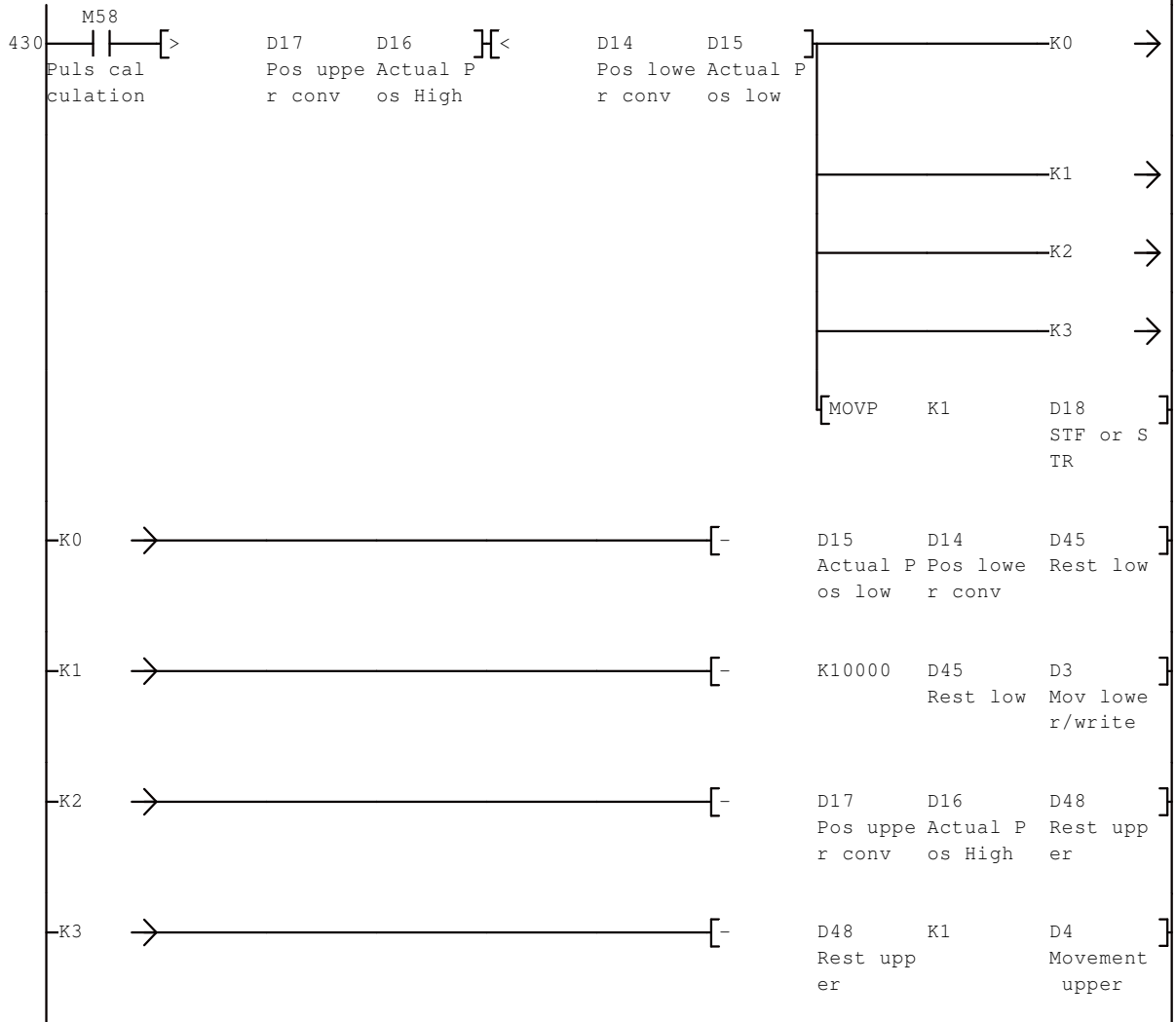
* Converts BCD to binary (upper pulses)



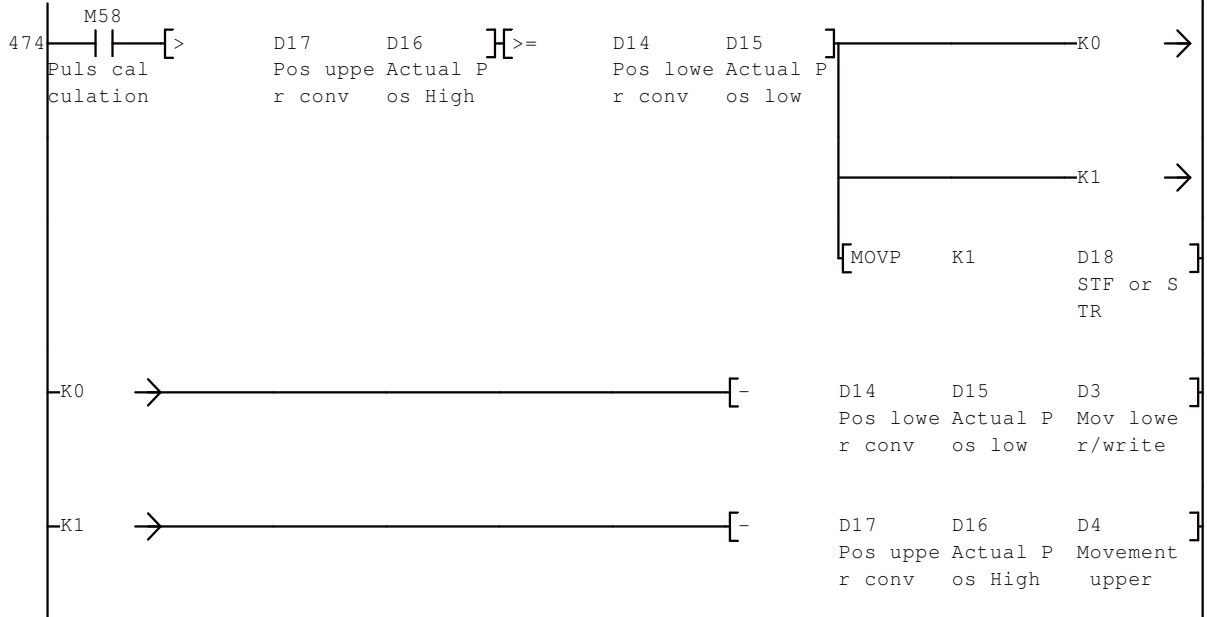
* Stores the converted result in D17



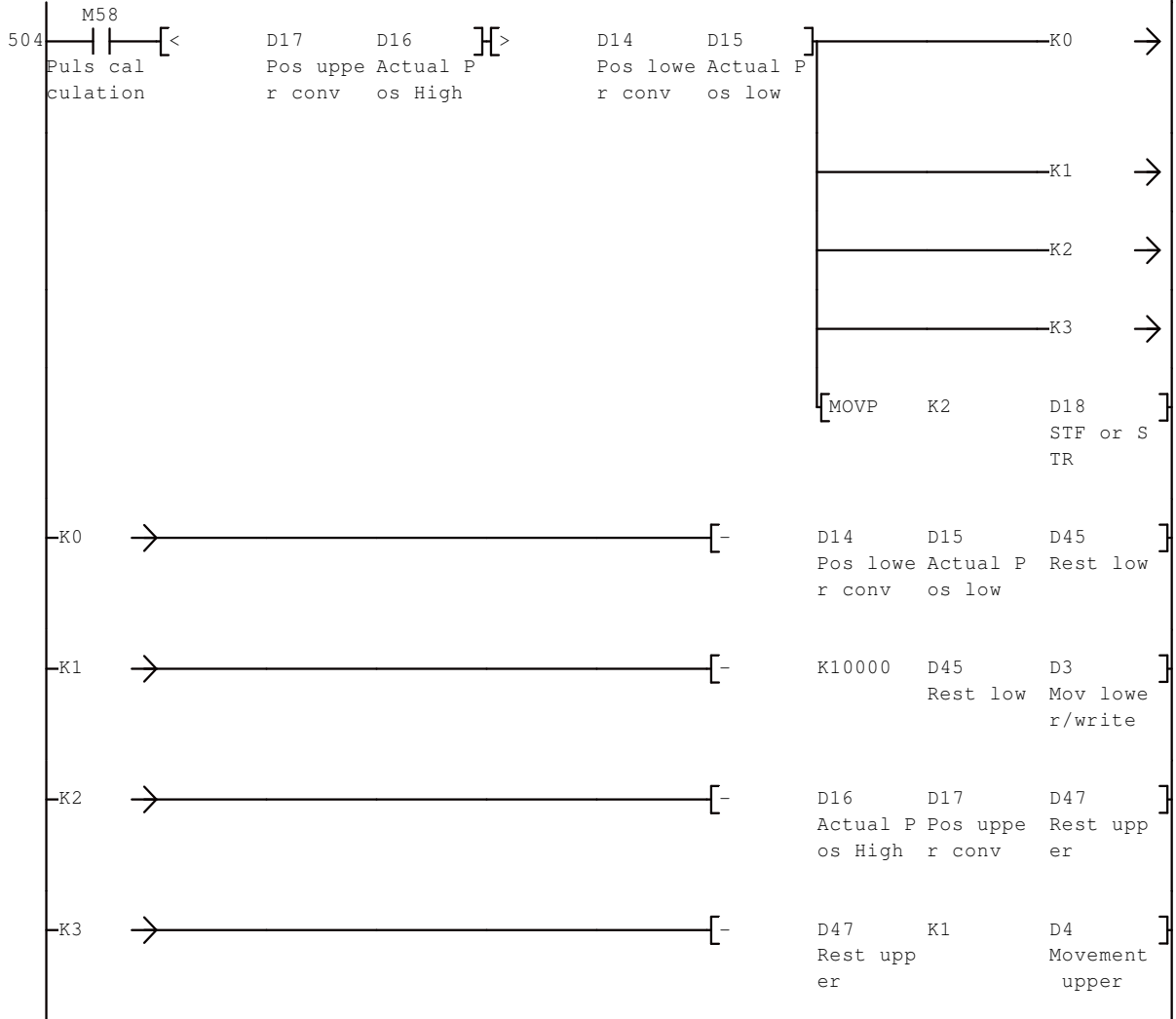
* Calculations for absolut positioning



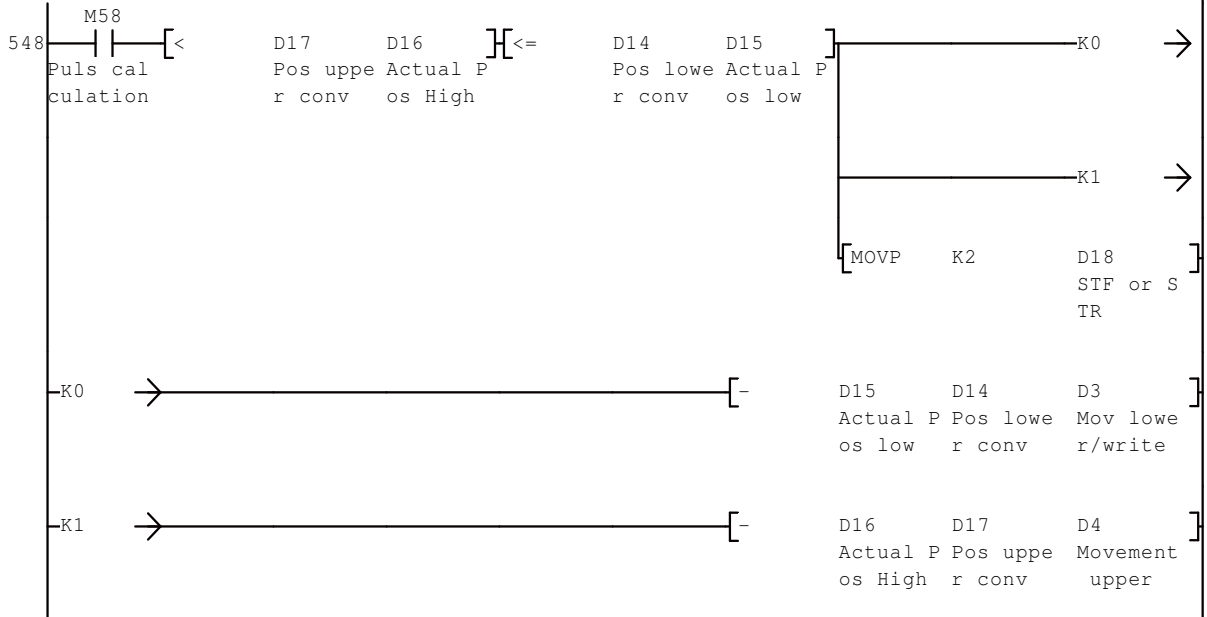
* Calculations for absolut positioning



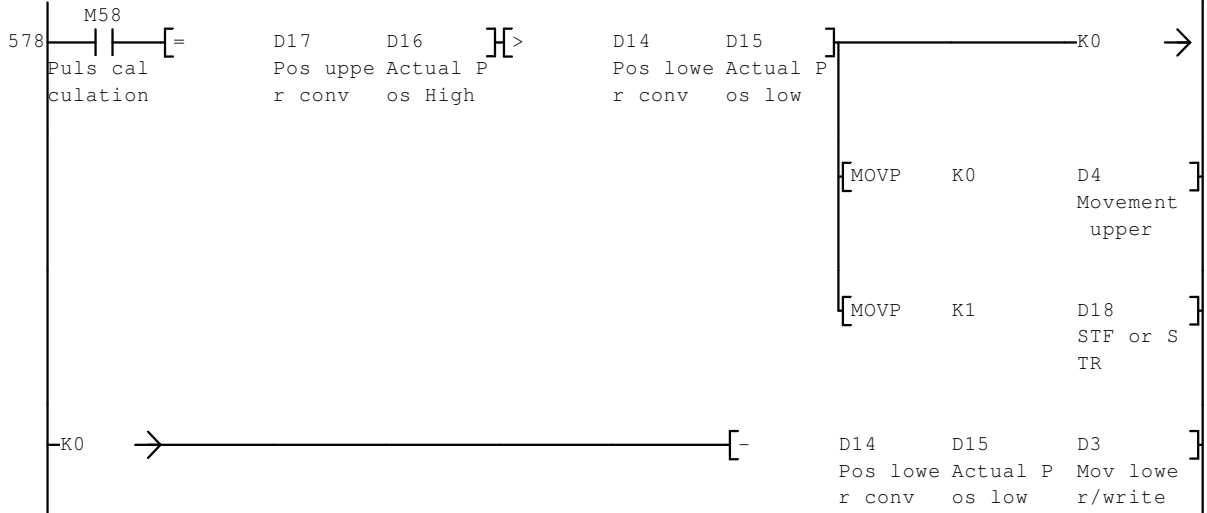
* Calculation for absolut positioning



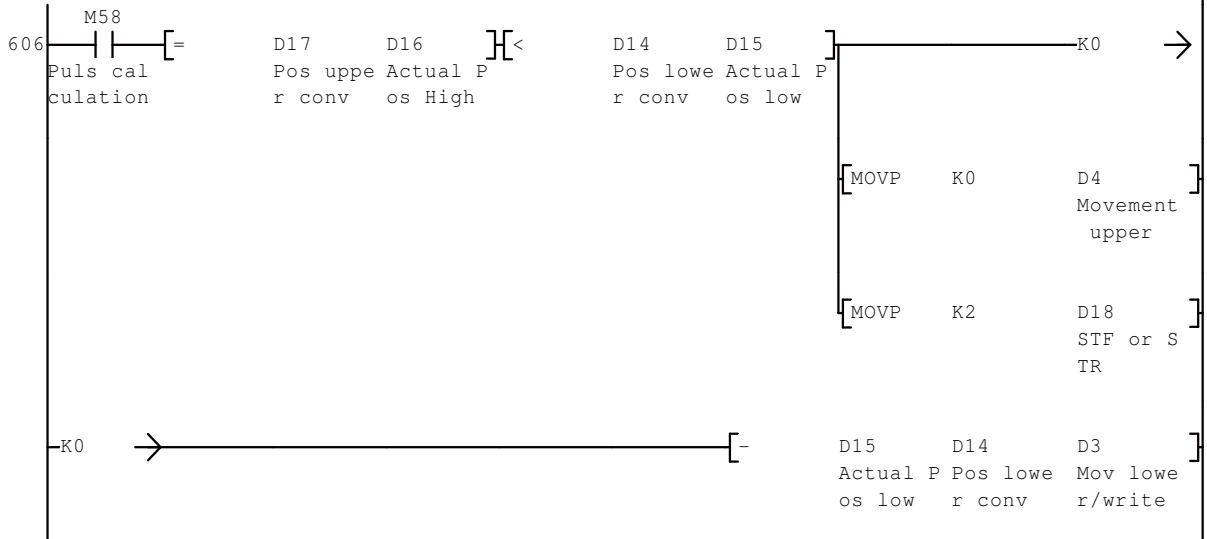
* Calculation for absolut positioning

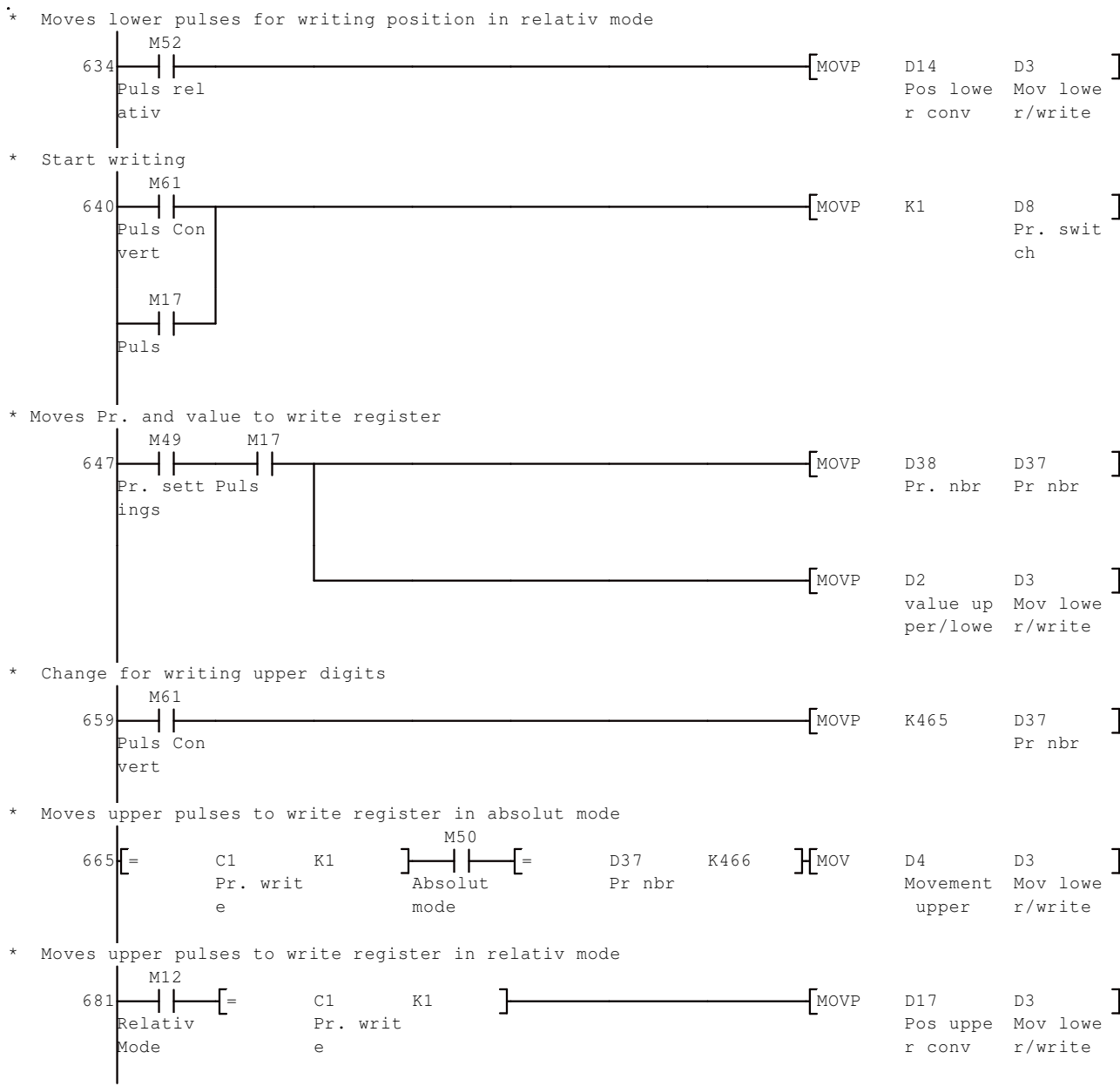


* Calculation for absolut positioning

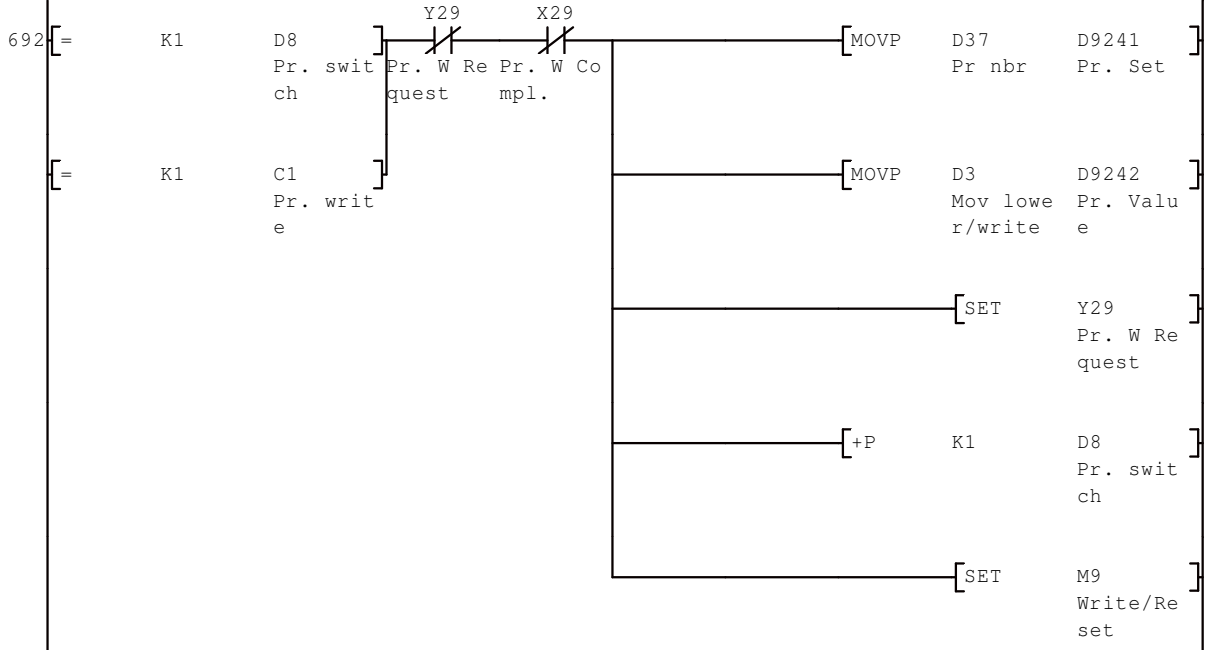


* Calculation for absolut positioning

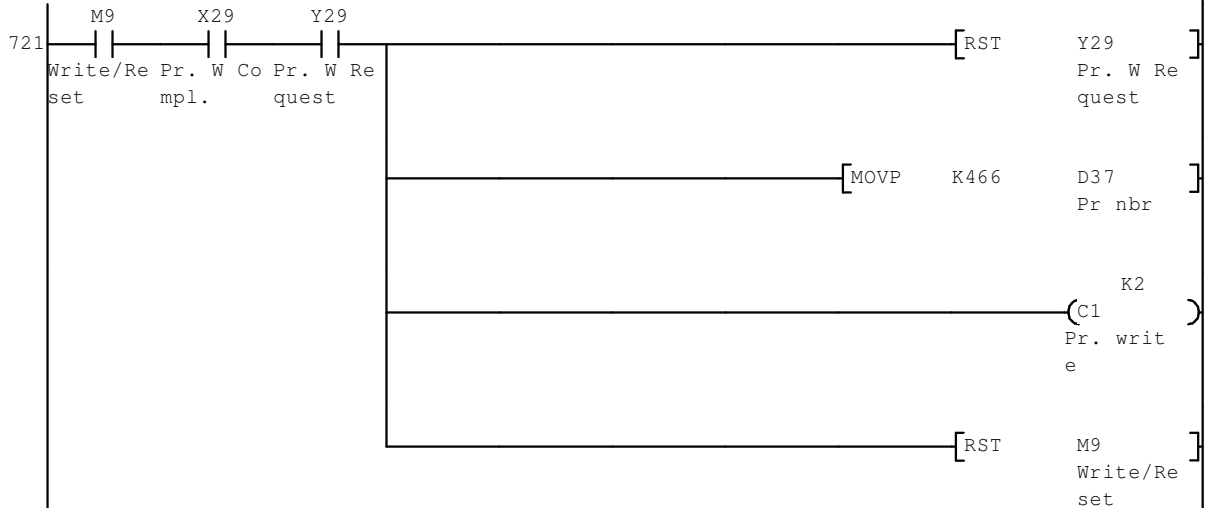




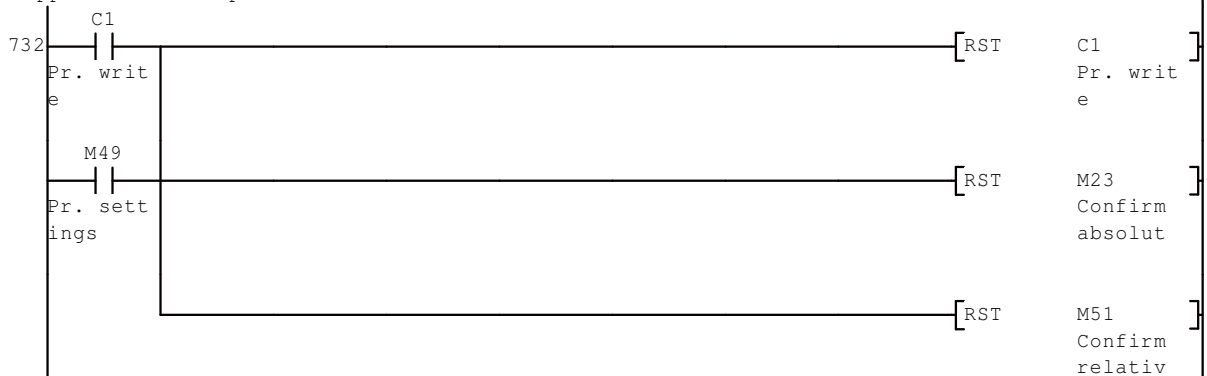
* Writes lower/upper pulses or Pr. to the converter



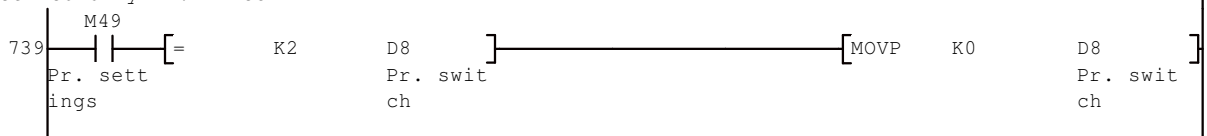
* Restores writing process



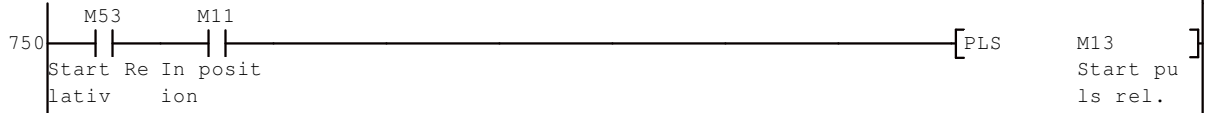
* Both upper and lower pulses have been written



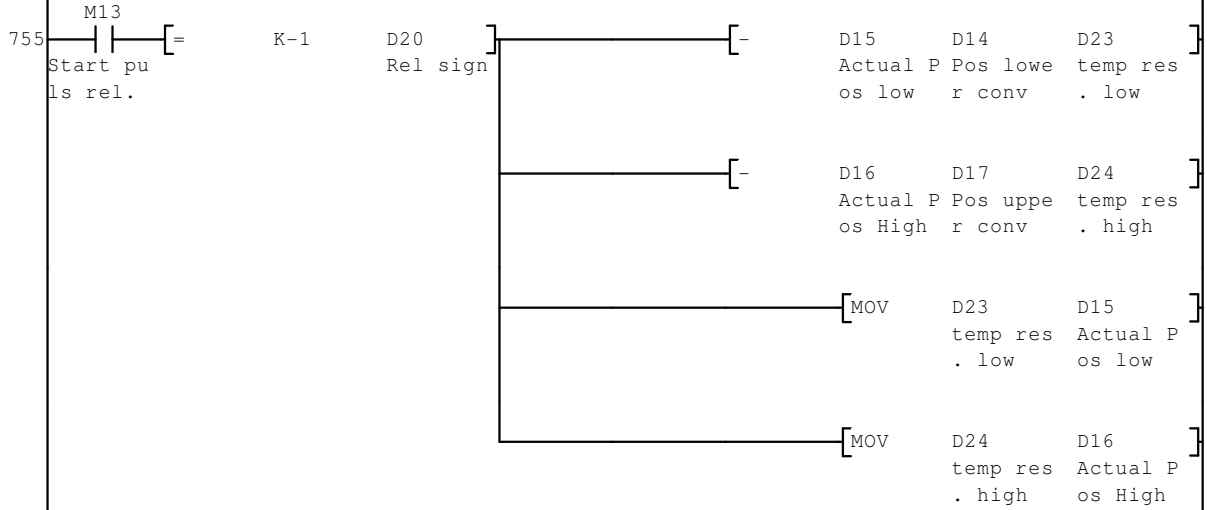
* Switch to only Pr. write



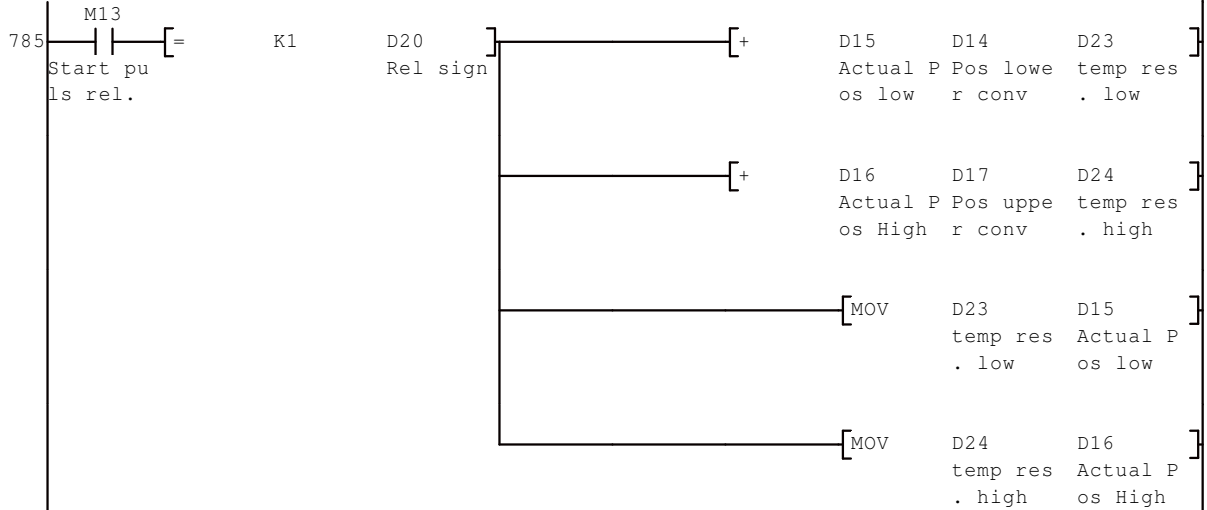
* Start calculation for relativ mode



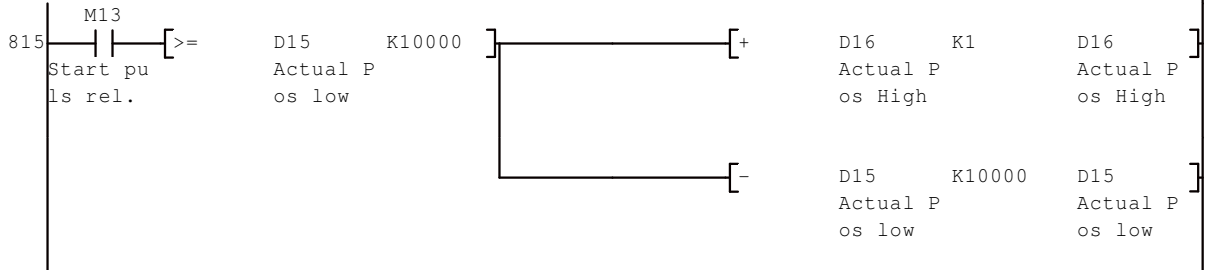
* Calculates the new position when relativ positioning is used



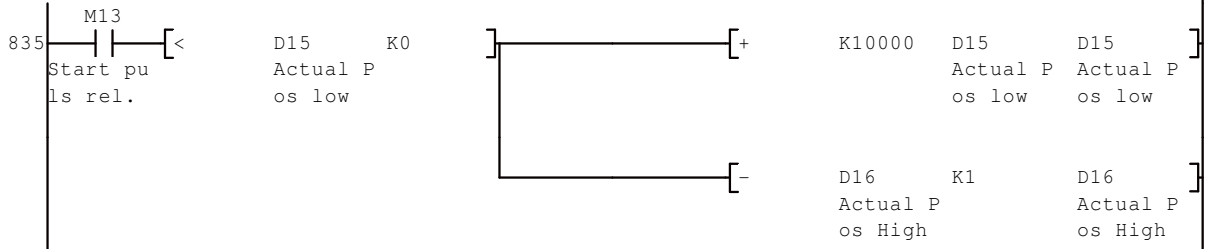
* Calculates the new position when relativ positioning is used



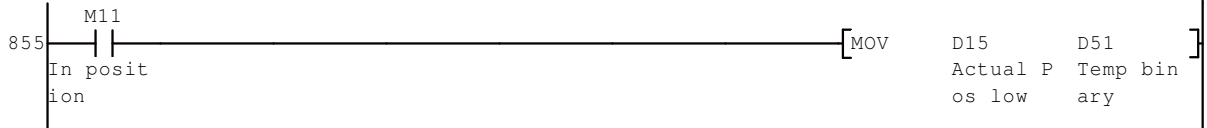
* Calculates the new position when relativ positioning is used



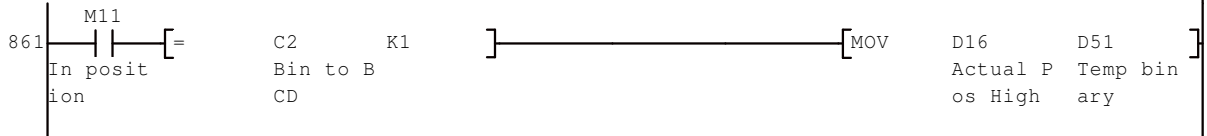
* Calculates the new position when relativ positioning is used



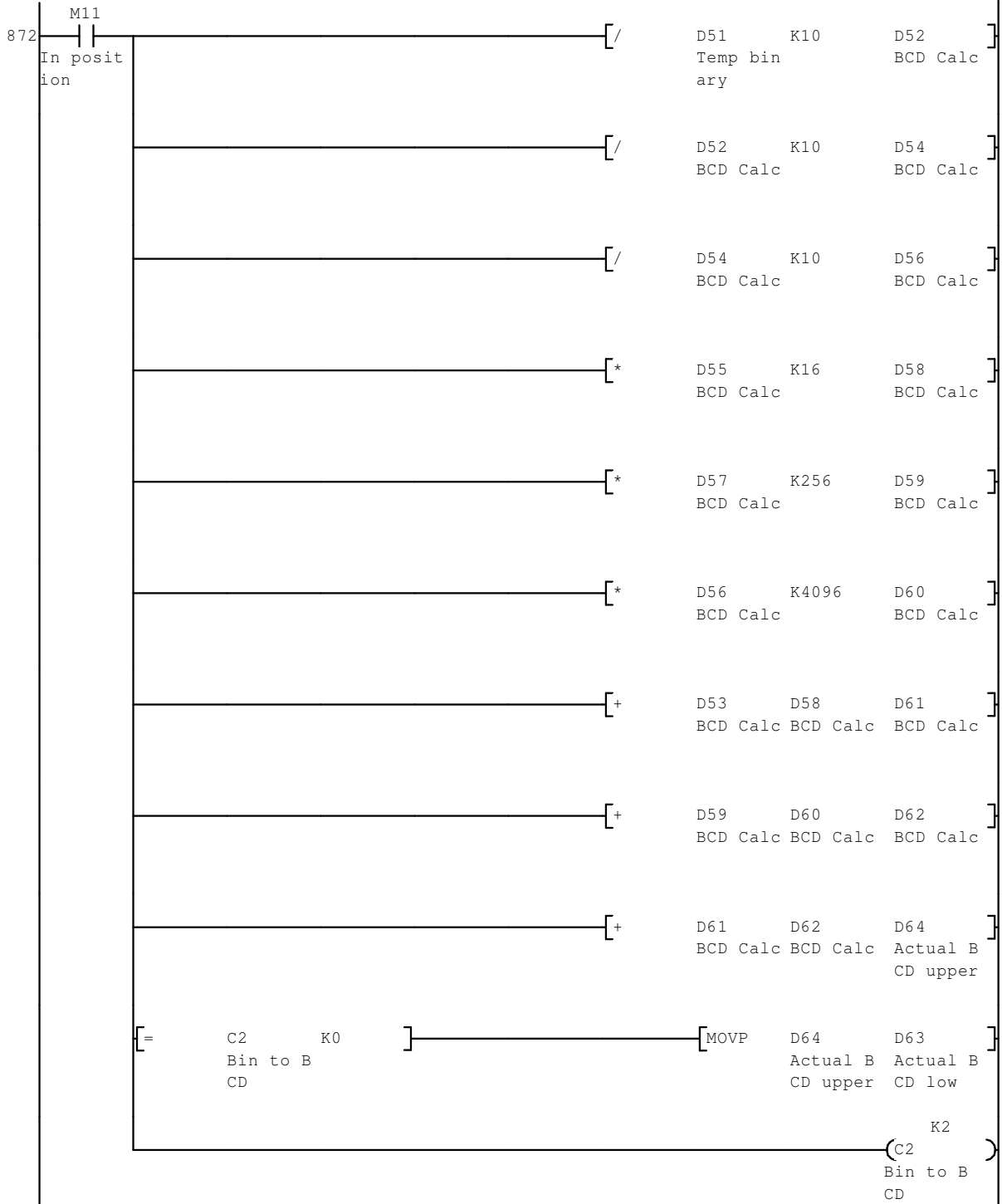
* Moves actual position to temp. register
 * when starting new positioning (convert binary to BCD)



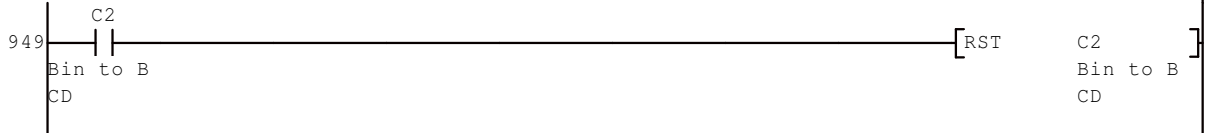
* Moves upper pulses to temp register before convert



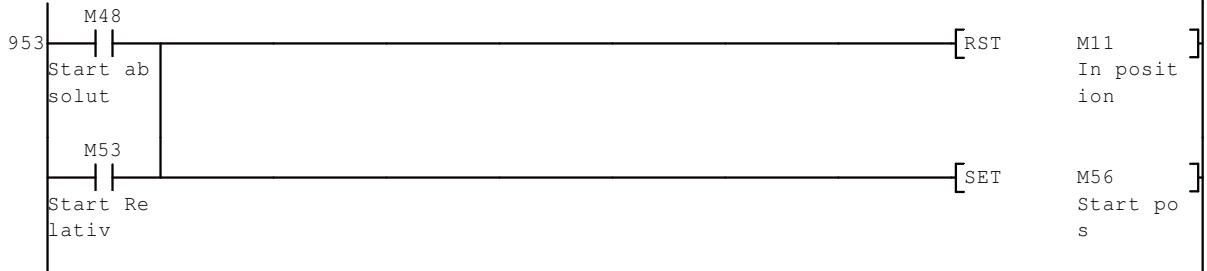
* Converts binary to BCD



* Resets the counter that switch between lower and upper

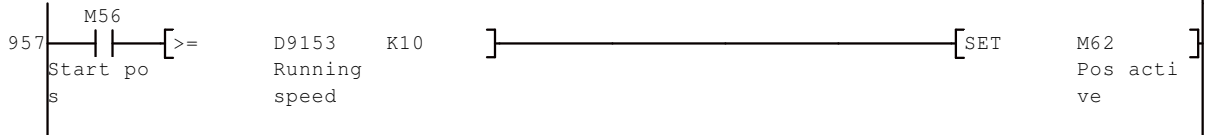


* Sets memory M56 when start absolut or start relativ is chosed



* New positioning is active

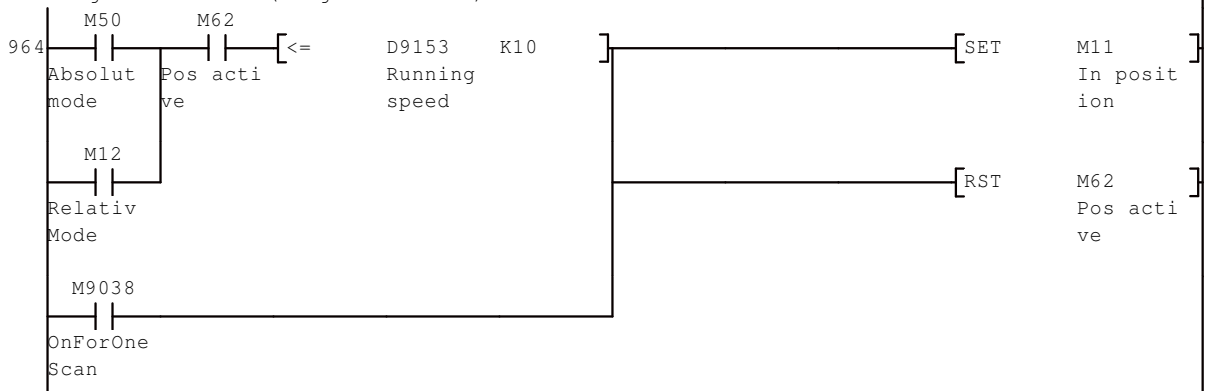
* T2 decides how fast you can do a new positioning (short moves)



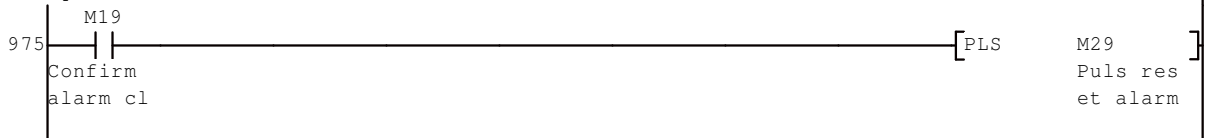
* New positioning is finished (short movement)

* use only if neccesery

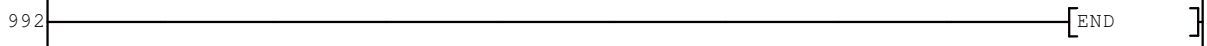
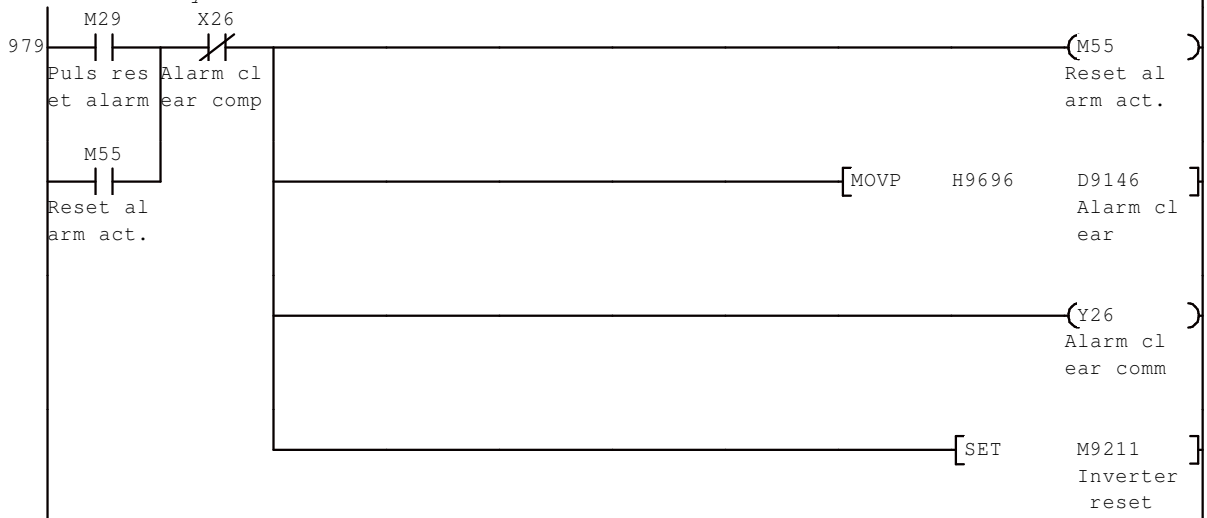
* Positioning is finished (Longer movement)

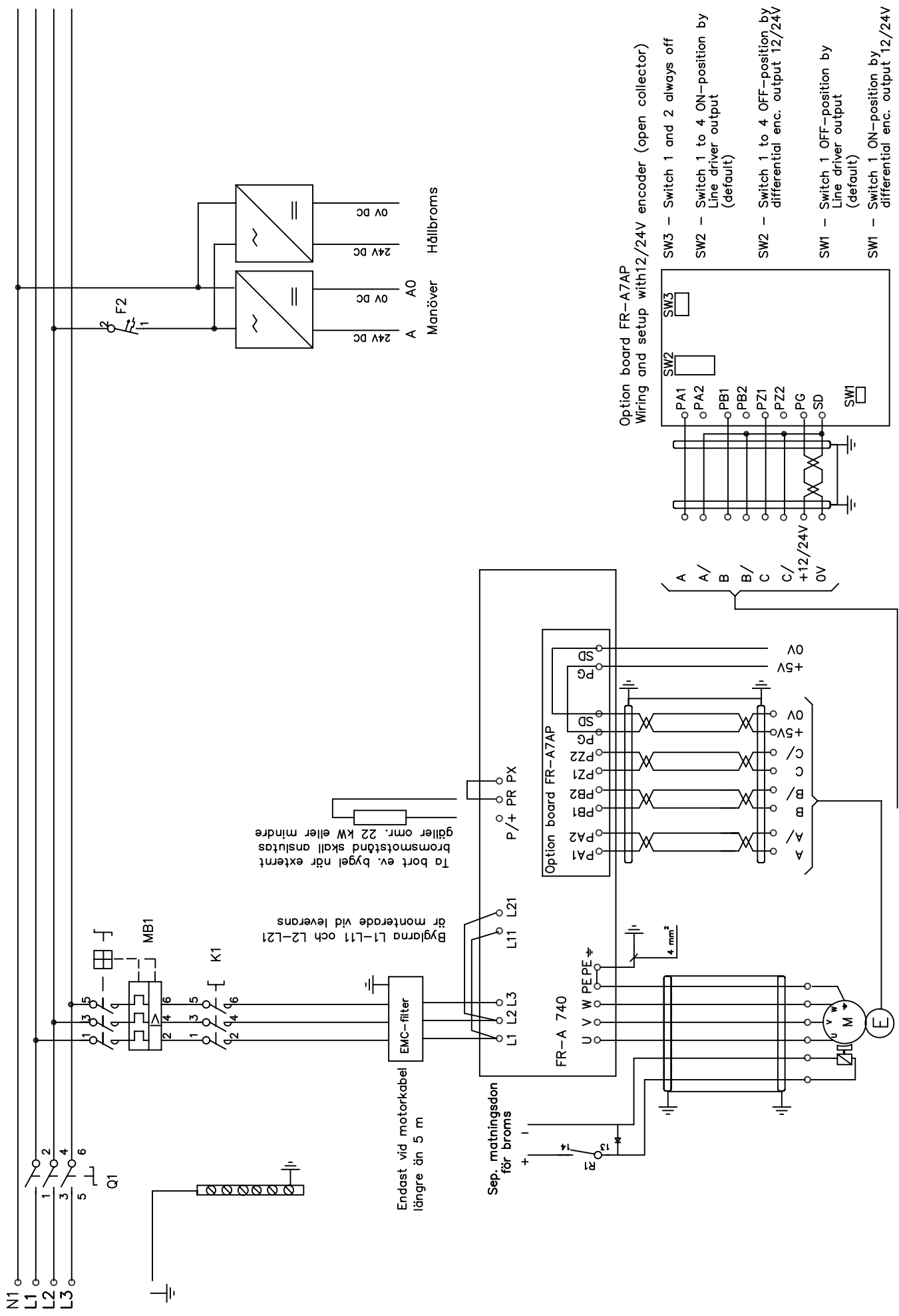


* Confirm pulse for reset alarm



* Reset alarm history





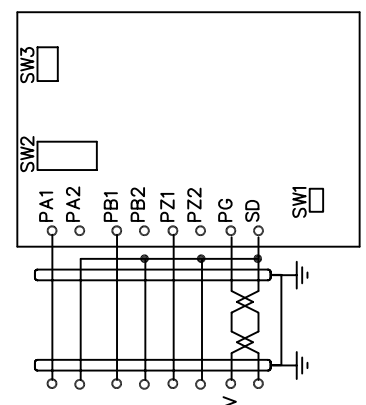
Ta bort ev. bygel när extert
bromsotstånd skall anslutas
gäller omr. 22 kW eller mindre

Byglarna L1-L11 och L2-L21
är monterade vid leverans

Endast vid motorkabel
längre än 5 m

Sep. matningsdon
för broms

Option board FR-A7AP
Wiring and setup with 12/24V encoder (open collector)

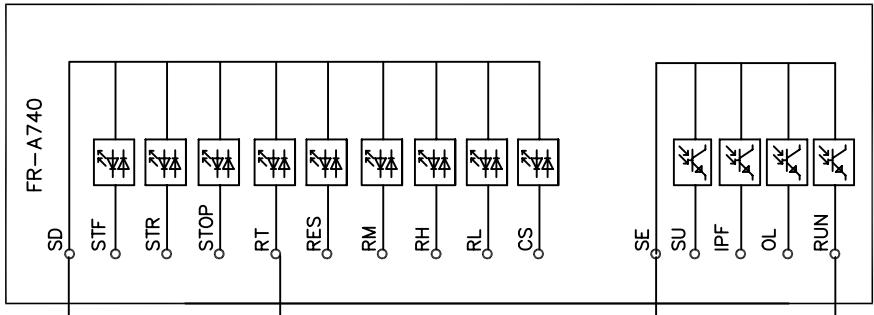
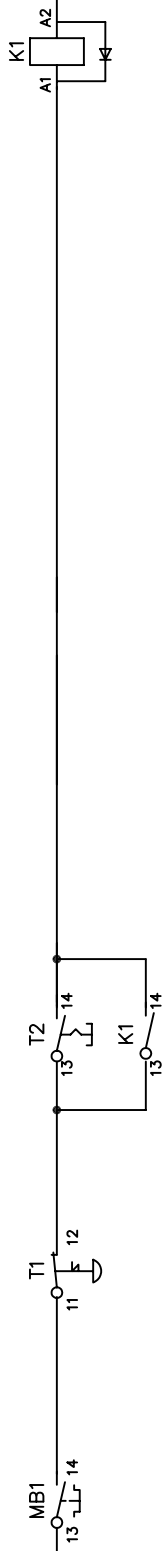


- SW3 - Switch 1 and 2 always off
- SW2 - Switch 1 to 4 ON-position by Line driver output (default)
- SW2 - Switch 1 to 4 OFF-position by differential enc. output 12/24V
- SW1 - Switch 1 OFF-position by Line driver output (default)
- SW1 - Switch 1 ON-position by differential enc. output 12/24V

A0

24V DC
A

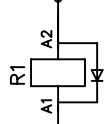
Nödstoppskontaktör
Principkoppling, ev. säkerhetsreläer
visas ej.



Start fram
Start back
Stopp positionering
Jog / Positionering
Alarm reset
Lågfart fram
Stopp fram
Lågfart back
Stopp back

Transistorutgångar max 0,1 A
Pos fram klar
Pos back klar
Inverter ready
Brake

Brake



Drawn Date
RNN 2006-11-17

FR-A 740 positionering via externa givare
Styrfunktioner

App.	Revision	Revision date	Page	Next page	Drawing No.
	-	-	2	-	E-01607

A3