

Automation av ett växthus

Industrial Electrical Engineering and Automation



Martin Jönsson
Björn Paulsson

Department of Industrial Electrical Engineering and Automation
Lund University

Förord

Denna rapport har tillkommit genom ett examensarbete vid institutionen för Industriell Elektroteknik och Automation vid Lunds tekniska högskola. Arbetet har genomförts vid och för ett företag, Björkebo Gård AB. Björkebo Gård AB sysslar bl.a. med krukväxtproduktion och har byggt en prototypanläggning som bygger på ett nytänkande koncept. Arbetet har i huvudsak utförts med inriktning att implementeras på den prototypanläggning som finns vid Björkebo Gård AB. Det har under arbetets gång varit mycket positivt att arbeta mot en befintlig prototyp, där vi har kunnat prova våra idéer i verkligheten. Personalen som arbetar där har också varit mycket tillmötesgående och tagit emot våra idéer på ett positivt sätt. De har också bidragit med många bra idéer och lösningar på problem inom den mekaniska och elsäkerhetsmässiga sidan.

Vi skulle vilja rikta ett stort tack till våra handledare, Gustaf Olsson, professor på institutionen för Industriell Elektroteknik och Automation vid Lunds tekniska högskola, och Gunnar Lindstedt, lektor vid IEA, för deras hjälp såväl i praktiska som teoretiska frågor.

Vi vill också rikta ett stort tack till Bo-Arne Nilsson som äger och driver Björkebo Gård AB. Han har varit en stor inspirationskälla under arbetets gång genom sin uppfinningsrikedom och sin entreprenörsanda.

Andra personer som förtjänar ett omnämmande är hortonom Susan Polys Nilsson för hennes hjälp i frågor som rör växternas tillväxtprocess mm. samt Bengt Simonsson vid IEA som varit till stor hjälp med sitt kunnande inom mätteknik- och elområdet.

Lund den 13 Januari 2003

Martin Jönsson

Björn Paulsson

Sammanfattning

Denna rapport är en del av ett examensarbete vid institutionen för Industriell Elektroteknik och Automation vid Lunds tekniska högskola. Den syftar till att automatisera ett växthus. Växthuset finns som prototypanläggning vid företaget Björkebo Gård AB. Det har inte varit frågan om att reglera klimatsystemet utan uppgiften har istället varit att styra och reglera de rörliga bord som är speciella för den konstruktion som prototypanläggningen baseras på.

Arbetet började med utvärdering och val av lämplig hårdvara. Ett system bestående av en PLC med tillhörande operatörspanel, båda från Beijer Electronics AB, valdes.

Arbetet har sedan koncentrerats på att utnyttja bordens rörlighet på ett sätt som effektiviserar personalens arbete med växterna, och ökar säkerheten vid driftsstörningar på t.ex. värmesystemet.

Anläggningen består av två avdelningar med separata värmesystem. Detta gör att styrsystemet, om klimatregleringen i en avdelning havererar, har möjlighet att rädda samtliga växter genom att samla dem i den andra avdelning,. Denna funktion, med rörliga bord, kan också användas till att samla borden i en avdelning under natten för att på så sätt spara energi.

Bevattning av växterna upplevs som en tidsödande och omständlig process i ordinära växthus. Det har därför varit en stor del i arbetet att automatisera bevattningscykeln. Borden skall kunna fyllas och tömmas på vatten, på av operatören förutbestämda tider.

Ytterligare en problemställning har varit att finna en metod så att styr- och reglersystemet kan avgöra när växterna behöver vatten. Mycket arbete kvarstår innan det kan implementeras i en fullskalig anläggning. Dock är principen för hur problemet kan lösas behandlad.

En del av arbetet har också bestått i att automatisera den bocknings- och stansningsmaskin som används vid tillverkningen av de bord som blommorna är placerade på.

Abstract

This report is a master thesis carried out at the department of Industrial Electrical Engineering and Automation at Lund Institute of Technology. The primary objective of our thesis was the automation of a greenhouse. The greenhouse is situated at a company called Björkebo Gård AB. Our task was not to control the environment in the greenhouse, but to control the moving tables, which is a unique feature of this prototype greenhouse.

The project started with selecting and evaluating appropriate hardware. A system consisting of a PLC together with an operator terminal, both from Beijer Electronics AB, was chosen.

Our project then focused on using the control system to control the movement of the tables in such a way that the day-to-day work in the greenhouse became more efficient. One of our primary goals was to use the mobility of the tables to increase the safety of the flowers in the event of a failure of the environmental control.

The greenhouse is divided into two separate sections, both having separate heating devices. This makes it possible for the control system, in the event of one of the heating devices failing, to move all the tables from one section and relocate them to the other one and thereby saving all of the flowers. This functionality can also be used to save energy during the night by shutting down the heating in one section.

The gardeners think that watering the flowers is a difficult and time consuming process in an ordinary greenhouse. Therefore one of the biggest challenges we faced during this project was to automate this process so that filling and emptying of the tables could occur automatically at times designated by the operator.

One additional task was to find a method to allow the control system to decide when and if the flowers need to be watered. However, much work remains to be done before this functionality is ready to be implemented in a full-scale greenhouse. Our proposal for the solution to this problem is described in this report.

To be able to manufacture the moving tables a control system for a bending machine has also been developed.

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Bakgrund.....	1
1.2	Utmaningar.....	2
1.3	Målsättning/syfte.....	5
1.4	Fokus och avgränsningar.....	5
1.5	Översikt av rapporten.....	6
2	Beskrivning av anläggningen och dess funktion ur ett användareperspektiv.....	6
3	Arbetsplattformer.....	7
3.1	Givare.....	8
4	Borden och deras funktioner.....	11
5	Styrsystemet.....	12
5.1	Upphandling av PLC-systemet.....	12
5.2	Beskrivning av hårdvaran och mjukvaran.....	13
6	Programbeskrivning.....	14
6.1	Programstruktur.....	14
6.2	Manuell drift.....	16
6.3	Automatisk drift.....	20
7	Plåtbockningsmaskin.....	26
7.1	Programbeskrivning.....	27
7.2	Beskrivning av operatörspanelen.....	29
8	Automatbevattning.....	31
8.1	Experiment.....	31
8.2	Signalbehandling.....	32
9	Framtida förbättringar.....	34
10	Lärdomar genom projektet.....	34

1 Inledning

Målsättningen för detta examensarbete har varit att lösa problematiken med att automatisera ett växthus. Det är inte frågan om automation av klimatet, som kanske är det första man tänker på när det gäller automation av ett växthus, utan detta arbete går i första hand ut på att kunna styra och reglera borden i växthuset. Bo-Arne Nilsson äger och driver växthuset där projektet har genomförts, genom ett företag som heter Björkebo Gård AB. Han har en intressant lösning på hur man kan spara både energi och arbetstid genom att ha en annorlunda konstruktion på borden i växthuset jämfört med hur borden ser ut i traditionella växthus. Denna konstruktion har testats i en äldre del av växthuset men då det var dags att utöka verksamheten ville han föra in funktioner som ytterligare ökade säkerheten och funktionaliteten i växthuset.

1.1 Bakgrund

Bo-Arne Nilsson har haft denna nya bordkonstruktion i drift ett tag och har då sett att hans tankar om att minska kostnaderna för energi och arbetstid verkligen stämmer. För att utföra en oberoende utvärdering av energi- och arbetsbesparingen som anläggningen medför tog Nilsson kontakt med Gunnel Larsson, som är hortonom på GRO Konsult AB. Avsikten med denna utvärdering var att han skulle ha möjlighet att söka bidrag för vidareutvecklingen av sina idéer. I sin rapport visar Gunnel Larsson (2001) att det stämmer att både energikostnaderna minskar och att det krävs mindre mantimmar för att driva växthuset. Hon visar också att arbetsmiljön blir bättre. Ett exempel på detta är att antalet gånger man behöver lyfta varje kruka minskar i Bo-Arne Nilssons konstruktion jämfört med de lösningar som finns i traditionella växthus. Detta kommer att förklaras närmare senare i avsnitt 1.2.

Bo-Arne Nilsson tog i slutet av 2001 kontakt med Christer Nilsson och Lennart Kärnström vid LivsmedelPlus, som är en del av Teknikbrostiftelsen, för att få hjälp med att kunna bygga vidare på dessa idéer. Lennart Kärnström kontaktade i sin tur Gustaf Olsson, professor på institutionen för Industriell Elektroteknik och Automation vid Lunds tekniska högskola, med en förfrågan om detta projekt var något som han skulle kunna tänka sig att vara delaktig i. Då denna kontakt togs höll Gustaf Olsson på med att planera kursen Industriell Automation, som gick våren 2002 vid LTH, där ett moment skulle vara att kursdeltagarna skulle göra ett mindre projektarbete. För att kunna ta ställning till om projektet vid Björkebo gård skulle kunna användas i kursen besökte Gustaf Olsson tillsammans med Gunnar Lindstedt, lektor vid IEA, Bo-Arne Nilsson som visade anläggningen och berättade om hur han tänkte sig att anläggningen skulle fungera när den var automatiserad. Efter detta besök beslutade Gustaf Olsson att i kursen Industriell Automation skulle fem projektgrupper bildas. De olika grupperna skulle arbeta med att ge förslag på hur olika delar av automatiseringen skulle kunna utformas. Områdena man skulle studera närmare var regler- och styralgoritmer, säkerhet, kommunikation med andra kommersiella system, användargränssnitt och kommunikation med systemet utifrån.

Samtidigt med dessa projekt startade även detta examensarbete då Bo-Arne Nilsson behövde hjälp med att implementera sina idéer och de förslag som kom fram vid projektarbetena på kursen.

1.2 Utmaningar

I ett traditionellt växthus är borden där växterna placeras på ca 16m långa och 1m breda. De är upplagrade på sina stativ och kan förflyttas manuellt ca 0,5 m i sidled åt varje håll. Borden placeras på ett sådant sätt att man kan nå alla växter via gångar som skapas genom att man flyttar borden i sidled. Detta gör att det skapas en ca 1m bred gång. Denna bordkonstruktion kallas rullbord. Längs ena långsidan på växthuset finns en arbetsgång som är till för att man skall kunna komma ut till det bord som man skall arbeta vid. Detta gör att man endast utnyttjar 85% av växthusets yta (Larsson, 2001).



Figur 1. 1 Bild från ordinär krukväxtodling. Rullborden är hopskjutna. Möjlighet finns att manuellt sära på borden och skapa en cirka 1m bred arbetsgång.

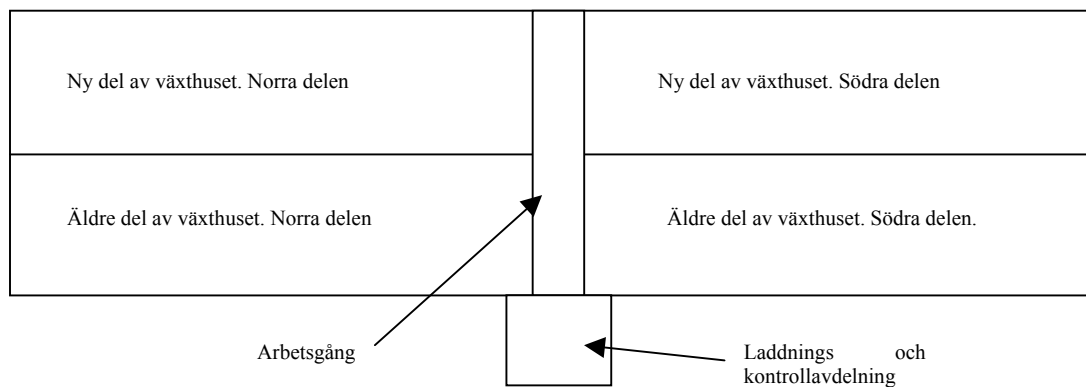
Förutom att man inte använder hela ytan i växthuset kan ett antal problem uppkomma när man har borden placerade på detta sätt. Det första problemet uppkommer då växterna är nyplanterade i sina krukor och skall placeras ut på borden. Proceduren för att ställa ut krukorna fungerar på följande sätt. Krukorna fylls med jord och ställs på brickor som i sin tur placeras på vagnar. Vagnarna körs sedan ut i arbetsgången till det bord som de skall placeras på. Man placerar krukorna tätt tillsammans på borden, så att de totalt sett inte tar upp så stor yta. Utplaceringen sker helt manuellt d.v.s. man hämtar en bricka med krukor på och bär in den i den gång man har skapat, genom att skjuta borden i sidled, och placerar krukorna på bordet. När plantorna sedan växer behöver de efter en tid större plats vilket gör att man måste glesa på krukorna. Detta medför att man måste bära de krukor som skall flyttas igen för vidare transport till sin nya placering. När sedan blommorna är färdiga för leverans upprepas proceduren med lyft och bärande av krukor i gångarna igen. Denna hantering gör att varje kruk lyfts cirka tio gånger under den tid då krukorna befinner sig i växthuset (Larsson, 2001).

Bo-Arne Nilsson har löst detta problem genom att han låter borden komma till den som arbetar med krukorna istället för tvärtom. Borden i denna konstruktion är 50m långa och kan flyttas från ena delen av växthuset till den andra, förbi en arbetsgång som är placerad mitt i växthuset. Det är i denna arbetsgång som arbetarna står och arbetar och kan då jobba med krukorna genom att köra borden åt ena eller andra hållet.



Figur 1.2 Bild från laddnings- och kontrollavdelningen.

Avsaknaden av arbetsgångar ut i anläggningen gör att 95 % av växthusets yta kan täckas av bord där krukor kan placeras (Larsson, 2001). För att borden skall kunna skifta positioner mellan de två avdelningarna är de placerade i två våningsplan.



Figur 1.3 Skiss av prototypanläggningen vid Björkebo Gård AB

När man jobbar med krukorna står man på en höj- och sänkbar plattform vilket gör att man kan komma åt de båda planen där krukorna är placerade.



Figur 1.4 Hög och sänkbar plattform

Borden flyttas med hjälp av en fjärrkontroll som består av en tryckknappslåda och en kabel som pluggas i ett uttag som tillhör det bord som man vill flytta. När växterna är nyplanterade i sina krukor sätts de på ett transportband som förflyttar krukorna från laddningsavdelningen ut till det bord som de skall placeras på. Transportbandet används även när det är dags att glesa krukorna och då plantorna är färdiga för leverans. Detta gör att varje kruka endast behöver lyftas sex gånger under den tid krukorna befinner sig i växthuset (Larsson, 2001).

Utmaningen för oss när det gäller denna del av projektet var att förenkla arbetet vid plattformarna. Hur plattformarna fungerar och hur vi har löst de problem som följde vid automatiseringen av plattformarna beskrivs närmare i kapitel 3.

Ett annat problem som kan uppkomma och som kan bli väldigt kostsamt är om det skulle bli något fel på värmesystemet eller om tak eller väggar i växthuset skulle gå sönder då yttertemperaturen är så pass låg att växterna riskerar att frysa. De som driver ett växthus på ett traditionellt sätt har då en väldigt liten möjlighet att rädda växterna vilket kommer att medföra stora ekonomiska förluster.

Med Bo-Arne Nilssons konstruktion kan man, tack vare att borden är placerade i två plan, samla alla borden i en del av växthuset. Detta har två stora fördelar. Den ena är att man kan

stänga av värmen i den del av växthuset där det inte finns några bord. Detta sker på natten då växterna ändå inte får något ljus och ger som följd att energikostnaderna minskar. Den andra stora fördelen med detta system är att om temperaturen sjunker i en del av växthuset av någon anledning kan man enkelt flytta alla växter som befinner sig där till en varmare del av växthuset.

Utmaningen i denna del av projektet låg i att lösa problematiken kring tidsstyrningen av borden samt att hitta en lösning på hur borden kan flyttas automatiskt om temperaturen sjunker i en del av växthuset och på så sätt rädda växterna. Det fanns också önskemål om att kunna få information via SMS till en mobiltelefon om något larm går i anläggningen. Ett annat önskemål som fanns var att man skulle ha möjlighet att styra och övervaka anläggningen via Internet.

En annan stor utmaning är att kunna konstruera ett system där styrsystemet själv avgör när växterna behövs vattnas. Detta är något man inom växthusbranschen under lång tid har försökt lösa utan att lyckas.

Lösningar till dessa problem och önskemål men även andra funktioner som finns i systemet kommer att redovisas i rapporten. Rapporten kommer också att innehålla en del där det beskrivs hur implementeringen gick och vilka problem som uppstod.

1.3 Målsättning/syfte

Ett första delmål var att kunna leverera ett enkelt styrsystem för en plåtbockningsmaskin som används för att tillverka borden. En närmare beskrivning av denna maskin kommer i kapitel 7. Anledningen till att det hade högsta prioritet vid projektets start var att plåtbockningsmaskinen måste vara i drift då man skulle börja bygga borden i den nya delen av växthuset. Dessutom hade man plantor som behövde placeras ut på bord.

Ett annat delmål gällde det styrsystem som sköter regleringen och övervakningen av växthuset. Här var målsättningen att vi skulle leverera ett styrsystem som skulle klara av att hantera förflyttningar av borden dels via arbetsplattformarna och manöverpanelen, dels via olika tidsfunktioner och larm.

En annan målsättning med detta projekt är även att undersöka hur pass svårt det är att lösa problematiken med att låta styrsystemet avgöra om växterna behövs vattnas. Om det är så att vi hittar en lösning som fungerar utan att vara allt för dyr skall denna också läggas till i styrsystemet.

1.4 Fokus och avgränsningar

Vi har, tillsammans med Bo Arne Nilsson, valt att koncentrera våra ansträngningar till de problem som rör borden och förflyttningarna av dessa. Anledningen till att vi har valt att inte jobba med t.ex. uppkopplingen mot Internet är den att den inte påverkar funktionen i växthuset i någon större utsträckning.

1.5 Översikt av rapporten

För att läsaren skall få en fylligare bakgrund till problematiken beskrivs i kapitel 2 hur det är tänkt att anläggningen skall fungera ur ett användareperspektiv. Detta kommer att visa vilka funktioner som skall ingå för att underlätta arbetet i växthuset. I kapitel 3 kommer arbetsplattformarna att beskrivas för att man skall ha större möjlighet att förstå hur arbetsplattformarna påverkar programmet som styr och övervakar anläggningen. I kap 4 beskrivs borden och deras funktioner. Borden i Bo Arne Nilssons anläggning skiljer sig nämligen ganska markant från borden i en ordinär anläggning. Styrsystemet kommer sedan att beskrivas i kapitel 5 med avseende på upphandling, beskrivning av hårdvara och mjukvara. I kapitel 6 kommer själva programmet att beskrivas och vår förhoppning är att det kommer att bli förhållande vis lätt att förstå, tack vare att de olika delarna har beskrivits tidigare. Plåtbockningsmaskinen, som används då man tillverkar borden, kommer att beskrivas mer ingående i kapitel 7 både med avseende på funktion och program. I kapitel 8 kommer vi att redogöra för de försök som har utförts med förhoppning att, i en förlängning av projektet, nå fram till en helautomatisk bevattning av växterna men även andra framtida utvecklingsmöjligheter. Rapporten avslutas med två kapitel som behandlar hur drifttagningen av styrsystemet gick och vad vi har lärt oss av detta projekt.

2 Beskrivning av anläggningen och dess funktion ur ett användareperspektiv

Anledningen till att Bo Arne Nilsson ville automatisera sin anläggning var att det skulle bli lättare för dem som arbetar i växthuset att sköta sina dagliga sysslor och samtidigt utnyttja bordens rörlighet på ett mer avancerat och effektivt sätt. Dessa förenklingar och utökade funktioner kommer att beskrivas i detta kapitel för att på så sätt öka möjligheten för läsaren att förstå rapporten.

När växterna har blivit planterade i sina krukor placeras de på ett transportband som förflyttar dem från packhallen ut i växthuset. De som arbetar i växthuset står på de arbetsplattformar som finns i växthuset och tar emot växterna för utplacering på borden. Arbetsplattformen är placerad på ett sådant sätt så att det bord man arbetar med befinner sig antingen till höger eller till vänster om plattformen. När man har placerat ut växter på den sektion av bordet som är precis framför en så att hela den delen av bordet är fullt ger operatören en signal för förflyttning av bordet. Då hela bordet är fullt med växter eller då det är dags för ett nytt moment flyttas plattformen till den nya positionen och arbetet kan fortsätta där. Denna procedur upprepas både då det är dags att glesa på krukorna och även då de är klara för leverans.

När de som arbetar i växthuset kommer till arbetet på morgonen är det bra om växterna redan är vattnade. De slipper i så fall lägga tid på att vattna innan de startar arbetet med själva växterna. Detta kan operatören göra genom att ange för anläggningens styrsystem vilka bord som skall vattnas och vid vilken tid bevattningen skall starta, för att bevattningen skall vara klar då man börjar arbeta i växthuset på morgonen.

En annan automatisk funktion som underlättar för dem som arbetar i växthuset är att de kan ange för styrsystemet vid vilka tider de olika borden skall flyttas till bestämda positioner. Ett exempel på detta kan vara att operatören vill att alla bord skall samlas i den södra delen av växthuset vid en viss tidpunkt, för att på så sätt kunna sänka temperaturen i den del där det då

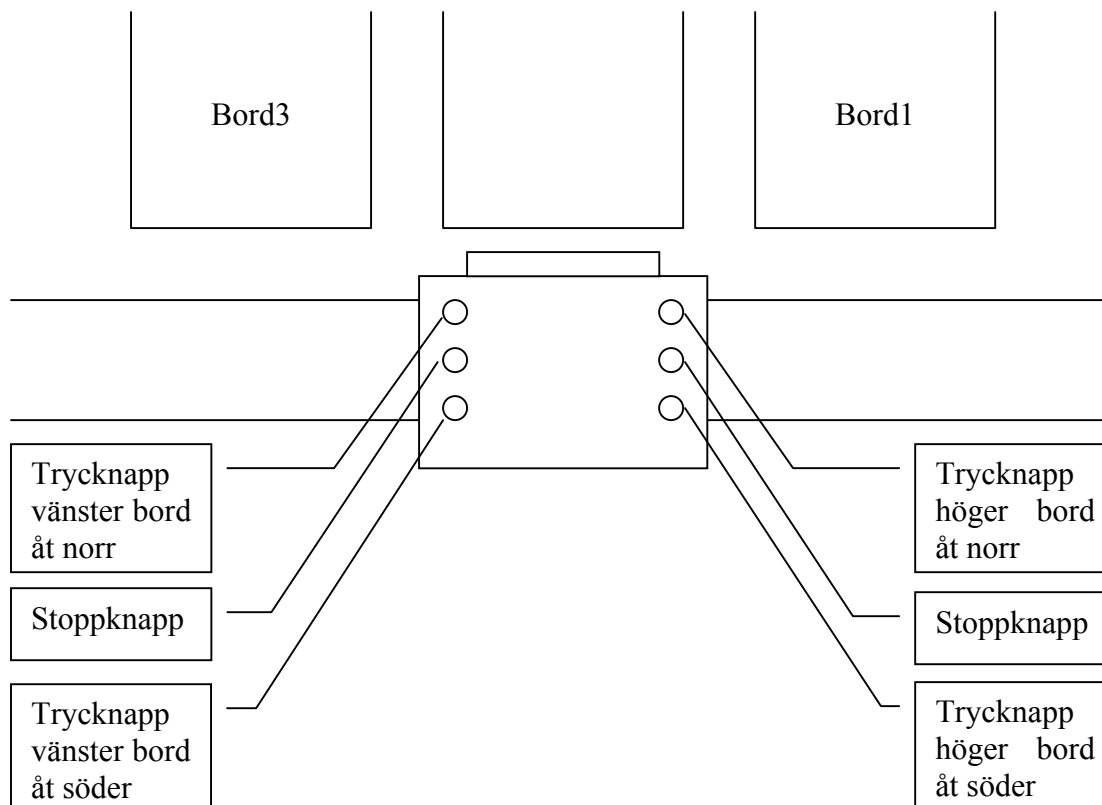
inte finns några växter. Detta förfarande sker på kvällen då växterna har fått den ljusmängd som de behöver. Då ljuset återvänder på morgonen vill kanske operatören i vissa fall att borden skall vara placerade på ett sådant sätt att alla växter kan ta upp ljus. Då använder operatören samma funktion för att sära på borden.

När det är dags att lämna växthuset på kvällen måste operatören sätta anläggningen i automatiskt läge. Detta kan endast ske då alla plattformar är placerade på speciella positioner och anledningen till detta är att borden kan börja röra sig genom kommando från anläggningens styrsystem. Det finns några olika fall då anläggningens styrsystem automatiskt sätter borden i rörelse. Ett av fallen är att operatören har angett en tid då bevattning av vissa bord skall ske men att dessa bord inte finns vid den position där bevattningen sker. Borden kommer då att automatiskt flyttas till bevattningspositionen. Automatisk förflyttning av borden sker även då operatören har angett att borden skall befinna sig vid bestämda positioner vid en viss tidpunkt. Ett annat fall av automatisk förflyttning sker då det blir något fel på anläggningen på så sätt att temperaturen sjunker i en del av växthuset där det finns bord med växter på. Borden kommer då att förflyttas till den del där temperaturen är rätt. Operatören kommer i detta fall att få ett SMS meddelande skickat till sin mobiltelefon.

Operatören har också möjligheten att koppla bort bord från anläggningens styrsystem. Anledningen till detta är att bord utan växter inte behöver flyttas om temperaturen sjunker i en del av växthuset där det endast finns tomma bord. Det skall även vara möjligt för operatören att ställa av ett bord vid service och reparationer. Bortkopplingen sker under ett block i operatörspanelen som heter *settings* och är lösenordsskyddat. Lösenordsskydd i detta block har vi valt eftersom det kan innebära fara för växterna om man av misstag stänger av ett bord med blommor på. Operatören måste också säkerställa att bordet står i en inskjuten position, då det ställs av, eftersom styrprogrammet inte tar hänsyn till bordet då det är bortkopplat.

3 Arbetsplattformar

Då hela växthuset är täckt av bord, och det inte finns några gångar som gör att man kan gå in och arbeta med blommorna, använder man sig av den smala arbetsgången i mitten av växthuset. Man placerar en arbetsplattform vid sidan om det bord som man skall arbeta vid och sätter bordet i rörelse. Plattformen är justerbar i höjdlängd så att man kan komma åt att arbeta vid borden oavsett vilket plan de befinner sig på. När styrsystemet är i manuellt läge, vilket beskrivs närmare i kapitel 6.2, kan borden sättas i rörelse både via manöverpanelen till styrsystemet och från plattformarna. Styrningen från plattformarna kommer att ske med hjälp av fottryckknappar. Därmed kan de som jobbar med krukorna ha händerna fria hela tiden. Det sitter 6 st fotströmställare på varje plattform och de kan styra de bord som finns direkt till höger respektive vänster om plattformen. På plattformen finns även en brytare som används för att bestämma om borden på det övre eller undre planet skall styras. Fotströmställarna är till för att kunna styra om borden skall röra sig åt norr eller åt söder. Det finns även stoppknappar som kan användas för att stanna borden.



Figur 3.1 Skiss över fottryckknapparnas placeringar på arbetsplattformarna

Man är även ute efter en funktion som innebär att om man trycker till en tryckknapp med foten så skall det bordet röra sig ett antal sekunder vilket gör att bordet hela tiden flyttar sig en viss sträcka. Med tanke på att plantor tar olika mycket plats när de är placerade på borden bör denna sträcka vara möjlig att justera så att den passar med de plantor som odlaren har på just detta bord. Vill man att bordet skall röra sig kontinuerligt håller man tryckknappen nedtryckt i ett antal sekunder.

3.1 Givare

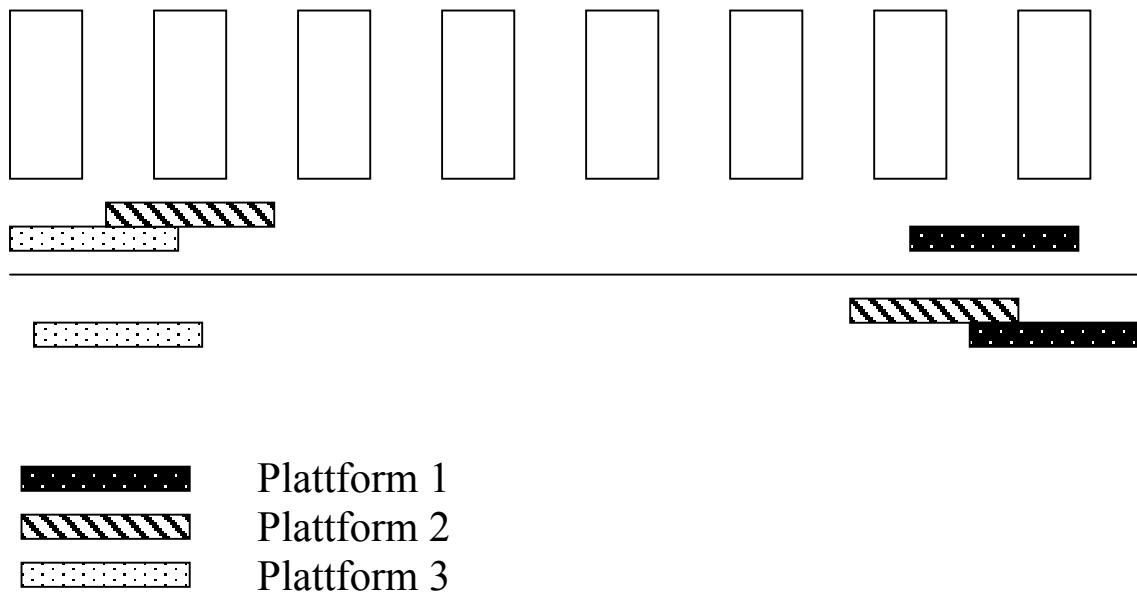
För att man på ett enkelt sätt skall kunna manövrera borden från plattformarna krävs det att styrsystemet vet var de olika plattformarna befinner sig. Det finns många olika sätt att lösa detta på.

Ett sätt hade kunnat vara att man i manöverpanelen hade fått ange vilken position de olika plattformarna har för att på så sätt kunna köra borden från plattformarna. Detta är dock inte någon bra lösning eftersom operatören då måste förflytta sig till manöverpanelen så fort ett nytt bord skall flyttas. Vidare är där en fara om operatören anger en felaktig position för plattformen vilket medför att ett bord som inte var tänkt att flyttas börjar röra sig när operatören trycker på en knapp på plattformen.

Om man hade placerat en givare framför varje bord vilken känner av om där är någon plattform framför hade man i styrsystemet kunnat avgöra om ett bord kunnat köras eller inte. Det är dock inte så enkelt att lösa problemet på detta sätt då plattformen är så pass bred att den

kan täcka givaren som är placerad mitt framför ett bord men ändå blockera ett närliggande bord. En lösning på detta problem skulle kunna vara att på varje plattform montera en skena som påverkar givarna på borden bredvid så fort som plattformen blockerar dessa. Med ett sådant system hade man fått definiera alla möjliga kombinationer av plattformsplaceringar i styrsystemet och det skulle ha blivit ett komplext problem för styrsystemet att skilja på olika fall av plattformsplaceringar. Detta illustreras i figur 3.2.

Det skulle också vara möjligt att minska bredden på plattformarna men detta är ingen bra lösning då det inverkar på den ergonomiska aspekten.



Figur 3.2 Problem vid särskiljning av plattformsplaceringar. Om sensorerna för lägesbestämning av arbetsplattformarna är fast monterade framför varje bord så kan styrsystemet i vissa fall ej avgöra vilken plattform som är var. Ett sådant fall visas i denna figur där givarna framför bord 1, bord 2, bord 7 och bord 8 är påverkade. Det går här ej att avgöra om plattform 1 täcker givarna för bord 1 och 2 eller om den bara täcker givaren för bord 1. Det går alltså inte att avgöra om plattform 2 är placerad framför bord 2 eller bord 7.

Man hade kunnat komma runt detta problem genom att definiera alla förbjudna fall och inte tillåta någon förflyttning av bord då något av dessa fall inträffar. Det hade inte varit ett bra system. Den största anledningen till att detta förslag inte realiserades var att det inte är ett flexibelt system. I dagsläget finns det tre stycken plattformar på Björkebo Gård men om man i framtiden hade velat ha in ytterligare plattformar hade hela styrsystemet fått definieras om. Ytterligare argument är att om detta system skall säljas till andra odlare måste det vara så flexibelt att man helt fritt kan välja antalet plattformar.

Ett styrsystem som är konstruerat på ett sådant sätt att givarna sitter på plattformarna i stället för att vara centrerade vid borden blir mycket mer flexibelt. På varje plattform monteras sju givare som via ett kodningssystem informerar styrsystemet var varje plattform befinner sig. På Björkebo Gård finns det två delar i växthuset. I den nya delen av växthuset där detta styrsystem kommer att installeras först finns det 16 bord med 8 på varje plan. Detta har gjort att kodningen som valts för denna del av växthuset ser ut som nedan där svarta fält motsvarar en aktiverad givare.

	8	7	6	5	4	3	2	1
7	■	■	■	■	■	■	■	■
6	■	■	■	■	■	■	■	■
5								
4	■	■	■	■	■	■	■	■
3	■	■	■	■	■	■	■	■
2	■	■	■	■	■	■	■	■
1	■	■	■	■	■	■	■	■

Figur 3.3 Kodningens utseende för den nya delen av växthuset. Raderna motsvarar de sju givarna. Kolumnerna motsvarar i sin tur de olika borden. Exempelvis när arbetsplattformen är placerad mitt framför bord 5 skall givare 1,3,4,6 och 7 vara påverkade. Givare 1 anger att vi befinner oss i den nya delen av växthuset.

Systemet är uppbyggt på ett sådant sätt att givare nummer 1 till 5 anger vilket bord som plattformen står framför. Givare 6 och 7 är till för att avgöra om borden till höger respektive vänster om plattformen får flyttas. Givare 6 och 7 kommer således endast att vara aktiverade samtidigt i de fall då plattformen är placerad mitt framför ett bord och inte blockerar något av borden bredvid.

Ett problem som kan uppkomma är om en plattform befinner sig i den gamla delen av växthuset vid bord 10 och är förskjuten in i den nya delen. Styrsystemet har då ingen indikation på detta och en kollision mellan bord 8 och plattformen kan då ske. Då även den äldre delen av växthuset kommer att automatiseras på samma sätt när styrsystemet i den nya delen är testad kan en kodning för den gamla delen göras redan nu. På detta sätt kan man få med bord 10 i den gamla delen och förhindra kollisioner. Kodningen för den gamla delen av växthuset ser då ut enligt nedan.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
6	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
5			■	■	■	■	■	■	■	■
4	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
3		■	■	■	■	■	■	■	■	■
2	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
1										

Figur 3.4 Kodningens utseende för den gamla delen av växthuset. Raderna motsvarar de sju givarna. Kolumnerna motsvarar i sin tur de olika borden. Exempelvis när arbetsplattformen är placerad mitt framför bord 5 skall givare 2,5,6 och 7 vara påverkade. Givare 1 anger att vi befinner oss i den gamla delen av växthuset.

Vilken typ av givare som är lämpligast beror på hur man bygger upp kodningssystemet. Plattformarna löper på en räls längs hela arbetsgången och givarna, som är monterade på plattformarna, skall kunna känna kodningssystemet som är monterat på undersidan av transportbandet som löper längs hela anläggningen. I detta fall är det lämpligast att använda sig av optiska givare då dessa kan känna av förändringar på större avstånd än t.ex. induktiva givare. Anledningen till att man behöver ett visst avstånd mellan givare och kodningssystemet är att det inte är någon stor precision på vare sig rälsen eller kodningssystemet då detta byggs upp av reflextejp som motsvarar figurerna ovan.

På varje plattform kommer det även att finnas en givare som indikerar om plattformen befinner sig i ett upphöjt läge. Plattformarna är så pass breda att om de är upphöjda kommer de intilliggande borden att krocka med plattformarna om de skulle börja röra på sig.

4 Borden och deras funktioner

Borden i växthuset är ca 50 m långa och täcker hela ytan i växthuset bortsett från en gång i mitten. Borden är placerade i två plan så att hela ytan i växthuset kan täckas av bord. Varje bord är uppbyggd av system av aluminiumprofiler och själva arbetsytan består av 10st rännor som är tillverkade i ett stycke och löper längs hela bordet. På givna avstånd, som bestäms av var i profilsystemet tvärbalkarna befinner sig, är hål gjorda i rännorna. Hålen i rännorna är avsedda att tillföra vatten i alla rännorna samtidigt och att vattennivån i alla rännorna blir lika. Borden vilar på hjul så att de enkelt kan flyttas från ena sidan av växthuset till den andra. Rännorna tillverkas på plats av en specialtillverkad maskin. Hur denna maskin fungerar beskrivs närmare i kapitel 7.



Figur 3.5 Figuren visar hur borden sträcker sig från arbetsgången varifrån bilden är fotograferad ut mot kortsidorna på växthuset.

Förflyttningen av borden kan ske på olika sätt och av olika anledningar. Under dagtid, då man är och jobbar i växthuset, sker förflyttning av borden via kommando antingen från arbetsplattformarna eller från manöverpanelen. Detta beskrivs närmare i kapitel 6.2.

Under de tider då växthuset inte är bemannat kan styrsystemet ge kommando till borden att de skall ändra positioner. Detta kan inträffa om t.ex. temperaturen i en del av växthuset där växterna befinner sig sjunker under en viss förutbestämd temperatur. Förflyttning kan även ske automatiskt via olika timrar. Ett exempel är att operatören anger ett klockslag då alla borden skall förflyttas till en annan del av växthuset. Operatören kan ange vid vilken tid bevattning skall ske och anger då även vilka bord det gäller. Då påfyllningsrör endast finns i den norra delen av anläggningen måste borden befinna sig där för att kunna fyllas upp.

Styrsystemet ser då till att de bord som är aktuella flyttas till den norra delen för bevattning. En närmare beskrivning av hur de automatiska funktionerna fungerar återfinns i kapitel 6.3.

Bevattningen av växterna fungerar på så sätt att vatten fylls på i ändarna av borden och via ett rör- och slangsystem strömmar lika mycket vatten ut från varje hål på hela bordet. Vattennivån kommer på detta sätt att stiga lika fort i alla rännorna på bordet. Detta sätt att vattna växter kallas ebb- och flodsysteem. När man har spolat vatten i rörsystemet en viss tid öppnas en ventil och man tömmer då bordet på vatten genom samma rör- och slangsystem. På detta sätt får alla växter som står på bordet lika mycket vatten under lika lång tid vilket gör att alla växter har samma tillväxtförutsättningar.

5 Styrsystemet

För att kunna styra växthuset på de sätt som specificerats började vår del av projektet med en undersökning av vilket sorts styrsystem som var lämpligast. De system som vi övervägde var ett PLC-system, ett system uppbyggt av en soft PLC och ett system där vi skulle bygga ett program i en ordinär PC. Förutom de delar som har beskrivits tidigare ville Bo Arne Nilsson även i en förlängning av projektet kunna styra anläggningen via Internet. Efter samtal med leverantörer av PLC-system visade det sig att webb accessen lätt kunde lösas om man använde sig av ett PLC-system tillsammans med en operatörspanel. Till detta system fanns många färdiga moduler för ändamålet. Bo Arne Nilsson ville även att systemet skulle kunna skicka SMS-meddelande till en mobiltelefon om det går något larm i anläggningen och även detta fanns det färdiga lösningar på hos de olika PLC leverantörerna. Att lösa dessa saker, om man själv skulle bygga ett program som skulle köras av en ordinär PC eller om man använde sig av en soft PLC, hade kunnat bli mycket svårare och därför beslutades det att vi skulle använda oss av ett kommersiellt PLC-system.

5.1 Upphandling av PLC-systemet

Vi vände oss till två PLC- leverantörer och med utgångspunkt från de specifikationer vi lämnade fick vi in priser på systemen. Som grund för offerterna specificerades en liten PLC med cirka 10 ingångar och 6 utgångar tillsammans med en liten operatörspanel för att styra plåtbockningsmaskinen, se vidare kapitel 7. Vi behövde också en större PLC för styrningen i själva växthuset. Här var ingångskraven cirka 100 ingångar och 60 utgångar. Det krävdes också att systemet skulle kunna byggas ut. I starten av projektet var inte alla detaljer klara över hur funktionen i växthuset skulle se ut och därmed var det osäkert hur många ingångar och utgångar som skulle krävas. Dessutom krävdes en operatörspanel för enkel kommunikation med styrsystemet. Vidare skulle systemet ha möjligheter att läsa in analoga signaler och bearbeta dessa. Möjligheten att skicka SMS och att kommunicera med styrsystemet via Internet skulle också finnas med.

Plåtbockningsmaskinen behövde sättas i drift i ett tidigt skede och det var viktigt att få förnuftig kravspecifikation för både denna och det stora systemet, trots att alla specifikationer inte vara definitiva för det stora systemet. Mjukvarorna för att programmera PLCn och operatörspanelen var mycket dyra jämfört med maskinvaran och det hade varit en dålig affär om programvaran endast hade kunnat användas för plåtbockningsmaskinen. Efter utvärdering av pris och prestanda beslutades i samråd med Bo Arne Nilsson att inleda ett samarbete med

Beijer Electronics AB. Deras produkter hade alla de funktioner som vi sökte och det visade sig också efter några enkla demonstrationer att det var förhållandevis enkelt att koppla ihop produkterna med varandra och att implementera de olika funktioner vi ville ha med.

5.2 Beskrivning av hårdvaran och mjukvaran

PLCn som används för styrsystemet är Mitsubishi modell FX2N med 64 ingångar och 64 utgångar i grundenheten. Tilläggsmoduler finns för upp till 256 I/O totalt. I vårt system ingår också en analog ingångsmodul FX2N-8AD med 8 analoga ingångar med en upplösning på 16 bitar. I denna modul kan man välja om man vill mäta ström eller spänning. För att kunna skicka SMS till en mobiltelefon använder vi oss av ett GSM modem typ GS-01 från Westermo Teleindustri AB.

För att programmera PLCn använder vi oss av mjukvaran GX IEC Developer. Programspråken som kan användas i denna mjukvara följer standarden IEC 61131-3 (IEC, 1993), d.v.s. man kan använda sig av antingen instruktionslista, strukturerad text, funktionsblock, ladder-diagram eller SFC (sekventiell funktionsgraf). När man programmerar PLCn med hjälp av GX IEC Developer använder man sig av ett antal TASKar och POUer. (POU = Program Organisation Units). En Task är den del av programmet som via en händelse exekverar en eller flera POUer. En POU är en programdel där själva koden skrivs och vi väljer härmed att i fortsättningen av rapporten kalla POUerna för programdelar.

För att operatören skall kunna kommunicera med styrsystemet används en operatörspanel E700. Detta är en flexibel och bra operatörspanel vilket gör att operatören har stora möjligheter att övervaka och sköta anläggningen på ett enkelt sätt. I denna operatörspanel kan man montera ett nätverkskort vilket gör det möjligt att på ett enkelt sätt få operatörspanelen att kommunicera med andra system. Detta kan vara andra operatörspaneler eller PLC-system. Man kan också på detta sätt kommunicera med operatörspanelen via Internet.

Operatörspanelen som visas i figur 5.1 nedan består av ett antal funktionstangenter, piltangenter, en knappsats för inmatning av siffror och bokstäver samt några tangenter som är direkt knutna till vad som skall visas på skärmen. Operatörpanelens program är uppbyggt av ett antal block och det är dessa block som styr vad som skall visas på skärmen. Funktionstangenterna kan vara globala eller lokala, beroende på hur man programmerar dem. Oberoende om en funktionstangent är global eller lokal kan de t.ex. ändra statusen på minnesceller i programmet eller ändra utseendet på skärmen d.v.s. göra ett hopp till ett bestämt block. Om en funktionstangent är global har den samma funktion oberoende av i vilket block exekveringen pågår och om den är lokal är funktionen unik för det block som programmet befinner sig i. Piltangenterna är till för att skifta mellan olika påverkbara objekt i ett block. Knappsatsen för inmatning av siffror och bokstäver används exempelvis för att ange tider och telefonnummer i styrsystemet.



Figur 5.1 Operatörspanelens utseende.

6 Programbeskrivning

Programmet för automatisering av arbetet i växthuset består av cirka 14000 rader kod med cirka 600 variabler. Detta gör det väldigt utrymmeskrävande att ingående beskriva hela koden. Vi har därför valt att fokusera på de funktioner som koden löser och bara redovisa och förklara grundläggande drag i den verkliga koden. Detta kapitel är uppdelat i tre avsnitt där 6.1 beskriver programmets två huvudtillstånd och de funktioner som är viktiga för båda tillstånden. Därefter beskriver vi varje huvudtillstånd för sig i de två nästkommande avsnitten.

6.1 Programstruktur

Vi kom snabbt fram till att det behövdes två huvudtillstånd i styrprogrammet, `manuell` och `automat`. Styrprogrammet befinner sig alltid i något av dessa tillstånd. Anledningen till detta är att vissa funktioner endast skall kunna köras då man befinner sig rätt tillstånd. Ett exempel är att borden endast får röra sig automatiskt då man befinner sig i tillståndet `automat`.

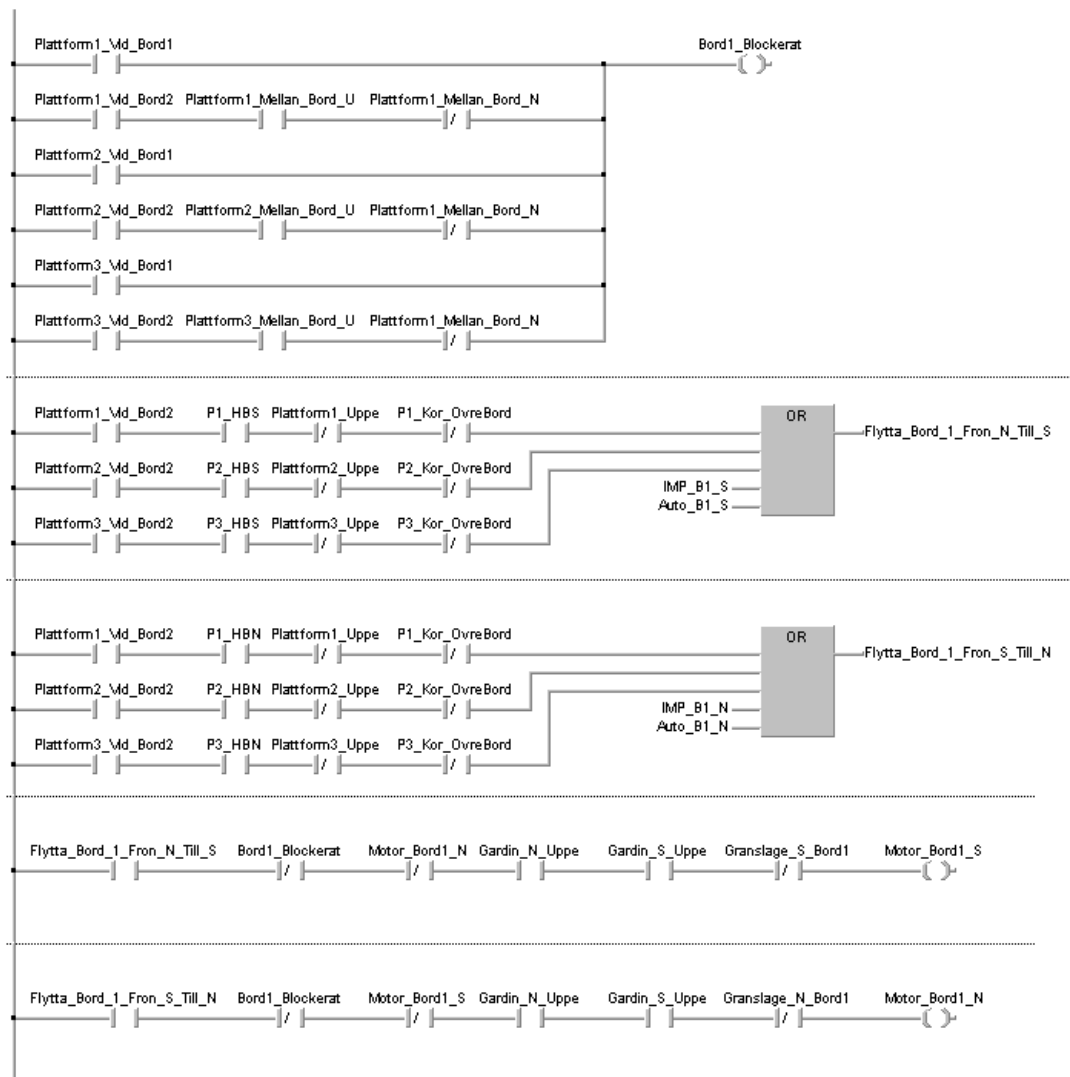
I styrprogrammet finns även vissa programdelar som körs oberoende vilket tillstånd programmet befinner sig i och dessa kommer att beskrivas var för sig nedan.

Det är viktigt att styrprogrammet kan avgöra vid vilket bord de olika plattformarna befinner sig. Anledningen till detta är att borden inte skall kunna flyttas så att de kolliderar med någon plattform. Styrprogrammet använder signalerna från givarna som är placerade på plattformarna som villkor när det skall bestämma plattformarnas placering. Signalerna överensstämmer med gray-koden som är beskriven i kapitel 3. Kombinationen av dessa ingångar sätter en global variabel som kan användas i alla programdelar i hela styrprogrammet. Denna programdel, som avgör var plattformarna är placerade, exekveras hela tiden. Anledningen till detta är att oberoende om programmet är i tillståndet `manuell` eller `automat` måste styrprogrammet veta var plattformarna befinner sig.

För att skifta från tillståndet `manuell` till tillståndet `automat` krävs det att alla plattformarna befinner sig i en position där de inte står i vägen för något bord då borden i detta tillstånd kan börja röra sig automatiskt. Det är även så att där inte får finnas några personer i växthuset då anläggningen befinner sig i automatläget. Då man i operatörspanelen

skiftar från manuell till automat måste alla plattformarna befinna sig i sina nattlägen. Systemet känner av detta genom att alla givarna på plattformarna är påverkade. Är där någon givare som inte är påverkad kommer man inte att kunna sätta systemet i automat läget. Det finns även fotoceller monterade vid alla ingångar till växthuset och om någon av ljusridåerna bryts kommer systemet att lämna läget automat och gå över i manuell.

De programdelar som styr hur de olika borden skall röra sig exekveras också hela tiden. Varje bord har en programdel kopplad till sig och alla delar ser i princip likadana ut. I figuren nedan visas koden för bord 1. För att kunna köra bord 1 krävs det att det inte är blockerat av någon plattform. Likaså gäller att om plattform 1 befinner sig framför bord 2 men är förskjuten mot bord 1 och på det sättet blockerar bordet får det inte heller köras. Om något av de beskrivna fallen inträffar ettställs variabeln `Bord1_Blockerat` vilket medför att `Motor_Bord1_S` eller `Motor_Bord1_N` inte kan aktiveras. Dessa variabler är knutna direkt till utgångarna som styr kontaktorer till motorerna. De variabler som aktiverar själva förflyttningen är, i fallet för bord 1, `Flytta_Bord_1_Fron_N_Till_S` respektive `Flytta_Bord_1_Fron_S_Till_N`. Dessa variabler kan aktiveras antingen från plattformarna, eller från manöverpanelen, om man är i tillståndet manuell. `Flytta_Bord_1_Fron_N_Till_S` aktiveras om variablerna `P1_HBS`, `P2_HBS` eller `P3_HBS` ettställs och plattformen där kommandot kommer ifrån inte är i ett upphöjt läge och man inte har valt att köra det övre bordet. Man kan även köra borden från manöverpanelen via variablerna `IMP_B1_S` och `IMP_B1_N`. Dessa variabler är globala och aktiveras i en annan programdel där själva knapptryckningen på manöverpanelen registreras. Då anläggningen är i tillståndet automat kommer bordens förflyttningar att ske med hjälp av variablerna `Auto_B1_S` respektive `Auto_B1_N`. Dessa är också globala variabler som aktiveras i en annan programdel.



Figur 6.1 Utdrag ur programdelen *kör_bord1*. Denna programdel ser ungefär likadan ut för alla 16 bord.

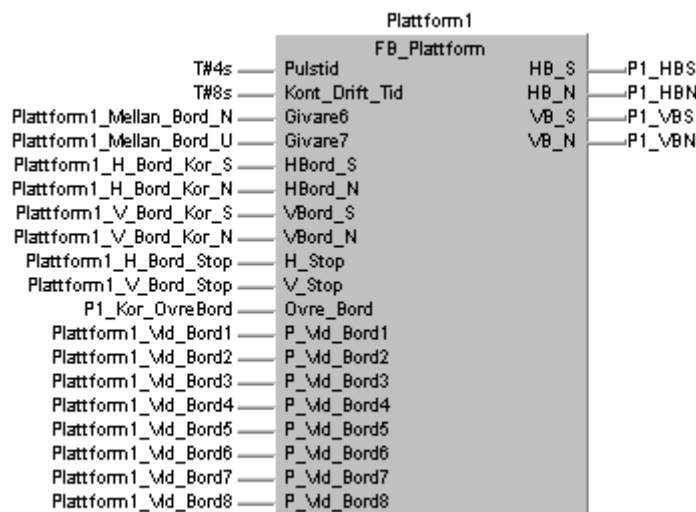
6.2 Manuell drift

Under dagtid då man befinner sig i växthuset och jobbar är styrprogrammet i läget manuell.

Då man arbetar med växterna står man på de tidigare beskrivna plattformarna. Borden med växterna som man arbetar med befinner sig då antingen till höger eller till vänster om plattformen. I den gamla delen av växthuset används en fjärrkontroll, som består av en tryckknapps låda som via en kabel pluggas i ett uttag som tillhör det bord som man vill flytta. Man flyttar ett bord genom att hålla ner den knapp som motsvarar det håll som man vill köra åt och då man släpper knappen stannar bordet. Då man arbetar med växterna når man omkring 1 m² stor yta på bordet. Detta innebär att då man skall flytta fram bordet en bit så att man kommer åt nya växter, är man tvungen att hålla nere knappen och man blir på så sätt avbruten i sitt arbete. Även då man glesar växterna eller då växterna skall levereras skall borden gå kontinuerligt. Detta löser man idag med hjälp av en klämma som ser till att tryckknappen hela tiden är nedtryckt.

Med en automatiserad funktion kan man ha händerna fria och ändå manövrera borden. Önskemål fanns också om att på ett enkelt sätt kunna få borden att röra sig kontinuerligt.

Problemet löstes med hjälp av fotströmställare som placerats på plattformarna som tidigare beskrivits i kapitel 3. Då man står och arbetar med blommorna på ett bord och vill flytta bordet trycker man till den fotströmställare, som motsvarar den riktning som man vill flytta bordet åt, med foten. Bordet kommer då att flytta sig en sträcka som bestäms av den tid som timern för denna funktion är inställd på. Vill man att bordet skall röra sig kontinuerligt håller man fotströmställaren nedtryckt en viss tid. Dessa funktioner är samma för alla plattformar vilket gjorde att vi skapade ett funktionsblock där all styrning sker. Detta ger oss fördelen att man på ett enkelt sätt kan lägga till en eller flera plattformar i systemet förutsatt att PLCn har tillräckligt många ingångar.



Figur 6.2 Funktionsblocket som kopplas till varje plattform som finns i anläggningen.

Ingångsvariabler

Pulstid	Den tid bordet skall flytta sig vid ett enkelt tryck på fotströmställaren.
Kont_Drift_Tid	Tiden som fotströmställaren skall vara nedtryckt för att bordet skall börja flytta sig kontinuerligt.
Givare6	Givare på plattformen som anger om plattformen är centrerad framför ett bord och på så sätt kan aktivera förflyttningen
Givare7	Givare på plattformen som anger om plattformen är centrerad framför ett bord och på så sätt kan aktivera förflyttningen
HBord_S	Ingång för fotströmställare på plattformen som sätter höger bord i rörelse åt söder
HBord_N	Ingång för fotströmställare på plattformen som sätter höger bord i rörelse åt norr
Vbord_S	Ingång för fotströmställare på plattformen som sätter vänster bord i rörelse åt söder
Vbord_N	Ingång för fotströmställare på plattformen som sätter höger bord i rörelse åt norr
H_Stop	Stoppar förflyttning av höger bord

V_Stop	Stoppar förflyttning av vänster bord
Ovre_Bord	Strömställare som anger om man skall köra det övre eller undre bordet
P_Vid_Bord1..8	Anger vid vilket bord plattformen är placerad.

Utgångsvariabler

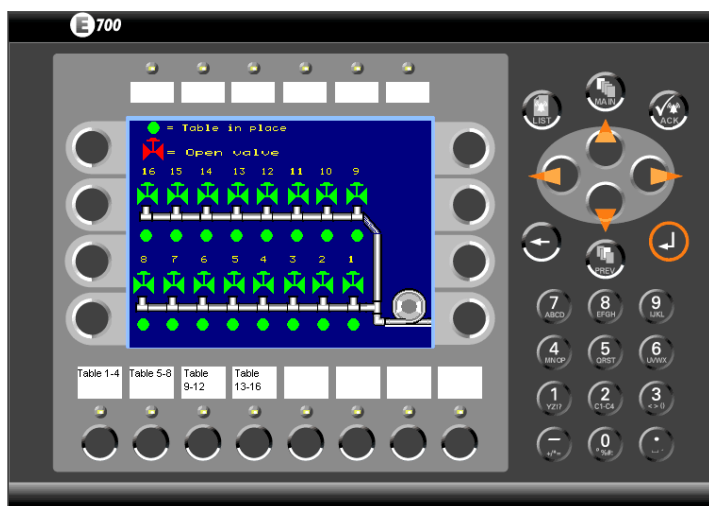
HB_S	Styrsignal för höger bord riktning söder
HB_N	Styrsignal för höger bord riktning norr
VB_S	Styrsignal för vänster bord riktning söder
VB_N	Styrsignal för vänster bord riktning norr

Vid en signal, som är kortare än tiden som är inställd på variabeln `Kont_Drift_Tid`, på `HBord_S` och signal saknas på `Ovre_Bord` kommer `HB_S` att vara aktiv under den tid som är inställd på variabeln `Pulstid`. Om signalen på `HBord_S` är till längre än den tid som är inställd på variabeln `Kont_Drift_Tid` kommer bordet att förflytta sig kontinuerligt. Bordet kommer att röra sig till dess att det antingen når sitt ändläge eller om man trycker på stoppknappen som ger en signal på `H_Stop`. Där finns även en säkerhetsfunktion inlagd som gör att bordet stannar om plattformen flyttas. Någon av signalerna på ingångarna `Givare6` eller `Givare7` kommer då att brytas och då stannar bordet. Samma funktion finns för variabeln `Ovre_Bord`. Då det kommer en positiv eller negativ flank på denna signal stannar även bordet.


Om man i den gamla delen av växthuset bara vill skifta positioner på några bord måste man använda sig av den tidigare beskrivna fjärrkontrollen. Detta är ett omständligt och tidskrävande sätt att flytta borden på.

I den nya automatiserade delen använder vi oss av manöverpanelen när sådana förflyttningar skall göras. På manöverpanelen finns fyra funktionstangenter som används då man vill flytta något bord. Borden är grupperade fyra och fyra och genom att trycka på en funktionstangent får man upp en bild som visar de bord som ingår i gruppen. Genom att trycka på någon av knapparna som finns till höger respektive vänster om bilden på det bord som man vill flytta kommer bordet att börja röra sig åt angivet håll. En blinkande pil visar att man har gett ett kommando att flytta ett bord. Bordet kommer att röra sig till dess att det antingen når sitt ändläge eller om man trycker på samma knapp en gång till.

Bevattning av växterna kan ske på olika sätt beroende på i vilket tillstånd anläggningen befinner sig i. När anläggningen är i tillståndet `manuell` kan bevattning ske på två olika sätt. Om det är så att man upptäcker att blommorna på ett bord behöver vatten kan man via operatörspanelen manövrera sig fram till en bild som visas nedan.



Figur 6.3 Manuell bevattning. Härifrån kan man starta huvudpumpen genom att påverka dess symbol. Det går även att öppna valfri magnetventil. De gräns markeringarna under varje ventil anger om bordets gränsläge är påverkat eller ej.

I denna bild visar de gröna prickarna om bordet är placerat så att det kan vattnas. Man stegar sig sedan ner till pumpsymbolen med hjälp av piltangenterna och trycker på *enter*  knappen. Pumpen sätts då igång och det kommer att visas en röd cirkel i centrum på pumpsymbolen. Nästa steg blir att stega sig, med hjälp av piltangenterna, fram till ventilsymbolen för det aktuella bordet. Vid ett tryck på *enter* knappen öppnas ventilen och symbolen ändrar färg till röd. I detta läge måste operatören ha kontroll över hur mycket vatten som har tillförts borden. Stänger man inte av ventilen eller pumpen i tid kommer vattnet på borden att svämma över.

Ett enklare sätt att vattna om flera bord behöver vattnas är att använda sig av en timerfunktion. Denna timerfunktion kan användas oavsett vilket tillstånd anläggningen befinner sig i. Skillnaden för denna funktion i de olika tillstånden är att då anläggningen är i tillståndet *manuell* måste operatören se till att alla de bord som aktiveras via timern är placerade på den plats där bevattningen sker vilket inte är ett krav då anläggningen är i tillståndet *automat*. Hur denna funktion fungerar då anläggningen är i tillståndet *automat* förklaras närmare i kapitel 7.2. Vad som visas på skärmen då man skall programmera bevattningstider framgår av figuren 6.4.



Figur 6.4 Inställning av timrar för bevattning. Det finns 8st timrar som man väljer i den rullgardin som kommer upp då man på verkar Timer 1. Om operatören sedan fyller i dag, timme och minut och trycker in de knappar som motsvarar de bord han vill bevattna kommer bevattningen att starta på utsatt tid under förutsättning att borden finns på rätt plats.

Det går att programmera 8 timrar. Man väljer timer genom att med hjälp av piltangenterna stega sig ner till rutan där det står *Timer 1* och trycker på *enter*. Då kommer det upp en lista där man kan välja timer. Tiden då bevattning skall ske programmerar man in i rutorna för *Day*, *Hour* och *Minute*. För att välja vilka bord som skall vattnas med hjälp av timern stegar man sig, med hjälp av piltangenterna, fram till de bord som är aktuella. Då man trycker på *enter* kommer symbolen att visa en intryckt röd knapp. Statusen på knapparna och de tider som är inställda kommer att följa den timer de är inställda för. Detta innebär att om man i ett tidigare skede har angett att till exempel timer 2 skall starta bevattningen av bord 1 och bord 2 dag 10 timme 5 minut 0 så kommer detta att visas så fort man väljer timer 2. Detta innebär att man kan sätta igång en sekvens där man vattnar flera bord efter varandra utan att man behöver övervaka förloppet. Då bevattningssekvensen är avslutad kommer statusen för alla bord och tider som tillhör den aktuella timern att nollställas. När borden är fyllda kommer de att automatiskt tömmas efter en viss tid. Detta förlopp kommer att beskrivas i nästkommande kapitel.

6.3 Automatisk drift

Automat är det tillstånd som skall vara aktivt då ingen personal befinner sig i växthuset. Man önskar att tidsfunktioner etc. kan åstadkomma att borden rör sig utan någon uppmaning från en operatör.

När de som jobbar i växthuset lämnar anläggningen på kvällen ändrar de tillståndet i styrsystemet till automat genom att påverka omkopplaren i MAIN-blocket i operatörspanelen. De måste då ha sett till att alla plattformar befinner sig i sina nattpositioner. Annars går det inte att gå över till tillståndet automat. I detta tillstånd är det styrsystemet som helt och hållet styr vad som skall hända med anläggningen. Då man går över till automat startas en programdel som består av ett SFC som heter *kontroll*. Det är detta SFC som är huvudfunktionen då man kör anläggningen automatiskt. Där finns även andra programdelar som körs parallellt och vissa programdelar som startas beroende på vilken väg sekvensen kommer att gå i SFCet.

En stor fördel med anläggningen hos Björkebo Gård AB är de två växthusavdelningarna med separata värmesystem. Detta innebär att det finns möjlighet att rädda växterna i en avdelning som av någon anledning utsätts för ett kraftigt temperatur fall, genom att köra över samtliga bord till den andra avdelningen.

Detta förlopp styrs av programdelarna *AD-test* och *kontroll*. I AD-test finns koden för avkodning av de strömsignaler som temperaturgivarna ute i respektive avdelning ger. Temperaturgivarna är en kombinerad temperatur- och fuktgivare från det finska företaget Vaisala. Dessa givare ger en strömsignal på 4-20mA för vardera temperaturen och relativa luftfuktigheten. Strömsignalen behandlas i en AD-modul med namnet FX-8AD (Beijer). Denna AD-modul innehåller en filtreringsrutin enligt glidande medelvärde. Glidande medelvärde är helt enkelt medelvärdet av de fem senaste mätvärdena enligt formeln $y'(kh) = 1/5 * (y(kh) + \dots + y[(k-4)h])$ (Olsson-Piani 1992). Antalet värden som tas med i beräkningen kan givetvis varieras. FX-8AD har möjligheten att beräkna på de 4096 senaste värdena.

Om temperaturen i en avdelning sjunker under ett i manöverpanelen angivet värde sätts en felminnescell som aktiverar programdelen *kontroll*. Härmed sker en sekvens enligt följande.

1. Uppvärmning av den avdelning som inte utsatts för temperaturfall.
2. Höjning av gardinerna.
3. Förflyttning av borden.
4. Sänkning av gardinerna.

Regleringen i detta nödläge kan utföras med enklaste möjliga styrlagar. I samråd med Nilsson har vi också valt att helt frikoppla oss från befintligt klimatregleringssystem. Detta kan ge eventuella framtida kunder möjlighet att välja ett för dessa bekanta klimatstyrningssystem.

När uppvärmningen skall ske enligt nödförfarande dras en kontaktor som frikopplar befintligt klimatstyrningssystem. Vi kan härmed styra värmaren. Vi har valt att styra den med en enkel bang-bang styrning (Slotine and Li, 1991). Det vill säga att det finns två lägen, brännare på eller brännare av. Den dödzon som behövs i denna reglering kommer vi att prova oss fram till genom försök när styrsystemet är installerat. Det är viktigt att få bra värden på dödزونen. Den får inte vara för liten då självsvängningar kan uppkomma. Är den i sin tur för stor finns det risk att man får kondensering i anläggningen då man passerar mätningsgränsen, som kan visas i ett moilierdiagram.

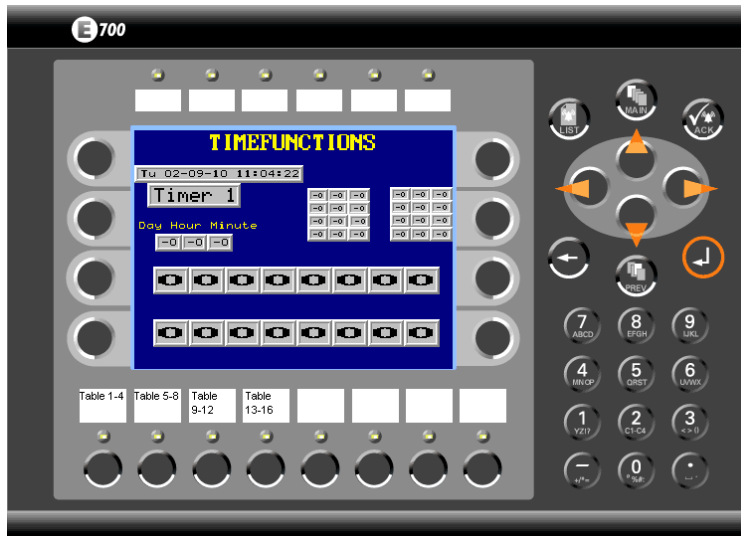
Då sekvensen enligt punktlistan ovan återkommer vid flera händelser, som visas senare, så har vi valt att låta samma programdel sköta de flesta bordförflyttningar i tillståndet *automat*. Denna programdel kan studeras i bilaga 2 och heter just *kontroll*. Kommunikationen mellan *kontroll* och andra programdelar sker huvudsakligen via en vektor. Borden kan utföra tre olika händelser:

- Kör mot söder
- Kör mot norr
- Stå stilla

För att kunna skicka information om vilken funktion varje bord skall utföra då regleringen startas så kan varje position i vektorn innehålla en nolla, en etta eller en tvåa, vilket markerar de tre tillstånden ovan.

En annan funktionalitet som blir väldigt effektiv med ett automatiskt styrsystem är möjligheten att flytta borden på bestämda tider. Detta kan t.ex. innebära att samla samtliga

bord i en avdelning för att på så sätt kunna stänga av värmen i den andra eller att värma den tidigare avstängda avdelningen och sära på borden innan dagens arbete påbörjas. Detta löses genom att operatören fyller i vilken timer och vid vilken tid han vill att händelsen skall utföras. Därefter har han ett val för varje bord att göra. Han kan välja mellan N-norr, S-söder 0-ståstill.



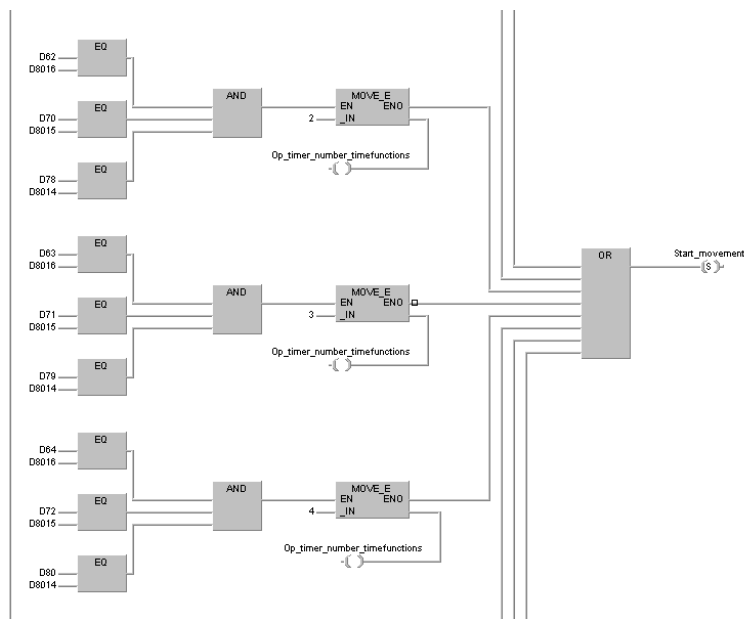
Figur 6.5 Operatörens möjlighet att aktivera bordsflyttningar via tidsfunktioner. Varje bord har genom ett val i en rullgardins meny möjlighet att gå mot norr, söder eller stå stilla. Observera likheten med operatörspanelens utseende i figur 6.4.

Denna rutin fungerar så att all information om vilka tider som händelsen skall ske lagras i vanliga dataregister med index. Att ett data register har index innebär att man anger ett register t.ex. D10. Om man sedan låter Z1 vara register och tilldelar $Z1 := 5$; så pekar D10Z5 på dataregister D15. När operatören väljer timer genom att markera Timer 1 (se figur 6.5) och sedan välja timer i rullgardinslistan, som dyker upp, så tilldelas automatiskt det aktuella registret ett värde som motsvarar timern ifråga. När operatören sedan fyller i dag, timme och minut så lagras dessa i dataregister med indexeringen. Informationen om hur man vill att borden skall röra sig sparas i sin tur i en matris på 8×16 positioner där indexet anger vilken rad som värdena skall lagras i. För att få en bra visualisering av vad man matat in på de olika tidsfunktionerna så skrivs aktuell rad i matrisen ut på de olika flervalsknapparna.

Det finns sedan en programdel (se figur 6) med namnet `timefunctions2` där styrsystemet varje programvarv jämför värdena i registerna som innehåller tidsangivelserna med realtidsklockan i styrsystemet. Realtidsklockans värden finns i de fasta dataregisterna D8013-D8019.

I dessa register lagras allt från sekunder till veckodag.

Det är också viktigt för den fortsatta behandlingen av den inducerade funktionen att spara undan vilken timer som har uppfyllt jämförelsen mellan tidsvärdena. Detta görs med funktionen `MOV_E` (se figur 6.6) som lagrar värdet i en minnescell. Slutligen sätts minnescellen `Start_movement` som i sin tur även ingår som startvillkor i programdelen *kontroll*.



Figur 6.6 Utdrag ur programdelen *timefunctions2*. Här kan man se hur de olika registerna med inmatade tidsvärden jämförs med realtidsklockans värde för att sedan lagra undan vilket index det var på de register som uppfyllde jämförelsen. *Start_movement* inducerad sedan den fortsatta händelsen.

När *timefunctions2* har satt minnescellen *Start_movement* så tar regleringen över resten av händelsen. Först så sker upphissning utav gardinerna som vanligt. Sedan kommer vi till en funktion som vi har valt att kalla *array justering*. Det är här som den vektor som regleringen arbetar med får sina rätta värden. Man tilldelar helt enkelt regleringens vektor värdena av den raden som den aktuella timern har pekat i *timefunctions2*s matris. Koden i *array justeringen* ser ut som figur 6 visar.

```

FOR I:=0 TO 16 DO
  IF (S900=TRUE) THEN
    Bord_funktioner[I]:=1;
  ELSIF (S902=TRUE) THEN
    Bord_funktioner[I]:=2;
  END_IF;
END_FOR;

IF Start_movement THEN (*Detta utföres då en timefunction är uppfyllt*)
  FOR I:=0 TO 16 DO
    Bord_funktioner[I]=Time_func_Set_Matrix[Op_timer_number_timefunctions,I];
  END_FOR;
END_IF;

```

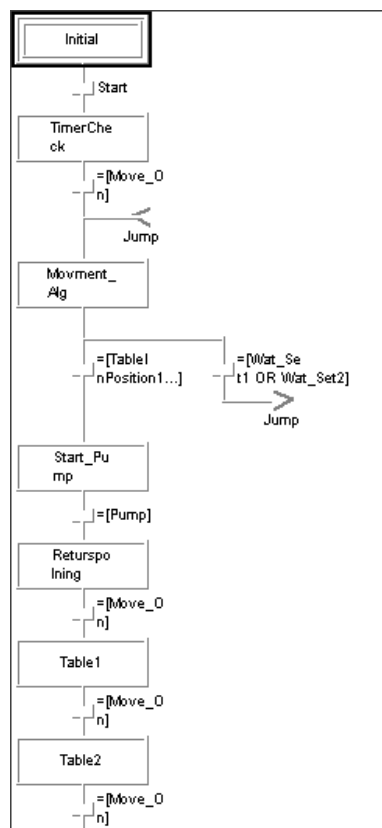
Figur 6.7 Koden i händelsen *array justering* i SFC:et *Kontroll*. Här kan ses hur felminnescellerna *S900* och *S902* tilldelar hela vektorn med ett eller två. På slutet, om *Start_movement* är sann tilldelas vektorn värdet utav *Time_func_Set_matrix* på rad *I*.

Här kan vi även se hur vi behandlar vektorn i de fall då vi utlöser en händelse pga. temperaturfall i någon av avdelningarna. Om vi får *S900* eller *S902* så tilldelar vi hela vektorn ett eller två, eftersom vi vill samla alla borden i antingen den norra eller den södra avdelningen.

Den tredje funktionen som kan komma i fråga då ingen personal befinner sig i anläggningen är bevattning. Det går alldeles utmärkt med vårt styrsystem att t.ex. vattna borden timmen innan arbetet påbörjar på morgonen. Bevattningen sker enligt tidigare på så sätt att vatten fylls på i ändarna utav borden till dess att rännorna är helt fyllda. Man låter sedan krukorna dra åt

sig vätskan under en viss tid med hjälp utav blomjordens kapillärkraft. Den tid som krukorna skall "dra" varierar med avseende på krukornas storlek, vilket medför att denna tid måste gå att justera individuellt för varje bord. Den första tanken med systemet var att det automatiskt, genom en mekanisk konstruktion, skulle släppa ut vattnet så fort som rännorna var fyllda med vätska. Då problemet med olika tider för olika krukstorlekar uppkom så diskuterades många lösningar men till sist så uppkom det en lösning där man kör borden ca:10cm längre bort mot kortsidan på huset för att på så sätt påverka en vipparm som öppnar en ventil som tömmer bordet. Denna konstruktion är mycket fördelaktig då bordet sedan tidigare inbyggda rörelse utnyttjas. För att spara på investeringskostnaden har vi valt att använda samma gränslägesbrytare för att indikera båda lägena på bordet. Den mekaniska lösningen har löst med hjälp av en kamkurva som gör att gränsläget är *från* i fyllningsläge och *från* i tömningläge. Då det är *till* mellan dessa lägen kan man relativt enkelt reglera vilket läge bordet befinner sig i.

Samma princip för lagring av operatörens inmatningar av tider och vilka bord han/hon vill vattna gäller här som i fallet med förflyttningar på tider (se figur 6.4.) Det som skiljer sig mellan bevattningen och *timefunctions2* är att vi endast behöver lagra booleska variabler i matrisen. Borden skall ju alltid gå mot norr för att vattnas. Jämförelsen mellan de inmatade tidsvärdena och realtidsklockan sker sedan inuti den programdel som styr sekvensen med påfyllning av borden.



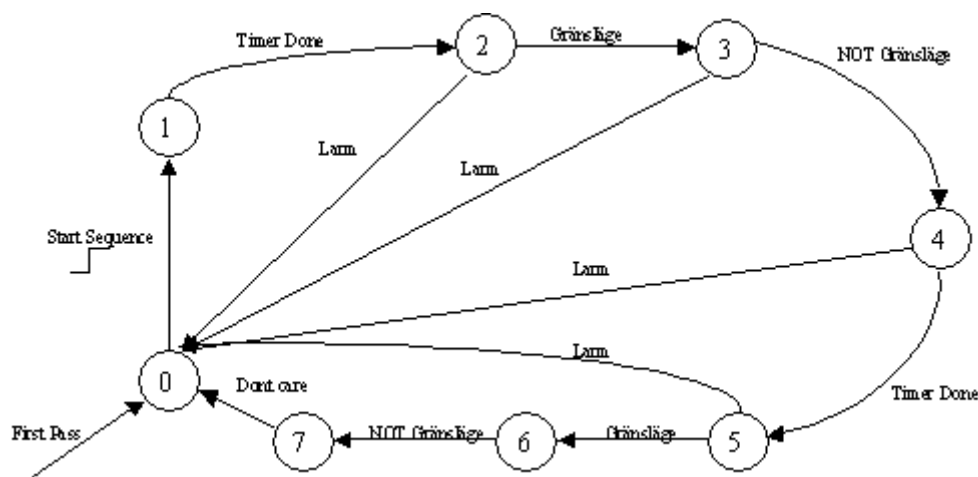
Figur 6.8 Utdrag ur programdelen *Wat_sfc* Här ses den funktion *timercheck* som jämför tidsangivelserna enligt samma princip som tidigare i *timefunctions2*. Där efter kommer *movement_Al* som sköter justeringen utav den vektor som programdelen *kontroll* sedan arbetar med. Hoppet som finns här är till för att operatören skall kunna ändra sin inmatning om han ångrar sig i sista stund. Precis innan bevattningen startar returspolas filtret i fem sekunder. Slutligen ser man hur varje bord vattnas i en rak sekvens.

Som vi kan se i figur 7 så finns där en händelse som heter *Movement_Al*. Här tilldelas den vektor som programdelen *kontroll* arbetar med värdet 1 om värdet på den aktuella raden och

platsen i matrisen som lagrar vilka bord som skall vattnas är sant. Är det inte sant kommer vektorn att tilldelas noll på denna plats och bordet att stå stilla då regleringen aktiveras. Regleringen aktiveras också på slutet i *Movement_alg*. Övergångsvillkoret `TableInPosition` jämför ändlägesgivarnas värde med vektorns värde. När detta är uppfyllt så påbörjas fyllningen av borden. Det kan tyckas konstigt att vi har valt att fylla borden i en rak sekvens men detta kommer sig av att det inte finns några sensorer på borden vilka talar om när borden är fulla. Istället har vi löst det genom att man justerar varje enskild magnetventil så att det tar exakt 8min att fylla bordet. Skulle man då plötsligt öppna ventilerna till två bord samtidigt skulle man få ett tryckfall som gjorde att borden inte han att fylla upp på de 8 minuterna. Den tidsförlust som det innebär att fylla borden i en rak sekvens är enligt Nilsson fullt acceptabelt. I en förlängning kan man tänka sig att mäta bordets vikt för att på så sätt få fram när bordet är fyllt. Men detta nämns i kapitel 8.

Precis före samtliga aktuella bord fylls så returspolas huvudpumpens filter. Detta görs för att undvika tryckfall, och således inte helt fyllda bord, då bevattning skall ske.

Pga. de olika tiderna som olika storlek på krukorna behöver stå i vattnet och de realtidsproblem detta innebär har vi valt att så fort ett bord är fyllt med vatten så startas ytterligare en programdel som sköter tömningen av borden enligt tidigare nämnda princip. Denna programdel startas av en puls på `Start Sequence`(se figur 8) som genereras i varje händelse i `Wat_sfc`.



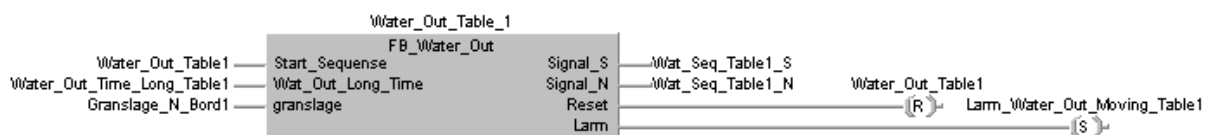
Figur 6.9 Denna sekvens sköter tömningen av borden. Här kan ses hur en timer håller koll på den tid som det får ta innan gränsläget ändrar tillstånd. Larmar timern så återvänder sekvensen till tillstånd noll. Det går även att se hur variabeln `Timer Done` sköter om så att borden håller sin position i en viss tid.

En ytterst viktig sak i detta sekvensdiagram är de fyra möjligheterna att återvända till tillståndet 0. Detta kommer sig av det faktum att har man startat en bevattning i läget automat kommer gardinerna att sänka sig så fort alla borden är på plats. Det är ju programdelen *kontroll* som sköter om alla bordförflyttningar här och det sista som sker i denna programdel är sänkning av gardinerna. I sin tur bygger vattentömningen på att borden skall förflyttas en viss sträcka. För att slippa utföra höjning och sänkning av gardinerna varje gång ett bord skall tömmas har vi valt att koppla funktionsblockens utgångar direkt till motorerna. Hänsyn tas alltså inte till det bivillkor som gäller vid samtliga andra bordförflyttningar, nämligen att gardinerna måste vara fullständigt upphissade. Detta kan innebära en stor fara för materielen eftersom en trasig ändlägesgivare på borden skulle kunna innebära att sekvensen inte byter tillstånd. Borden kan då fortsätta och köra igenom

gardinerna. Därför har vi valt att sätta ytterligare ett villkor på vattentömningen. Sensorn måste ha skiftat tecken inom en viss tid. Skulle så inte vara fallet kan vi konstatera att antingen slirar motorerna eller så har det uppstått något fel med sensorn. Ett fel på sensorn är inte kritiskt då ett fyllt bord kör mot tömningsläget eftersom här finns det ett mekaniskt gränsläge i form av en klack som bordet kör emot innan det uppstår någon fara. Givetvis har varje motor ett motorskydd av bimetallkonstruktion som stannar motorn vid överbelastning. Dock innebär det en större fara för anläggningen när bordet skall återvända till samma läge som innan tömningen. Ett fel på ändlägesgivaren under denna förflyttning kan innebära att bordet kör på och igenom gardinen. Vi har dock valt att lägga in tidsfunktionen i båda fallen eftersom man vill få en indikation på att bordet verkligen är tömt och inte står med vatten för lång tid. För mycket vatten till växterna innebär också en stor fara i form av svamptillväxt på rötterna.

Om tidsfunktionen skulle lösa ut skickas ett SMS med texten `Emptying failed` till det i operatörspanelen förvalda numret. Samtidigt återvänder sekvensen enligt tidigare till tillstånd 0.

Sekvensen ovan är uppbyggd i ett funktionsblock som i sin tur används i de 16 olika programdelarna som krävs enligt tidigare resonemang.

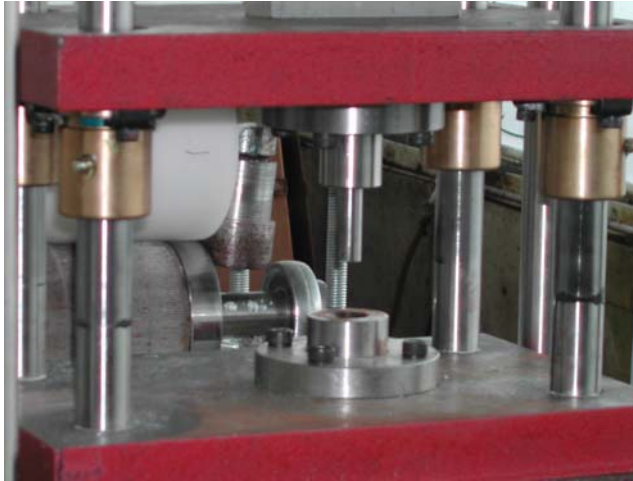


Figur 6.10 Detta är det funktionsblock som bygger upp de 16 programdelarna Water_Out_table1-16. I just denna bild visas Water_Out_table1.

7 Plåtbockningsmaskin

I detta kapitel beskrivs grundprincipen för maskinen som tillverkar de rännor som växterna placeras i. Programmet som reglerar utmatning och stansning, och är implementerat på maskinen, beskrivs ingående.

Borden i växthuset på Björkebo Gård är ca 50 m långa och är uppbyggda av ett system av aluminiumprofiler. På detta profilsystem lägger man ut rännor som tillverkas på plats i ett stycke och som löper i hela bordets längd. Utgångsmaterialet till rännorna är en målad plåt som är 206mm bred. Denna plåt matas in i en bockningsmaskin som via ett system av valsar bockar plåten till en ränna med önskat utseende och vidare med hjälp av en stans stansar hål i rännan. Stansen är monterad på en 2-vägs kolv som drivs av tryckluft.

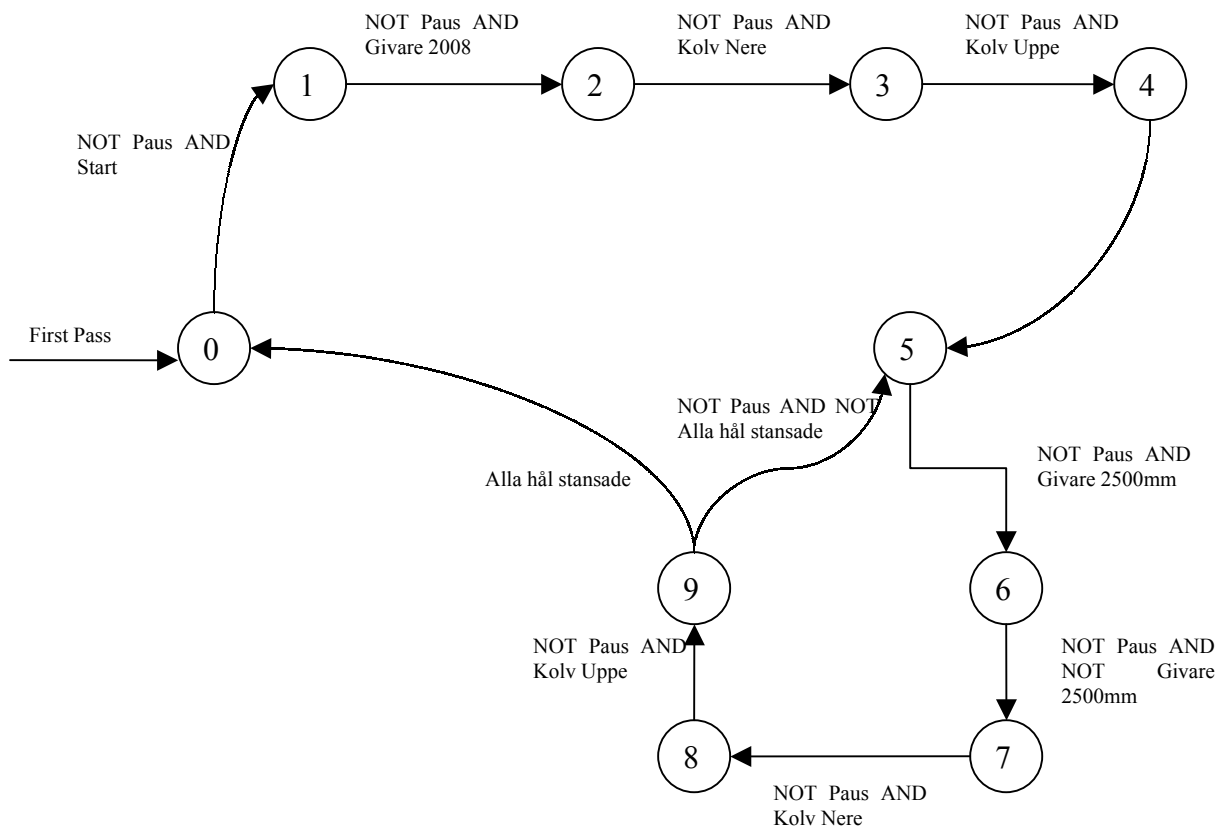


Figur 7.1 Stans för stansning av påfyllningshål i rännorna.

För att man skall kunna ha kontroll på rännan utan att hela tiden behöva styra den konstruerades en vagn där den del av rännan som är längst bort från maskinen vilar. Vagnen hjälper på detta sätt rännan att hela tiden glida framåt och inte fastna på någon tvärbalk. Uppgiften som skulle lösas inom ramen för examensarbetet var att automatisera maskinen på ett sådant sätt så att man endast behövde mata in plåten i maskinen, ställa in hur många hål som skall stansas och sedan trycka på en startknapp. För att lösa denna uppgift användes en PLC från Mitsubishi (FX1S) och en operatörspanel från Beijer Electronics (E50). Hålen som stansas i rännorna är till för att fästa slangar så att man kan tillföra vatten till rännorna enligt tidigare beskrivet (kap 4) ebb- och flodsystem. För att hålen skall passa in i profilsystemet krävs det att det första hålet som stansas kommer 2008 mm in från änden av rännan. De hål som sedan stansas skall ha ett avstånd på 2500 mm mellan centrum på hålen. När det sista hålet har blivit stansat stannar maskinen och operatören klipper av rännan 2108 mm från stansen. För att lösa detta problem användes fyra givare två optiska givare som känner avståndet mellan hålen och två givare för att avgöra kolvens läge. Antalet hål som skall stansas är beroende på hur långa borden är och därför kan man ändra detta antal i operatörspanelen.

7.1 Programbeskrivning

För att lättare kunna förstå hur programmet fungerar visas i figur 7.2 sekvensdiagrammet och en beskrivning av detta följer. Hela programmet återfinns sedan i bilaga 1.



Figur 7.2 Sekvensdiagram för plåtbockningsmaskinen.

Programmet är uppbyggt på ett sådant sätt att motorn kommer att mata fram plåt när sekvensen befinner sig i tillstånd 1, 4, 5 eller 6. När sekvensen befinner sig i tillstånd 2 eller 7 kommer signal att ges till ventilen som styr tryckluften till kolven. Detta medför att stansen börjar röra sig nedåt men så fort som sekvensen går över till antingen tillstånd 3 eller tillstånd 8 kommer kolven att återgå då ventilen är återfjädrande. Från alla tillstånd kan en övergång till tillstånd 0 ske. Detta sker då variabeln `Reset Hål` ettställs. Det finns två räknare i programmet som dels är till för att ändra antalet hål som skall stansas, dels för att hålla reda på hur många hål som har stansats. Den räknare som sköter inställningen av hur många hål man vill stansa är en räknare som följer standarden för IEC funktions block och heter `CTUD`. Det är en räknare som kan räkna både upp och ner. Uppräkning sker då man får en signal på variabeln `Antal Hål Upp` och nerräkning sker på samma sätt då man får en signal på variabeln `Antal Hål Ner`. Det värde man har stegat fram räknaren till sparas i en variabel `Inställt Antal Hål` och som är av typen *integer*. Den räknare som sköter registreringen av hur många hål som har blivit stansade följer standarden för IEC funktions block och heter `CTU`. Den kommer att öka variabeln `Antal Hål Stansade` varje gång som sekvensen befinner sig i tillstånd 4 eller 9. I alla övergångsvillkor, bortsett från övergången mellan tillstånd 9 och tillstånd 0, finns `NOT Paus` med. Detta villkor är till för att man skall kunna pausa sekvensen, oberoende i vilket tillstånd man befinner sig i, om det skulle uppstå något problem. Det skulle t.ex. kunna vara att plåten inte glider ut på bordet som den skall och behöver justeras. Vid återstart fortsätter då sekvensen från det ställe man befann sig på. Använder man sig istället av nödstoppet, då det händer något som kräver justering, kommer man att tappa informationen av hur många hål som har stansats och den delen ränna som man har tillverkat är då förbrukad. Nödstoppet skall alltså inte användas för att pausa sekvensen utan endast då det är risk för skador på personer eller material.

De sista funktionerna i programmet är till för att operatörspanelen skall visa det fönster som är aktuellt. När man befinner sig i tillstånd 0 kommer värdet 0 att läggas i ett dataregister (D10) med hjälp av en funktion som heter MOVE_E. Så fort som man lämnar tillstånd 0 kommer värdet 2 att läggas in i registret med hjälp av en likadan funktion. Dataregistret är kopplat till operatörspanelen på ett sådant sätt att så fort värdet i dataregistret ändras hoppar operatörspanelen till det block som har det löpnumret som motsvarar det tal som finns i registret. Hur blocken i operatörspanelen är uppbyggda och fungerar beskrivs nedan.

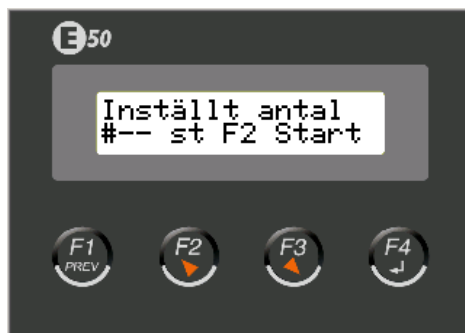
7.2 Beskrivning av operatörspanelen

För att operatören skall kunna sköta maskinen på ett enkelt sätt användes en operatörspanel E50 från Beijer Electronics. Det är en liten och enkel operatörspanel med två rader om vardera 16 tecken. Där finns även fyra funktionstangenter som används för att t.ex. ändra statusen på minnesceller i programmet eller att ändra utseendet på skärmen. När man programmerar operatörspanelen bygger man upp programmet med hjälp av ett antal block och det är dessa block som styr vad som skall visas på skärmen. För att operatören skall kunna sköta plåtbockningsmaskinen krävs det att han kan ändra antalet hål som skall stansas, starta och pausa sekvensen samt mata fram plåt manuellt. För att lösa detta skapades fyra block i operatörspanelen till plåtbockningsmaskinen. Huvudblocket (se figur 7.3) kallas för Main och har löpnummer 0. Detta fönster kommer att visas så fort sekvensen återgår till tillstånd 0 som är beskrivet ovan. Om man trycker på knappen F2 kommer operatörspanelen att skifta utseende då denna knapp är kopplad till block 1 som heter Start. Det är i detta block som starten av sekvensen kan ske. På samma sätt kommer operatörspanelen att göra ett hopp till block 4, där man kan ändra antalet hål som skall stansas, då man trycker på knappen F3. Knappen F4 är till för att mata fram plåten manuellt. Så länge som knappen är intryckt kommer motorn att gå. Denna funktion är till för att man skall kunna få in plåten i valsverket innan sekvensen startas.



Figur 7.3 Huvudmeny

Block 1 ser ut som i figur 7.4 nedan. Det antal hål som programmet är inställt på att stansa visas där # finns nere i vänstra hörnet. För att starta sekvensen trycker man på knappen F2.



Figur 7.4 Startmeny

Block 2 kommer att visas så fort som sekvensen är igång och ser ut som figur 7.5 nedan. I övre högra hörnet där # finns visas det antal hål som har blivit stansade. Där # finns i det nedre vänstra hörnet visas, så länge sekvensen är igång, F2 Paus. Vid en knapptryckning på F2 pausas hela sekvensen och texten skiftas till F2 Start. Denna funktion är till för att man inte skall behöva starta om hela sekvensen om det endast behövs en liten justering som är beskrivet ovan.



Figur 7.5 Meny som visas då sekvensen kör

Det sista blocket som har löpnummer 3 heter Ändra. Detta når man, som beskrivets tidigare, genom att trycka på knappen F3 i huvudmenyn och är till för att ändra inställningen på hur många hål som skall stansas. I mitten på nedersta raden där # finns visas det antal som är inställt för tillfälligt. Man stegar upp med knappen F2 och ner med knappen F3.



Figur 7.6 Menyn ändra

8 Automatbevattning

En funktion som växthusnäringen länge har efterfrågat, men som ingen hitintills har kunnat lösa, är en helautomatisk bevattning av växterna. Genom att på ett nytänkande sätt använda sig av att den elastiska deformationen av borden och deras upplagring är proportionell mot vikten hos växterna har vi kommit ett steg närmare en lösning på problemet.

8.1 Experiment

Med dagens ”manuella” bevattning är det helt och hållet operatören som måste bestämma när bevattningen skall ske. För att avgöra om växterna behöver vatten eller ej har studier av arbetssättet visat att personalen lyfter lätt i krukorna för att avgöra dess vikt. Personalen har alltså en känsla för hur mycket en kruka skall väga när det är dags att vattna. Det visade sig efter enkla prov att en torr kruka på 1 liter väger ca: 250g och en nyvattnad kruka väger ca: 370g. Tillväxten hos växten d.v.s. ökningen i dess organiska massa, förutsätter vi vara så liten under en veckas tid att den blir helt försumbar. Om styrprogrammet då skulle kunna väga flera krukor åt gången skulle det vara möjligt att få ett mera exakt värde på om det är dags att vattna än vad operatören får när han/hon känner på en kruka. Ur dessa förutsättningar föddes idén att använda trådtöjningsgivare på en av upplagringspunkterna för att på så sätt kunna avgöra vilken vertikal kraft som upplagringspunkten utsätts för.

Borden är upplagrade på 20 punkter vilket gör det svårt att teoretiskt bestämma kraftfördelningen mellan de olika upplagringspunkterna pga. av att ekvationssystemet blir överbestämt. Vi valde istället att göra ett prov med en enkel våg för att på så sätt få fram ett närmevärde på den ungefärliga kraft som en upplagringspunkt utsätts för, detta så att det går att teoretiskt dimensionera eventuell mekanisk utrustning. Kraften visade sig variera mellan 65kg för ett bord med torra krukor och 120kg för ett med våta krukor.

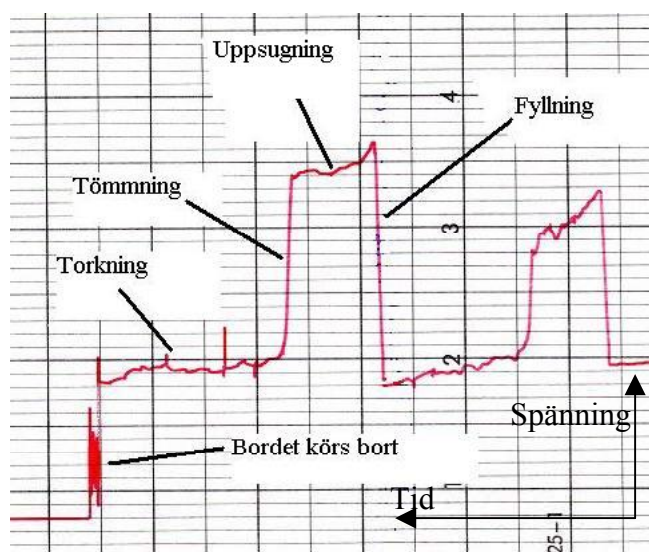
Den 26 juli 2002 genomfördes ett snabbt studiebesök vid avdelningen för förbränningsmotorer, LTH, där vi studerade deras tillämpning med lastceller för momentmätning på motorer. Principen för dessa lastceller ansåg vi vara användbar men då priset är en avgörande faktor för Nilssons framtida försäljningsplaner så valde vi att konstruera en egen mätutrustning med trådtöjningsgivare.

Kontakt togs med HBM:s generalagent i Sverige och i samråd med dem valde vi att utföra våra försök med en trådtöjningsgivare av modell LY11-6/120.



Figur 8.1 Applicerad ½-brygga på en prototypupplagring. Motsvarande trådtöjningsgivare som kan skyntas på ovasidan finns också på undersidan.

Trådtöjningsgivarna placerades i ½-brygga och en bärfrekvensbrygga användes för att behandla signalen. Resultatet av de loggade värdena var både positivt och negativt. I figur 8.2 går det att utläsa att förändringen i signalen under torktiden är klart mätbart. Dock fann vi snart att intilliggande bords rörelser gav upphov till mycket stora störningar. Detta kommer sig av att upplagringen av borden är gjort i ett stycke, det vill säga alla borden vilar på samma stålstång. Detta gör i sin tur att de elastiska deformationerna som borden ger upphov till fortplantar sig till intilliggande bord. Lösningen på detta problem torde vara att öka antalet vertikala stöttor som upplagringarna vilar på.



Figur 8.2 Kurva som visar spänningen över den ½-brygga som Trådtöjningsgivarna är kopplade till. Här kan de fyra "faserna" i en bevattningscykel ses. Att värdet sjunker under den tid som växterna suger upp vatten kommer sig av ett läckage i systemet. I torkningsfasen kan ses att förändringen är klart mätbar. De störningar som finns är fortplantning i upplagringen av intilliggande bords rörelser. Observera att tidsaxeln inte är linjär! Torktiden är i verkligheten mycket längre än uppsugningstiden.

8.2 Signalbehandling

Teorin i hela detta kapitel är hämtad från Ekdahl-Simonsson (1998).

En mycket viktig faktor för att konstruktionen med helautomatisk bevattning skall bli konkurrenskraftig är att hårdvaran kan tillverkas till ett rimligt pris. Eftersom antalet mätpunkter kommer att bli en för varje bord så kommer det att behövas 16st

signalbehandlingsmoduler. Det är således inte försvarbart att här använda någon av de kommersiella bryggförstärkarna som finns på marknaden då alla dessa ligger för högt i pris. I slutskedet av examensarbetet har vi därför konstruerat ett signalbehandlingskort för att förstärka trådtöjningsgivarnas signaler. Ritningen på denna konstruktion finns återgiven i bilaga 3.

Först och främst är kortet utrustat med en DC/DC-omvandlare av typen TEN3/3W från leverantören *Traco Power*. Denna krets använder vi för att få en så ren spänningsmatning som möjligt in till kortet. Denna krets är förhållandevis dyr, men den kan i gengäld mata upp till fyra kort. Kortet är också på flera ställen försett med kondensatorer. Dessa kondensatorer har som enda uppgift att filtrera bort störningar som uppkommit genom tex. omgivningsstörningar eller intern brusgenerering i kretsarna.

Signalerna som trådtöjningsgivarna avger är mycket små och ligger i mV området. Detta gör att det ställs höga krav på ingående förstärkare och spänningsreferenser för att inte omgivningsstörningar skall störa ut signalen från trådtöjningsgivarna.

Vi har valt att mäta resistansförändringen hos trådtöjningsgivarna genom att mata bryggan med en konstant spänning. Storleken på denna spänning har vi valt till 2V. För att uppnå detta har vi använt oss av kretsen LM 10 från företaget *National Semiconductors*. Denna krets har en intern stabil spänningsreferens på 200 mV och två stycken OP-förstärkare (operationsförstärkare). Den OP som är ansluten till spänningsreferensen kopplar vi som en enkel spänningsföljare för att den skall kunna avge den ström som krävs i kretsen. Den andra OPn kopplas som en icke-inverterande OP och dess förstärkning fås ur formeln.

$$F = \frac{U_{ut}}{U_{in}} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

där Ra är R1+R2 enligt bilaga 2 och Rb är R3 +R4 enligt bilaga 2. För att uppnå 2V måste vi förstärka ca10 gånger. Här ur kommer valet av resistorer på 20Ω och 2Ω som ger en förstärkning på 11 gånger. För resistorerna är det även viktigt att temperaturdriften inte är för stor. Vi har därför valt att använda oss av metallfilmsresistorer.

För att kunna offsetjustera bryggan så att den obelastad ger 0V måste vi även ha en spänning på ca -2V. Denna spänning fås genom en inverterande förstärkarkoppling. Kretsen som används här är OPA 177 från företaget Burr & Brown och även den är temperaturstabil och har mycket låg intern brusgenerering. Eftersom formel för denna förstärkarkoppling är.

$$F = \frac{U_{ut}}{U_{in}} = -\frac{R_2}{R_1}$$

där R6 är det återkopplande motståndet enligt bilaga 2 och R5 ingångs motståndet ,så innebär det att de båda motstånden skall vara av samma storlek.

Mätbryggan matas med 2V som fördelar sig jämt över de båda trådtöjningsgivarna som båda har viloresistansen 120Ω. Detta innebär att mätpunkten mellan de båda resistorerna kommer vara 1V när trådtöjningsgivarna är obelastade.

Mätpunkten i ½-bryggan matas in i en summatorkoppling tillsammans med den referens på -2V som vi skapade i förra steget. För att uppnå summan noll enligt formeln

$$U_{ut} = -\frac{R_0}{R_1} \cdot U_1 - \frac{R_0}{R_2} \cdot U_2, U_1 \approx 1V, U_2 \approx -2V$$

så måste resistorerna (R_9, R_{10}) vara av storleksordningen två till ett. Det är viktigt att man kan justera denna offset. Därför har vi valt att lägga en vridpotentiometer i serie med en fast resistor så att man har möjlighet till justering.

Det sista steget är ytterligare en inverterande förstärkare. Denna har till uppgift att slutjustera mätområdets omfång så att det hamnar mellan 0 och 10V. För att detta skall vara möjligt krävs en förstärkning på ca 100 gånger. Det är också viktigt att man inför en vridpotentiometer här så att man kan finjustera förstärkningen. Slutligen kan signalen avkodas med PLCns analogmodul som just har upplösningen 0-10V.

Med denna konstruktion blir det avgörande vilken sida som placeras uppåt när plattan med trådtöjningsgivarna monteras. Det är ju så att resistansen för den tådtöjningsgivare som komprimeras ökar och den som sträcks får minskad resistans. Detta medför att spänningen i mätpunkten på bryggan antingen ökar eller minskar. I vårt fall vill vi ha en minskning av spänningen så att den spänning som kommer från summatorn är negativ. Den negativa spänningen kommer sedan att byta tecken i det sista förstärkarsteget och hamnar då med rätt polaritet på ingången till analogmodulen.

9 Framtida förbättringar

För att få ett fullt fungerande system för automatisk bevattning kvarstår att lösa en del problem. Vid rapportens färdigställande pågick arbetet med att utvärdera den förstärkning som Nilsson låtit göra på upplagringen. Det skall utföras en långtidsloggning av värdena för att om möjligt få fram en beskrivning av hur växten tillväxer för att på så sätt helt kunna eliminera tillväxtens inverkan. Frågor angående gränssnittet mellan operatören och den automatiska mätningen av vattenmängden måste också bearbetas. Frågor som måste besvaras är tex. när skall mätningarna utföras och hur skall operatören informeras?

Ytterligare en stor för del med Nilssons system är enligt tidigare att personal inte behöver befinna sig i absoluta närheten av växterna då besprutning med fungicider etc. sker. Det finns en tanke på att automatisera den besprutningsramp som finns som prototyp. Men det arbetet har vi tyvärr fått avstå då tiden varit för knapp.

10 Lärdomar genom projektet.

En sak som vi har lärt oss är hur viktigt det är med en ordentlig kravspecifikation. Då detta projekt startade visste vi inte exakt hur funktionen i växthuset skulle vara. Detta är något som hela tiden har vuxit fram och nya funktioner har hela tiden tillkommit. Hade funktionen för växthuset varit klar från början hade man kunnat strukturera programmet efter dessa förutsättningar och inte behövt göra som vi har gjort. Vi har hela tiden fått ändra redan klara program delar så att de nya funktioner som tillkommit under arbetets gång skall passa in.

Mycket kunskap har också inhämtats inom PLC-programmering. Vi har medvetet valt att skriva olika delar med de olika programmeringsspråk som ingår i standarden IEC 61131-3. Detta i syfte att inhämta breda kunskaper inom området. Då vi var relativt oerfarna inom detta område när projektet startade har vi fått tillämpa problembaserad inläring och söka

information i diverse manualer ifrån leverantörerna. Detta har fungerat bra, då vi har förfogat över mycket pedagogiska och välstrukturerade manualer.

Referenser

Ekdahl, Ingvar & Simonsson, Bengt (1998) Kompendie *Elektronik* Institutionen för industriell elektronik och automation, Lunds Tekniska Högskola.

IEC (1993). IEC 61131 programmable controllers – part 3: programming languages. Technical report. International Electrotechnical Commission.

Larsson, Gunnel (2001). *Utvärdering av system för krukväxtproduktion i växthus*. GRO Konsult AB, sept. 2001

Olsson, Gustaf & Piani, Gianguido (1992). *Computer Systems for Automation and Control*, Lund University, Lund ISBN 0-13-457581-4

Slotine, Jean-Jacques E and Li, Weiping (1991). *Applied nonlinear control*, Prentice-Hall ISBN 0-13-040890-5

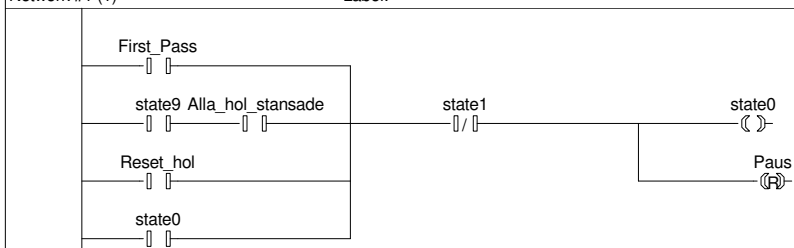
Bilaga 1

Program1 [PRG] Header

	Class	Identifier	Type	Initial	Comment
0	VAR_EXTERNAL	First_Pass	BOOL	FALSE	
1	VAR_EXTERNAL	Antal_hol_Upp	BOOL	FALSE	
2	VAR_EXTERNAL	Alla_hol_stansade	BOOL	FALSE	
3	VAR_EXTERNAL	Reset_hol	BOOL	FALSE	
4	VAR_EXTERNAL	Motor	BOOL	FALSE	
5	VAR	state0	BOOL	FALSE	
6	VAR	state1	BOOL	FALSE	
7	VAR_EXTERNAL	Start	BOOL	FALSE	
8	VAR	state9	BOOL	FALSE	
9	VAR	state2	BOOL	FALSE	
10	VAR	state3	BOOL	FALSE	
11	VAR	state4	BOOL	FALSE	
12	VAR	state5	BOOL	FALSE	
13	VAR	state6	BOOL	FALSE	
14	VAR	state7	BOOL	FALSE	
15	VAR	state8	BOOL	FALSE	
16	VAR_EXTERNAL	Givare_2008mm	BOOL	FALSE	
17	VAR_EXTERNAL	Kolv_Nere	BOOL	FALSE	
18	VAR_EXTERNAL	Kolv_Uppe	BOOL	FALSE	
19	VAR_EXTERNAL	Givare_2500mm	BOOL	FALSE	
20	VAR	Raknare1	CTU		
21	VAR_EXTERNAL	Installt_antal_hol	INT	0	
22	VAR_EXTERNAL	Antal_hol_stansade	INT	0	
23	VAR	Raknare2	CTUD		
24	VAR_EXTERNAL	Antal_hol_Ner	BOOL	FALSE	
25	VAR_EXTERNAL	Motor_manuell	BOOL	FALSE	
26	VAR_EXTERNAL	Kolv	BOOL	FALSE	
27	VAR_EXTERNAL	Paus	BOOL	FALSE	

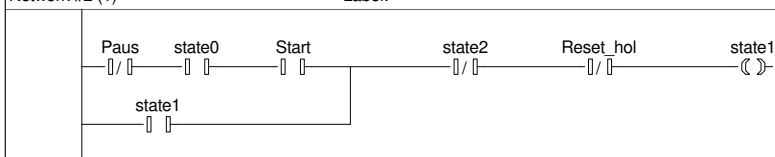
Program1 [PRG] Body [LD] Network#1

Network #1 (1) Label: Title:



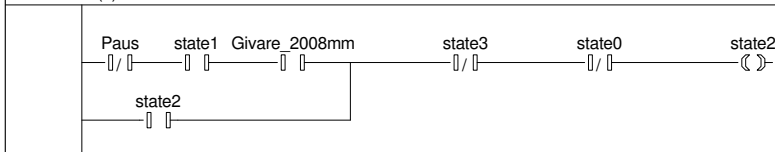
Program1 [PRG] Body [LD] Network#2

Network #2 (1) Label: Title:



Program1 [PRG] Body [LD] Network#3

Network #3 (1) Label: Title:



				Date		2003-01-15 11:43:54	c:\Björkebo gård\Rännmaskin3
				Drawn			Program1 [PRG] Header
				Appr.			Page: 1
Rev	Change	Date	Name	Rel.			

Bilaga 1

Program1 [PRG] Body [LD] Network#4

Network #4 (1) Label: Title:



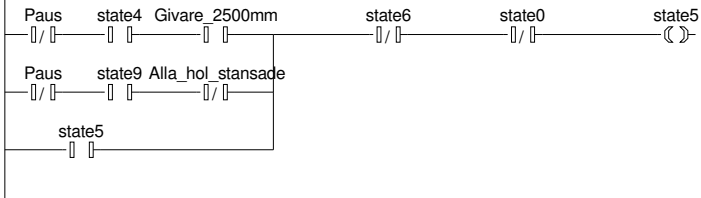
Program1 [PRG] Body [LD] Network#5

Network #5 (1) Label: Title:



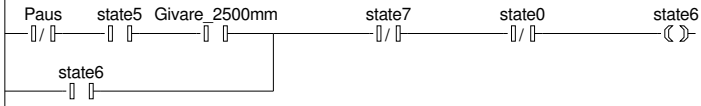
Program1 [PRG] Body [LD] Network#6

Network #6 (1) Label: Title:



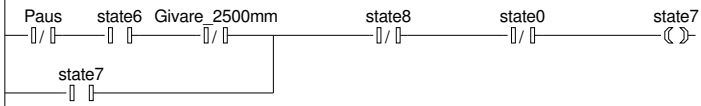
Program1 [PRG] Body [LD] Network#7

Network #7 (1) Label: Title:



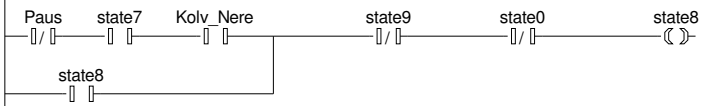
Program1 [PRG] Body [LD] Network#8

Network #8 (1) Label: Title:



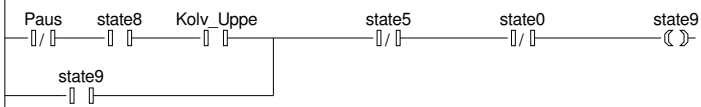
Program1 [PRG] Body [LD] Network#9

Network #9 (1) Label: Title:



Program1 [PRG] Body [LD] Network#10

Network #10 (1) Label: Title:

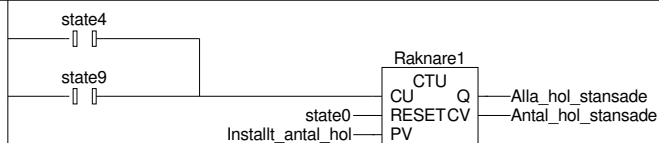


				Date		2003-01-15 11:43:54	c:\Björkebo gård\Rännmaskin3
				Drawn			Program1 [PRG] Body [LD] Network#4
				Appr.			Page: 2
Rev	Change	Date	Name	Rel.			

Bilaga 1

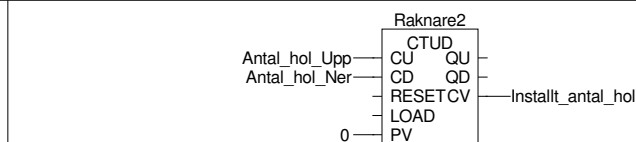
Program1 [PRG] Body [LD] Network#11

Network #11 (1) Label: Title:



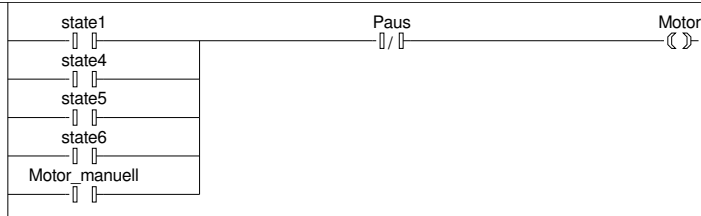
Program1 [PRG] Body [LD] Network#12

Network #12 (1) Label: Title:



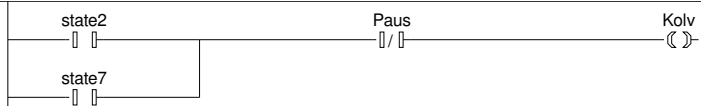
Program1 [PRG] Body [LD] Network#13

Network #13 (1) Label: Title:



Program1 [PRG] Body [LD] Network#14

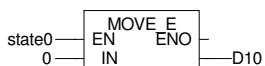
Network #14 (1) Label: Title:



Program1 [PRG] Body [LD] Network#15

Network #15 (1) Label: Title:

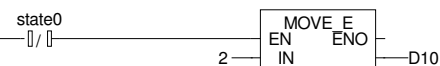
D10 används för att bestämma vilket fönster som skall användas i terminalen E-50. När man går in i tillstånd 0 kommer terminalen att visa huvudmenyn (Block 0)



Program1 [PRG] Body [LD] Network#16

Network #16 (1) Label: Title:

När man lämnar tillstånd 0 kommer terminalen att visa det fönster där man kan pausa eller nollställa hela sekvensen (Block 2).



				Date		2003-01-15 11:43:54	c:\Björkebo gård\Rännmaskin3
				Drawn			Program1 [PRG] Body [LD] Network#11
				Appr.			Page: 3
Rev	Change	Date	Name	Rel.			

