

Dynamisk modell för uppvärmningsprocess av fastigheter



Ioannis Georgallis
Bogdan Petrus

Division of Industrial Electrical Engineering and Automation
Faculty of Engineering, Lund University

Dynamisk modell för uppvärmningsprocess av fastigheter



LUNDS
UNIVERSITET
Lunds Tekniska Högskola

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg

Institutionen för elektroteknik

Examensarbete:

Ioannis Georgallis

Bogdan Petrus

© Copyright Ioannis Georgallis, Bogdan Petrus

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg

Lunds universitet

Box 882

251 08 Helsingborg

LTH School of Engineering

Lund University

Box 882

SE-251 08 Helsingborg

Sweden

Tryckt i Sverige

Lunds universitet

Lund 2021

Sammanfattning

Detta examensarbete fokuserar på hur uppvärmningsprocesssegenskaper kan användas för att bestämma en styrlag till en regulator inom fastighetsautomation. En testmiljö har satts upp med ventilationssystem och värmekälla. Testmiljön styrs av en PLC. Systemets överföringsfunktion har beräknats ifrån Newtons avsvalningslag. Tidskonstanten för det öppna systemet har beräknats utgående utifrån temperaturmätningar i testmiljö under ett stegsvar. Två test med reglering har utförts i ett rum där tidskonstanten har varit 2,8 respektive 4,2 gånger snabbare än för rummet utan reglering. Systemets reglering sker med en PI-regulator. Regulatorns förstärkning och integrationstid beräknas med polplacering utgående från den framtagna processmodellen.

Nyckelord

Undercentral, kaskadreglering, tidskonstant, PLC, dynamisk modell, Laplacetransform, PI-regulator.

Abstract

This thesis focuses on how properties of a heating process can be used to determine a control law for a controller in a HVAC system. A test environment has been set up with a ventilation system and a heat source. The test environment is controlled by a PLC. The process transfer function has been modeled based upon Newton's cooling law. The time constant for the open-loop system has been estimated based on data collected of temperature measurements of the test environment during a step response. Two tests took place with 2.8- and 4.2-times faster response time for closed-loop system than for the open-loop system. The system is regulated by a PI controller. The regulator's gain factor and integration time are calculated using pole placement based on the process model.

Keywords

Cascade control, time constant, Schneider's PLC, dynamic model, Laplace transform, PI-controller.

Innehållsförteckning

1 Inledning.....	5
1.1 Bakgrund	5
1.2 Syfte	5
1.3 Målformulering	5
1.4 Problemformulering	5
1.5 Motivering av examensarbetet.....	6
1.6 Avgränsningar	6
2 Terminologi.....	7
3 Teknisk bakgrund.....	9
3.1 Uppvärmningsprocess	9
3.2 Värmeväxlare.....	10
3.3 HVAC.....	11
3.4 OPC.....	12
3.5 Val av regulator.....	13
3.6 Matematisk modell.....	14
3.7 Regulatorns parametrar.....	16
3.8 Examensarbetets praktiska krav	18
4 Utförande	19
4.1 Projektet.....	19
4.2 Styrkort.....	19
4.3 Modell och perifera apparater	22
4.4 HMI/SCADA-system	24
4.5 OPC-UA Inställningar	25
4.6 Programmets beteende	25
4.7 Modellen.....	27
4.8 Källkritik	28
5 Metod.....	29
5.1 Matematisk metodik.....	29
5.2 Praktisk metodik	29
6 Resultat.....	31
7 Slutsats.....	37

7.1 Diskussion och slutsats.....	37
7.2 Framtida utvecklingsmöjligheter	38
7.3 Reflektion över etiska aspekter.....	38
8 Appendix	39
9 Källförteckning	42

1 Inledning

1.1 Bakgrund

1995 grundas Apocca Technology som sen blir Acobia i 1999. Acobia är ett automationsföretag som levererar IT-lösningar för realtidsövervakning och systemstyrning inom industri, infrastruktur och fastighetsautomation. Företaget använder sig i hög utsträckning av SCADA-system som kombineras med modern teknik för att anpassa sig till utvecklingen inom automation. Dessutom jobbar de också med cloudtjänster för industriell IT.

1.2 Syfte

Acobia använder i dag på sin fastighetsautomationsavdelning två hårdvaruleverantörer Mitsubishi och Beckhoff. För att kunna erbjuda en annan lösning, kommer Acobia att använda PLC:er från Schneider. För att detta ska kunna ske måste befintliga inhouse-bibliotek anpassas. Det ska leda till att Acobia har en ytterligare lösning att erbjuda till sina kunder i framtiden. Syftet med examensarbetet är att visa hur man kan styra ett fläktaggregat och en undercentral för att värma upp fastigheter och en dynamisk modell som visar systemets tröghet.

1.3 Målformulering

För tillfället använder Acobia Mitsubishis och Beckhoffs hårdvaror för sina fastighetsautomationsprojekt. Acobia vill i framtiden expandera och få möjligheten att kunna använda Schneiders hårdvaror. Målet med det här examensarbetet är att lägga grunden till användning av PLC-modeller från Schneider hos Acobia. Vidare undersöks möjligheten att mäta trögheten hos ett uppvärmningssystem, genom att bestämma en tidskonstant. Det här görs genom att utföra ett stegsvarsexperiment med det öppna systemet.

1.4 Problemformulering

Följande frågor besvaras i detta examensarbete:

1. Vilka förändringar behövs i Acobias befintliga programbibliotek för att anpassa det till styrningen inom fastighetsautomation?
2. Är det möjligt att ta fram en enkel dynamisk modell utifrån mätningar av inom- och utomhustemperaturen?
3. Kan den dynamiska modellen användas för att ta fram en enkel styrlag?
4. Kan styrlagen implementeras med Acobias programbibliotek anpassat för Schneiders styrsystem?
5. Vilken hårdvara behövs för att implementera styrsystemet?

1.5 Motivering av examensarbetet

Med det här examensarbetet får vi en bredare förståelse för PLC-programmering genom att få erfarenhet av PLC:er från flera olika tillverkare, men också hur fastighetsautomation går till.

1.6 Avgränsningar

I examensarbetet ingår inte undersökning av kostnader för hårdvara, kostnader för konvertering av alla funktionsblock och I/O listor(inhouse) eller några andra ekonomiska aspekter. Vi undersöker inte något fullskaligt system då inte att har tillgång till någon lokal med den utrustning och apparatur som behövs.

2 Terminologi

OPC-UA: Open Platform Communications - Unified Architecture.

iPC: Industrial Personal Computer.

UI: User Interface, användargränssnitt.

TAGG: kod för uppmärkning av data.

IDE: Integrated Development Environment.

I/O kort: Input och Output enhet.

VVS: Ventilation, Värme, Sanitet.

VVX: Värmeväxlare.

HVAC: (Heating Ventilation Air Condition) Värme och kylnings ventilation system.

Framework: är ett ramverk som används för att underlätta programmering.

OP: output percentage, det vill säga 0–100 % av styrmetodikern, i examensarbetets fall ström- eller spänningstyrning.

Tidkanal: ett kalenderliknande verktyg med inbyggd klocka.

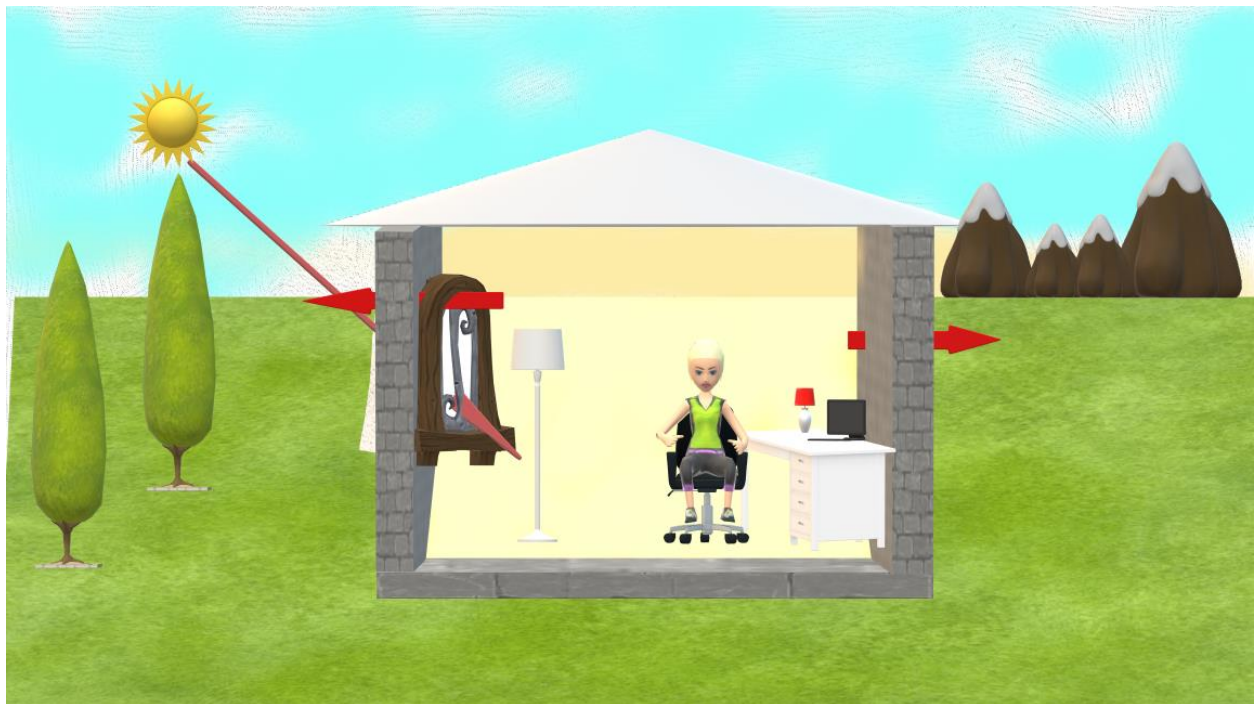
Storhet	Beteckning	Enhet
Ström	I	A
Spänning	V	V
Resistans	R	Ω
Transistorns förstärkning	β	gång/ggr
Värmekapacitans	C	J/K
Värmeöverföringskoefficient	h	W/Km ²
Temperatur	T	K

Area	A	m ²
Effekt	P	W
Energi	U	J
Värmeöverföringskonstant	λ	W/K
Tidskonstant	τ	min
Regulatorns förstärkning	k	gångar/ggr

3 Teknisk bakgrund

3.1 Uppvärmningsprocess

För att bygga en dynamisk modell för en byggnad måste hänsyn tas till alla variabler som tillhör systemet. En matematisk modell av en uppvärmningsprocess innehåller värmekällor, förluster och störningar. Värmekällor utgörs av föremål som omvandlar någon form av energi till termisk energi, som sedan sprids i rummet från föremålet; föremål som är varmt och därmed kan sprida värme till omgivningen. Här måste tilläggas att varje värmekälla måste regleras. I en byggnad kan en värmekälla bestå av varm luft från ventilationen som har blivit uppvärmd från en värmepump, golvvärme, fläktspole, element osv. Förluster i en byggnad kan utgöras av värmeläckage mot omgivningen och via ventilationssystemets friskluftsintag. I totala förluster ingår värmeläckage genom väggar, tak, golv och fönster. Störningar kan bestå både av förluster och värmekällor som inte kan regleras. De brukar vara beroende av människor, exempelvis ett öppet fönster, utrustning, människornas kroppar osv. En avbildning av systemet visas i figur 3.1.1.



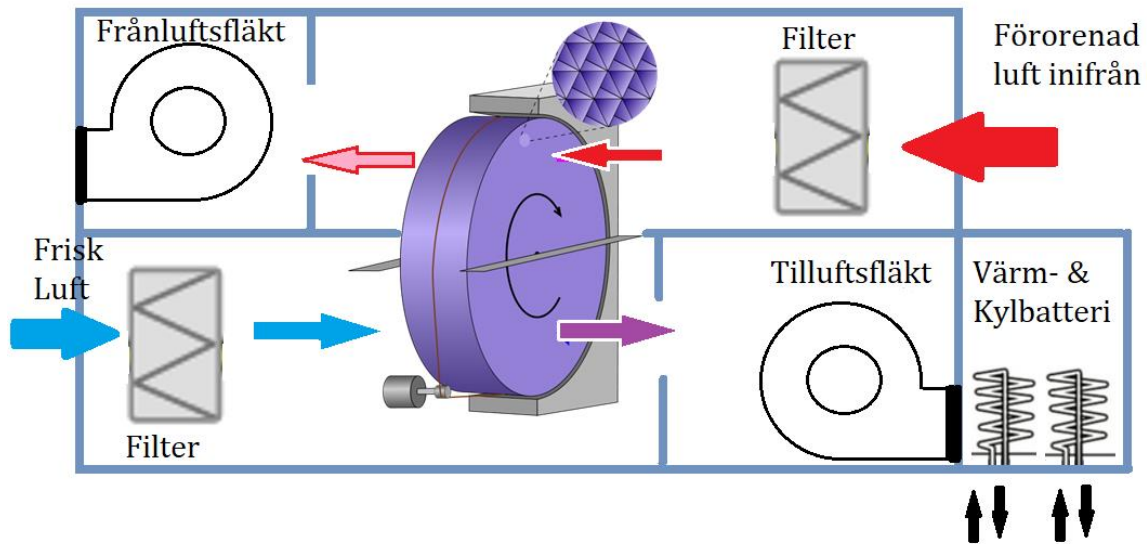
Figur 3.1.1 Värmeöverföring

Under detta examensarbete skrivs ett PLC-program för en verklig undercentralstyrning baserad ett driftkort från ett av Acobias gamla projekt. Ett gränssnitt i programmet Web Port ska ställas in för att övervaka processen. Samt undersöks en matematisk modell för en fastighetsuppvärmningsprocess. För att testa PLC-programmet och den matematiska

modellen används en testmiljö, som består av ett modellhus, två fläktar och en värmekälla. Den matematiska modellen används för att bestämma regulatorns parametrar som reglerar fläktarna och värmekällan.

3.2 Värmeväxlare

En värmeväxlare är en apparat som överför värmeenergi från ett medium till ett annat. Mediet brukar vara vatten, glykol, luft men kan vara andra fluider. Det finns olika typer av värmeväxlare beroende på tillämpningen. Förutom speciella typer finns tre stora kategorier gas-gas, vätska-vätska och vätska-gas. Ett enkelt exempel för vätska-gas typen kan vara bilens radiator. Den överför värmen som kommer från bilens motor genom vätskan ute i luften. I fastighetsventilationssystem används i stort sett luft-luft typen om det inte finns något annat specifikt krav. Figur 3.2.1 visar ett kompakt HVAC-enhet med en roterande värmeväxlare av typen luft-luft. En cylindrisk kropp som kallas rotor är gjord av små metalliska plåtar placerade som celler för att luften ska gå igenom. Rotorn roterar med hjälp av en motor. Varmluft går igenom celler, överför sin värme till plåtar och kommer ut på andra sidan avsvälvad. I bilden representeras varmluft av den röda pilen. Med rotation hamnar uppvärmda plåtar vid den kalla sidan. Den kalla luften som representeras av den blåa pilen går igenom uppvärmda celler, tar upp värmen från plåtar och kommer ut från andra hållet uppvärmd. I bilden representeras varmluft av den röda pilen. Med rotation hamnar uppvärmda plåtar vid den kalla sidan. Den kalla luften som representeras av den blåa pilen går igenom uppvärmda celler, tar upp värmen från plåtar och kommer ut från andra hållet uppvärmd.



Figur 3.2.1. Roterande Värmeväxlare [1]

I många fall justeras värmväxlarens kraft på något sätt. I bilens radiator finns en fläkt som börjar dra luften genom celler om befintligt flöde inte är tillräckligt. Ju högre varvtal rotorn har desto mer effekt har värmväxlaren. Plåtarnas uppvärmning är proportionell mot temperaturdifferensen mellan själva plåten och luften. I det här exemplet kan varvtalet justeras på olika sätt exempelvis med en frekvensomvandlare som reglerar motorns varvtal, olika storlek på kugghjulen eller även med en växellåda.

3.3 HVAC

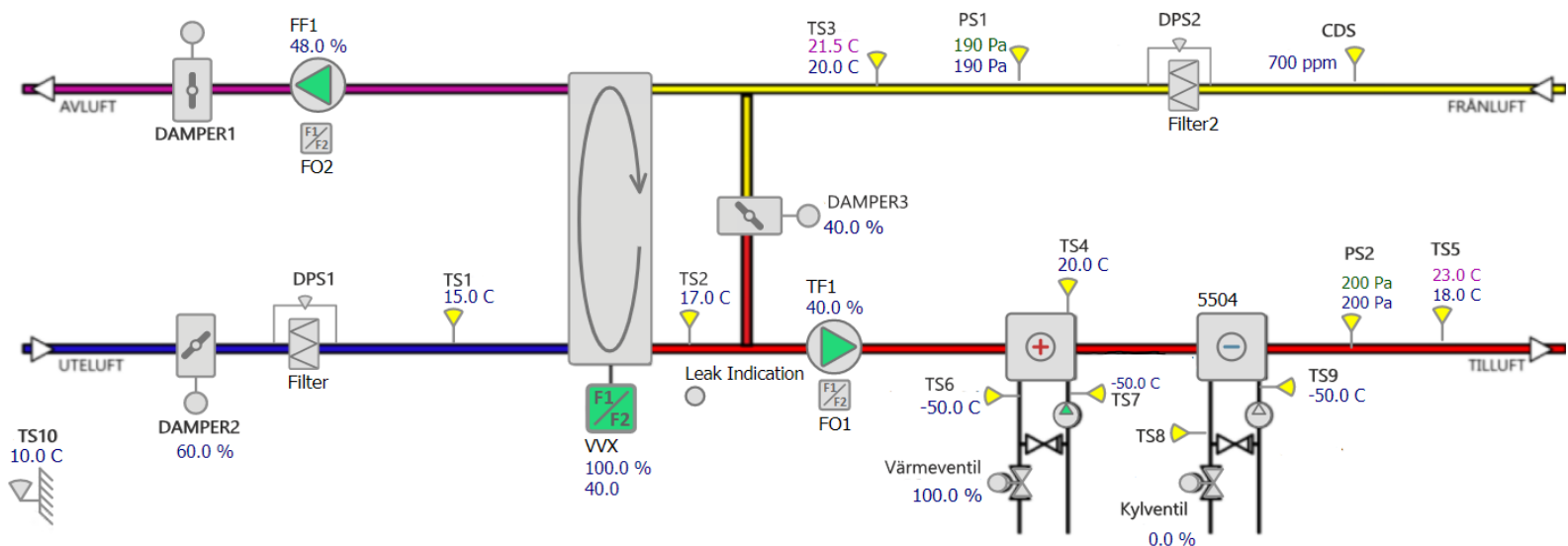
Ett HVAC system kan ha många funktioner beroende på tillämpning och omständigheter. Klassiska funktioner är luftcirkulation, uppvärmning, nedkylning och luftfiltrering men nyligen kan det också finnas CO₂-reglering, nattkylning, nattvärmning lufttrycksreglering och vissa andra.

Ett vanligt sätt att styra ett HVAC-system är att CO₂-sensorn används för att reglera luftcirkulationen. Tilluftskanalen och frånluftskanalen har en tryckgivare för sig som reglerar tillhörande fläkt. Temperaturgivaren reglerar temperaturen i rummet genom att styra värme- och kylventiler. Naturligtvis kan det även finnas mer komplexa styrningar för samma system med kaskadreglering, säkerhetsprotokoll och speciella protokoll för några delar eller omständigheter. Ett exempel på en speciell omständighet är nattkylning. Under nattkylning använder systemet kallare luft från byggnadens omgivning för att minska temperaturen. Figur 3.3.1 visar ett sådant system och tabell 3.3.1 förklarar systemets symboler. För att nattkyla systemet måste spjäll 1 och 3 vara fullt öppna, spjäll 2 stängt, FF och TF igång, VVX och kylbatteri brukar vara förbikopplad och temperaturreglering är bättre att ändra från PID till ON/OFF typen. Detta kan uppfattas som att systemet beter sig annorlunda i dagdrift i förhållande till nattdrift.

Beteckning	Namn	SI enhet	Enhet
TS	Temperatursensor	°C	Celsius
PS	Trycksensor	Pa	Pascal
DPS	Differential Trycksensor	Pa	Pascal
Damper	Spjäll	%	Öppnings procent
CDS	CO ₂ halten detektor	ppm	parts per million
FO	Frekvensomvandlare	%	Kraft procent

FF	Frånluftsfläkt	%	Kraft procent
TF	Tillluftsfläkt	%	Kraft procent
-	Kylbatteri	Till/från	-/-
+	Värmebatteri	Till/från	-/-

Tabell 3.3.1



Figur 3.3.1 Schema för HVAC-system

3.4 OPC

OPC är ett av de mest använda kommunikationssätten inom industriell automation. Det utvecklades först av Microsoft och var bundet till Windows applikationer. Standarden har sedan utvecklats av branschleverantörer, användare och utvecklare så att realtidskommunikation samt, larm- och händelsehantering mellan klient och server är möjliga på olika operativsystem. Den nyaste versionen av OPC, OPC-UA (Unified Architecture) har, till skillnad från den ursprungliga versionen som kallas för OPC Classic, har i tanke att vara utbyggbar [2].

OPC-UA har funktionell ekvivalens med den gamla versionen. Den kan användas på olika plattformar, både hårdvaru- och mjukvarumässigt. Utöver det finns det en hög nivå av säkerhet som tillåter kryptering och autentisering. För bättre funktionalitet är OPC-UA utökningsbar för att kunna anpassas till användarens krav [3].

3.5 Val av regulator

Det finns två sätt att reglera en uppvärmningsprocess. Antingen med till/från reglering eller med någon matematisk metod som beräknar hur mycket värmekraft behöver systemet. Negativ med till/från regleringen är att den producerar en oscillerande effekt. Denna effekt konsumerar mer energi och därför används i fastighetsautomation den matematiska metoden där det är möjligt.

Den vanligaste matematiska metoden är PID reglering (Proportionell Integration Derivering). PID passar bra i alla sammanhang men det är svårt att ställas in. Därför föredras i många situationer användning av någon enklare kombination av samma form som P, PI eller PD. En P-regulator är enkelt att konstruera med den lämnar alltid ett kvarstående fel. PI används i system som har långsamma ändringar. Den tar bort reglerfelet och är enkel att göras. En översväng är vanlig vid användning av en PI- regulator. Därför bör den undvikas i vissa system som inte får ha ett ärvärde högre än börvärde [4]. PD-regulator har snabb reaktionstid och kan förutspå hur mycket reglerfelet kommer vara. Den är lämplig i ett system där reaktionstid är en kritisk faktor. PD-regulator används inte så ofta på grund av att den saknar integrerande termen. Utan den elimineras inte felet vid stationärt läge [5].

D-delen av en PID eller PD regulator används för att höja regulators reaktionstid. I en fastighet ses uppvärmningen som en linjär och långsam process. En onödig snabb reaktion är kostsam i detta sammanhang. Exempelvis en dörr som plötsligt öppnas och gör att kall luft kommer i kontakt med en termometer för några sekunder kommer att generera en störning och detta kommer att leda till att D-delen agerar. Systemet bör inte reagera på varenda störning, därför passar PI bättre än PD i detta sammanhang. Å andra sidan fungerar en väl justerad PID bra, men det kräver mycket tid att justera parametrarna.

Det finns inte en standardmetod för att ställa in en PID-regulator. Det kan göras via försök och misstag (trial and error) metoden med det bör undvikas i allmänhet. Här kan det nämnas några klassiska algoritmer som Ziegler–Nichols, Cohen-Coon, IMC (internal Mode Control), ATV (Auto Tune Variation) och manuell inställning baserad på en matematisk modell. Alla dessa algoritmer har sina egenskaper, fördelar och nackdelar. Ziegler–Nichols är baserad på P-delen där det är den enda som behövs ändras. Den approximerar I- och D-delen för ett sorts system, men dessa approximationer stämmer inte för alla liknande system och kan inte användas för PD-regulatorer. Denna metod kräver att P-delen höjs till en punkt där systemet får en stabil oscillation [5]. En variation till Ziegler–Nichols metoden är Tyreus-Luyben som har en helt annan tabell för att minska aggressivitet och öka periodstiden [6]. Cohen-Coon producerar en snabb reaktionstid med det kan leda till instabila slutna system. Den används för system som har en lång dödtid (dead time). IMC metoden är mycket komplicerad för system med första ordningens dödtid. ATV kan bestämma oscillationsperioden utan att störa systemet med det fungerar bara om det finns en lång dödtid [5].

Vid ett okänt system har självinställande algoritmer sina fördelar. Självinställande regulatorer kan skapas baserade på någon av de klassiska metoderna, matematiska modeller

eller kan vara partiellt heuristiska. De flesta självinställande regulatorer använder impuls- eller stergssvartest för att bestämma parametrarna. Om det kommer in en störning vid impuls- eller stergssvartest blir parametrarna fel inställda. Detta gör att en algoritm som upptäcker störningar är svårt att utveckla [7]. Vid ett känt system kan parametrarna ställas in manuellt med hjälp av polplaceringstekniken. Genom att kombinera polplaceringstekniken med symmetriskt optimalt kriterium förenklas de analytiska uttrycken för PID-parametrar [8].

Acobia använder för det mesta PI-regulatorer och kaskadreglering för att anpassa reaktionstid och underlätta processreglering. En regulator av typen PD eller PID anses inte vara ett bra alternativ då en uppvärmingsprocess är långsam och inte behöver dämpas. Acobia har ett pågående examensarbete om självinställande regulatorer baserat på maskininlärning (Machine Learning). Polplaceringsmetoden underlättar justeringen av regulatorns inställningar, vilket är ett snabbare alternativ än att skapa en algoritm för en självinställande regulator. Givet att systemets matematiska modell är beskriven kan Ziegler-Nichols metod användas för att hitta parametrarna för en PID-regulator i en simuleringsmiljö för att undvika oscillerande effekt på et verkligt system. Det anses som tidskrävande process utan att säkerställa att parametrarna är anpassade.

Med dessa tankar i åtanke anses att en PI-regulator som justeras med hjälp av polplaceringsmetoden är lättare att ställa in och mindre tidskrävande, vilket gör att det är det bästa alternativet för detta examensarbete.

3.6 Matematisk modell

Newtons avsvalningslag innebär att en kropp med en viss temperatur som placeras i en omgivning med lägre temperatur kommer att svalna till omgivningens temperatur med en hastighet som är proportionell mot temperaturdifferensen. Enligt Newtons avsvalningslag och termodynamikens första lag kan den interna energi hos ett system vid en viss tid och i förhållande till temperaturen beskrivas av ekvation 3.6.1 där C är systemets värmekapacitans.

$$P = \frac{dU}{dt} = C \cdot \frac{dT(t)}{dt} \quad (3.6.1)$$

För systemets energiförlust i form av temperatur kan Newtons avsvalningslag appliceras 3.6.2

$$P_{ut} = hA \cdot (T(t) - T_{omgivning}) \quad (3.6.2)$$

där h står för värmeöverföringskoefficient och A för area. Eftersom h och A är konstanta kan de skrivas ihop som en värmeöverföringskonstant λ . I ett idealt system utan störningar, är

den energi som tillförs systemet P_{in} . En enkel skiss av ett ideellt system kan ses i figur 3.6.1 Av detta följer att den totala effekten för ett ideellt system kan uttryckas med ekvationen

$$P = P_{in} - P_{ut} \quad (3.6.3)$$

Ekvationerna 3.6.1 och 3.6.2 kan tillsammans vidareutveckla ekvation 3.6.3 till ekvation 3.6.4.

$$C \cdot \frac{dT}{dt} = P_{in} - \lambda \cdot (T - T_{omgivning}) \quad (3.6.4)$$

Detta kan skrivas på följande form.

$$\frac{dT}{dt} + \frac{\lambda}{C} \cdot T = \frac{1}{C} \cdot P_{in} + \frac{\lambda}{C} \cdot T_{omgivning} \quad (3.6.5)$$

Efter förenkling kan konstanten $\frac{\lambda}{C}$ representeras som inversen av en tidskonstant $\frac{1}{\tau}$. Ekvationen 3.6.5 kan Laplacetransformeras och bilda ekvation 3.6.6.

$$T(s) = \frac{\frac{1}{C}}{s + \frac{1}{\tau}} \cdot P_{in}(s) + \frac{\frac{1}{\tau}}{s + \frac{1}{\tau}} \cdot T_{omgivning}(s) \quad (3.6.6)$$

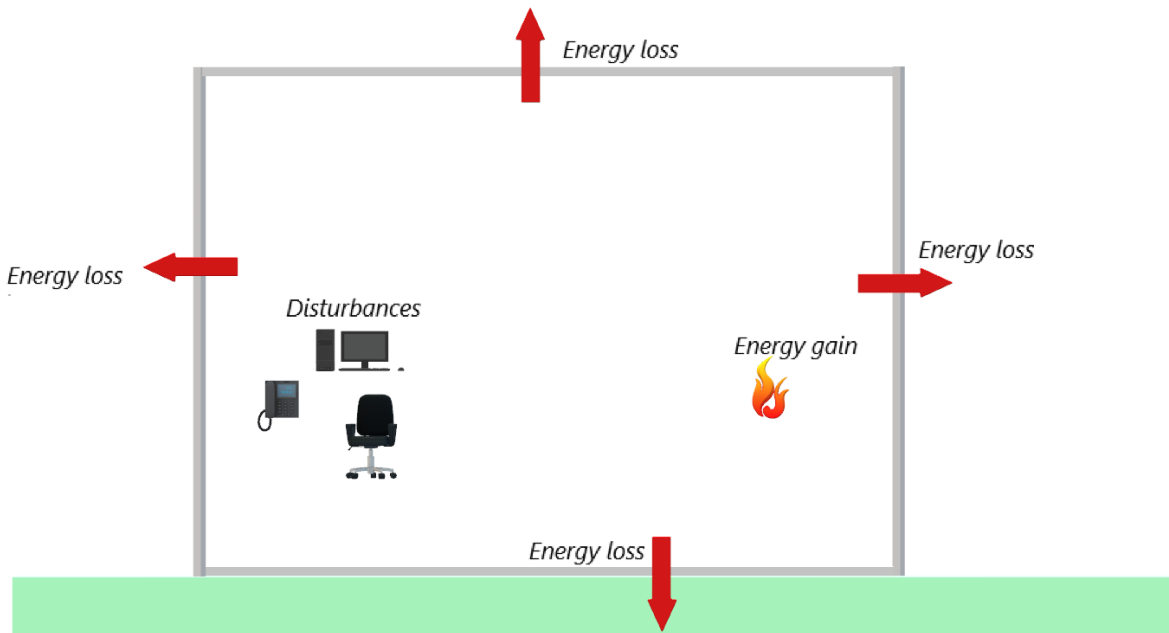
Systemets överföringsfunktion är termen framför $P_{in}(s)$ 3.6.7 [9].

$$G(s) = \frac{\frac{\tau}{C}}{\tau s + 1} \quad (3.6.7)$$

För att uppskatta värmeöverföringskonstanten (λ) används ekvation 3.6.4. Vid tidpunkten $t = \infty$ finns det inga temperaturförändringar i rummet. Detta leder till att derivatan blir 0, vilket gör att λ blir på följande vis

$$\lambda = \frac{P_{in}}{T(t) - T_{omgivning}} \quad (3.6.8)$$

där $T(t)$ är temperaturens övre gräns vid stationärt läge och $T_{omgivning}$ är temperaturens undre gräns vid startläge.



Figur 3.6.1 En förenklad skiss av energibalansen i ett rum

3.7 Regulatorns parametrar

I ekvation 3.7.1 visas en matematisk modell av en PI-regulator.

$$k(e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(x) dx) \quad (3.7.1)$$

Avsnitt 3.6 beskriver systemet och systemets överföringsfunktion. För att underlätta beräkningar av regulatorns parametrar skrivs λ i ekvation 3.6.8 som $\frac{1}{k_0}$. Med hjälp av detta beräknas det slutna systemets överföringsfunktion i ekvation 3.7.2.

$$\frac{Y(s)}{R(s)} = \frac{k(1 + \frac{1}{T_i s}) \frac{k_0}{1 + \tau s}}{1 + k(1 + \frac{1}{T_i s}) \frac{k_0}{1 + \tau s}} = \frac{k(s + \frac{1}{T_i})k_0}{s(1 + \tau s) + k(s + \frac{1}{T_i})k_0} \quad (3.7.2)$$

Systemets karakteristiska polynom är nämnaren från ekvation 3.7.2 som förenklas i ekvation 3.7.3 och 3.7.4

$$\tau s^2 + (1 + k k_0) s + \frac{k k_0}{T_i} = 0 \quad (3.7.3)$$

$$s^2 + \frac{1 + kk_0}{\tau} s + \frac{kk_0}{\tau T_i} = 0 \quad (3.7.4)$$

För att systemet ska vara stabilt måste polerna placeras i det vänstra halvplanet så att $s = -a$ väljs som dubbelpol, vilket ger det karakteristiska polynomet

$$(s + a)^2 = s^2 + 2as + a^2 \quad (3.7.5)$$

Utifrån ekvation 3.7.4 och 3.7.5 kan ett ekvationssystem sättas upp som visas i 3.7.6

$$\begin{cases} \frac{1 + kk_0}{\tau} = 2a \\ \frac{kk_0}{\tau T_i} = a^2 \end{cases} \quad (3.7.6)$$

Ekvationssystemet utvecklas vidare med avseende på regulatorns förstärkning och integrationstid och detta visas i 3.7.7

$$\begin{cases} k = \frac{2a\tau - 1}{k_0} \\ T_i = \frac{kk_0}{\tau a^2} = \frac{2a\tau - 1}{\tau a^2} = \frac{2}{a} - \frac{1}{\tau a^2} \end{cases} \quad (3.7.7)$$

a skrivs om till en tidskonstant istället för en frekvens i 3.7.8

$$a = \frac{1}{\tau_{slutna}} \quad (3.7.8)$$

Utvecklingen av ekvationssystemet 3.7.7 med tidskonstanten från 3.7.8 ger vidare följande ekvationer för att hitta förstärkningen och integrationstiden i 3.7.9 och 3.7.10

$$k = \frac{2 \frac{\tau}{\tau_{slutna}} - 1}{k_0} \quad (3.7.9)$$

$$T_i = 2\tau_{slutna} - \frac{\tau_{slutna}^2}{\tau} \quad (3.7.10)$$

3.8 Examensarbetets praktiska krav

Resten av projektet är egentligen en samling av problem som uppstår vid övergång till en ny hårdvara. Vanliga problem som uppstår är anpassning av befintligt bibliotek, hårdvaran, HMI, strukturen av själva programmet och sätt att testa det nya systemet. Vidare presenteras alla problem som uppstod i efterhand och hur dessa löstes.

I detta sammanhang är ett bibliotek en samling av "templates" som kan användas på många sätt för att kunna lösa problem som uppstår vid ett projekt. På marknaden finns olika programmeringsspråk för att tackla problemet från olika riktningar. Naturligtvis kan olika hårdvaror ha olika programmeringsspråk. Innan ett företag börjar sälja sin produkt måste företaget ha testat sin lösning i en säker omgivning. Det här examensarbetet försöker identifiera problemen och ta fram en testmiljö för vidare utveckling.

Acobias krav för detta projekt är att PLC:n är en TM251MESE Schneider PLC med en inbyggd OPC-UA server, en iPC från Schneider av typ Magelis. I/O består av 3 digitala ingångsmoduller, en analog ingångsmodull och en analog utgångsmodul. Som gränssnitt används Web Port. För examensarbetets testmiljö byggdes en modell som är en miniatyr av en byggnad med ventilationssystem och värmekälla. För att tillåta och möjliggöra modellens ventilationssystem att styras av PLC:n har ett styrkort konstruerats.

4 Utförande

4.1 Projektet

Projektets olika steg:

- Konstruktion av en fysisk modell som användas i test
- Design och konstruktion av modellens styrkort
- PLC-programmering för styrning av en vanlig undercentral
- PLC-programmering för styrning av modellen
- HMI/SCADA-system (Web Port)
- Sätta upp ett test på modell och samla data
- Analysera data

Testmiljön bestämdes att vara en modell med tillhörande förenklat ventilationssystem med inkluderad värmekälla. Schneider PLC som användes för att styra systemet kunde inte hantera modellens energiförbrukning. Detta ledde till att ett styrkort byggdes för att kunna fördela energin till komponenterna. Programmeringsspråket som användes under examensarbetet bestämdes vara continuous function chart (CFC). För SCADA/HMI-systemet användes Web Port. Datainsamling skedde med hjälp av två temperaturgivare kopplade till en analog ingångsmodul.

När det gällde modellens dimension så beslutades det att den skulle vara bärbar då den behövdes vara placerad på Acobias kontor. Den högsta effekt på en glödlampa som kunde hittas på marknaden var 40W. Ett inledande test gjordes för att uppskatta om värmekällans effekt var tillräcklig. När det provades med två glödlampor konstaterades det att temperaturen gick upp med fem till sex grader under ett tidsintervall på approximativt 30 minuter.

4.2 Styrkort

PLC:n kunde inte ta hand om modellens energikrav på grund av att den var högre än vad PLC:ns utgångsmodul kunde hantera därför behövdes extern energiförsörjning. Det ledde till att ett styrkort byggdes. För kortets design krävdes det att man skulle tänka på fläktarnas och värmekällans strömförbrukning. Modellens totala energibehov var 220VAC och ca 400 mA för värmekällan och 12VDC med ca 200 mA för fläktarna.

Det fanns två fläktar av samma typ som användes som från- och tilluftsfläktar med konsumtion 100 mA vid maximalt varvtal. För att kretsen skulle kunna behandla

energiförbrukningen användes transistorer av NPN typ, 2n2222a, som maximalt kunde belastas med 800 mA.

Som värmekälla användes två glödlampor på 40W vardera. Om värmebehovet var större än 80W borde kortet kunna hantera även en större energiförbrukning från en värmekälla med högre effekt. Följaktligen användes ett relä med 12VDC spole och upp till 15A.

När en transistor ändrar sitt tillstånd hastigt från maximalt öppet till maximalt stängt produceras en varierande ström. För att utjämna dessa variationer användes tre dioder på vardera en ampere. De placerades vid varje transistor.

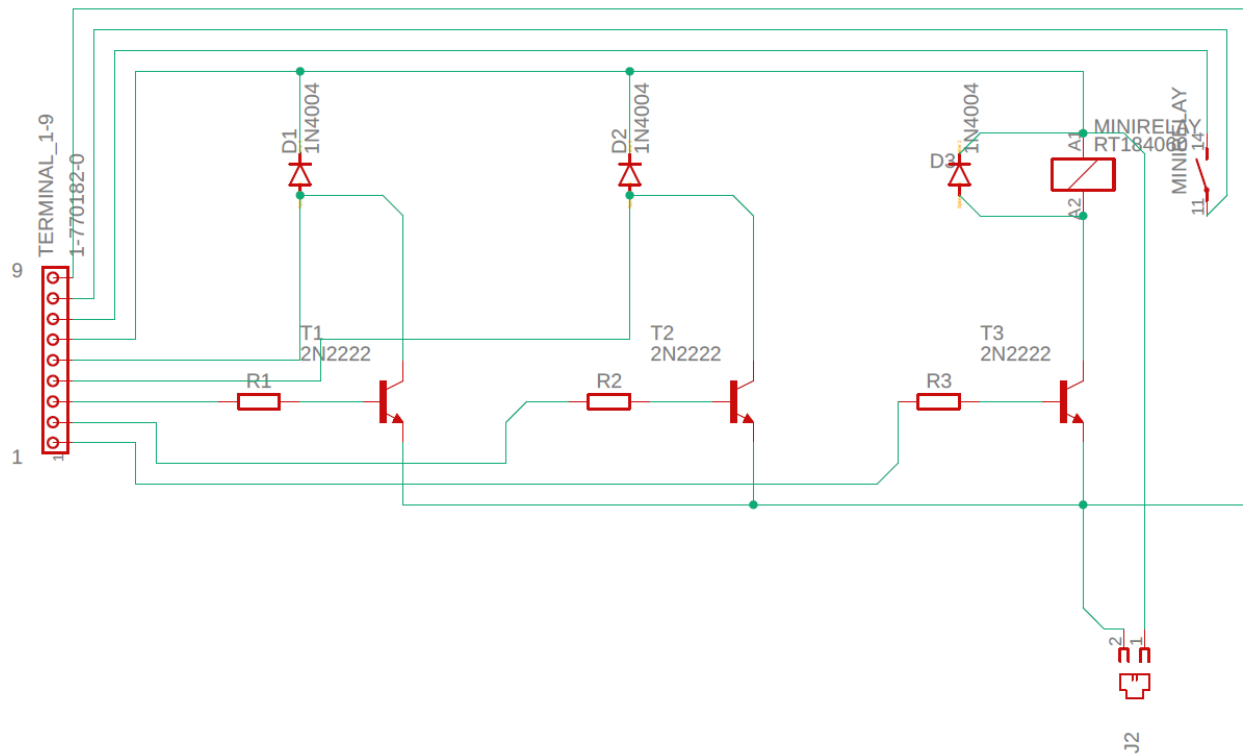
För att bestämma vilken storlek skulle resistanser som placerades på transistorens bas användes följande ekvationer. Från följande ekvationer 4.2.1 och 4.2.2 kommer ekvation 4.2.3 där x står för tillhörande siffra [10].

$$\beta = \frac{I_e}{I_b} \quad (4.2.1)$$

$$I_b = \frac{V_x}{R_x} \quad (4.2.2)$$

$$R_x = \frac{\beta \cdot V_x}{I_e} \quad (4.2.3)$$

Enligt databladet för 2n2222a, varierar förstärkningen β mellan 35 och 300 ggr vid olika omständigheter [11]. Efter olika mätningar med några resistorer uppmättes att transistorernas förstärkning (β) var 100 ggr i det använda området. Enligt ekvation 4.2.3 beräknades resistorernas storlek för fläktar (R1, R2) till 5 k Ω . Värmekällans resistor (R3) valdes till 1 k Ω för att den skulle bottenas utan fördröjning. Styrkortets krettschema visas i figur 3.



Figur 4.2.1. Styrkortets kretsschema

Plinten har 9 positioner

Ingångar: 1, 2, 3, 7.

Utgångar: 4, 5, 6, 8, 9.

1. Värmekällas styrsignal från PLC (Måste vara en digital signal 0V eller +5V).
2. Fläkt 1 styrsignal från PLC (Måste vara en analog signal mellan 0V och +5V).
3. Fläkt 2 styrsignal från PLC (Måste vara en analog signal mellan 0V och +5V).
4. – till fläkt 1
5. – till fläkt 2
6. + till fläktar 1 & 2
7. 220V fasledare från elkraftförsörjning
8. 220V fasledare till värmekälla
9. Common för PLC

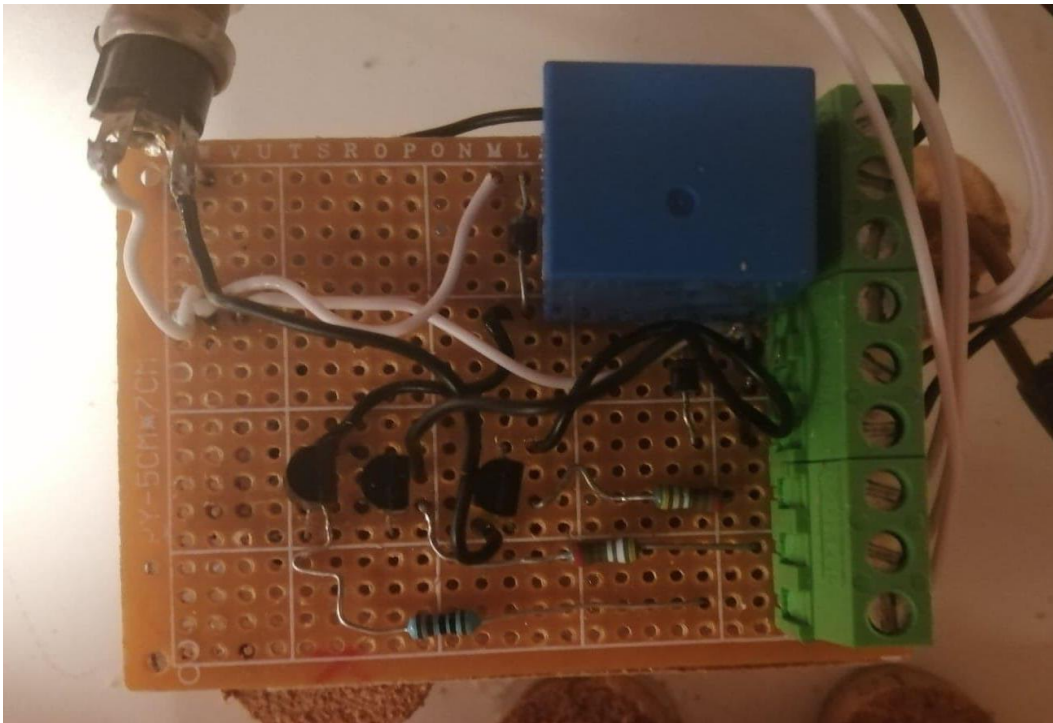
J2 har 2 ingångar

1. +12V
2. Common

Komponenter på kortet

- Resistanser R1, R2 är 5 K Ω , R3 var 1K Ω
- Dioder D1, D2, D3 var på vardera 1 A.
- Relä med spole 12V DC och upp till 15A

Signalerna behövde inte kunna leverera mer än 1 mA. De analoga signalerna användes för att öppna transistorer T1 och T2. Den digitala signalen användes för att direkt böttna transistor T3 som styrde ett minirelä. På det sättet låg signalens strömbehov på ca 0.5 - 2 mA. Dessa krav ledde till behov av extern energiförsörjning som förbindelse J2 uppfyller. J2-byggligen anslöts till en extern 12V källa med en ström på 0.6A. En bild på styrkortet kan ses i figur 4.2.2.



Figur 4.2.2. Avbildning av styrkort

4.3 Modell och perifera apparater

För att definiera ett test för det här examensarbetet användes en modell. Dess dimensioner var 72.5 x 57 x 50 cm med total volym av ca 0.2 m³. Ramen var gjord av 5 x 5 cm träregel,

tre av fyra väggar tillsammans med taket och golvet var gjort av 1 mm tjock träskiva. En sida användes som dörr och den var gjord av två delar plexiglas. Hela modellen var monterad på en 1,8 mm tjock träskiva som användes som bas.

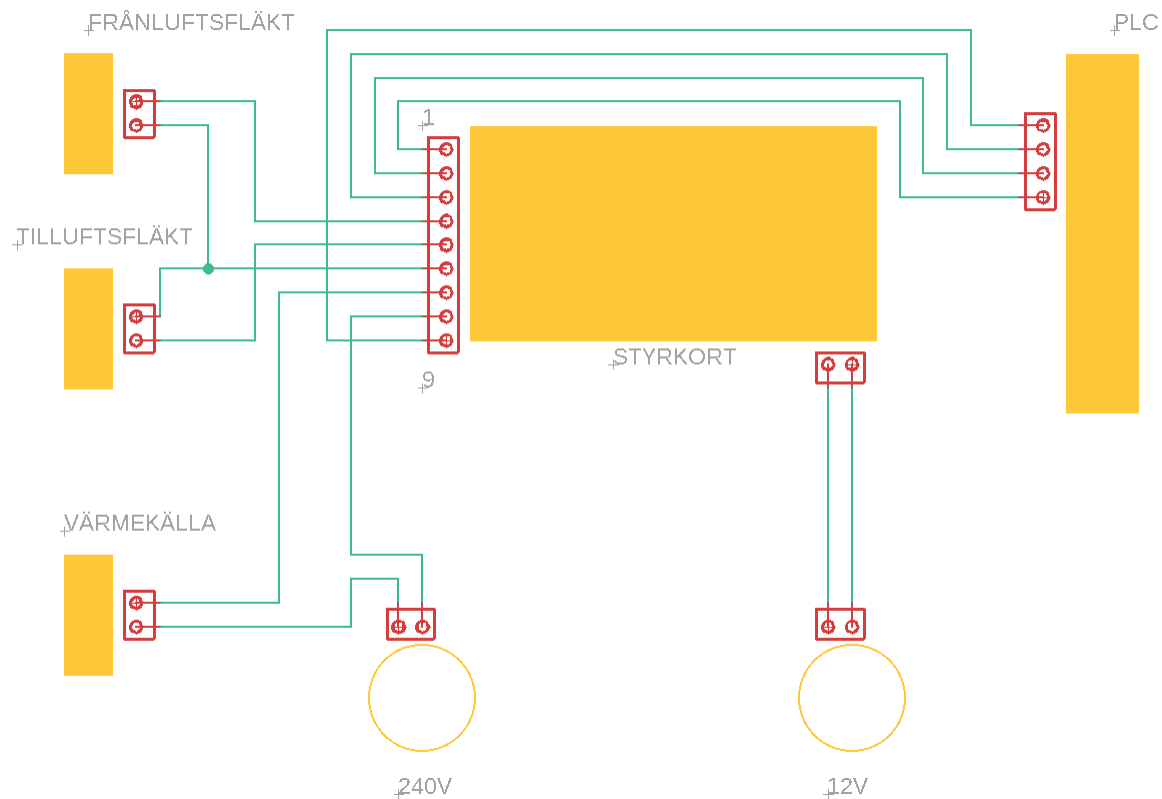
För modellens ventilationssystem användes en fläkt som tilluftsfläkt och en som frånluftsfläkt. För att få bästa möjliga luftcirkulation blåste tilluftsfläkten direkt på värmekällan och den var placerad nere på vänster sida om en vägg och frånluftsfläkt placerades på samma vägg uppe på höger sida.

Fläktarnas tekniska information visas i tabell 4.3.1 [12].

Rotationshastighet Maximalt	6000 RPM
Luftflöde	12 m ³ /h
Ljudnivå	25 dB
Fläktstorlek	40 x 40 x 10 mm
Ström	100 mA
Spänning	12 VDC

Tabell 4.3.1. Fläktarnas tekniska information

Som värmekälla användes två glödlampor märkta med 40W som hängde framför tilluftsfläkten. För att klara systemets elektriska krav användes en transformator 220 VAC - 12 VDC. Transformatorn och styrkortet placerades i luckan mellan modellens golv och bas. Kretsschemat visas i figur 4.3.



Figur 4.3. Styrsystemets elektriska krets

4.4 HMI/SCADA-system

Ett HMI utgör ett operatörsgränssnitt för styrning och övervakning av ett projekt. Automatiserade system kan enkelt avbildas med hjälp av drivrutiner och bild-objekt. Web Port är ett HMI-verktyg som förenklar kommunikationen mellan användare och system [13].

Acobia krävde att ett grafiskt användargränssnitt skulle sättas igång för att kunna ha ett exempel att utgå ifrån i deras kommande projekt. Web Port kom med elementära objekt såsom fläktar, givare, pumpar osv. Det fanns också möjlighet att skapa nya objekt efter behov. Objekt kunde sättas på olika nivåer på grund av att det kunde finnas mer än ett objekt på samma plats. Användaren kunde enkelt få tillgång till systemets information såsom börvärde, ärvärde, larm osv. Utvecklaren eller användaren kunde bestämma vad som skulle visas genom att exportera taggar från en OPC-UA server.

Acobia krävde att en bild av ett aggregat användes på lägsta nivå och på den skulle alla objekt placeras så att de kunde lokaliseras på den verkliga platsen. Beroende på taggarnas namn och objektens prefix, anknöts taggarna till respektive objekt. Dessutom kunde taggarnas data sparas och exporteras i Excel-filer efter användarens behov.

Web Port saknade ett bläddrings-verktyg som illustrerade importerade taggar från OPC-UA servern. Efter rekommendation av Web Port, var lösningen som användes i examensarbetet en OPC-UA klient (UaExpert). UaExpert UI förenklade lokalisering av *Identifier Type*, *Identifier* och *Namespace Index* som användes för att skapa taggarna.

4.5 OPC-UA Inställningar

PLC:n innehöll en OPC-UA server som tillät exportering av 1000 taggar. Det första som behövdes för att kunna använda OPC-UA drivrutinen var att skapa ett objekt *OPC UA Symbol Configuration* i Schneiders IDE, EcoStruxure som skulle möjliggöra exportering av taggar till en OPC-UA klient.

Standardinställning för *Identifier Type* är *numeric*, alternativt till det är *string*. I det här examensarbetet användes *string* för att förenkla processen av att skapa taggar. PLC:s säkerhet möjliggjort certifierad och krypterad kommunikation mellan klient och server. Under examensarbetet användes en autentiseringsmetod, vilket innebar att ett användarnamn och lösenord skapades på PLC:n.

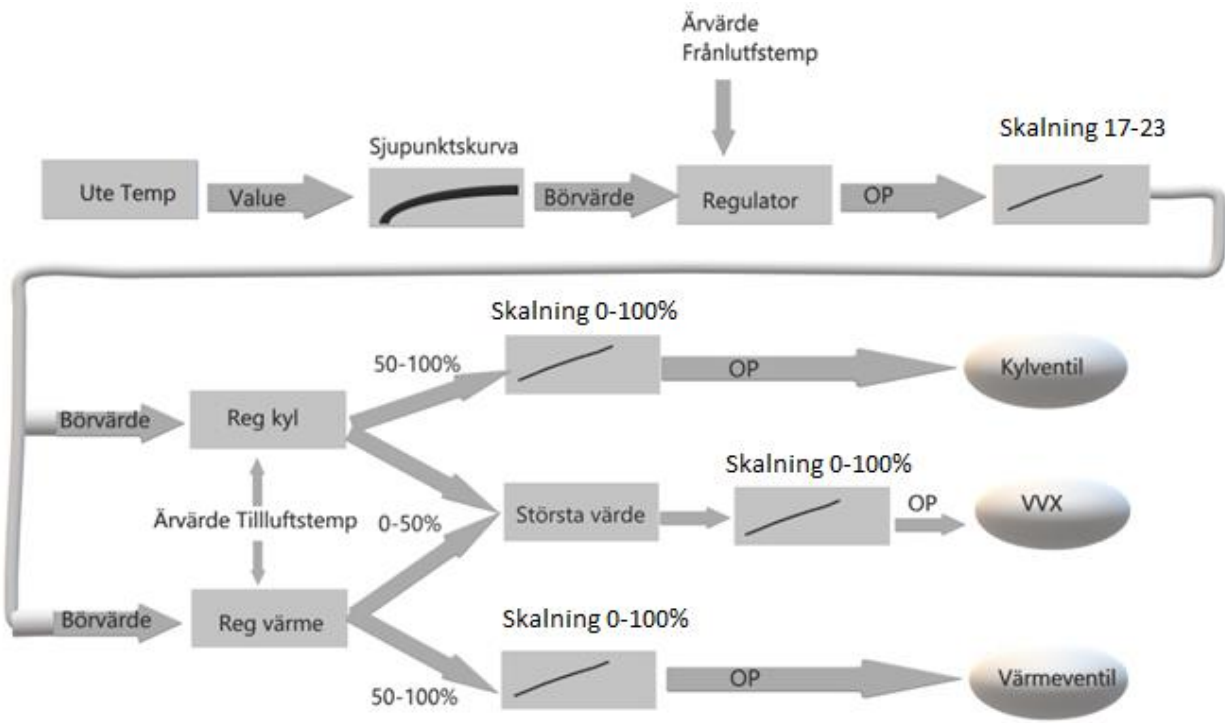
4.6 Programmets beteende

PLC-programmet är uppdelat i tre sektioner, ett kylbatteri som innehåller två termometrar och en pump, ett värmebatteri som innehåller liknande apparater som kylbatteriet och ett enplans ventilationssystem som innehåller en tilluftsfläkt, en frånluftsfläkt, en värmeväxlare och olika mätare för temperatur och lufttryck i olika positioner i systemet. Varje sektion har sitt eget huvudprogram. Alla de tre sektionerna sammanbinder i sin tur huvudprogrammet. I huvudprogrammet fås alla sektioner att kommunicera med varandra och skicka information som till exempel temperatur, operation i procent, larm osv. En inblick på hur enplans ventilationssystemets huvudprogram ser ut visas i appendix.

Hela processen sätts igång via en tidkanal. Processen bevakas av en frysvakt. Frysvakten kan vid 12°C producera ett driftprocentvärde som är en avtagande kurva mellan 12°C och 4°C; där 0% motsvarar 12 °C och 100% motsvarar 4 grader Celsius. Under dessa extrema värden jämförs frysvaktens driftsvärde med det från regulatorn och det största värdet tar över styrningen av värmeventilen. Vidare, om systemet misslyckas och temperaturen hamnar på 4°C så går frysvakten över till fas två och stoppar hela processen.

I normaldrift används kaskadreglering av temperaturen i systemet. Med normaldrift menas de inställda timmarna i tidkanalen som ofta är under dagen på vardagar. Användaren bestämmer normaldriftsintervallet. För detta utnyttjas utomhustemperaturen samt tillufts- och frånluftskanalens termometrar. Utomhustemperaturen kompenseras genom en sjupunktskurva och levereras vidare som börvärde till en regulator som får ärvärde från frånluftskanalens temperaturgivare. Denna regulator beräknar ett procentuellt värde mellan noll och hundra procent som skalas om genom en linjär funktion till ett värde mellan 17 till 23 grader Celsius, där 100% är 23 och 0% är 17. Detta värde används i sin tur som börvärde till två regulatorer som får ärvärde från tilluftkanalens termometer och beräknar procentuella värden 0–100%. Dessa värden delas på två delar den första 0–50% och den

andra 50–100%. De första 50% alltså från 0–50% jämförs med varandra och det största värdet skalas om genom en linjär funktion och används som operation procent till värmeväxlaren. De ytterligare femtio procenten skalas om till 0–100% och används som operation procent för uppvärmningsventilen respektive nedkylningsventilen. Här måste nämnas att oavsett hur värmeväxlare och ventilerna fungerar, så genererar programmet en operationsprocent (OP) 0–100% eller driftprocent, som det också kallas. På det sättet är det irrelevant om VVX och ventilerna är spänningsstyrda eller strömstyrda, ett OP-värde kan användas på alla operationer. Ett exempel på kaskadreglering visas i figur 4.6.1.



Figur 4.6.1 Avbildning av kaskadreglering

Frånluftsfläkt och tilluftsfläkt regleras via en tryckgivare som finns på respektive kanal. Tryckgivarens värde överförs till en regulator som beräknar ett driftsvärde 0–100%. Driftsvärdet styr respektive fläkt.

Programmet har ytterligare två funktionaliteter, nattkyla och nattvärme. De sätts ingång efter normaldrift. Nattkyla används endast vid somrardrift. Resten av året används nattvärme.

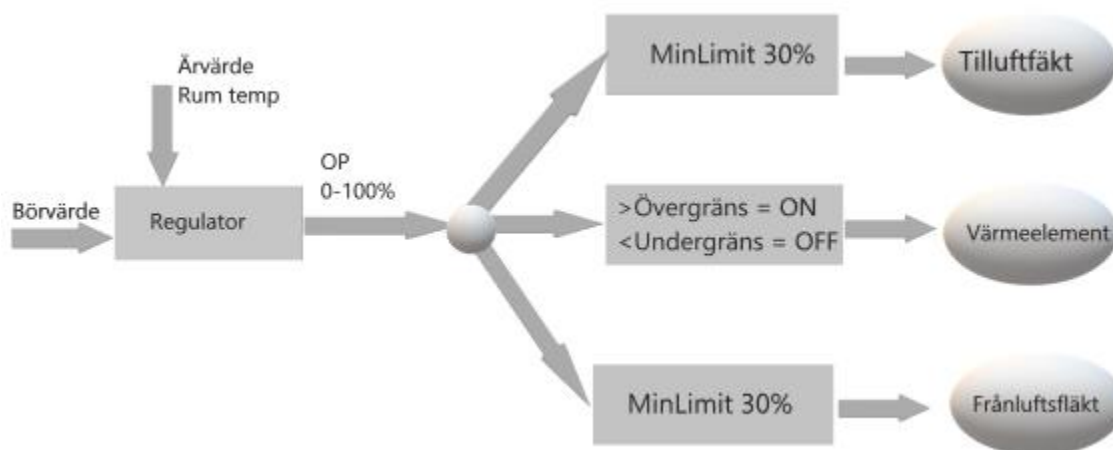
Under nattkylning öppnas spjällen var sjätte timme, så att bara frisk luft kommer in i systemet och inomhusluften får inte cirkulera. Frånluftsfläkten och tilluftsfläkten sätts igång. Värmeväxlaren får inte starta eftersom det inte finns återvinningsbehov under nattkylningsläge. Om temperaturen i frånluftskanalen är 4°C högre än börvärdet och utomhustemperatur är minst 2°C lägre än börvärdet använder systemet kallt uteluft för att kyla byggnaden.

Under nattvärme öppnas ett spjäll var tredje timme så att inomhusluften cirkulerar maximalt och frånluftsfläkten sätts igång. Värmeväxlaren får inte starta eftersom det inte finns återvinningsbehov under nattvärmeläget. Om temperaturen i frånluftskanalen är 1°C mindre än börvärdet så startar uppvärmningen med hundra procent luftcirkulation och CO₂-regleringen förbikopplas tills temperaturen når börvärdet [14].

4.7 Modellen

Modellens styrprogram är en förenklad version av det reglerprogram som används vid normaldrift i det verkliga systemet. Modellen innehåller endast en uppvärmningsprocess. Processen regleras via en regulator där börvärdet kan ändras via ett HMI. Regulatorn får inomhustemperatur och beroende på förinställt börvärde beräknas ett styrsignalvärde mellan 0 - 100 % för från- och tilluftsfläktar. Värmeelementet sätts på eller av beroende på ett gränsvärde och en hysteres. Dessa har bestämts genom försök och misstag metoden.

För att det skulle finnas ett kontinuerligt luftflöde i modellen hade fläktarna en undre gräns på 30% av maximal styrspänning. Då reglerades fläktarnas varvtal med en spänning mellan 1,5V och 5V. Dessutom behövde värmeelementet en övre och undre gräns för till- och frånslag så att lamporna inte ska brännas. Stopp- och startgränsvärdet låg på 8% respektive 15% av regulatorns utgångsvärde som bestämdes genom försök och misstag metoden. Hysteresen producerar ungefär två minuters fördröjning mellan till- och frånslag enligt systemets tidskonstant. Modellens reglerschema är byggt på en förenkling av figur 4.6.1, fokuserad på värmeregulator (reg värme) och tillhörande delar som visas i figur 4.7.1.



Figur 4.7.1. Modellens regleringsschema

4.8 Källkritik

- Bilden [1] används för att förenkla ett exempel. Det har hämtats från Wikimedia Commons. Det anses vara pålitligt då det stämmer överens med dokumentering av roterande värmeväxlare.
- OPC Foundation [2], [3] är en organisation som består av flera konkurrerande företag som använder olika OPC drivrutiner, då det anses vara pålitligt.
- Källa [4] anses vara pålitligt då deras artiklar är granskade innan publicering.
- Källa [5] anses vara pålitliga på grund av att det är en bok som används vid universitetsundervisning.
- Källa [6] anses vara pålitligt då artikeln är skriven av samma författare som källan [9] har.
- Control Engineering [7] är en tidning som är specialiserad för reglerteknik, då anses källan vara pålitlig.
- Källa [8] anses vara pålitligt då artikeln är granskad och publicerad på forskarwebbsida.
- Boken *Chemical and Energy Process Engineering* [9] är skriven av en lärare från Norwegian University of Science and Technology och granskad innan publiceringen då den anses vara en pålitlig källa.
- [10] Det är en kurslitteratur som används vid LTH för automationsingenjör utbildning då det anses pålitligt.
- Databladet [11] och [12] som användes under examenarbetet anses vara pålitliga då är tillverkarens bästa intresse att förse att värdena stämmer.
- Web Port [13] är ett företag som säljer ett verktyg under förutsättningarna att verktyget fungerar för olika drivrutiner. Med anledning att om information stämmer inte kan företaget tappa kunder, anses det vara pålitligt.
- [14] Acobia driftkort är en dokumentation med alla möjligheter och krav från Acobia, då det anses som pålitligt.

5 Metod

5.1 Matematisk metodik

Ett sätt att uppskatta trögheten hos ett system är att skatta systemets tidskonstant. Termodynamikens första lag och Newtons avsvlningslag kombinerades för att framställa en matematisk uppskattning av uppvärmningsprocessen. Genom att Laplace-transformera differentialekvationen kunde systemets överföringsfunktion räknas ut. Den matematiska modellen beskrivs i ekvation 3.6.4.

För ett första ordningens system kan tidskonstanten avläsas från en grafisk representation av den reglerade variabeln, vilket i examensarbetets fall är inomhustemperaturen. För att kunna bestämma systemets tidskonstant har värmen satts på och inomhustemperaturen har låtit nå sitt slutvärde.

5.2 Praktisk metodik

Det var tydligt från början att det var omöjligt att testa programmet på en byggnad i full skala. Detta ledde till att en testmiljö behövdes. En miniatyr av en byggnad eller modell med sitt eget ventilationssystem och värmekälla, som kunde anslutas till PLC:n, var en tillräckligt bra testmiljö. Modellens ventilationssystem består av två fläktar, en för att föra in och en för att dra ut luft. Förutom ventilation har modellen en värmekälla och två termometrar för temperaturmätning inne och ute.

Med anledning av en begränsad budget kunde modellen inte ha frekvensomvandlare eller någon liknande apparat för fläktarnas varvtalsstyrning. Liknande problem uppstod vid värmekällans styrning. Värmekällan hade ett ytterligare problem, nämligen att det inte var bestämt om den skulle ha hög spänning 220V med låg ström eller låg spänning 12V och hög ström. Värmekällan borde ha möjlighet att förstärkas, vilket ledde till att ett antal glödlampor på 220V var en enkel lösning. Glödlampornas antal kunde ökas eller minskas beroende på hur lång tid uppvärmningsprocessen behövde under initiala testet.

På grund av fläktarnas och värmekällans höga energiförbrukning kunde inte PLC:n direkt hantera deras styrning. Det enda sättet att lösa problemet var att konstruera ett styrkort. Styrkortet får styr signaler från PLC:n och lastas med modellens elektriska behov. Styr signalerna som användes var tre, två för fläktarna och en för värmekällan.

Acobias bibliotek fungerar med program som är byggda i Codesys. Detta förenklade anpassningen till de nyaste hårdvarorna eftersom Schneiders IDE är baserad på Codesys. Det ledde till en snabb övergång till nästa steg vilket var att koda programmet som styr en undercentral och att bygga upp ett gränssnitt. Programmet skrevs stegvist samtidigt med gränssnittets utveckling.

För att gränssnittet skulle ha tillgång till variablerna sattes en OPC-server upp. En OPC-UA server kan exportera maximalt 1000 variabler som kan taggas. För examensarbetets behov taggades mer än 500 variabler. Gränssnittet kunde anslutas med server och få direkt tillgång till variablernas värden. Web Ports gränssnitt hade en funktion som sparade de fördefinierade variablernas värden under av ett fördefinierat tidsintervall. Denna funktion kallades trend och under examensarbetet var tidsintervallet 30 sekunder. Dessa trender användes på resultat.

6 Resultat

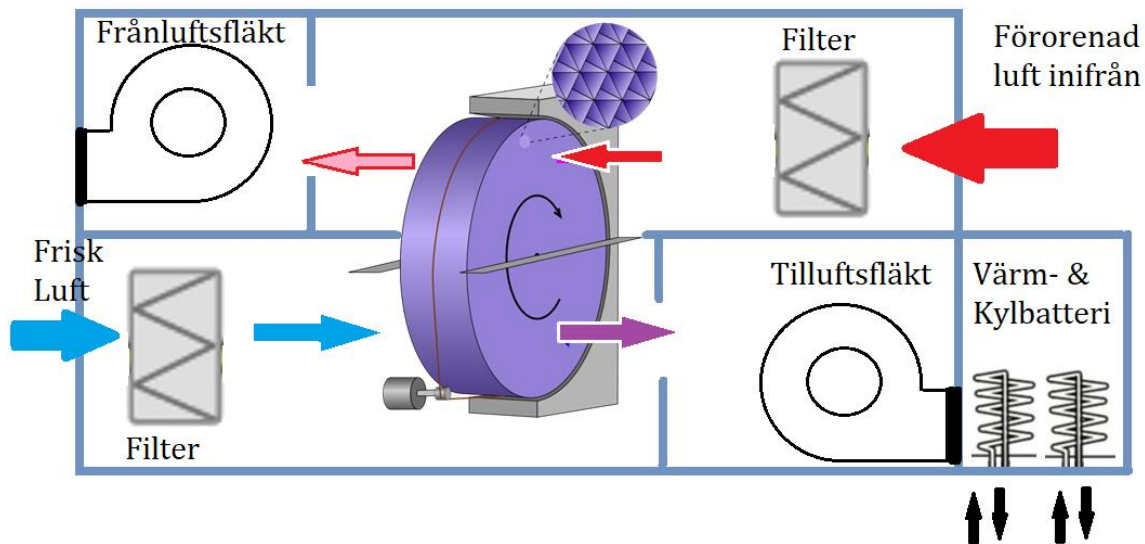
I figur 6.1.1 visas utetemperatur (omgivningens temperatur) under hela datainsamlingen. Figur 6.1.2 visar variationen av utetemperaturen under stegsvaret med en nedgång som sker vid omstart av PLC-programmet. I figur 6.1.2 syns en spik i temperaturen vid ungefär den 230:e minuten. Figurerna 6.1.1 och 6.1.2 är från samma tillfälle. Det antas att vara en störning i systemet som till slut skapar en uppåtgående trend hos inomhustemperaturen. Figur 6.1.3 visar variationen hos inomhustemperaturen under hela datainsamlingen.

Den nedgång som finns i graferna sker vid omstart av PLC programmet. I figur 6.1.4 kan stegsvaret observeras. Den uppåtgående delen visar uppvärmningen och den nedåtgående avsvälningen. En närmare vy av uppvärmnings- och avsvälningprocessen av stegsvaret kan ses i figur 6.1.5 respektive 6.1.6.

Grafen av inomhustemperaturen representerad i figur 6.1.5 liknar ett första ordningens system. Detta innebär att ett enkelt sätt att hitta tidskonstanten hos det öppna systemet är att beräkna vid vilken tidpunkt som 63% av temperaturskillnaden mellan start- och stoppvärdet i stegsvarsprovet uppnås.

Trots att inomhustemperaturens övre gräns i figuren är 30.6 °C antas att temperaturen planar ut vid 30.3 °C på grund av störningen. Om figur 6.1.5 jämförs med figur 6.1.2 kan det märkas att störningen av utomhustemperaturen sker samtidigt med den inomhus. Ytterligare visas att temperaturen planar ut runt 30.3 °C med startvärde i 22.9 °C vid 128:e minuten. Temperaturskillnaden mellan start- och stoppvärdet blir 7.4 °C. 63% av temperaturskillnaden blir ~4.7 °C vilket innebär att tidskonstanten läses av vid 27.6 °C och 156:e minuten. Detta betyder att systemets tidskonstant för uppvärmningen blir 28 min = 1680 s.

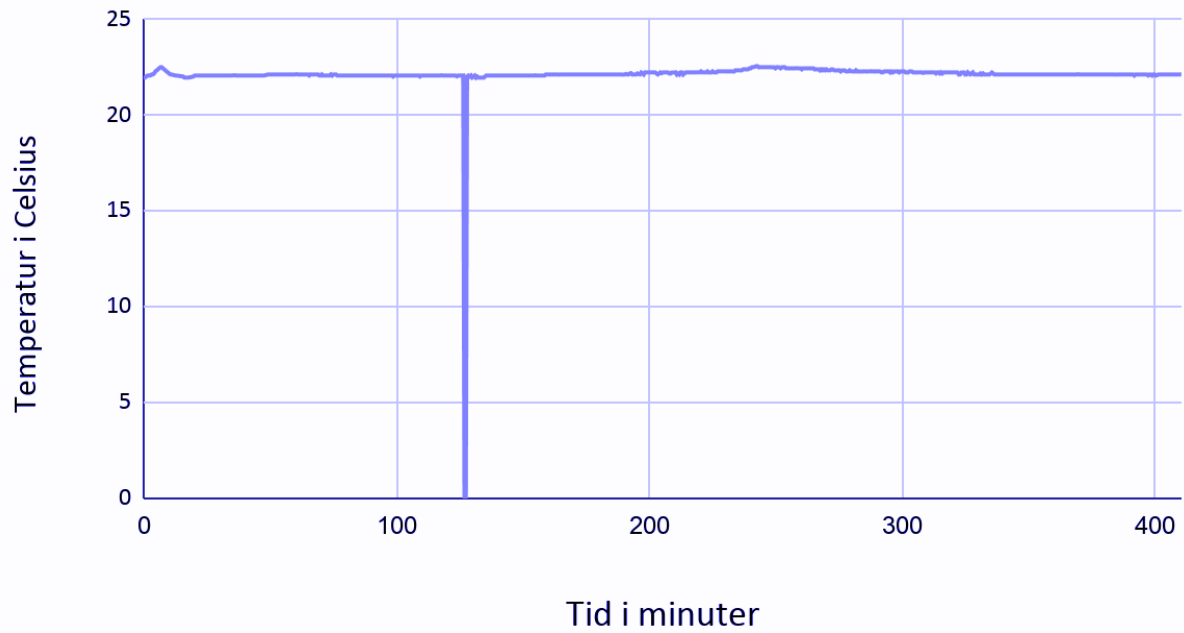
Avsvälningprocessens avläsning av tidskonstanten har utnyttjat samma princip som vid uppvärmningsprocessen. I figur 6.1.6 visas att temperaturen planar ut runt 23.5 °C med startvärde 30,4 °C vid 255.5 minuter. Temperaturskillnaden mellan start- och stoppvärdet blir 6.9 °C. 63% av temperaturskillnaden blir ~4.3 °C vilket innebär att tidskonstanten läses av vid 26.



1 °C. Detta medför att systemets tidskonstant vid avsvälning blir 35.5 min = 2130s.

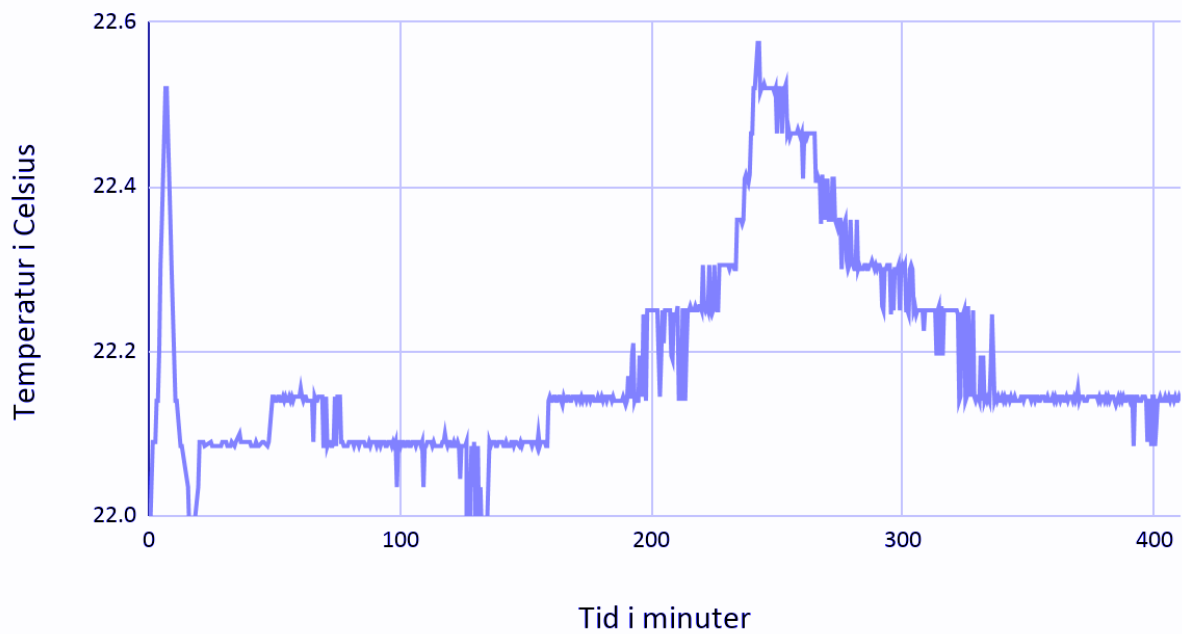
För att räkna fram regulatorns parametrar har ekvationerna 3.7.9 och 3.7.10 använts. Två testfall gjordes på en dubbelpol i $-a = -\frac{1}{\tau_{slutna}}$, med $\tau_{slutna} = 600$ s respektive 400 s. Figuren 6.1.7 visar systemets beteende vid $\tau_{slutna} = 600$ s med förstärkning 50 och integrationstid 986 s. I nästa figur, 6.1.8, observeras systemets beteende med $\tau_{slutna} = 400$ s med förstärkning på 80 och integrationstid på 705 s.

OutSide Temp



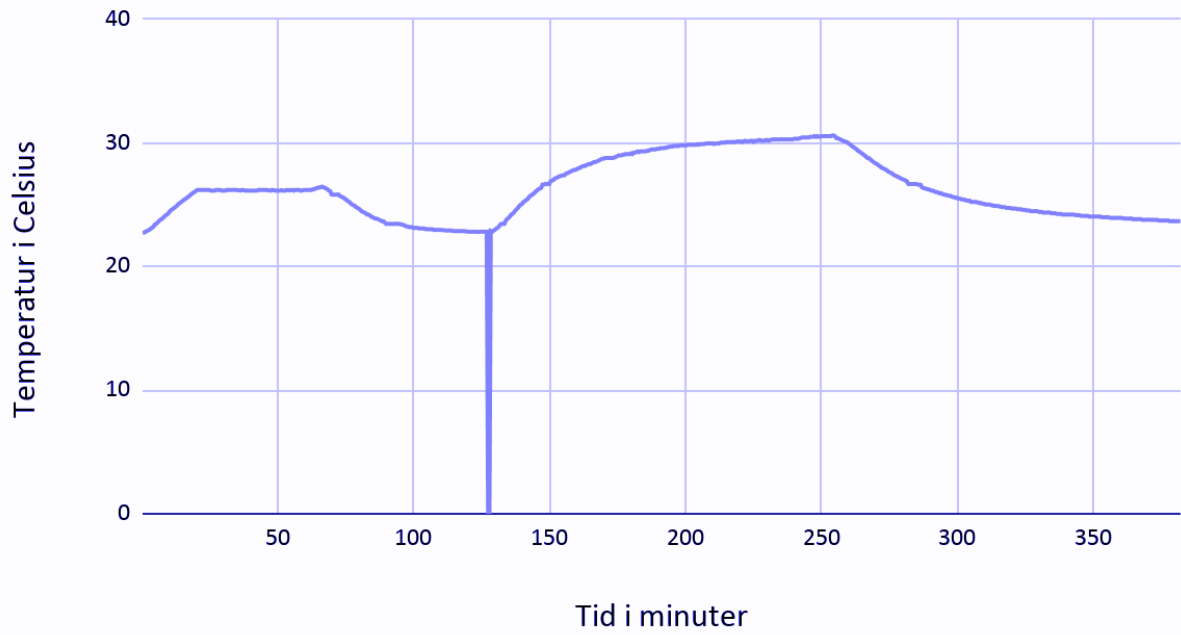
Figur 6.1.1 Utetemperatur under hela testet med hänsyn till PLC-stopp

Outside Temp



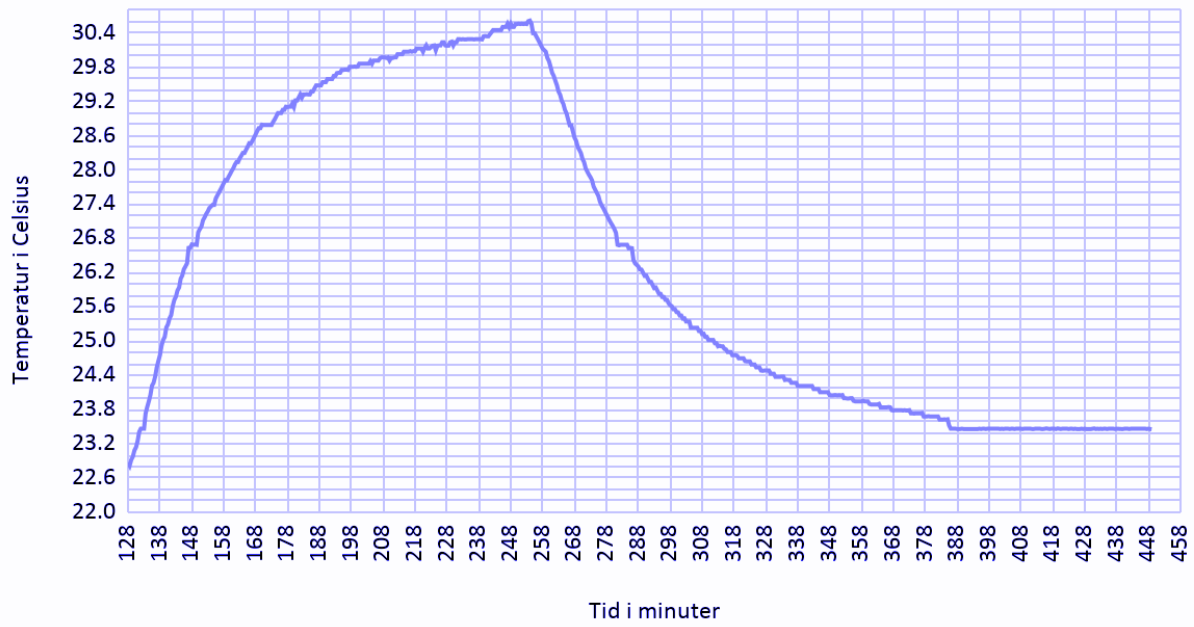
Figur 6.1.2. Utetemperatur fokuserat mellan 22–22,6 °C

RUM TEMP



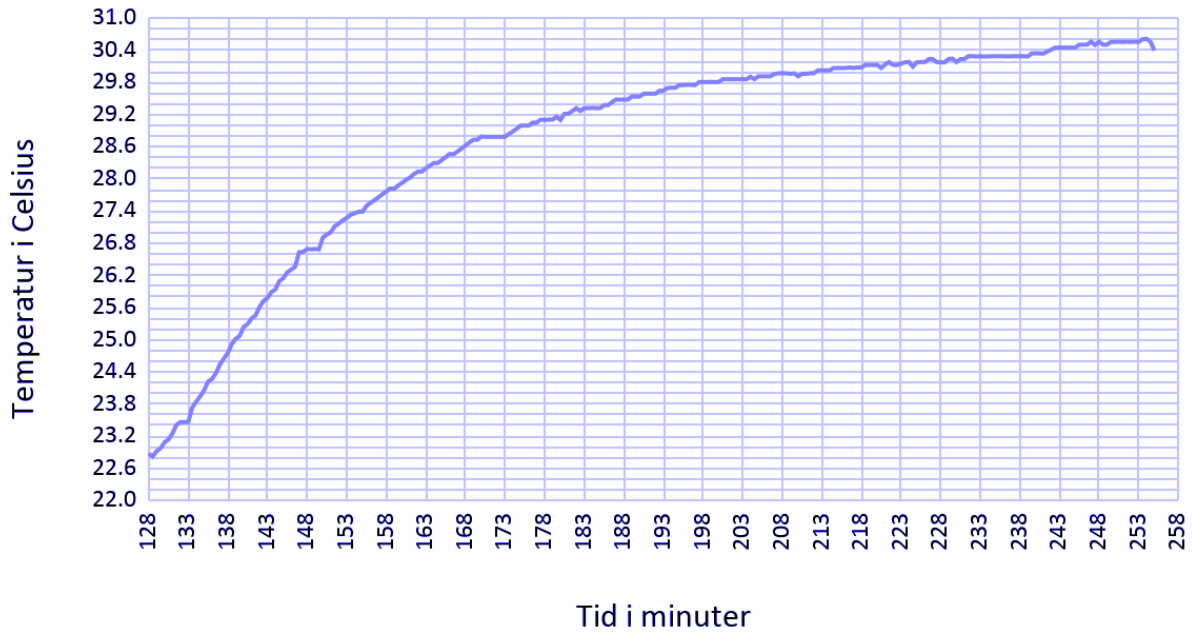
Figur 6.1.3. Rumstemperatur under testet

RUM TEMP



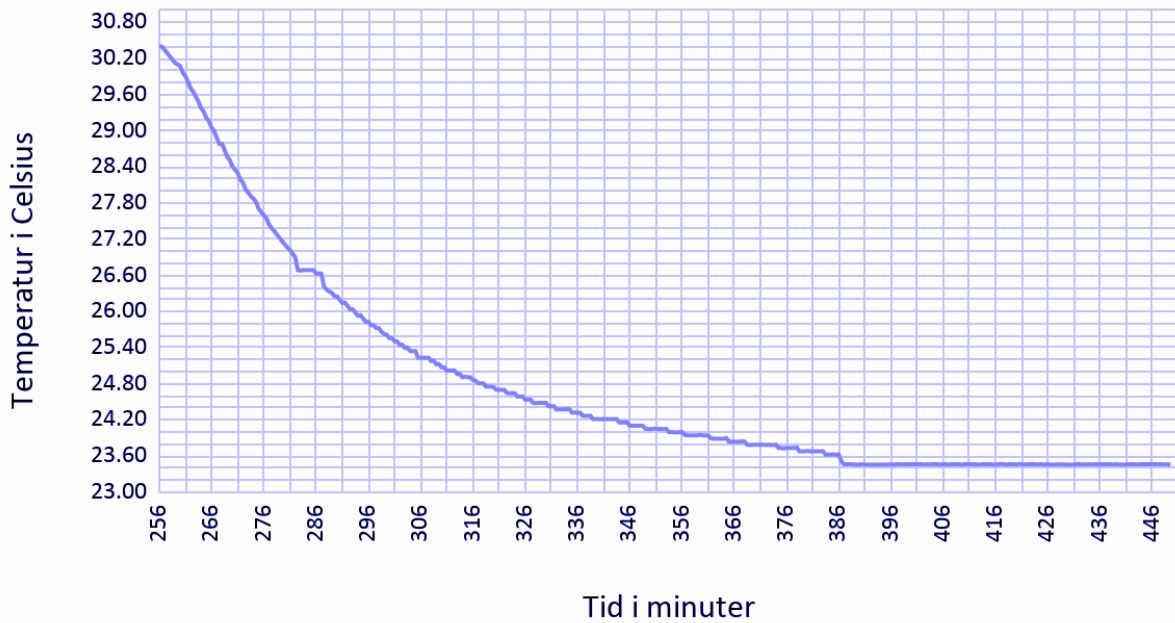
Figur 6.1.4. Rumstemperatur under stegsvar provet och avsvälning

RUM TEMP



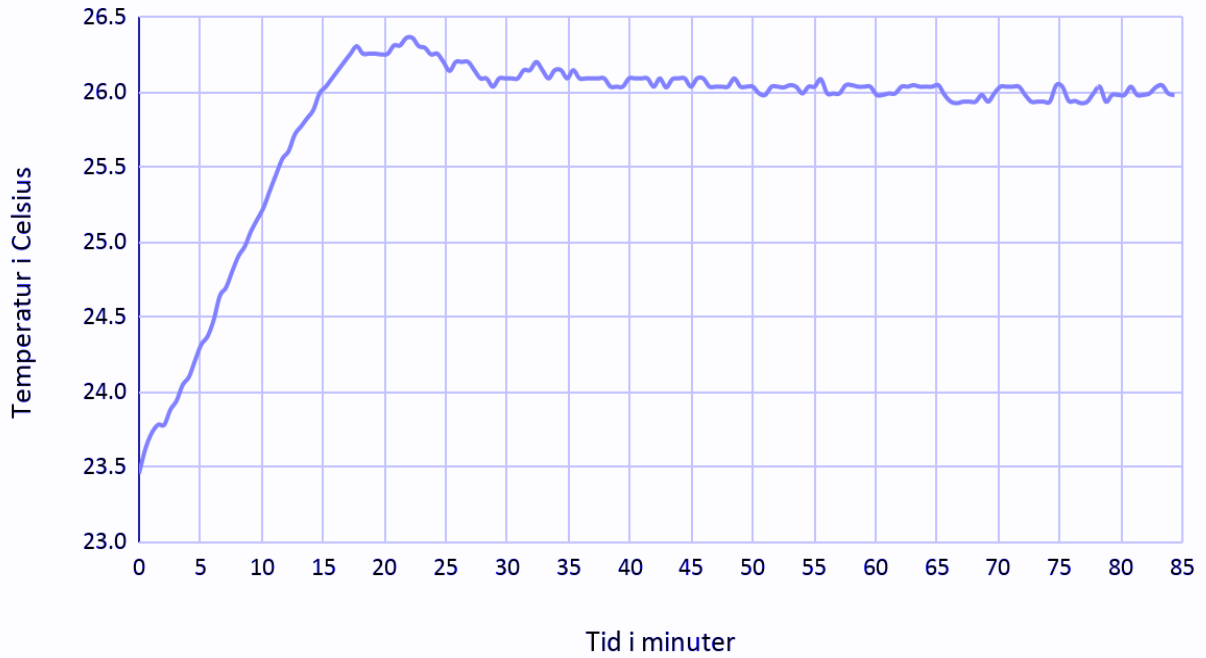
Figur 6.1.5. Stegsvär för rumstemperaturen vid uppvärmning

RUM TEMP



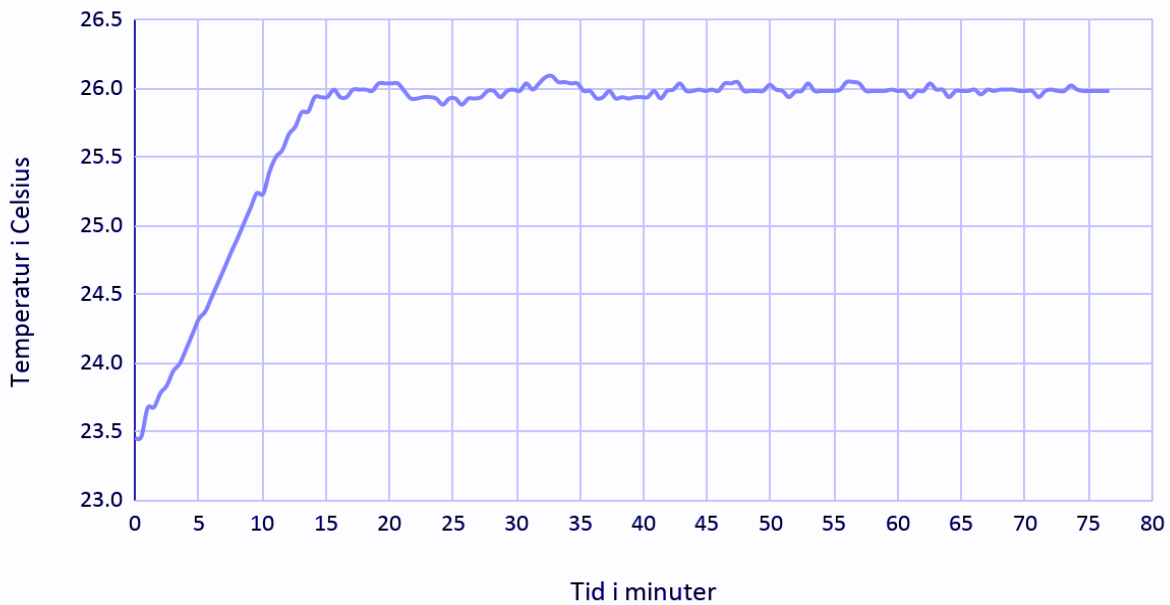
Figur 6.1.6. Temperatur under avsvälning

$t_{slutna}=600$



Figur 6.1.7. Temperatur av regleringsprocess med justerad PI med τ_{slutna} 600 sekunder

$t_{slutna} = 400$



Figur 6.1.8. Temperatur av regleringsprocess med justerad PI med τ_{slutna} 400 sekunder

7 Slutsats

Här besvaras frågorna från problemformuleringen.

1. Vilka förändringar behövs i Acobias befintliga programbibliotek för att anpassa till styrningen inom fastighetsautomation?
2. Är det möjligt att ta fram en enkel dynamisk modell utifrån mätningar på inom- och utomhustemperaturen?
3. Kan den dynamiska modellen användas för att ta fram en enkel styrlag?
4. Kan styrlagen implementeras med Acobias programbibliotek anpassat för Schneiders styrsystem?
5. Vilken hårdvara behövs för att implementera styrsystemet?

7.1 Diskussion och slutsats

1. Acobias bibliotek och Schneiders IDE är byggda på Codesys struktur. Det behövs inga stora förändringar för att kunna fungera i Schneiders IDE. Små justeringar har gjorts för att anpassa vissa funktionsblock till examensarbetet. Genom användning av Acobias befintliga bibliotek i examensarbetet visas att den kan användas direkt till Schneiders PLC.
2. Den matematiska modellen som redovisas i avsnitt 3.6 och 3.7 är baserad på Newtons avsvlningslag och termodynamikens första lag. Modellen visar systemets överföringsfunktion och anger en uppskattning av värmeöverföringskoefficienten och värmekapaciteten. Vidare kan mätningarna användas för att bestämma tidskonstanten och beräkna parametrarna k och T_i för regulatorn.
3. Genom användning av den matematiska modellen beräknas systemets karakteristiska ekvation. Under examensarbetet används det en PI-regulator vilket gör att det behöver räknas ut förstärkningen k och integrationstiden T_i . I avsnitt 6 presenteras resultatet från två testfall med olika reaktionstider. Figuren 6.1.7 visar systemets beteende med angivet τ_{slutna} 600 sekunder. Figuren 6.1.8 visar systemets beteende med angivet τ_{slutna} 400 sekunder. I figur 6.1.7 temperaturen överstiger börvärdet i början men når jämviktsläge under nästa svängning. I figuren 6.1.8 överstiger temperaturen inte börvärdet och når jämviktsläge snabbare än i 6.1.7. Då kan det konstateras att vid τ_{slutna} 400 sekunder är regulatorn bättre inställd för systemet i jämförelse med regulator i figur 6.1.7 där det finns en översväng.

4. Det är möjligt att bygga ett funktionsblock i Acobias bibliotek baserat på den dynamiska modellen presenterad i avsnitt 3.6. Funktionsblocket kan bestämma ett värde på förstärkning och integrationstid hos regulatorn enligt avsnitt 3.7. För dessa behövs kunna tillförda värmeeffekt och att göra ett stegsvartest av systemet.
5. När det gäller examensarbetets styrsystem behövs det en PLC, två fläktar och två temperaturgivare. I ett fullskaligt HVAC-system behövs ytterligare värmeväxlare, kyl- och värmebatterier, kyl- och värmeventiler, koldioxidgivare, tryckgivare och spjäll.

7.2 Framtida utvecklingsmöjligheter

Examensarbetets utvecklingsmöjligheter kan indelas i testmiljö och programmets utveckling. Framtidens utvecklingsmöjlighet för att förbättra testmiljön är att modellen skulle kunna vara mer avancerad. Å ena sida kan det nås genom att ha bättre isolationsskikt och vara en flerrumsmodell. Vidare skulle modellen kunna placeras i olika miljöer. Detta innebär att modellen skulle kunna ha olika omgivningsvillkor.

Å andra sidan kan väderprognosen användas för att utnyttja byggnadens tröghet. En tidig förberedelse av systemet kan spara energi. Programmet kan utvecklas genom att utnyttja information från till exempel väderprognoser för att bestämma hur långt i förväg uppvärmningen ska sättas igång.

7.3 Reflektion över etiska aspekter

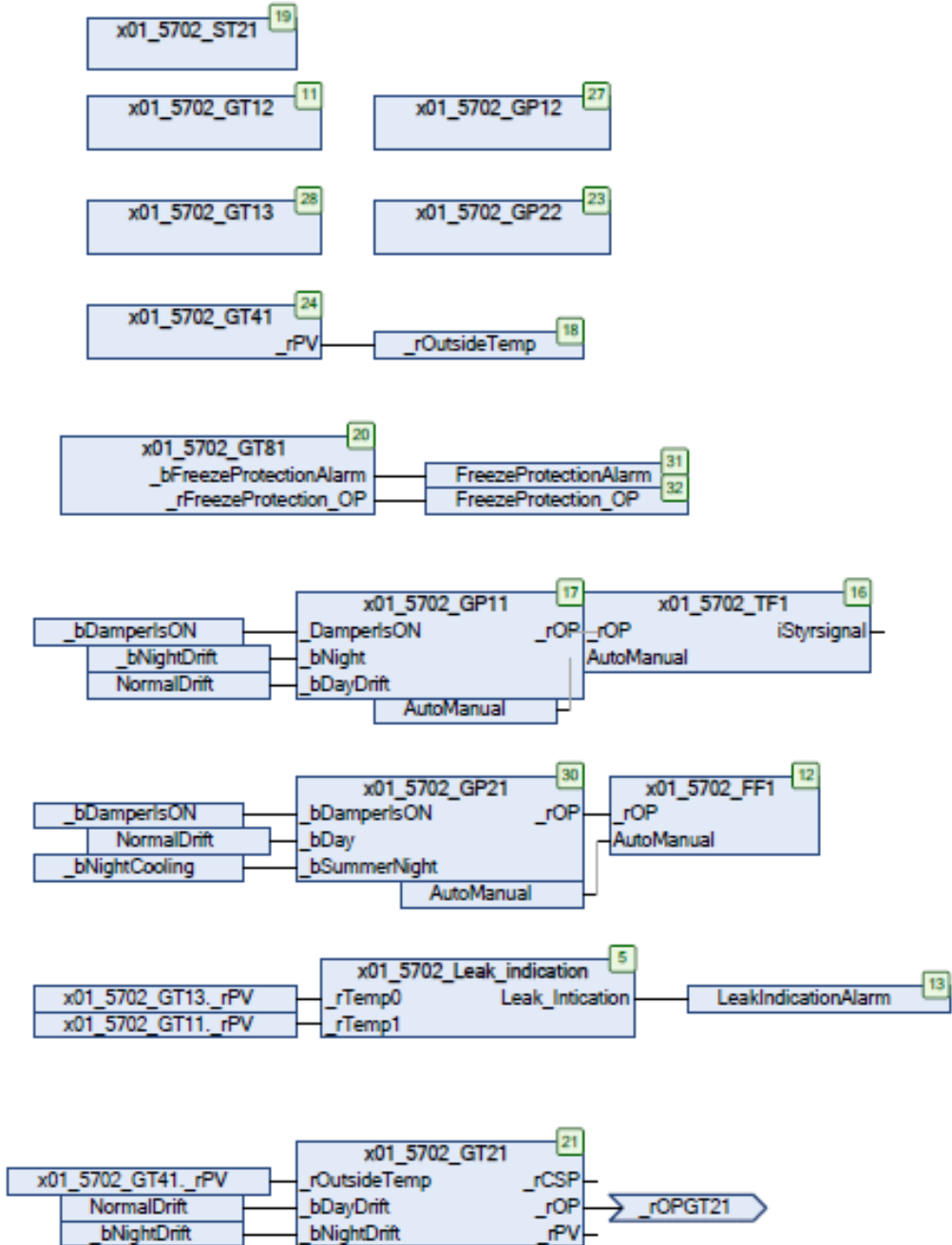
Samhällsnytta

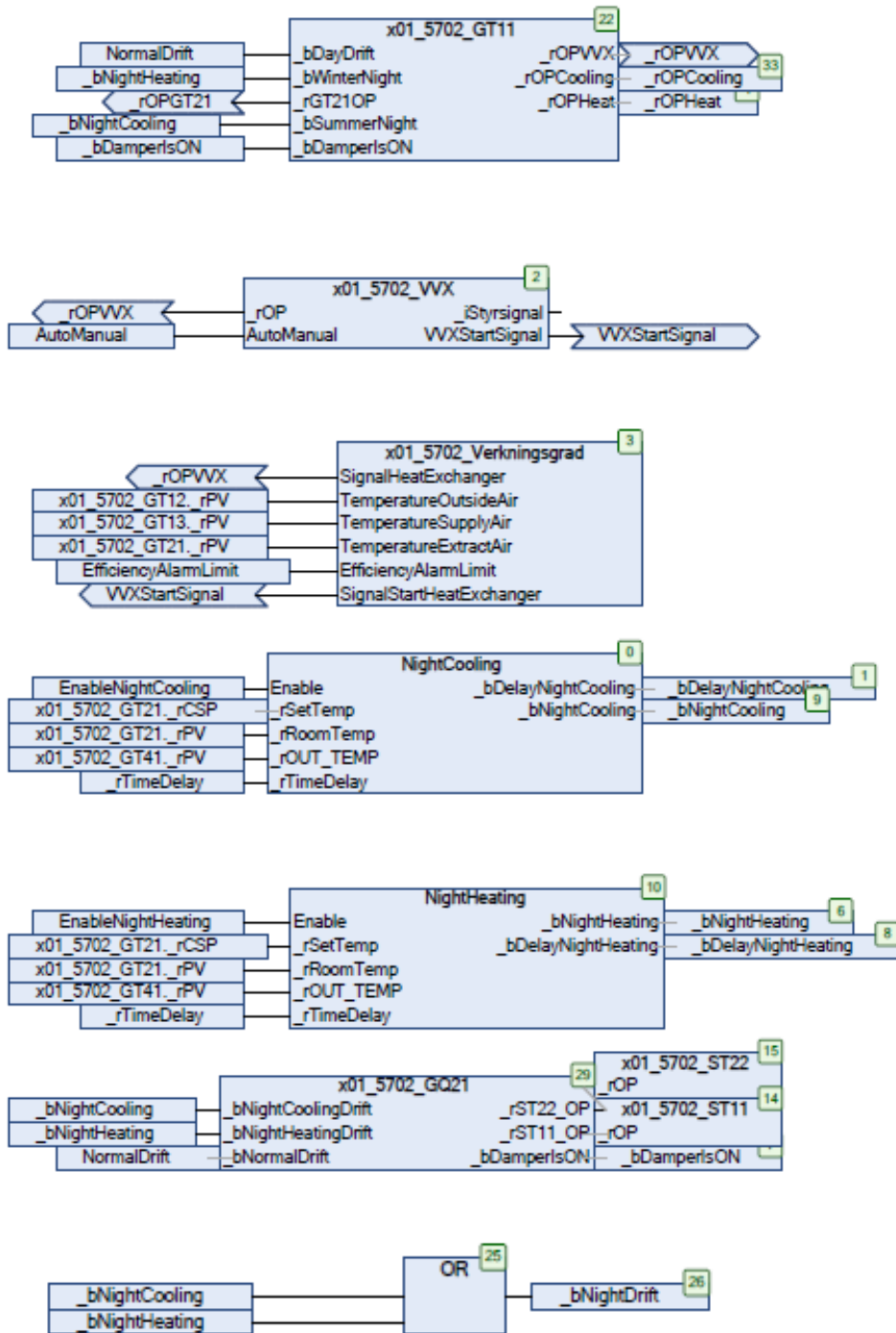
Med det här examensarbetet har det försökts att justera en uppvärmningsprocess så att energiförbrukningen minskas. Om examensarbetet leder till en implementering och utveckling av bättre reglerade system kan energi sparas och då minskar utsläppen.

8 Appendix

POU: x01_5702_Main

```
1  PROGRAM x01_5702_Main
2  VAR
3      _bDamperIsON : BOOL ;
4      _bNightDrift : BOOL ;
5      _bNightCooling : BOOL ;
6      _bNightHeating : BOOL ;
7  END_VAR
8  VAR_INPUT
9      NormalDrift : BOOL ;
10     EnableNightHeating : BOOL ;
11     EnableNightCooling : BOOL ;
12     AutoManual : BOOL ; //0=Auto Mode, 1=Manual Mode.
13 END_VAR
14
15 VAR_OUTPUT
16     FreezeProtectionAlarm : BOOL ;
17     LeakIndicationAlarm : BOOL ;
18     _bDelayNightCooling : BOOL ;
19     _bDelayNightHeating : BOOL ;
20     _rOPCooling : REAL ;
21     _rOPHeat : REAL ;
22     _rOutsideTemp : REAL ;
23     FreezeProtection_OP : REAL ;
24 END_VAR
25 VAR_RETAIN
26     _rTimeDelay : REAL := 60 ;
27     EfficiencyAlarmLimit : REAL := 40.0 ;
28 END_VAR
29
```





9 Källförteckning

[1] Licenced GFDL and CC-BY-2.5, Author Tomia,

“<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rotary-heat-exchanger.svg>“

[2020-11-14]

[2] What is OPC.

“<https://opcfoundation.org/about/what-is-opc/>“

[2020-10-05]

[3] Unified Architecture

“<https://opcfoundation.org/about/opc-technologies/opc-ua/>“

[2020-10-05]

[4]” <https://www.ijedr.org/papers/IJEDR1402230.pdf> “

[2021-02-03]

[5] Peter Woolf University of Michigan Chemical Process Dynamics and Controls (kapitel 9), sist uppdaterad 2020-11-23

“[https://eng.libretexts.org/Bookshelves/Industrial and Systems Engineering/Book%3A Chemical Process Dynamics and Controls \(Woolf\)/09%3A Proportional-Integral-Derivative \(PID\) Control](https://eng.libretexts.org/Bookshelves/Industrial_and_Systems_Engineering/Book%3A_Chemical_Process_Dynamics_and_Controls_(Woolf)/09%3A_Proportional-Integral-Derivative_(PID)_Control)“

[6] Probably the best simple PID tuning rules in the world, Sigurd Skogestad, Department of Chemical Engineering Norwegian University of Science and Technology

Trondheim Norway Submitted to Journal of Process Control July 3, 2001

This version: July 17, 2001

[7] Pros and cons of autotuning control: Part 1, Control Engineering

“<https://www.controleng.com/articles/pros-and-cons-of-autotuning-control-part-1/>“

[8] Research Article on PID Controller Design by Combining Pole Placement Technique with Symmetrical Optimum Criterion, Viorel Nicolau

Hindawi Publishing Corporation publicerad 2013-07-08.

“<https://www.hindawi.com/journals/mpe/2013/316827/>“

[9] Skogestad, Sigurd. 2009. Chemical and Energy Process Engineering

ISBN 9781420087550

[10] William, B. W. 1992. Power Electronics: Devices, Drivers, Applications, and Passive Components

ISBN 9780070704398

[11] Datablad om 2N2222A transistor "<https://datasheetspdf.com/pdf-file/490365/STMicroelectronics/2N2222A/1>"

[2020-10-24]

[12] Axialfläkt Datablad

"<https://www.kjell.com/se/produkter/el-verktyg/elektronik/elektromekanik/flaktar/12-v/axialflakt-12-v-40x40x10-mm-p36171>"

[2020-09-17]

[13] Web Port Drivrutiner

"https://webport.se/webport/#func_5993 "

[2020-09-26]

[14] Acobias Driftkort