

CODEN: LUTFD2/(TFRT-5337)/1-51/(1985)

Demonstrationssystem för Asea Master

Mats Jerpander

Institutionen för Reglerteknik
Lunds Tekniska Högskola

November 1985

Department of Automatic Control Lund Institute of Technology P.O. Box 118 S-221 00 Lund Sweden		<i>Document name</i> Master thesis	
		<i>Date of issue</i> November 1985	
		<i>Document Number</i> CODEN: LUTFD2/(TFRT-5337)/1-051/(1985)	
<i>Author(s)</i> Mats Jerpander		<i>Supervisor</i> Peter Staxén, Björn Wittenmark	
		<i>Sponsoring organisation</i> ASEA Industry & Electronics	
<i>Title and subtitle</i> Demonstrationssystem för Asea Master (Demonstration system for Asea Master)			
<i>Abstract</i> <p>This work describes a demonstration system for the process control system Asea Master. It consists of MasterView 850 and MasterPiece 280 with programs for simulation, controlling and man-machine-communication. There are also possibilities to disturb the simulated process.</p> <p>The process is a steam power plant which is modulated and simulated at a certain working point.</p>			
<i>Key words</i> Asea Master, Process control system, Power plant			
<i>Classification system and/or index terms (if any)</i>			
<i>Supplementary bibliographical information</i>			
<i>ISSN and key title</i>			<i>ISBN</i>
<i>Language</i> Swedish	<i>Number of pages</i> 98	<i>Recipient's notes</i>	
<i>Security classification</i>			

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	sid 5
2	BESKRIVNING AV PROCESSEN	sid 6
3	SYSTEMSTRUKTUR	sid 9
3.1	Översikt	sid 9
3.2	Processimulering	sid 11
3.2.1	Översikt	sid 11
3.2.2	Delprocess 1: Brännare	sid 16
3.2.3	Delprocess 2: Värmeväxlare i pannan	sid 19
3.2.4	Delprocess 3: C-luft	sid 20
3.2.5	Delprocess 4: R-filter	sid 24
3.2.6	Delprocess 5: C-vatten + ånga i pannan	sid 28
3.2.7	Delprocess 6: R-turbinventil	sid 31
3.2.8	Delprocess 7: C-ångkista	sid 33
3.2.9	Delprocess 8: Turbin	sid 38
3.2.10	Delprocess 9: Generator	sid 39
3.2.11	Delprocess 10: Nätverk	sid 41
3.2.12	Delprocess 11: Värmeväxlare i kondensorn	sid 43
3.2.13	Delprocess 12: C-vatten i kondensorn	sid 45
3.2.14	Delprocess 13: Pump	sid 47
3.3	Processtyrning	sid 51
3.3.1	Reglerstruktur	sid 51
3.3.2	Turbinreglering	sid 51
3.3.3	Reglering av domtrycket	sid 53
3.3.4	Nivåreglering av kondensorn	sid 54
3.4	Operatörskommunikation	sid 56
4	HANDHAVANDE UTAV DEMONSTRATIONSSYSTEMET	sid 61
5	REALISERING	sid 64
5.1	Arbetsmetodik	sid 64
5.2	Hjälpmedel	sid 64
5.3	Synpunkter	sid 69

6

FÖRSLAG TILL FÖRBÄTTRINGAR

sid 71

Referenser

sid 73

Appendix A Bestämning av konstanter och stationära värden

1 INLEDNING

Detta är ett examensarbete vid institutionen för Reglerteknik, Lunds Tekniska Högskola. Det har utförts vid kontoret för forskning och utveckling, ILKL, inom Aseas subdivision för elektronik, Asea Industry & Electronics.

Syftet med detta arbete var att ta fram ett komplett demonstrationssystem för processtyrssystemet Asea Master. Demonstrationssystemet skulle åskådliggöra systemets faciliteter rörande programmering, presentation samt systemhandhavande för potentiella kunder. För att få ett realistiskt demonstrationssystem har en verklig process (värmekraftverk), som dock kraftigt förenklats, simulerats i styrssystemet.

Arbetet består av programmering av ett Asea MasterPiece system, i Asea MasterPiece Language, och generering av ett antal processbilder i Asea MasterView. Dessa bilder fungerar som operatörens snitt mot processen.

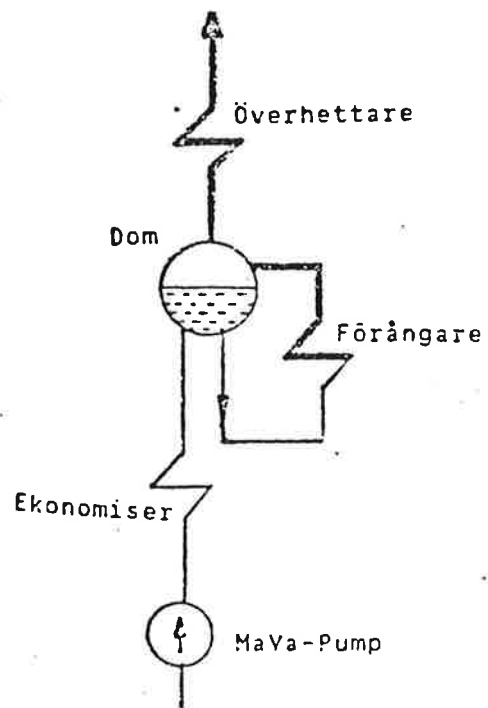
Demonstrationssystemet består av MasterPiece 280 (MP 280) styrsystem samt ett MasterView 850 (MV 850) operatörssystem för människa-maskinkommunikation (MMK).

Inledningsvis, i kapitel 2 beskrivs processen som i kapitel 3 modelleras och simuleras. I kapitel 3 beskrivs dessutom processtyrningen och operatörskommunikationen. Vidare i kapitel 4 förklaras handhavandet utav demonstrationssystemet och i kapitel 5 behandlas realiseringen. Till sist ges i kapitel 6 förslag till förbättringar av demonstrationssystemet.

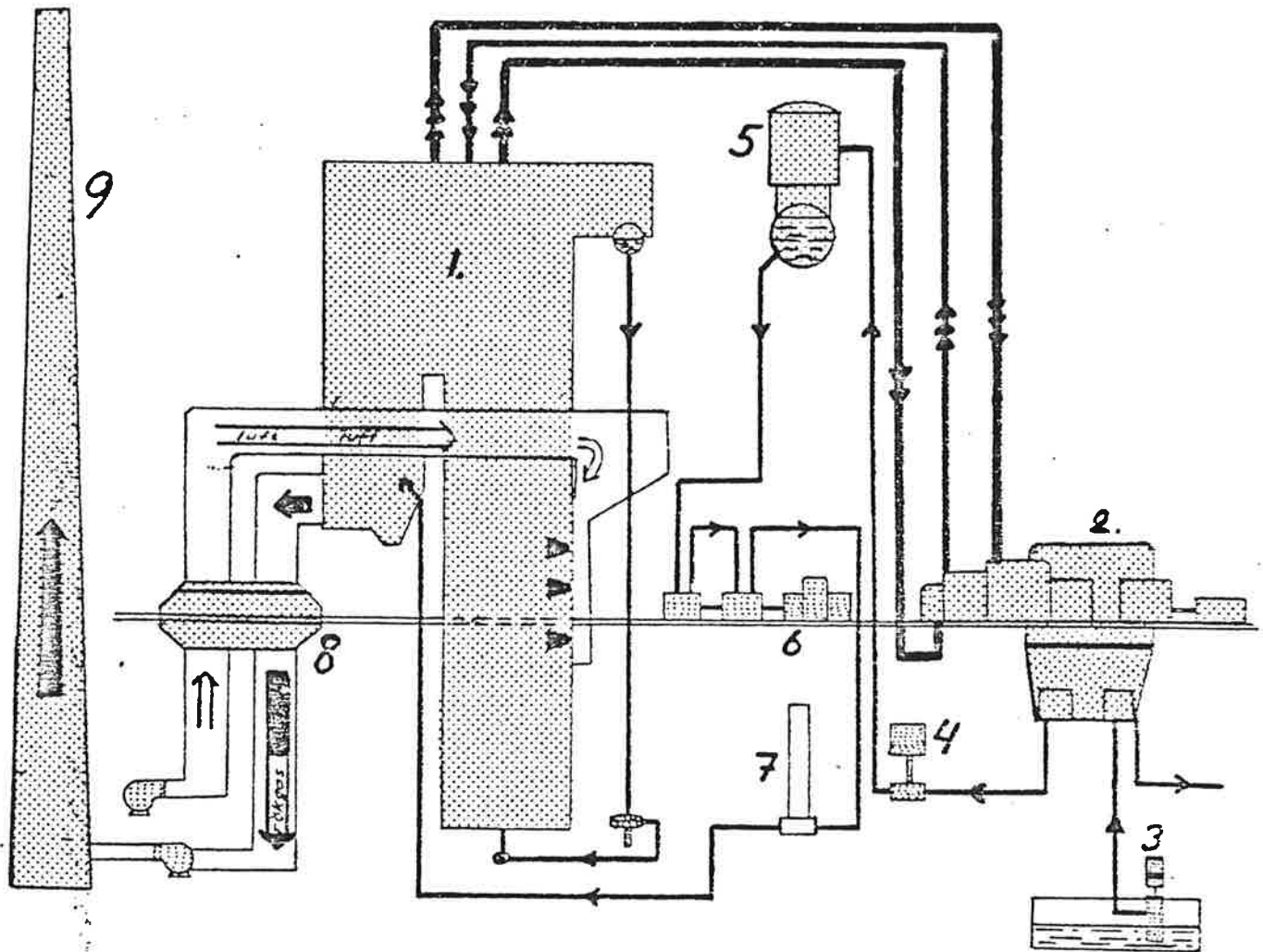
2 BESKRIVNING AV PROCESSEN

Det värmekraftverk, som modelleras och simuleras i detta arbete, är en kombinerad elkraft- och värmeanläggning som drivs med olja eller kol. Den alstrade värmen används i pannan, som är av typen omloppspanna med naturlig tankcirkulation, till att förånga vattnet som finns i panntuberna och i domen i pannan varpå ångan stiger mot överhettaren, där ångans temperatur ökas ytterligare. Denna överhettade ånga driver en högtrycks-, en mellantrycks- och en lågtrycksturbin. Turbinerna driver gemensamt en generator som är ansluten till ett kraftnät. Ångan når därefter kondensorn där en del av värmemängden överförs via värmeväxlare till kylvattnet. Detta kylvatten används i fjärrvärmenätet om sådant finnes eller för uppvärmning av lokaler etc. Endast i undantagsfall låter man kyla bort det med hjälp av luft eller havsvatten. Det kondenserade vattnet pumpas med hjälp av kondensatpumpar genom förvärmare, där det uppvärms, över till matarvattentanken för att senare pumpas vidare av matarvattenpumpen mot pannan, där det värms upp i ekonomisern, innan det når domen där det förångas o s v.

Luften förvärms innan den når pannans eldstad där det inmatade bränslet förbränns under bildande av rökgaser. Rökgasen, som har hög temperatur, strömmar vidare genom pannan till rökgasrenaren för till exempel elektrisk stoftavskiljning, avsvavling etc. Därefter suger rökgasfläkten ut rökgaserna genom skorstenen.



Figur 2-1. Omloppspanna (dompanna) med naturlig tankcirkulation.



Figur 2-2. Principschema för ett värmekraftverk.

- | | |
|---------------------------------|--------------------|
| 1. Ångpanna | 2. Turbin |
| 3. Kylvattentank med avgasare | 4. kondensatpumpar |
| 5. Matarvattentank med avgasare | 6. Matarvattentank |
| 7. Högtrycksförvärmare | 8. Luftförvärmare |
| 9. Skorsten | |

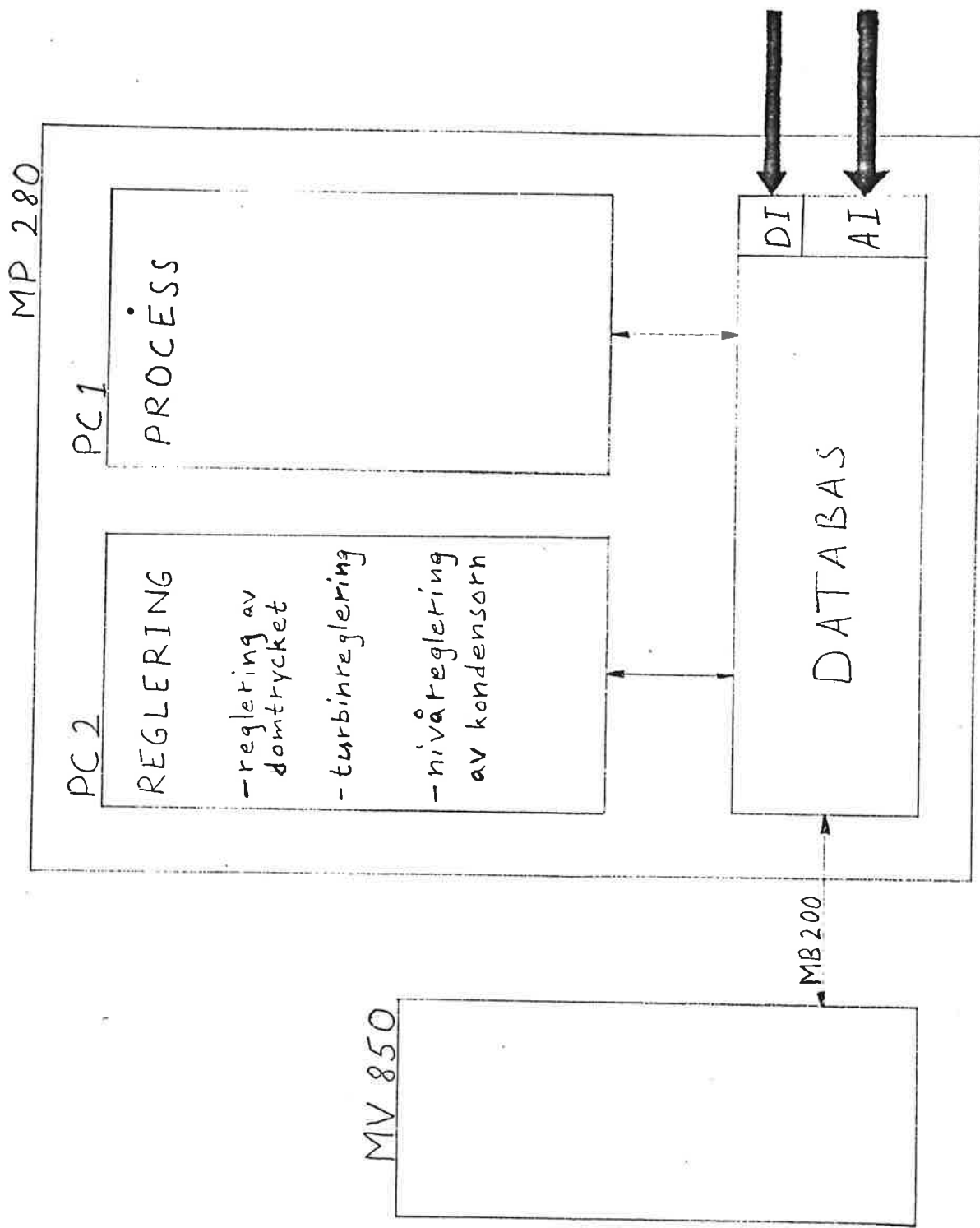
Ledning med en pil är vattenledning, två pilar är högtrycksångledning och tre pilar ledning till och från mellanöverhettaren.

3 SYSTEMSTRUKTUR

3.1 ÖVERSIKT

Demonstrationssystemet består av en processtyrdator MP 280 samt en presentationsdator MV 850. Kommunikationen mellan dessa sker via en asynkron länk MasterBus 200 (MB 200). Se figur 3.1-1. I MP 280 finns två PC-program skrivna i Asea MasterPiece Language, varav det ena simulerar processen medan det andra styr den simulerade processen.

All kommunikation mellan MV 850, PC-programmen och I/O - enheter sker via databasen i MP 280. De analoga och digitala signaler som ansluts via I/O - enheter används för parameterinställning och simulering av störningar på den simulerade processen.



Figur 3.1-1. Översiktsschema.

3.2 PROCESSIMULERING

3.2.1 Översikt

Den i kapitel 2 beskrivna processen modelleras i detta avsnitt. Strukturen på processmodellen framgår av figur 3.2.1-1. Den förenklade simuleringsmodellen har delats upp i ett antal delprocesser (se 3.2.2-3.2.14) som i sin tur har modellerats med hjälp av ett antal moduler. Två av dessa moduler C respektive R bygger på elektriska analogier och förklaras längre fram.

Den totala energitransporten mellan vatten-ånga och förbränningen i pannan modelleras som en värmeväxlare i pannan. Dynamiken i pannan har, på grund av luft- och rökgasflöde, modellerats med en C-modul och delprocessen benämnes "C-luft". Inmatningen och förbränningen av bränslet modelleras med delprocess "brännare".

Motståndet som rökgaserna möter i pannan, rökgasrenaren och skorstenen modelleras med en R-modul, "R-filter", medan rökgasfläkten ej modelleras. Vidare modelleras domen med en C-modul, "C-vatten". Ångans tryckfall över turbinventil och rörledningar modelleras med en R-modul, benämnd "R-turbinventil". Därefter nås ångkistan hos turbinen som innebär en energiupplagring av ångan och modelleras därför med en C-modul, "C-ångkista". Dessutom modelleras turbinen, generatoren och kondensorn, där värmeväxlaren modellerar det totala värmeutbytet mellan kondensorvattnet och kylvattnet. Energiupplagringen i kondensorn modelleras med en C-modul, "C-vatten".

Någon förvärmning av vattnet eller någon matarvattentank är ej simulerat utan matarvattenpumpen matar vattnet från kondensorn direkt till pannan.

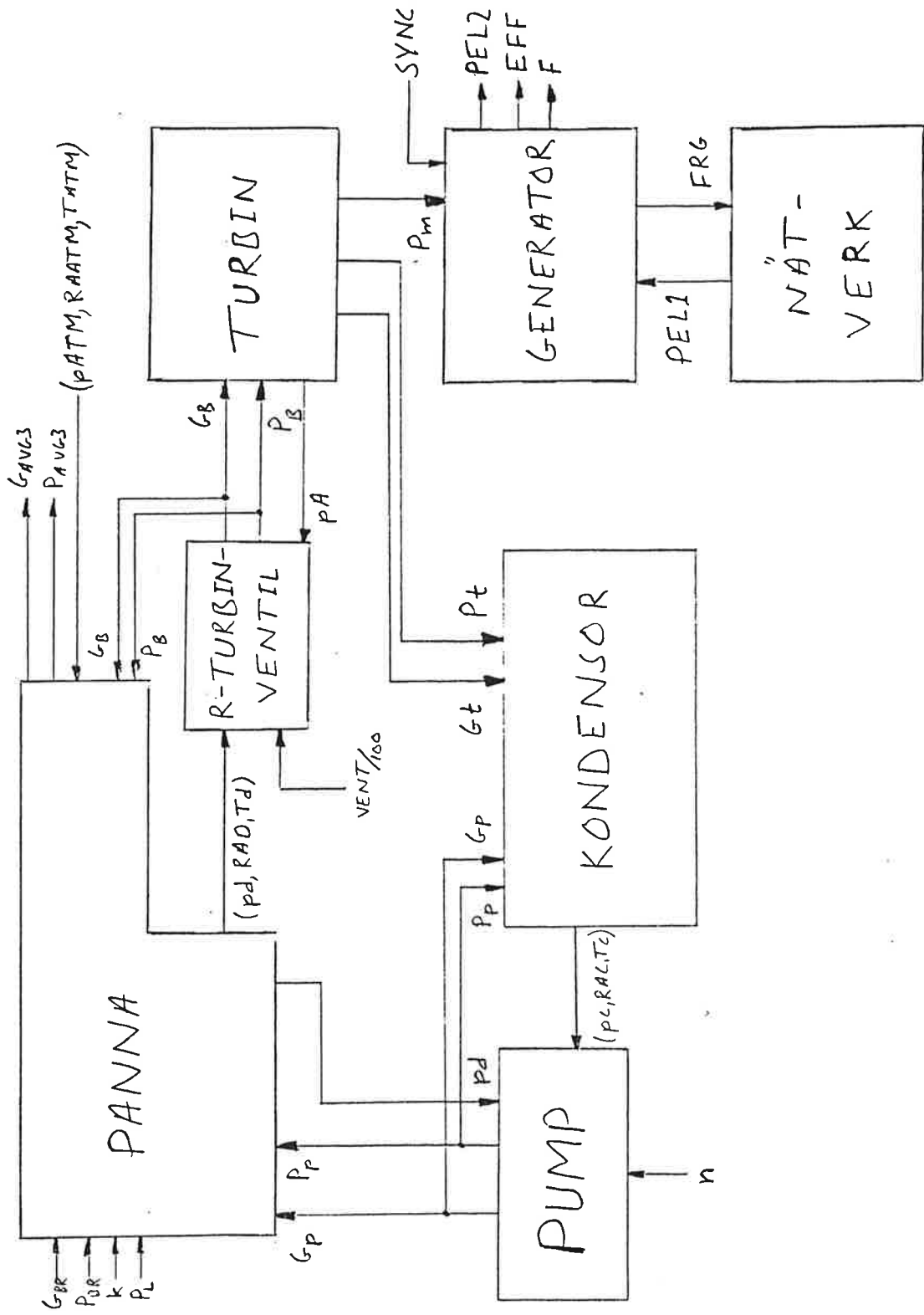
Beskrivning av modul C - kapacitans

C-modulen beskriver dynamiken kring en arbetspunkt och sambanden mellan mass- och energiflöden respektive tryck, densitet och temperatur för ett media koncentrerad till en punkt. Mediat kan till exempel utgöras av vatten, ånga eller luft. Koncentrationen till en punkt innebär att hela mediat antar samma tryck, densitet och temperatur samtidigt vid förändringar i inflödena. Summan av massflödena (med tecken) integreras och efter kompensation av kompressibilitet (K_D) och temperatur (T) erhålles trycket (p). På samma sätt integreras energiflödena och efter multiplikation med värmkapacitiviteten (K_T) och tryckkompensering erhålles temperatur (T). Densiteten (ρ) beräknas utgående från trycket (p) och mediats massa (M_0) och volym (V_0) i arbetspunkten.

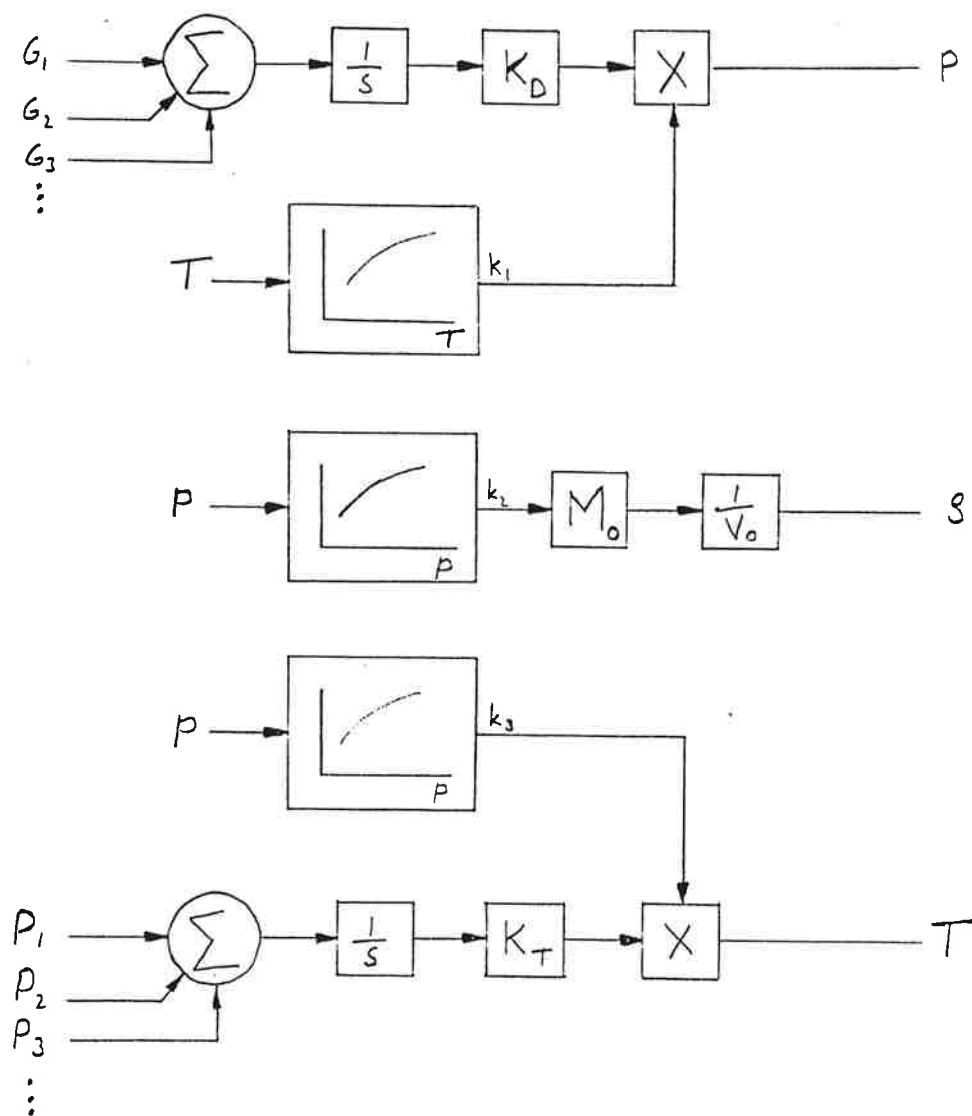
C-modulen användes bland annat för att modellera dynamiken i eldstaden och rökgasvägarna, ångkistan samt kondensorn. Se figur 3.2.1-2.

Beskrivning av modul R - resistans.

R-modulen beskriver rent statiskt hur mass- och energiflöde beror av tryckfallet över till exempel rör, ventiler, strypningar etc. Härvid utnyttjas att massflödet (G) är proportionellt mot $\sqrt{\Delta p}$ där Δp utgör tryckfallet. Energiflödet beräknas därefter med hjälp av det erhållna massflödet och mediats temperatur multiplicerat med värmekapacitiviteten (C). Modellen tar endast hänsyn till flöde i ena riktningen. Modulen användes bland annat för beräkning av mass- och energiflöden i eldstad och rökgasvägar, till turbinen och matarvattnet. Se figur 3.2.1-3.

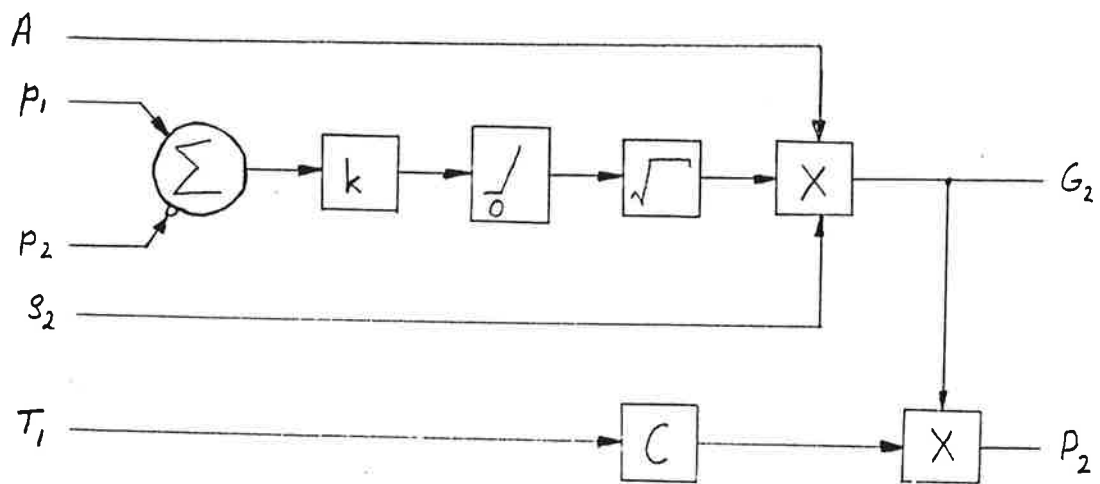


Figur 3.2.1-1. Blockschema för processmodellen.



Figur 3.2.1-2. C-modul.

En fullständigare teoretisk beskrivning av modulerna samt deras användning och hopkopplingsmöjligheter finns i examensarbetet "Metod för simulering av termodynamiska system" av Kristina Augustsson, utfört vid Asea Generation i Lund.

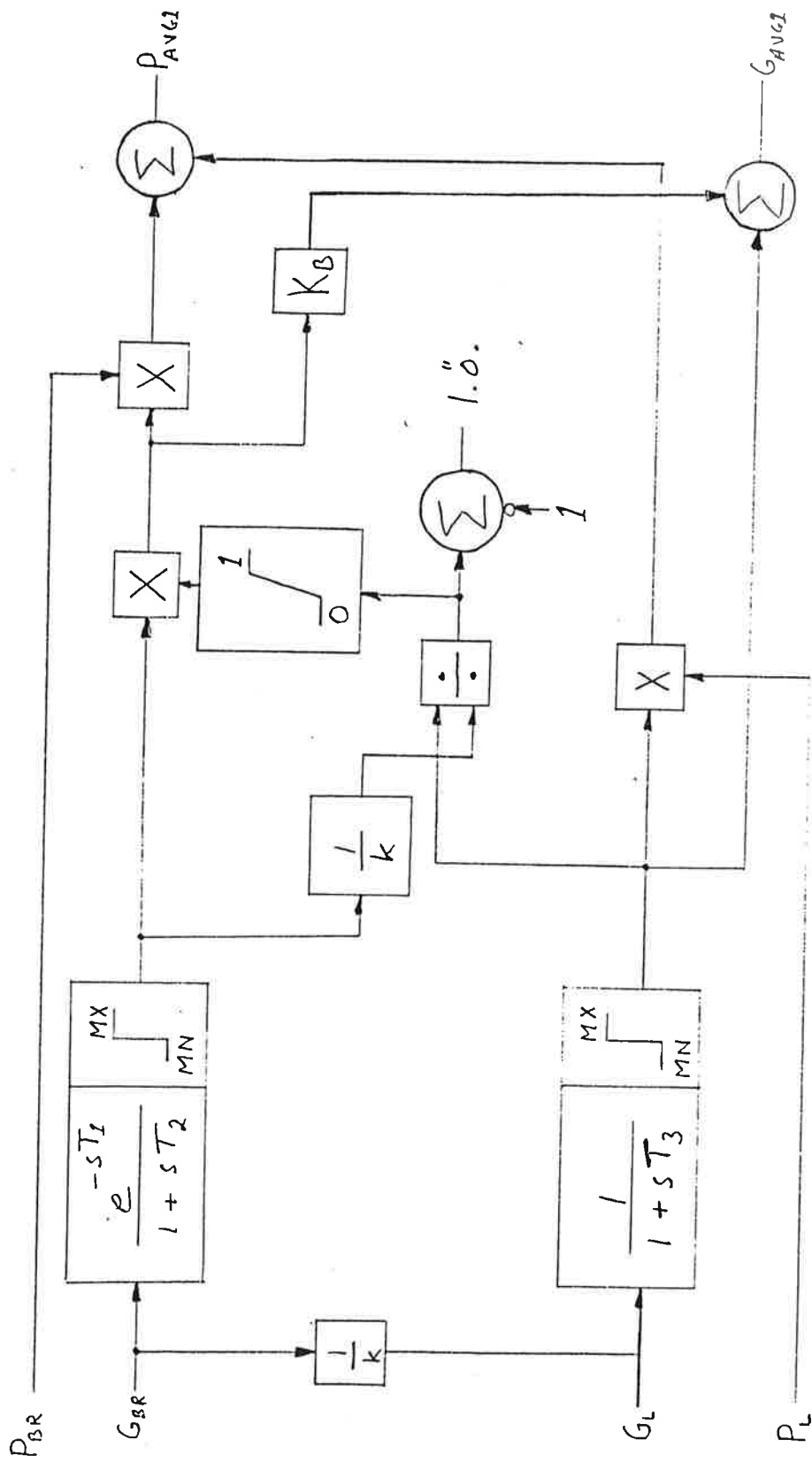


Figur 3.2.1-3. R-modul.

3.2.2 Delprocess 1: Brännare

Denna delprocess beskriver förbränningen av bränsle/luft samt den energi och det massflöde som då frigöres. Avgiven effekt och massflöde modelleras som ett första ordningens system med tidskonstant T_2 respektive T_3 . För bränsleflödet finns även en transportfördröjning T_1 . Se figur 3.2.2-1.

Storleken på erforderligt luftöverskott (i praktiken 1-5 %) för fullständig förbränning, beror på typen av bränsle. Om man har för stort luftöverskott erhålles en sämre verkningsgrad därför att pannan kyles ned men om man däremot har för lite luft förbränns inte allt bränsle och dessutom erhålles kolmonoxid. Förhållandet bränsle luft påverkar tillsammans med energiinnehållet i luft och bränsle luftöverskottet.



Figur 3.2.2-1. Modell av brännare.

Ekvationer för brännaren:

$$P_{AVG1} = G_{BR} \cdot \frac{e^{-s \cdot T_1}}{1 + s \cdot T_2} \cdot P_{BR} + G_{BR} \cdot P_L \cdot \frac{1}{k \cdot (1 + s \cdot T_3)}$$

$$G_{AVG1} = G_{BR} \cdot \frac{e^{-s \cdot T_1}}{1 + s \cdot T_2} \cdot K_B + \frac{G_{BR}}{k} \cdot \frac{1}{1 + s \cdot T_3}$$

$$l.ö. = \frac{G_L \cdot \frac{1}{1 + s \cdot T_3}}{\frac{1}{k} \cdot G_{BR} \cdot \frac{e^{-s \cdot T_1}}{1 + s \cdot T_2}} - 1$$

där

T_1 = transporttid (s)

T_2, T_3 = tidskonstanter (s)

MX, MN = max resp. min på motsvarande variabler

k = bränsle/luft - kvot

K_B = gasinnehåll i bränsle

G_{BR} = massflöde bränsle (kg/s)

G_L = massflöde luft (kg/s)

P_{BR} = energiinnehåll i bränsle (J/kg)

P_L = energiinnehåll i luft (J/kg)

P_{AVG1} = energiflöde frigjort vid förbränning (MW)

G_{AVG1} = massflöde avgaser (kg/s)

l.ö. = luftöverskott

Då man befinner sig innanför begränsningarna och luftöverskottet ≥ 0 gäller ekvationerna ovan exakt. Dessutom beräknas G_L med hjälp av k och G_{BR} som $G_L = G_{BR} / k$ vilket innebär att luftöverskottet = 0 vid stationärt tillstånd.

3.2.3 Delprocess 2: Värmeväxlare i pannan

Denna modell beskriver den totala energitransporten i pannan mellan vattnet+ångan och förbränningen. Energin som inte kan överföras till vattnet+ångan avges via P_{AVG2} i rökgaserna. Massflödet påverkas ej genom värmeväxlaren. Se figur 3.2.3-1.

Ekvationer som gäller för delprocess 2.

$$\Delta P = K_v \cdot (T_{AVG} - T_d)$$

$$P_{AVG2} = P_{AVG1} - \Delta P$$

$$P_w = P_p + \Delta P$$

där

ΔP = effektutbytet (MW)

K_v = konstant, anger hur stor del av temperaturskillnaden som bidrar till effektutbytet

T_{AVG} = temperatur på avgaserna (°C)

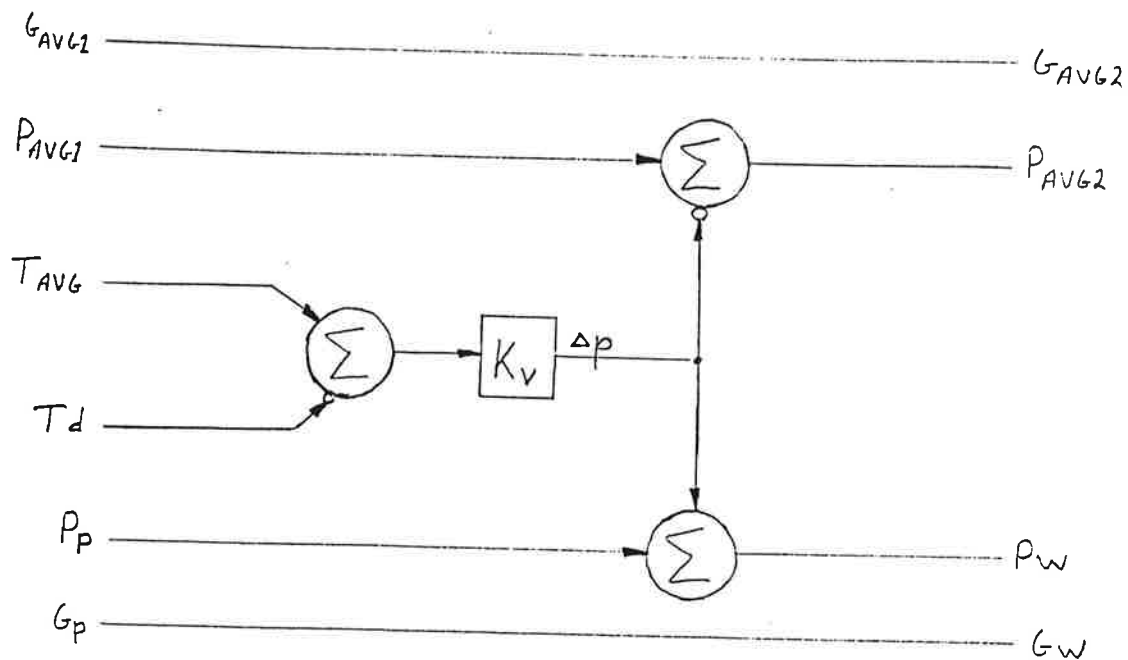
T_d = ångans temperatur (°C)

P_{AVG1} = vid förbränningen frigjort energiflöde (MW)

P_{AVG2} = energiflöde avgaser (MW)

P_p = energiflöde från ingående vatten (MW)

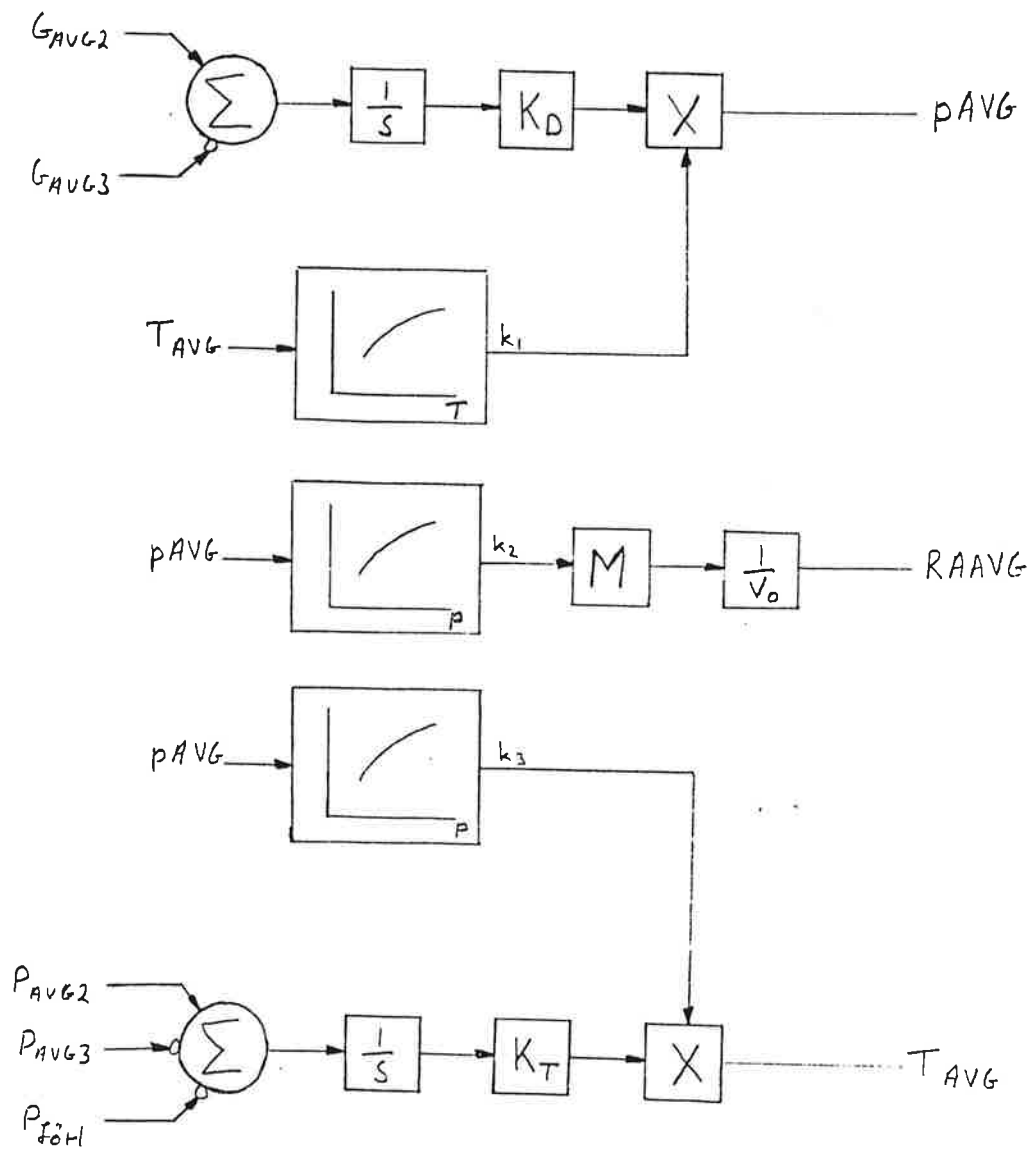
P_w = energiflöde på grund av producerad ånga (MW)



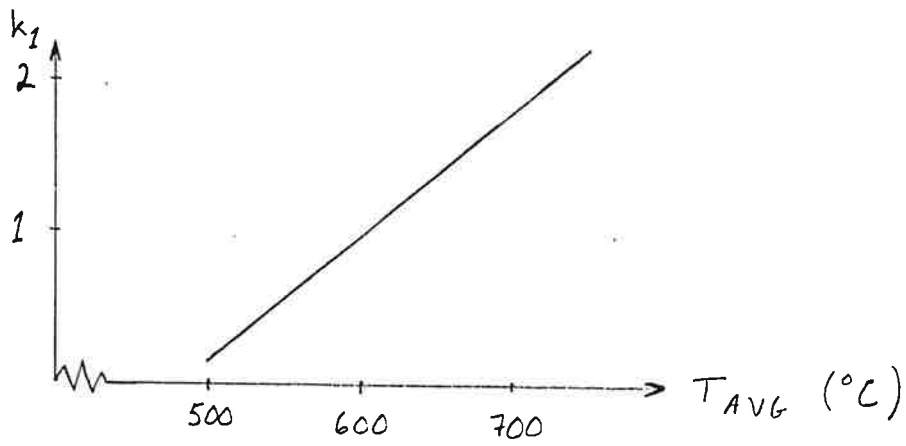
Figur 3.2.3-1. Modell för värmeväxlare i pannan.

3.2.4 Delprocess 3: C-luft

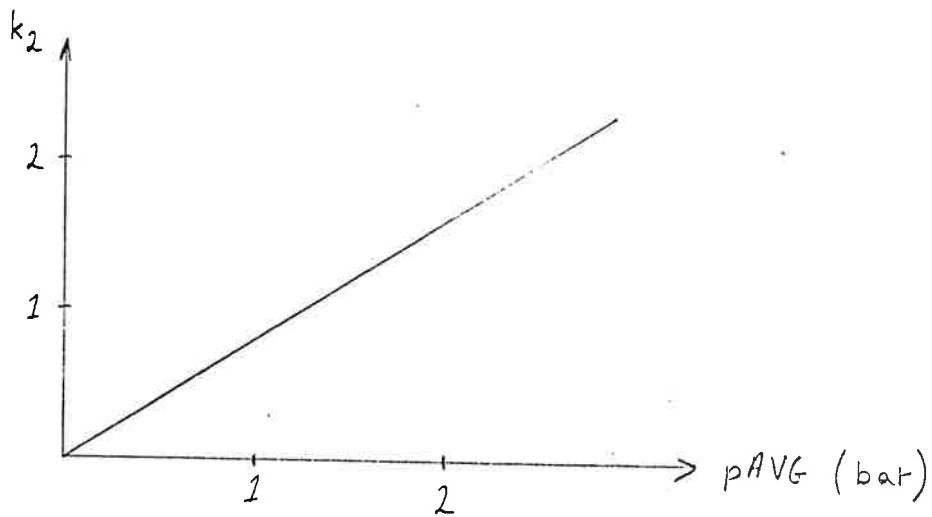
Denna delprocess beskriver mass- och energiflödesdynamiken i pannans eldstad och rökgasvägar. Genom att integrera skillnaden i massflöde erhålles trycket efter kompensation för temperaturen, se figur 3.2.4-1. Temperaturen erhålles som integralen av skillnaden i energiflöden efter kompensation för trycket. Vidare antages att trycket är oberoende av densiteten, se figur 3.2.4-2, och att densiteten är oberoende av temperaturen, se figur 3.2.4-3, samt att temperaturen ej är beroende av densiteten, figur 3.2.4-3. Dessutom, K_D symboliserar kompressibiliteten medan K_T åskådliggör värmekapacitiveteten.



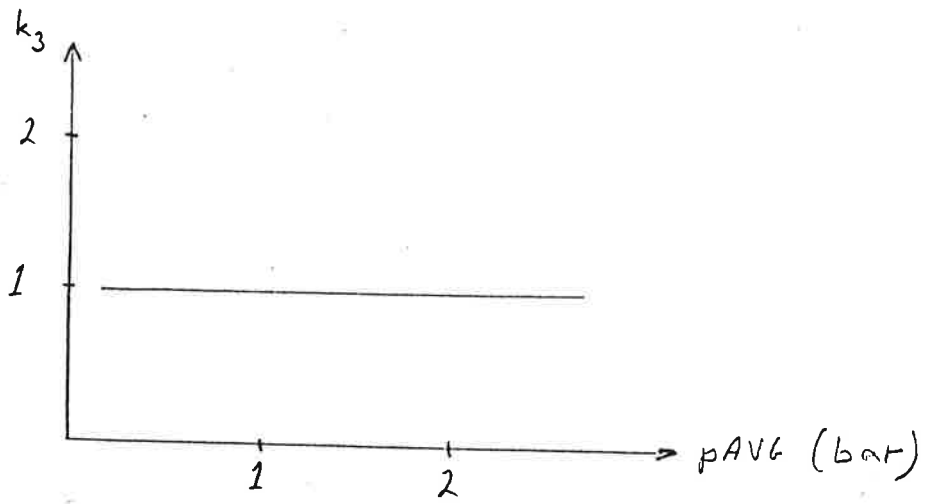
Figur 3.2.4-1. Modell för C-luft.



Figur 3.2.4-2. k_1 som funktion av temperaturen.
Temperaturens påverkan på trycket.



Figur 3.2.4-3. k_2 som funktion av trycket.
Densitetens beroende av trycket.



Figur 3.2.4-4. k_3 som funktion av trycket.
Tryckets påverkan på temperaturen.

Ekvationer för C-luft.

$$p_{AVG} = k_1 \cdot K_D \cdot \frac{(G_{AVG2} - G_{AVG3})}{s}$$

$$RAAVG = \frac{k_2 \cdot M}{V_0}$$

$$T_{AVG} = k_3 \cdot K_T \cdot \frac{(P_{AVG2} - P_{AVG3} - P_{förl})}{s}$$

där

p_{AVG} = tryck på avgaserna (bar)

k_1 = konstant som beror på T_{AVG}

k_2, k_3 = konstanter som beror på p_{AVG}

G_{AVG2}, G_{AVG3} = massflöde avgaser (kg/s)

$RAAVG$ = densitet på avgaserna (kg/m³)

M = avgasernas massa vid stationärt tillstånd (kg)

V_0 = volymen motsvarande eldstad och rökgasvägar (m³)

T_{AVG} = avgasernas temperatur (°C)

P_{AVG2}, P_{AVG3} = energiflöde avgaser (MW)

$P_{förl}$ = energiflödesförlust i eldstad och rökgasvägar (MW)

K_D, K_T = konstanter

3.2.5 Delprocess 4: R-filter.

Denna modell simulerar motståndet som rökgaserna möter vid genomgång av rörledningar, rökgasrenare och skorsten, se figur 3.2.5-1.

Den här modellen bygger på Bernoullis formel, ekvation (1).

$$(1) \quad p_{\text{stat}} = p_0 + h \cdot \rho \cdot g - \frac{\rho \cdot v^2}{2}$$

$p_0 + h \cdot \rho \cdot g =$ det totala trycket på en nivå h

$$\frac{\rho \cdot v^2}{2} = \text{det dynamiska trycket}$$

$$(1) \Rightarrow (2) \quad v = \sqrt{\frac{2 \cdot (p_0 + h \cdot \rho \cdot g - p_{\text{stat}})}{\rho}}$$

Ekvation (3) hämtas från delprocessen.

$$(3) \quad G_{\text{AVG3}} = \text{RAATM} \cdot \sqrt{k \cdot (p_{\text{AVG}} - p_{\text{ATM}})}$$

$$(4) \quad G_{\text{AVG3}} = \text{RAATM} \cdot v \cdot A_{\text{tvär}}$$

$$(3), (4) \Rightarrow (5) \quad \text{RAATM} \cdot \sqrt{k \cdot (p_{\text{AVG}} - p_{\text{ATM}})} = \text{RAATM} \cdot v \cdot A_{\text{tvär}}$$

$$(5) \Rightarrow (6) \quad \sqrt{k \cdot (p_{\text{AVG}} - p_{\text{ATM}})} = v \cdot A_{\text{tvär}}$$

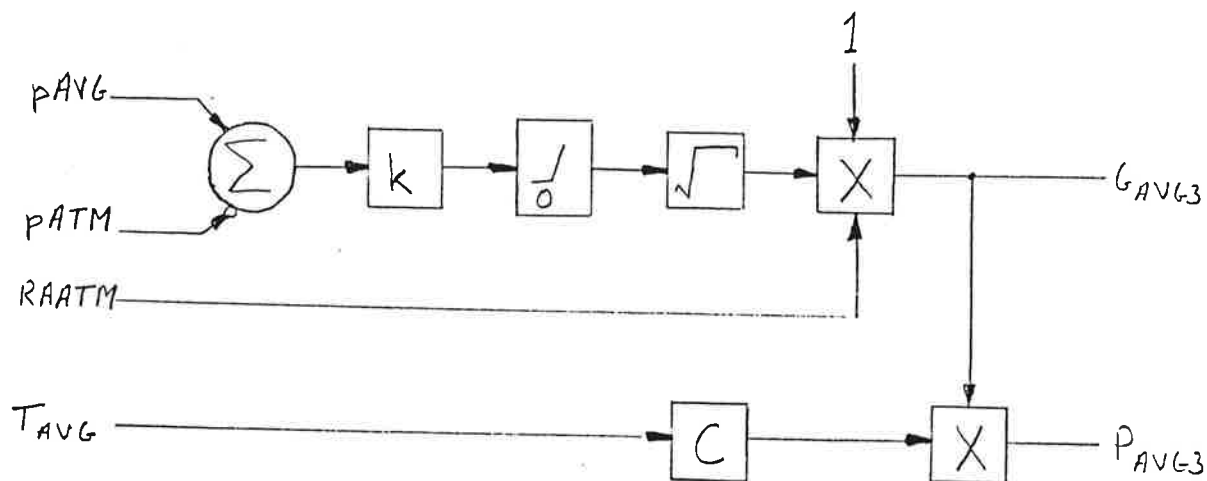
$$(2), (6) \Rightarrow (7) \quad \sqrt{k \cdot (p_{\text{AVG}} - p_{\text{ATM}})} = \sqrt{2 \cdot \frac{p_0 + h \cdot \rho \cdot g - p_{\text{stat}}}{\rho}} \cdot A_{\text{tvär}}$$

$$(7) \Rightarrow (8) \quad k \cdot (p_{\text{AVG}} - p_{\text{ATM}}) = 2 \cdot A_{\text{tvär}}^2 \cdot \frac{p_0 + h \cdot \rho \cdot g - p_{\text{stat}}}{\rho}$$

$$(9) \quad p_{\text{AVG}} = p_0 + h \cdot \rho \cdot g$$

$$(10) \quad p_{\text{ATM}} = p_{\text{stat}}$$

$$(8), (9), (10) \Rightarrow (11) \quad k = \frac{2 \cdot A_{\text{tvär}}^2}{\rho}$$



Figur 3.2.5-1. Modell för R-filter.

(12) $RAATM = \rho$

(11), (12) \Rightarrow (13) $k = \frac{2 \cdot A_{tvär}^2}{RAATM}$

där

p_0 = tryck på en nollnivå (bar)

h = höjd (m)

ρ = densitet (kg/m^3)

ρ_{ATM} = atmosfärens densitet (kg/m^3)

g = tyngdaccelerationen (m/s^2)

v = gasens hastighet (m/s)

p_{stat} = tryck i en punkt utefter strömningsriktningen (bar)

G_{AVG3} = massflöde avgaser (kg/s)

$A_{tvär}$ = tvärsnittsarea (m^2)

p_{AVG} = avgasernas tryck (bar)

$RAATM$ = avgasernas densitet (kg/m^3)

G_{AVG3} = massflöde avgaser (kg/s)

p_{ATM} = atmosfärstrycket (bar)

k = konstant

Energiflöde beräknas, ur kalorimetriekvationen (14), på följande sätt.

$$(14) \quad Q = c \cdot m \cdot T_{AVG}$$

$$(15) \quad P_{AVG3} = \frac{dQ}{dt}$$

$$(14), (15) \Rightarrow (16) \quad P_{AVG3} = \frac{c \cdot m \cdot T_{AVG}}{t} = c \cdot G_{AVG3} \cdot T_{AVG}$$

där

$$(17) \quad G_{AVG3} = \frac{dm}{dt}$$

där

Q = energi (kJ)

m = massa (kg)

T_{AVG} = temperatur på avgaserna (°C)

c = värmekapacitivet

G_{AVG3} = massflöde avgaser (kg/s)

P_{AVG3} = energiflöde avgaser (MW)

t = tid (s)

För att man ska få ett massflöde ut måste trycket på avgaserna (p_{AVG}) vara större än atmosfärstrycket (p_{ATM}). Om avgastrycket är lägre än atmosfärstrycket skulle man få ett massflöde i motsatt riktning men simuleringsmodellen medger endast flöde i en riktning.

3.2.6 Delprocess 5: C-vatten + ånga i pannan

Denna modell simulerar energiupplagringen och dynamiken i domen, ekonomiser och strålningsöverhettare, se figur 3.2.6-1. Det faktum att domen innehåller en blandning av vatten och ånga gör den dynamiska processen svår att modellera. Principen är densamma som för delprocess 3.

Ekvationer för denna delprocess.

$$pd = k_1 \cdot K_D \cdot \frac{G_w - G_B}{s}$$

$$RAD = \frac{k_2 \cdot M}{V_0}$$

$$Td = k_3 \cdot K_T \cdot \frac{P_w - P_B}{s}$$

där

pd = domtrycket (bar)

k_1 = konstant som beror på temperaturen i domen

K_D = konstant

G_w, G_B = massflöde, vatten+ånga (kg/s)

RAD = densiteten i domen (kg/m³)

k_2, k_3 = konstanter som beror på domtrycket

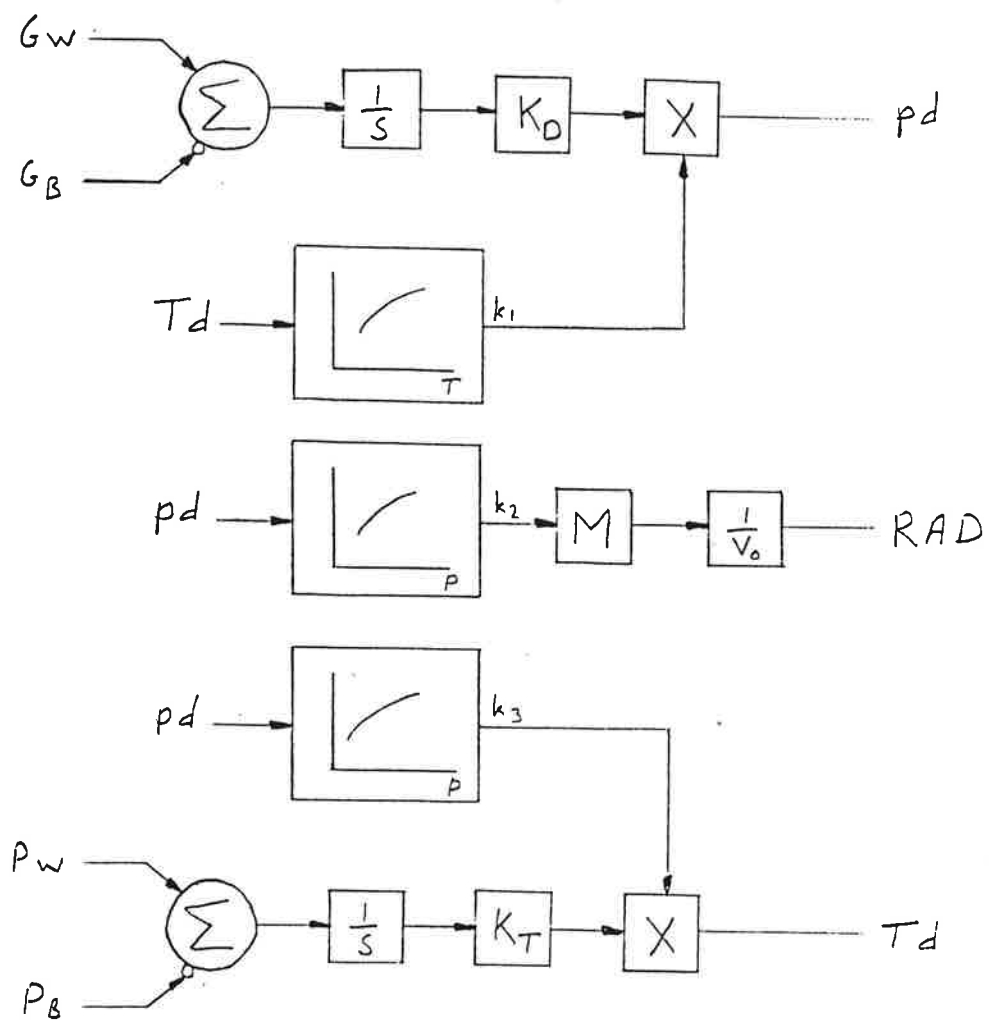
M = massan i domen vid stationärt tillstånd (kg)

V_0 = volymen i domen (m³)

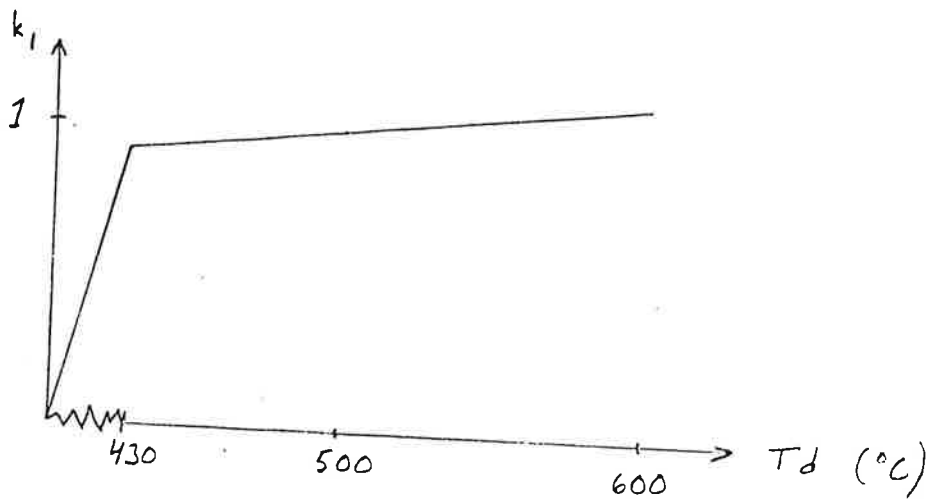
Td = temperaturen i domen (°C)

K_T = konstant

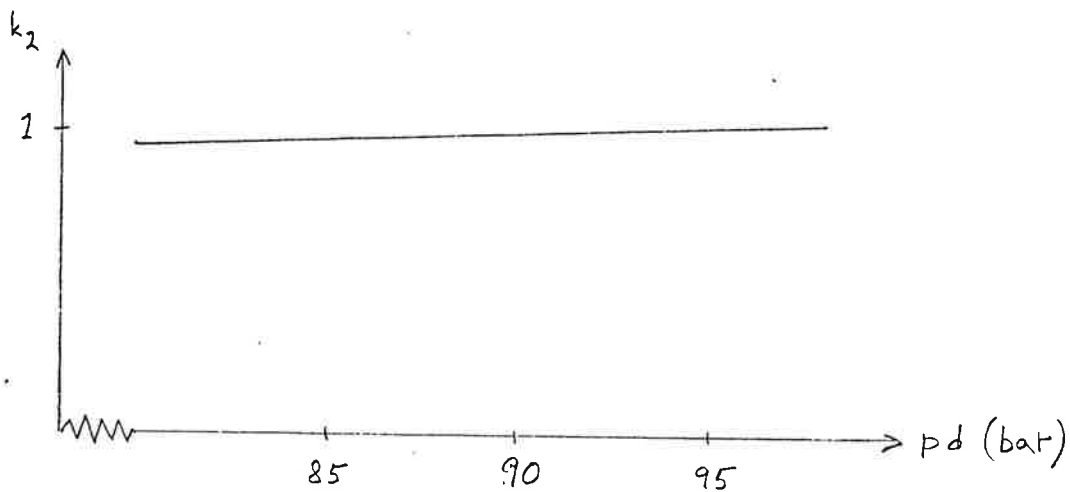
P_w, P_B = energiflöde vatten+ånga (MW)



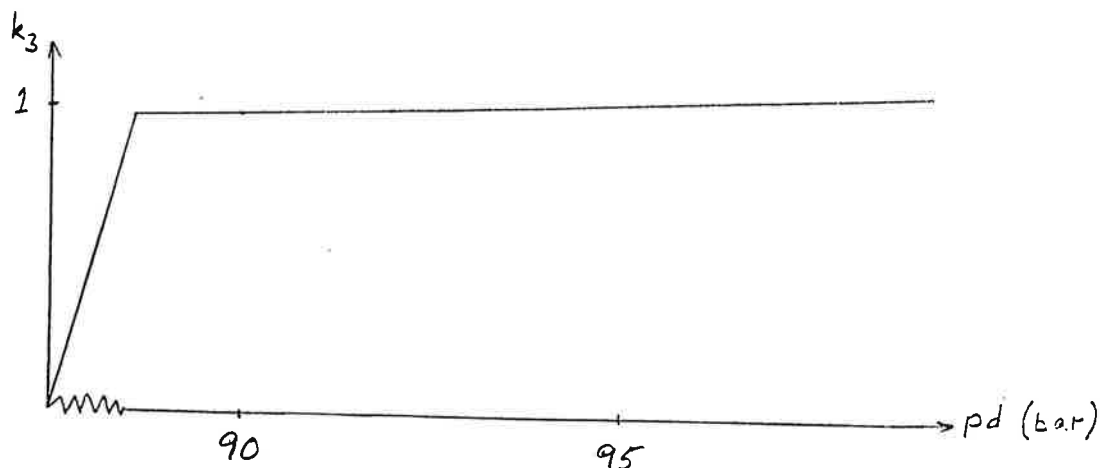
Figur 3.2.6-1. Modell för C-vatten i pannan.



Figur 3.2.6-2. k_1 som funktion av temperaturen i domen, T_d .
Temperaturens påverkan på trycket i domen.



Figur 3.2.6-3. k_2 som funktion av domtrycket, p_d .
Domtryckets påverkan på densiteten.

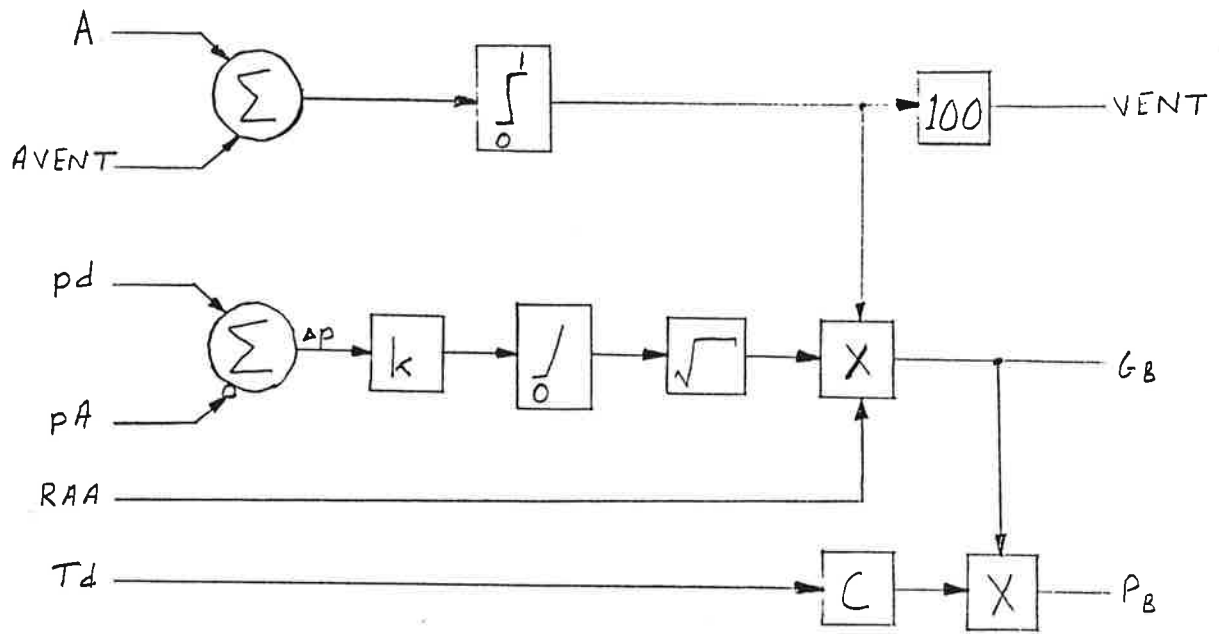


Figur 3.2.6-4. k_3 som funktion av domtrycket, p_d .
Domtryckets påverkan på temperaturen.

3.2.7 Delprocess 6: R-turbinventil

Den här modellen beskriver det motståndet som ångan möter i rörledningarna och över turbinventilen, se figur 3.2.7-1. Bernoullis ekvation ligger till grund för denna modell på samma sätt som för delprocess 4 (R-filter). För att man överhuvudtaget ska erhålla något massflöde och energiflöde måste domtrycket (p_d) vara högre än trycket i ångkistan (p_A).

Ventilöppningen som kan variera i intervallet noll till ett, styr massflödet ut från delprocessen. Dessutom är ventilöppningen summan av två termer där den ena kommer från en PI-regulator medan den andra är en fysisk ingång, för att simulera störningar i ångflödet.



Figur 3.2.7-1. Modell för R-turbinventil.

De ekvationer som gäller för R-turbinventil är

$$G_B = RAA \sqrt{k \cdot (p_d - p_A)} \cdot \frac{VENT}{100}$$

$$P_B = c \cdot G_B \cdot T_d$$

$$VENT = 100 \cdot (A + AVENT)$$

där

G_B = massflöde från R-turbinventil till C-ångkista (kg/s)

VENT = ventilöppningen, dvs. summan från PI-regulator och störning (%)

k = konstant

p_d = domtryck (bar)

p_A = tryck i ångkistan (bar)

P_B = energiflöde från R-turbinventil till ångkistan (MW)

c = värmekapacitiviteten

T_d = temperaturen i domen (°C)

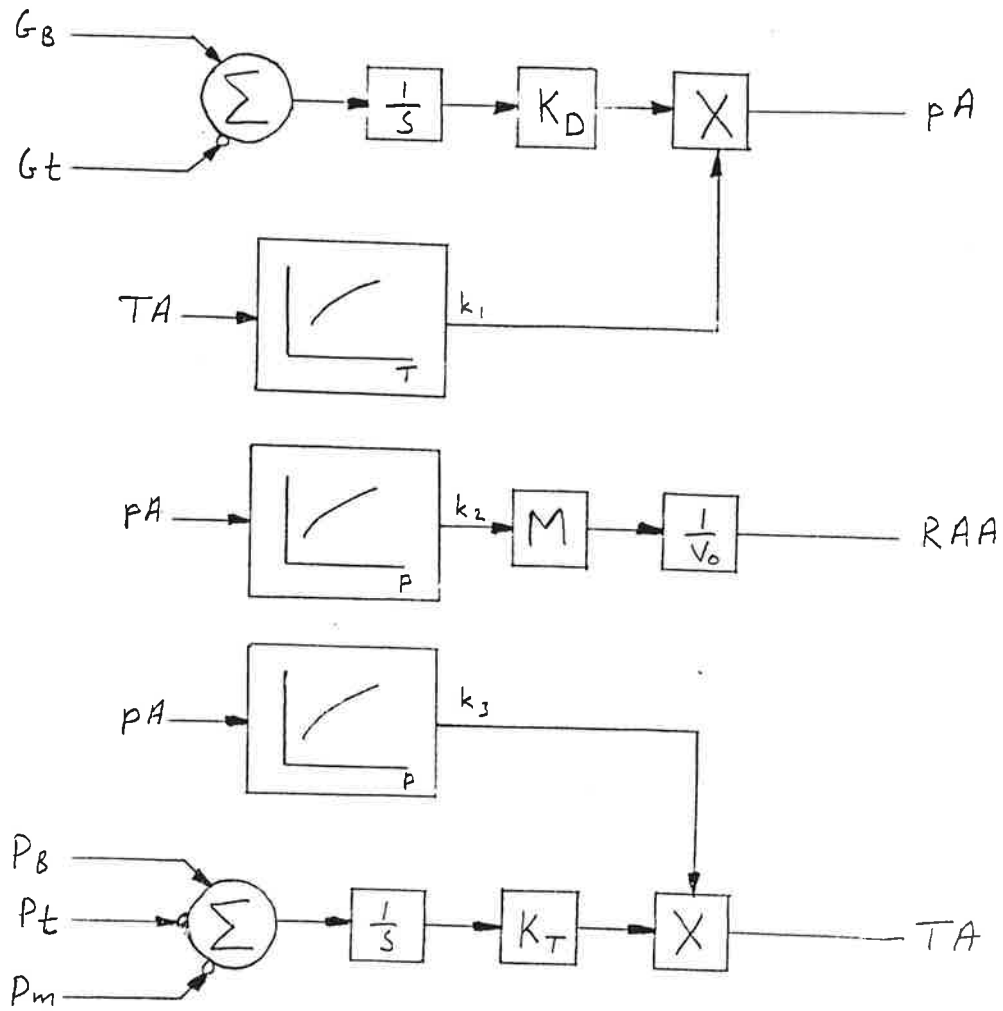
A = störningens bidrag till ventilöppningen

AVENT = regleringens bidrag till ventilöppningen

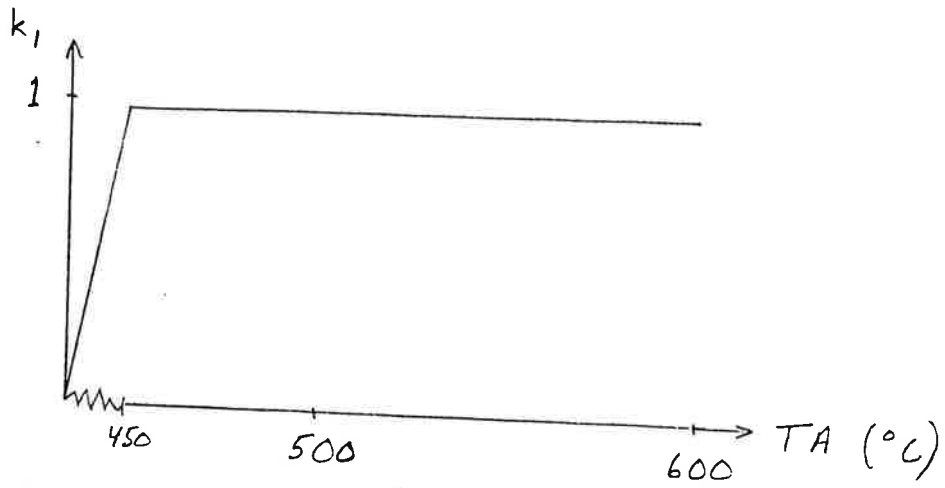
3.2.8 Delprocess 7: C-ångkista

Denna modell simulerar ångkistan hos en turbin, se figur 3.2.8-1.

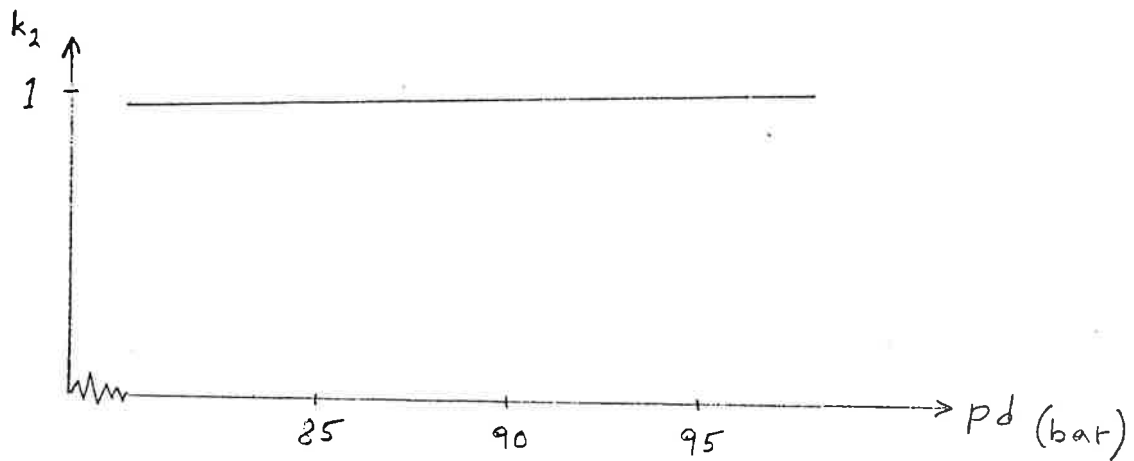
Jämför delprocess 3, C-luft.



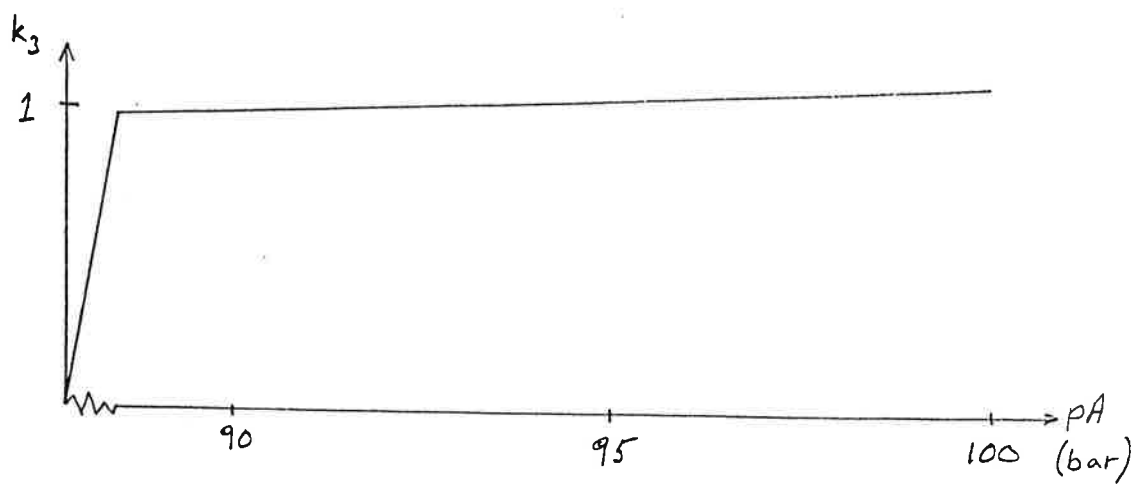
Figur 3.2.8-1. Modell för C-ångkista.



Figur 3.2.8-2. k_1 som funktion av temperaturen i ångkistan.
Påverkan på ångkistans tryck av dess temperatur.



Figur 3.2.8-3. k_2 som funktion av trycket i ångkistan.
Densitetens tryckberoende för ångkistan.



Figur 3.2.8-4. k_3 som funktion av trycket i ångkistan.
Hur temperaturen i ångkistan påverkas av trycket i densamma.

Ekvationer som gäller för C-ångkista.

$$p_A = k_1 \cdot K_D \cdot \frac{G_B - G_t}{s}$$

$$RAA = \frac{k_2 \cdot M}{V_0}$$

$$TA = k_3 \cdot K_T \cdot \frac{P_B - P_m - P_t}{s}$$

där

p_A = trycket i ångkistan (bar)

k_1, k_2, k_3 = konstant

K_D, K_T = konstant

G_B = massflöde från R-turbinventil till C-ångkista (kg/s)

G_t = massflöde ut från C-ångkista (kg/s)

RAA = densiteten i ångkistan (kg/m³)

M = massan i ångkistan vid stationärt tillstånd (kg)

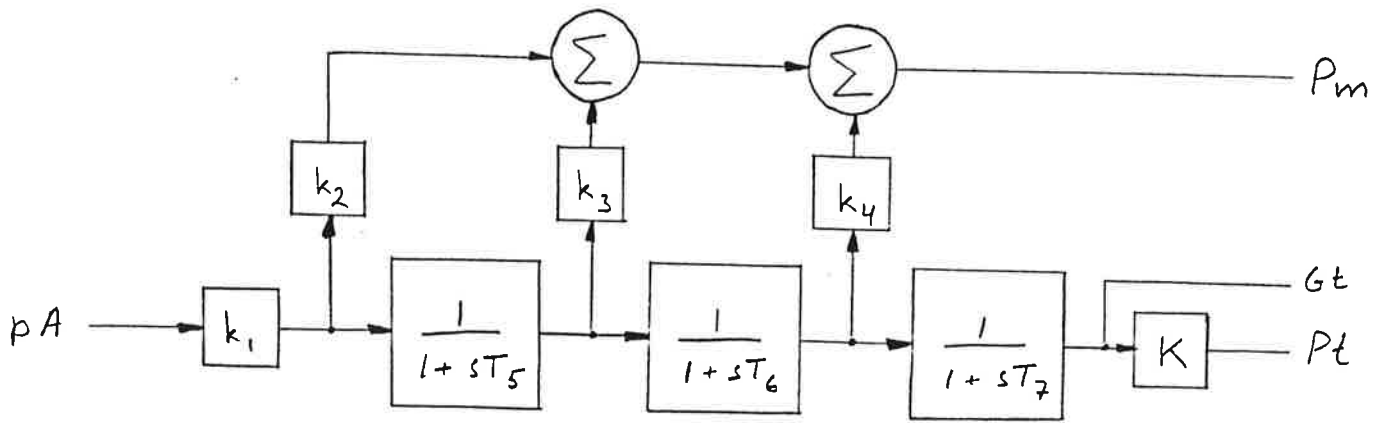
V_0 = volymen i ångkistan (m³)

TA = temperaturen i ångkistan (°C)

P_B = energiflöde från R-turbinventil till C-ångkista (MW)

P_m = mekaniska effekten som turbinen levererar till generatorn (MW)

P_t = energiflöde från turbin till kondensor (MW)



Figur 3.2.9-1. Modell för turbin.

3.2.9 Delprocess 8: Turbin

Denna modell beskriver den dynamiska processen i högtrycks-, mellantrycks- och lågtrycksturbinen som omvandlar värmeeffekt till mekanisk effekt. Den effekt som blir kvar i ångan går till kondensorn, där den kyls av.

I denna modell har generaliseringen gjorts att massflödet i turbinen endast är beroende av ångtrycket (p_A) och ej av kondensortrycket (p_C).

Ekvationer som gäller för turbinen.

$$P_m = k_1 \cdot pA \cdot \left(k_2 + \frac{1}{1 + s \cdot T_5} \cdot \left(k_3 + \frac{k_4}{1 + s \cdot T_6} \right) \right)$$

$$G_t = k_1 \cdot pA \cdot \frac{1}{(1 + s \cdot T_5) \cdot (1 + s \cdot T_6) \cdot (1 + s \cdot T_7)}$$

$$P_t = K \cdot G_t$$

där

P_m = mekanisk effekt levererad till generatorn (MW)

k_1 = konstant som omvandlar tryck till massflöde

k_2 = konstant som anger hur stor del av massflödet som påverkar P_m

k_3 = konstant, anger hur mycket mellantrycksturbinen påverkar P_m

k_4 = konstant, anger hur mycket lågtrycksturbinen påverkar P_m

K = konstant, entalpin på ånga och vatten som lämnar turbinen

pA = trycket i ångkistan (bar)

T_5 = tidskonstant för högtrycksturbin (s)

T_6 = tidskonstant för mellantrycksturbin (s)

T_7 = tidskonstant för lågtrycksturbin (s)

G_t = massflöde ut från turbinen (kg/s)

P_t = energiflöde ut från turbinen (MW)

3.2.10 Delprocess 9: Generator

Den här modellen beskriver en generator, sammankopplad till en ångturbinaxel, och modelleras som ett första ordningens system, se figur 3.2.10-1. Den

$$EFF = \frac{PEL2}{P_m}$$

där

P_m = mekanisk effekt (MW)

$PEL1$ = elektrisk förbrukning (MW)

FRG = generatorfrekvensen (normerad)

$A_1 + A_2$ = förluster i generatoren, frekvensberoende

A_2 = förluster i generatoren, frekvensoberoende

$SYNC$ = logisk variabel som anger om kraftnätet är inkopplat eller ej

T_1 = tomgångstidskonstant, dvs då generatoren el är ansluten till nätet (s)

T_2 = tidskonstant vid anslutet nät beroende på nätets konfiguration (s)

NRG = antal generatorer

EFF = verkningsgrad

3.2.11 Delprocess 10: Nätverk

Den här delprocessen beskriver det elektriska nätet sett från ett kraftverk, se figur 3.2.11-1, där nätets totala förbrukning och alla generatorer utom den "egna" simuleras. Här har generaliseringen gjorts att alla övriga generatorer är exakt lika. Endast aktiv effekt modelleras av nätet.

För den totala förbrukningen har en uppdelning gjorts beroende på frekvensen, dvs. $P1$ är oberoende av frekvensen, $P2$ proportionell mot frekvensen och $P3$ proportionell mot frekvensen i kvadrat. Antalet generatorer, som simuleras i denna delprocess, kan varieras via en potentiometer i intervallet noll till nio, dvs det totala antalet generatorer kan maximalt anta värdet tio.

Denna modell fungerar på så sätt att när frekvensen ökar över sitt stationära värde minskar generatorerna sin producerade effekt, vilket gör att frekvensen minskar. Däremot om frekvensen minskar, under sitt stationära värde, får man en motsatt effekt.

Den elektriska förbrukningen, P1, P2, P3, är änderingsbara via potentiometrar, men summan av P1, P2 och P3 bör ej överstiga värdet ett. Om så ändå blir fallet skulle det innebära att den uttagna effekten är större än den producerade, vilket här är fysiskt omöjligt. Det finns ej någon kontroll av detta i programmet.

Vid lastfrånslag kopplas delprocessen nätverk ifrån den övriga processen och ställer då in sig på stationära värden. Vid inkoppling av lasten kopplas all last in samtidigt vilket innebär att svängningar uppträder vid inkopplingen.

Internt i modellen sker simulering i "per unit".

Ekvation gällande för nätverk.

$$PEL1 = NRG \cdot (P1 + P2 \cdot FRG + P3 \cdot FRG^2) - (P1 + P2 + P3 - \frac{FRG - 1}{EP \cdot (1 + s \cdot T_3)}) \cdot (NRG - 1)$$

där

PEL1 = den elektriska aktiva effektbelastningen på generatorn (MW)

NRG = antal generatorer i hela kraftnätet

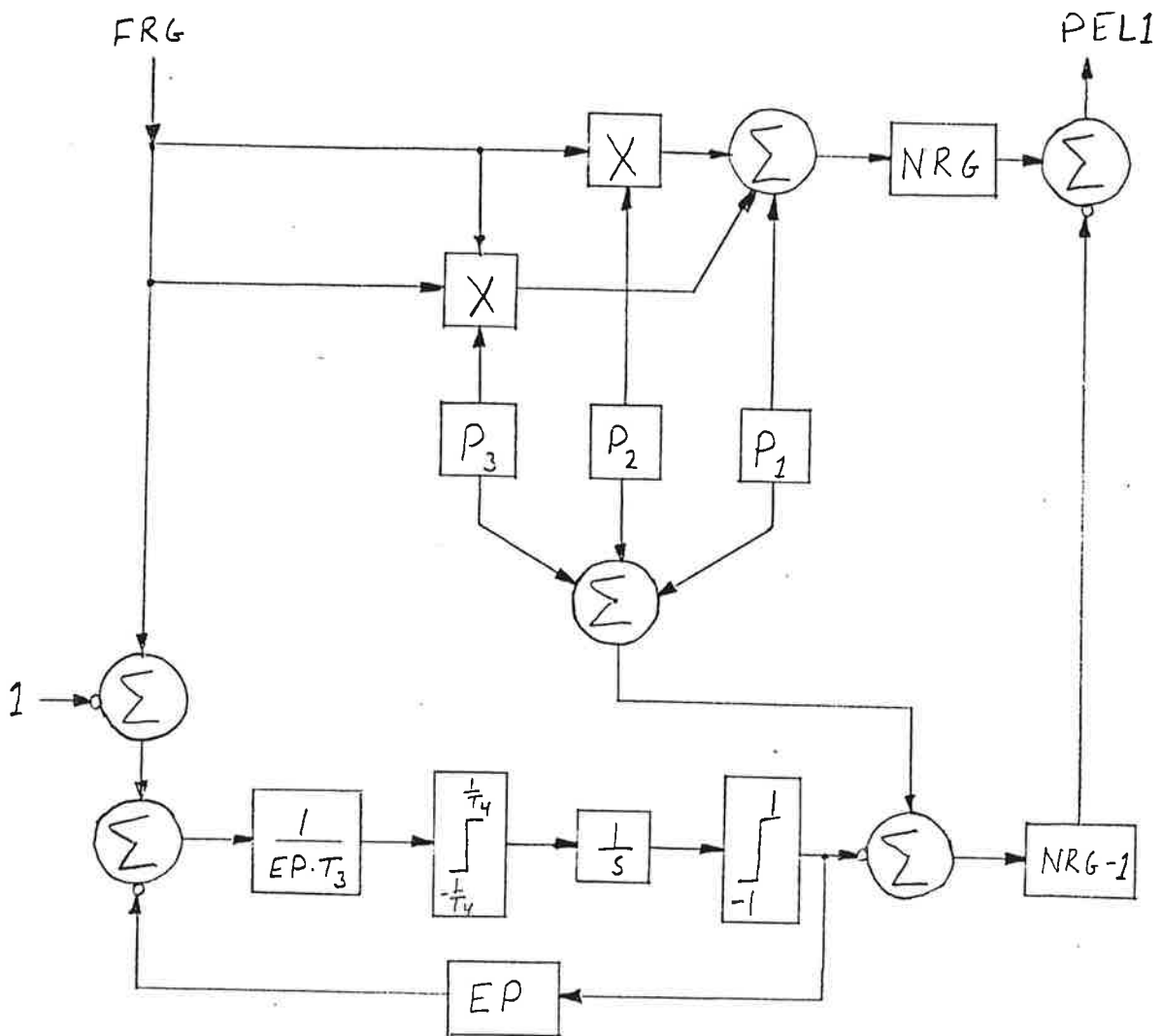
P1 = total elektrisk belastning, oberoende av frekvensen

P2 = total elektrisk belastning, proportionell mot frekvensen

P3 = total elektrisk belastning, proportionell mot frekvensen i kvadrat

FRG = frekvensen (normerad)

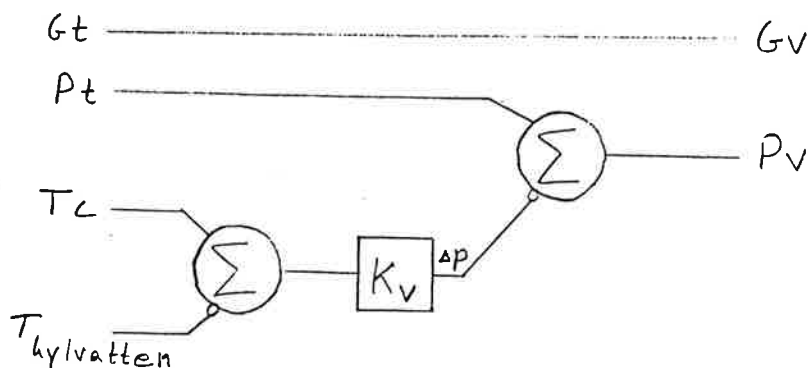
EP = nätets statiska relation, $\Delta FRG / \Delta PEL1$



Figur 3.2.11-1. Modell för ett kraftnät (NÄTVERK)

3.2.12 Delprocess 11: Värmeväxlare i kondensorn

Denna delprocess simulerar det totala värmeutbytet i kondensorn mellan ångan från turbinen och kylvattnet, se figur 3.2.12-1. Jämför delprocess 2: värmeväxlare i pannan.



Figur 3.2.12-1. Modell för värmeväxlare i kondensorn.

Här har generaliseringen gjorts att temperaturen på kylvattnet är konstant , dessutom är ej något fjärrvärmenät simulerat (faller utanför ramen för detta examensarbete), varför hänsyn ej har tagits till effekten på kylvattnet.

Ekvationer för värmeväxlaren.

$$\Delta P = K_v \cdot (T_c - T_{\text{kylvatten}})$$

$$P_v = P_t - \Delta P$$

där

ΔP = effektutbytet (MW)

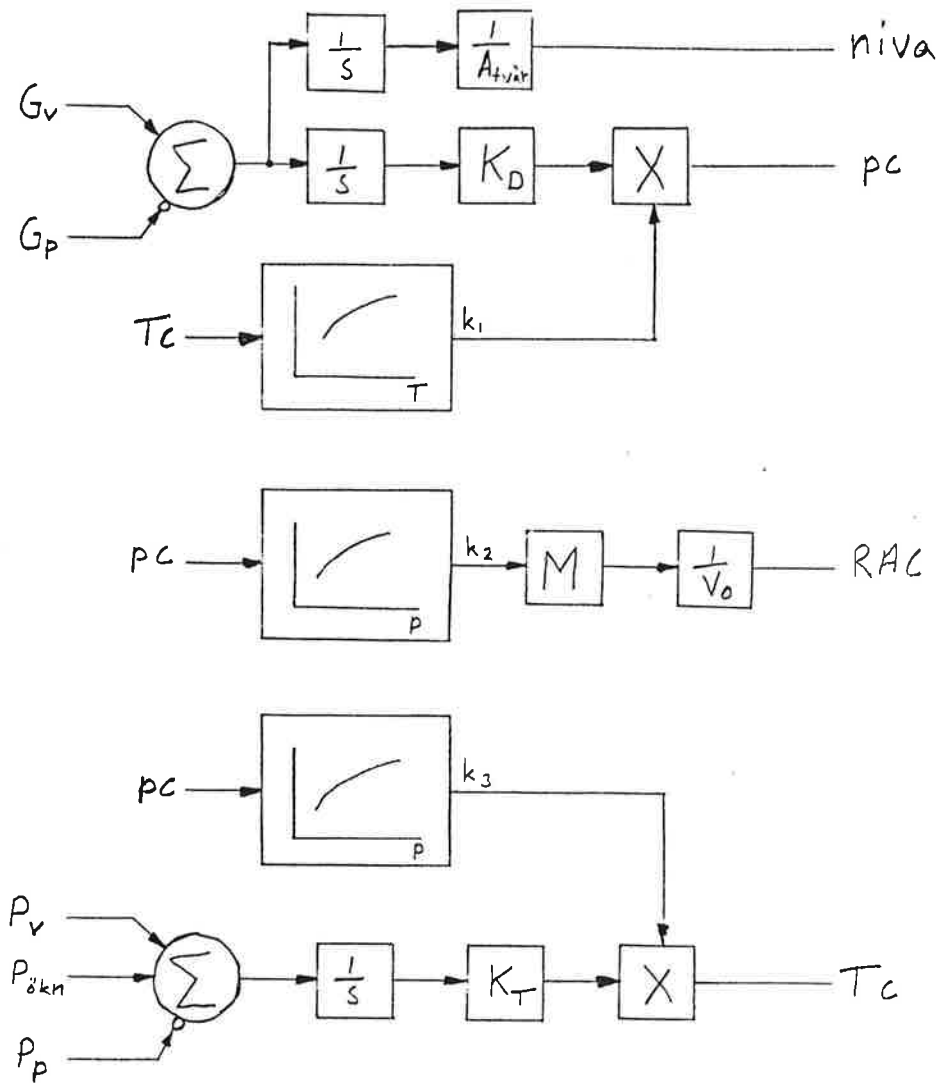
K_v = konstant som beror på värmeväxlaren

T_c = temperaturen i kondensorn (°C)

$T_{\text{kylvatten}}$ = temperatur på kylvatten, här konstant (°C)

P_v = energiflöde i kondensorn (MW)

P_t = energiflöde ut från turbinen (MW)



Figur 3.2.13-1. Modell för C-vatten i kondensorn.

3.2.13 Delprocess 12: C-vatten i kondensorn

Den här delprocessen simulerar mass- och energiupplagringen i kondensortanken, se figur 3.2.13-1. Jämför delprocess 3: C-luft.

Ekvationer som gäller för delprocess 12.

$$p_c = k_1 \cdot K_D \cdot \frac{G_v - G_p}{s}$$

$$RAC = \frac{k_2 \cdot M}{V_0}$$

$$T_c = k_3 \cdot K_T \cdot \frac{P_v - P_p - P_{\text{ökn}}}{s}$$

$$\text{niva} = \frac{1}{A_{\text{tvär}}} \cdot \frac{G_v - G_p}{s}$$

där

p_c = trycket i kondensorn (bar)

K_D, K_T = konstant

k_1, k_2, k_3 = konstant

G_v = massflöde in till kondensorn (kg/s)

G_p = massflöde från pumpen (kg/s)

RAC = densiteten i kondensorn (kg/m³)

M = massan av vattnet i kondensorn vid stationärt tillstånd (kg)

T_c = temperaturen i kondensorn (°C)

V_0 = volymen (m³)

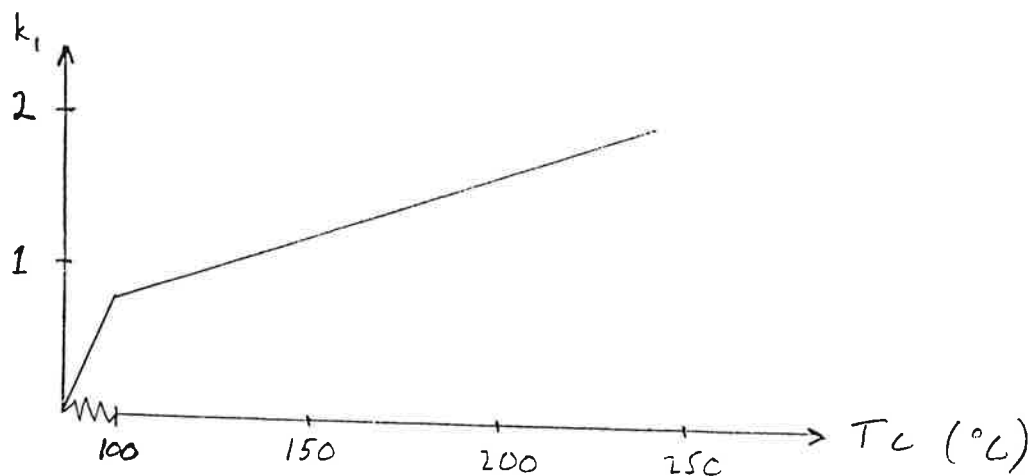
P_v = energiflöde in till delprocessen från värmeväxlaren i kondensorn (MW)

P_p = energiflöde från pumpen (MW)

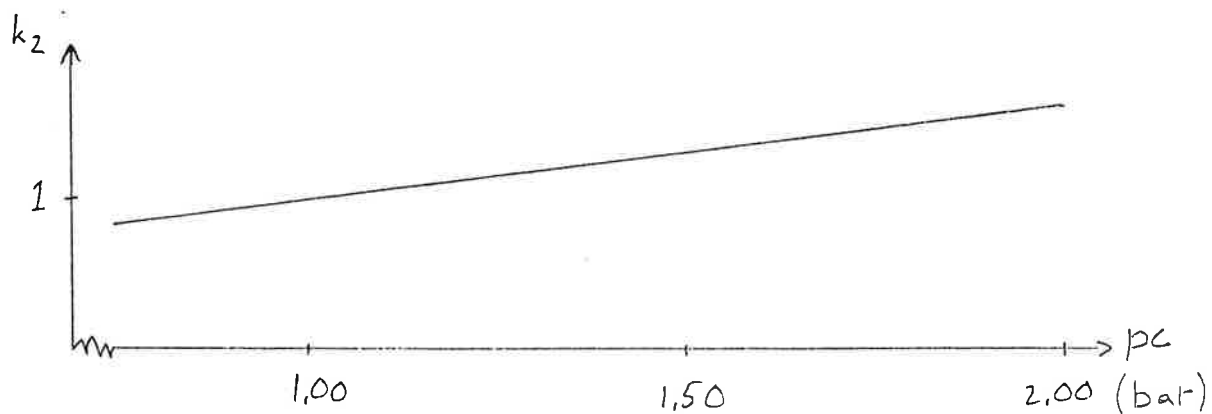
$P_{\text{ökn}}$ = effekttökning i pumpen (MW)

niva = vattennivån i kondensorn (m)

$A_{\text{tvär}}$ = tvärsnittsarean (m²)



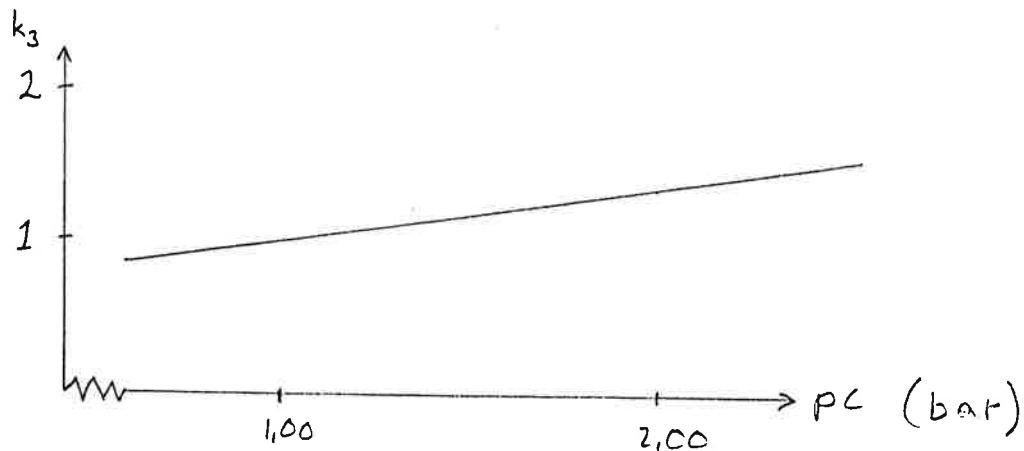
Figur 3.2.13-2. k_1 som funktion av temperaturen.
Temperaturens påverkan på trycket i kondensorn.



Figur 3.2.13-3. k_2 som funktion av trycket.
Densitetens beroende av trycket i kondensorn

3.2.14 Delprocess 13: Pump

Den här delprocessen beskriver matarvattenpumpen som matar vatten från kondensorn till pannan se figur 3.2.14-1.



Figur 3.2.13-4. k_3 som funktion av trycket.
Temperaturens beroende av trycket i kondensorn.

I detta arbete behandlas en centrifugalpump. En pump kopplas ofta i par med en backventil. Denna pumpmodell är anpassad därefter och pumpar alltså endast vatten i en riktning, under det att vattnet spärras effektivt i den andra riktningen. Således är flödets värde genom pumpen enligt förutsättningen definitionsmässigt alltid positivt. Pumpen är varvtalsreglerbar. Dessutom finns möjlighet att simulera en varvtalsstörning på modellen med hjälp av den fysiska ingången n_{storn} .

Ett möjligt samband mellan tryckfallet över pumpen, dp , volymflödet genom den, Q , och dess varvtal, n , är

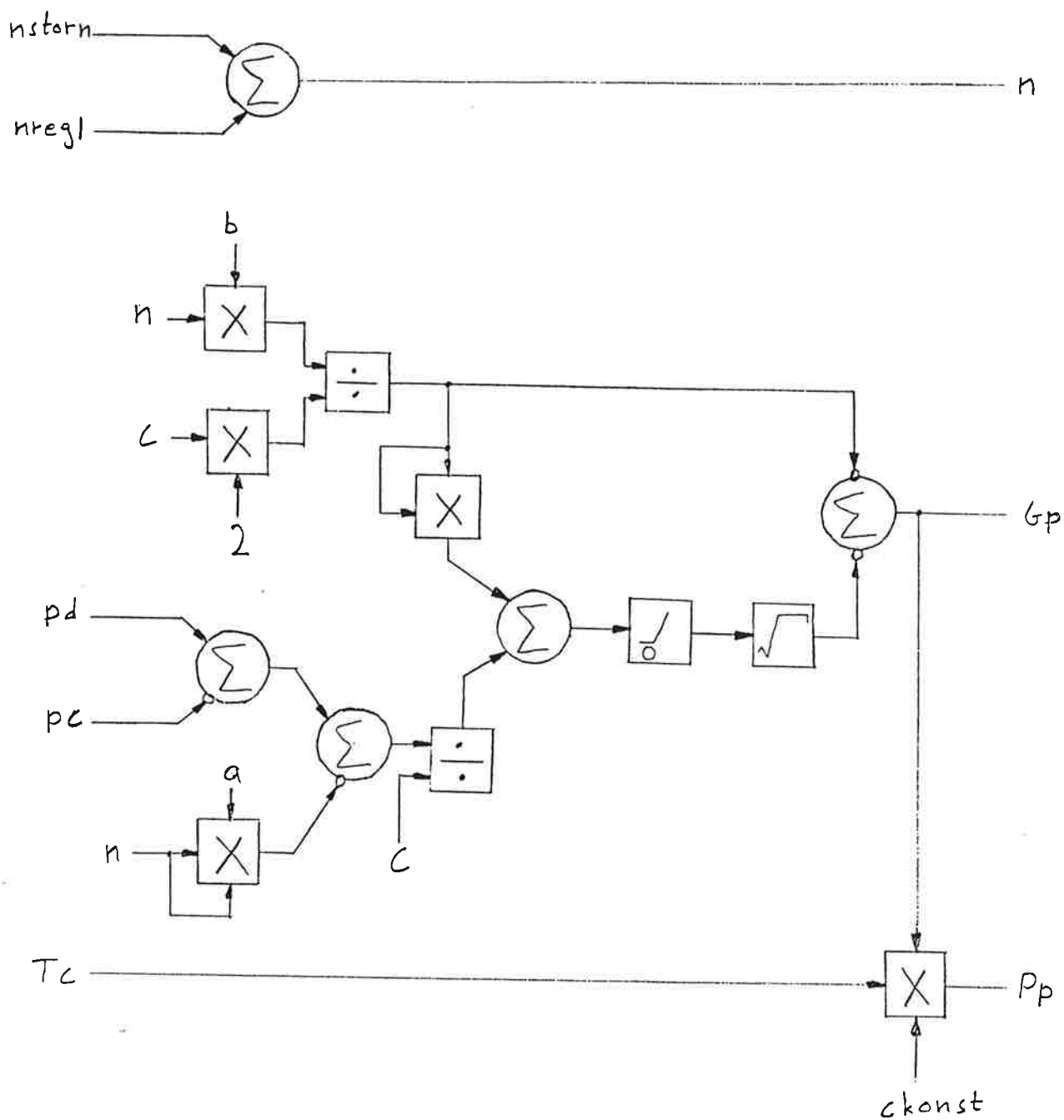
$$dp = a \cdot n^2 + b \cdot n \cdot Q + c \cdot Q^2, \text{ där } a, b \text{ och } c \text{ är konstanter}$$

Istället för volymflöde införes massflödet

$$G = \frac{Q}{v}$$

Här antages att $v = 1$. Då gäller

$$dp = c \cdot G^2 + b \cdot n \cdot G + a \cdot n^2$$



Figur 3.2.14-1. Modell för pumpen.

De tre konstanternas värde bestäms genom att man går in i en pumpkurva och läser av tre punkter på kurvan för ett godtyckligt varvtal. De tre punkterna sättes in i ekvationen ovan varvid man får ett ekvationssystem ur vilket de tre konstanta koefficienterna kan lösas.

Ekvationer som gäller för denna delprocess.

$$(1) \quad dp = c \cdot G_p^2 + b \cdot n \cdot G_p + a \cdot n^2$$

$$(2) \quad dp = p_d - p_c$$

$$(1), (2) \Rightarrow (3) \quad G_p = -\frac{b \cdot n}{2 \cdot c} \pm \sqrt{\left(\frac{b \cdot n}{2 \cdot c}\right)^2 + \frac{p_d - p_c - a \cdot n^2}{c}}$$

$$(4) \quad P_p = \text{konst} \cdot G_p \cdot T_c$$

$$(5) \quad n = n_{\text{storn}} + n_{\text{regl}}$$

där

G_p = massflöde ut från pumpen (kg/s)

P_p = energiflöde ut från pumpen (MW)

konst = värmekapacitiviteten

T_c = kondensortemperaturen (°C)

p_d = domtrycket (bar)

p_c = kondensortrycket (bar)

n = varvtal (rpm)

n_{storn} = störningens bidrag till varvtalet (rpm)

n_{regl} = regleringens bidrag till varvtalet (rpm)

3.3 PROCESSTYRNING

3.3.1 Reglerstruktur

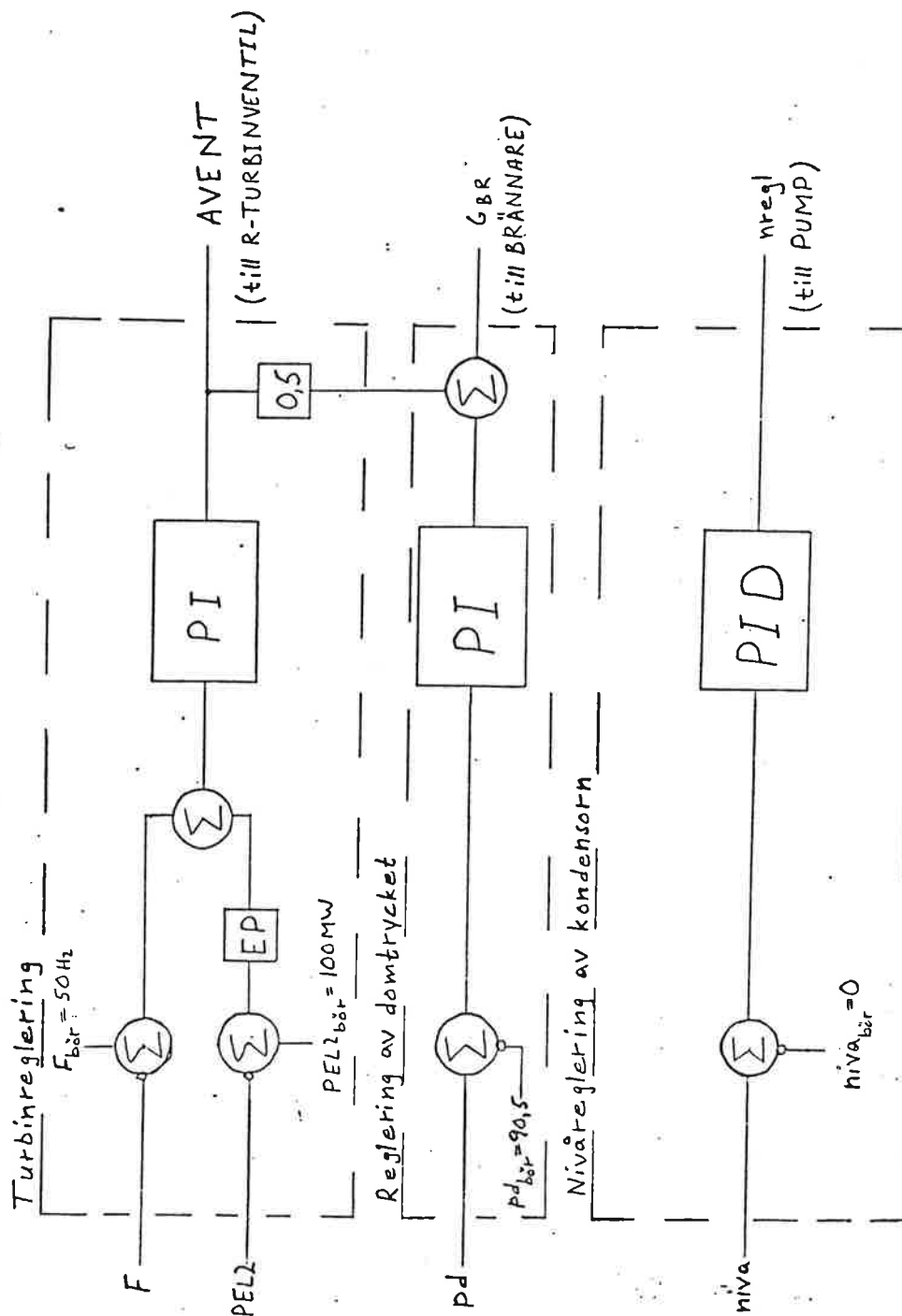
I denna styrprocess finns det tre stycken reglerloopar, se figur 3.3.1-1, turbinreglering, reglering av domtrycket och nivåreglering av kondensorn. För samtliga användes ett PC-element som kallas för PIDCON. Det är en PID-regulator som dessutom genererar en objektbild till MasterView, där det dessutom är möjligt att blockera I- och/eller D-delen.

Regulatorn har följande överföringsfunktion

$$G(s) = K \cdot \left(1 + \frac{1}{s \cdot TI} + \frac{s \cdot TD}{1 + s \cdot TF} \right)$$

3.3.2 Turbinreglering

Mät signaler:	frekvens F belastning PEL2
Styr signal:	turbinventilöppningen AVENT
Mål för styrningen:	att hålla frekvensen konstant lika med börvärdet på 50 Hz att hålla belastningen lika med börvärdet på 100 MW



Figur 3.3.1-1. Reglerstruktur.

Med inkopplad last (nätverket) är dynamiken helt annorlunda jämfört med tomgång (se 3.2.10) varför två PI-regulatorer med olika reglerparametrar användes för last respektive tomgång. För att erhålla en stöfri övergång mellan

regulatorerna, vid lastfrånslag, följer utsignalen på den ena PI-regulatorn utsignalen på den styrande.

När lasten är inkopplad behövs en tämligen snabb reglering, med hänsyn tagen till tidsfördröjningen i turbinen. Men när lasten är bortkopplad behövs en långsammare reglering för att då är det endast turbinens mekaniska effekt som direkt bestämmer frekvensen. De närmaste sekunderna efter ett lastfrånslag krävs det en snabb reglering för att snabbt sänka turbinens mekaniska effekt och därmed frekvensen. Därför har en tidsfördröjning lagts in som fördröjer bytet av PI-regulator vid lastfrånslag, och det har empiriskt blivit bestämt att en tidsfördröjning på 10 sekunder är fullt tillräckligt.

$$\begin{aligned} \text{PI-regulatorns} \quad \text{ärvärde} &= F_{\text{bör}} - F + EP \cdot (PEL2_{\text{bör}} - PEL2) \\ EP &= \Delta F / \Delta PEL1 \\ \text{börvärde} &= 0 \end{aligned}$$

Reglerparametrar

$$\begin{aligned} \text{vid last:} \quad K &= 15 \\ \quad \quad \quad TI &= 20 \\ \\ \text{vid tomgång:} \quad K &= 0.4 \\ \quad \quad \quad TI &= 100 \end{aligned}$$

3.3.3 Reglering av domtrycket

Mätsignal: domtrycket, pd

3.4 OPERATÖRSKOMMUNIKATION

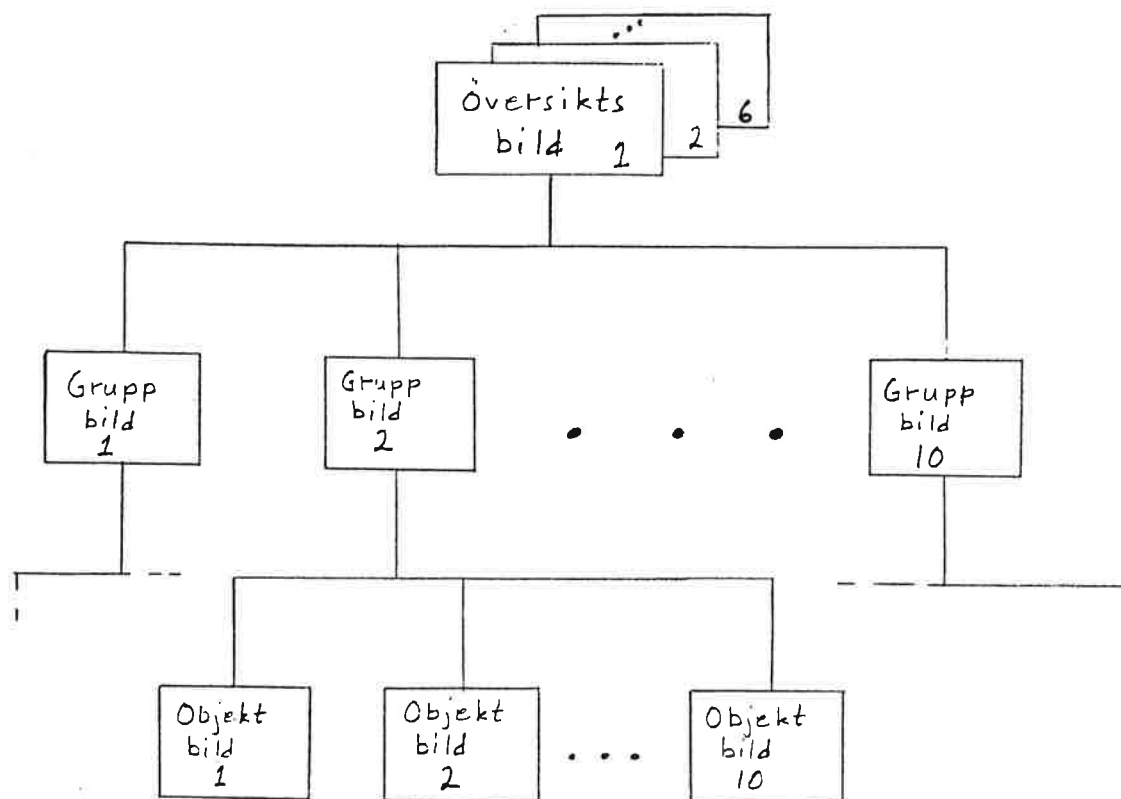
Operatörens kommunikation med processen sker via presentationsdatorn MV 850. Med hjälp av den får operatören information om processtillståndet men det är även möjligt att direkt från tangentbordet ändra styrparametrar, processobjektens (t ex pumpvarvtal, bränsleflöde) tillstånd etc.

All dialog sker med hjälp av bilder och funktionstangenter i MasterView. Det finns fyra bildtyper:

- processbilder
- översiktsbilder
- gruppbilder
- objektbilder

Processbilder är fribyggda bilder som oftast visar en schematisk bild av processen. Processbilder består av en statisk och en dynamisk del. Den statiska delen visar processschemat. Genom att definiera ett antal dynamiska punkter i processbilden är det möjligt att visa de aktuella värden av önskade processparametrar.

I det här arbetet finns det två processbilder, där den ena bilden visar en översikt av processen (figur 3.4-2) medan den andra visar reglerstrukturen (figur 3.3-1). För den här typen av bilder är dialogen starkt begränsad jämfört med de övriga bilderna.



Figur 3.4-1. Strukturering av standardbilder.

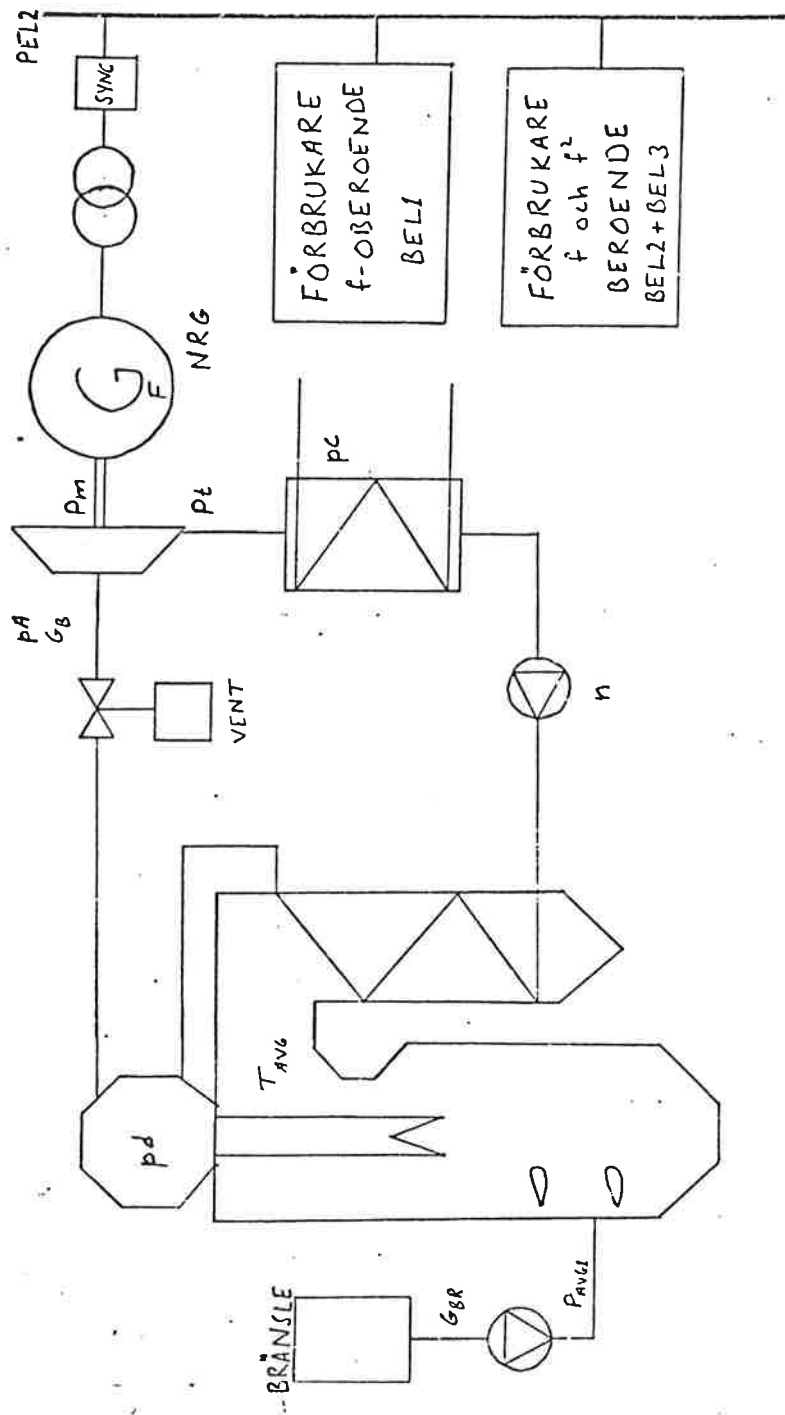
Översiktsbilder, gruppbilder och objektbilder är fördefinierade i MasterView. De har ett hierarktiskt förhållande enligt figur 3.4-1. En översiktbild har maximalt tio gruppbilder och en gruppbild har maximalt tio objektbilder.

Grupp- och objektbilderna följer ett systemdefinierat mönster. Det exakta bildinnehållet styrs av den presenterade bildtypen (analog signal, digital signal, regulator etc).

En speciell typ av bilder är händelselistan och larmlistan. Alla signaler som presenteras i larmlistan presenteras också i händelselistan. För att signalerna ska försvinna från larmlistan krävs det att man gör kvittering på dem. Innan detta är möjligt måste bilden bli frusen. Detta blir den när man gör kvittering första gången. Det göres genom att man pekar ut signalen med hjälp av cursorn och därefter aktiverar kvittering. Kvittering av larm kan dessutom ske i en

översiktsbild, gruppbild eller objektbild. Signalen pekas då först ut med hjälp av cursorn och kvitteras därefter.

I både händelselistan och larmlistan får man information om signalens namn, en kort beskrivning av signalen, vilken gräns som är passerad och dessutom när händelsen respektive larmet inträffade.



Figur 3.4-2. Översiktsbild över processen.
 Dynamiska data förklaras på sid 60.

Förklaring av de dynamiska data i figur 3.4-2.

G_{BR} = massflöde bränsle (kg/s)

P_{AVG1} = energiflöde avgaser (MW)

p_d = domtrycket (bar)

T_{AVG} = temperaturen på avgaserna (°C)

VENT = turbinventilöppningen (%)

p_A = trycket i ångkistan (bar)

G_B = massflöde ånga (kg/s)

P_m = mekanisk effekt (MW)

P_t = energiflöde avgaser (MW)

F = frekvens (Hz)

NRG = antal generatorer

SYNC = logisk variabel som anger om nätet är inkopplat eller ej

n = matarvattenpumpens varvtal (rpm)

BEL1 = belastning på kraftnätet (MW)

BEL2+BEL3 = belastning på kraftnätet (MW)

PEL2 = den av nätet uttagna effekten (MW)

4 HANDHAVANDE UTAV DEMONSTRATIONSSYSTEMET

Den här processen är simulerad omkring en bestämd arbetspunkt (se appendix A). Det är därför nödvändigt att signalerna antar sin stationära värden innan simuleringen startar.

Integratorernas och funktionsgeneratorernas ut signaler, i delprocesserna C-luft, C-vatten i pannan, C-ångkista och C-vatten i kondensorn, ska sättas till startvärden. Anledningen till detta är att integration av en insignal som är noll ger en konstant utsignal, som här är angiven som startvärde. Detta göres genom att sätta följande digitala signaler till ett, för C-ångkista BEGANG, för C-vatten i kondensorn BEGCON, för C-vatten i pannan BEGVATT och för C-luft gäller BEGLUFT. Det finns två olika möjligheter att göra detta. Man kan antingen använda de digitala omkopplarna eller göra det via MasterView. Om man gör det från MasterView måste man först blockera uppdateringen av signalen innan man kan sätta den till ett eller noll.

De digitala omkopplarna är för

BEGANG	digital switch nr 2
BEGCON	digital switch nr 3
BEGVATT	digital switch nr 4
BEGLUFT	digital switch nr 5

Inkoppling och fråkoppling av lasten sker på samma sätt som för de nyss

beskrivna signalerna.

Det är också lämpligt att kvittera de signaler som det blir larm på vid uppstarten.

Det finns möjligheter att störa processen på olika sätt. De olika störningar som kan simuleras, samt deras begynnelsevärde, är

<u>signal</u>	<u>störning</u>	<u>begynnelsevärde</u>	<u>ingång</u>
SYNC	lastfrånslag	1	digital switch nr 1 eller via Master View
nstorn	störning av pumpens varvtal	0	potentiometer nr 1
NRG	antal generatorer	10	potentiometer nr 2
P1	nätets belastning f-oberoende	0.60	potentiometer nr 3
P2	nätets belastning f-beroende	0.20	potentiometer nr 4
P3	nätets belastning f ² -beroende	0.20	potentiometer nr 5
GBRpot	störning av bränsleflödet	0	potentiometer nr 6
A	störning av turbinventilen	0	potentiometer nr 7

Dessa begynnelsevärden ska ställas in för respektive signal. Att NRG = 10 är mindre viktigt, men desto fler generatorer som är inkopplade på nätet desto snabbare ställer frekvensen in sig. För P1, P2 och P3 gäller att P1 + P2 + P3 = 1. Är summan större än ett innebär det att man försöker att ta ut mer effekt än

vad som produceras men om summan däremot är mindre än ett tages mindre effekt ut än vad som kan produceras.

Dessutom ska regulatorerna styras till en bestämd utsignal. Detta göres från MasterView genom att gå över till manuell mode, bestämma utsignalen och därefter gå tillbaka till automatisk mode. För PIDCON1 måste övergång ske till "manual forced" (M Fd) därför att en regulator följer utsignalen från PIDCON1.

Detta gäller för följande regulatorer:

<u>regulator</u>	<u>reglering av</u>	<u>utsignal</u>
PIDCON2	domtrycket	25
PIDCON1	turbinventil	100
PIDCON3	kondensornivån	44.8

När processen stabiliserats till sina stationära värden (se appendix A) sätts signalerna BEGANG, BEGCON, BEGVATT och BEGLUFT till noll.

Då processen är uppstartad är det möjligt att simulera vilken typ av störning man önskar av de tidigare nämnda.

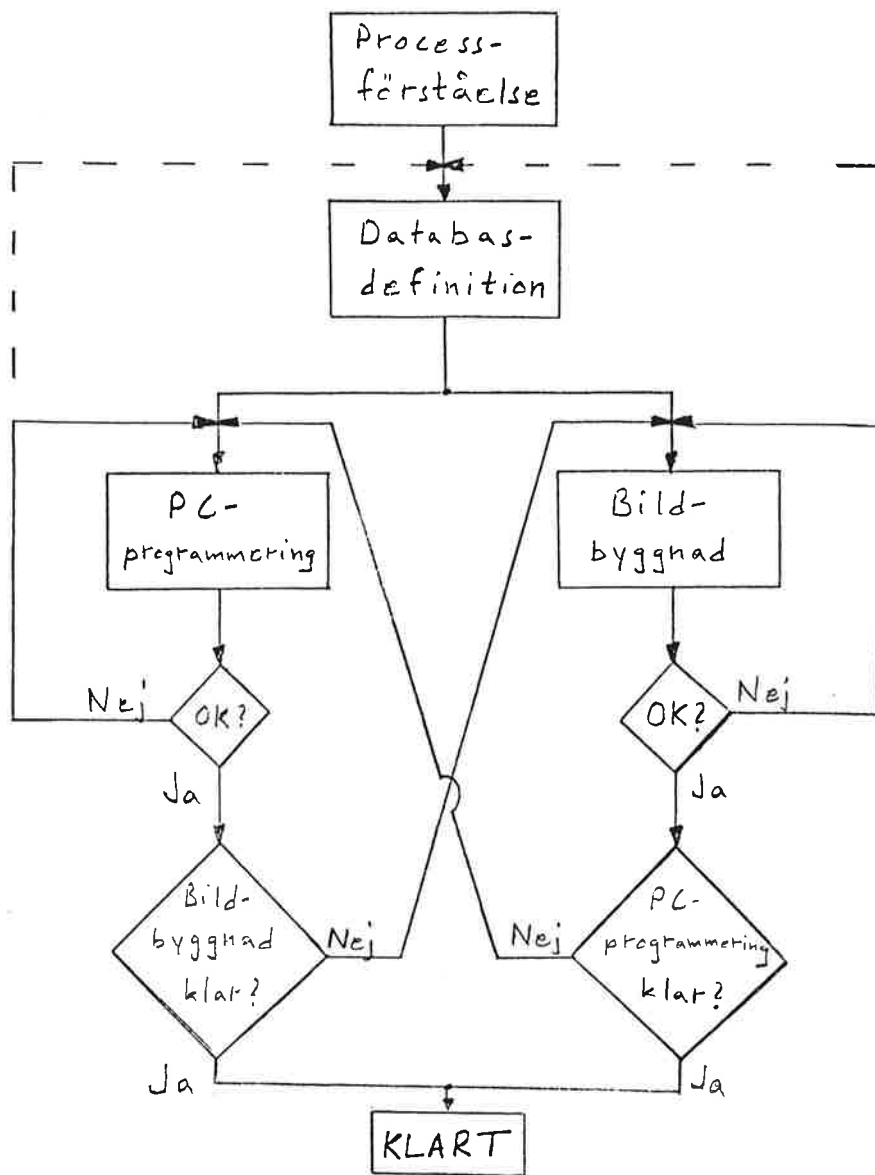
5 REALISERING

5.1 ARBETSMETODIK

Arbetet startades med att sätta sig in i problemet, dvs. först och främst hur processen fungerar. Därefter bestämdes vilka signaler som skulle finnas i databasen varefter PC-programmeringen strukturerades för simuleringen, se figur 5.1-2, och för styrningen, se figur 5.1-3. Samtidigt som PC-programmen stukturerades och programmerades skedde bildbyggnad på MV 850. Vid testkörning av PC-programmen upptäcktes att en del signaler varierade kraftigt vilket föranledde kortare sampelintervall för de kontrollmoduler som berördes. Den första siffran i ett programhuvud eller kontrollhuvud anger tiden (i ms) mellan två exekveringar, medan den andra siffran anger vilken modul som har högst prioritet vid konkurrens om CPU-tid för element med samma cykeltid, lägre siffra ger högre prioritet. De element med kortast cykeltid prioriteras alltid.

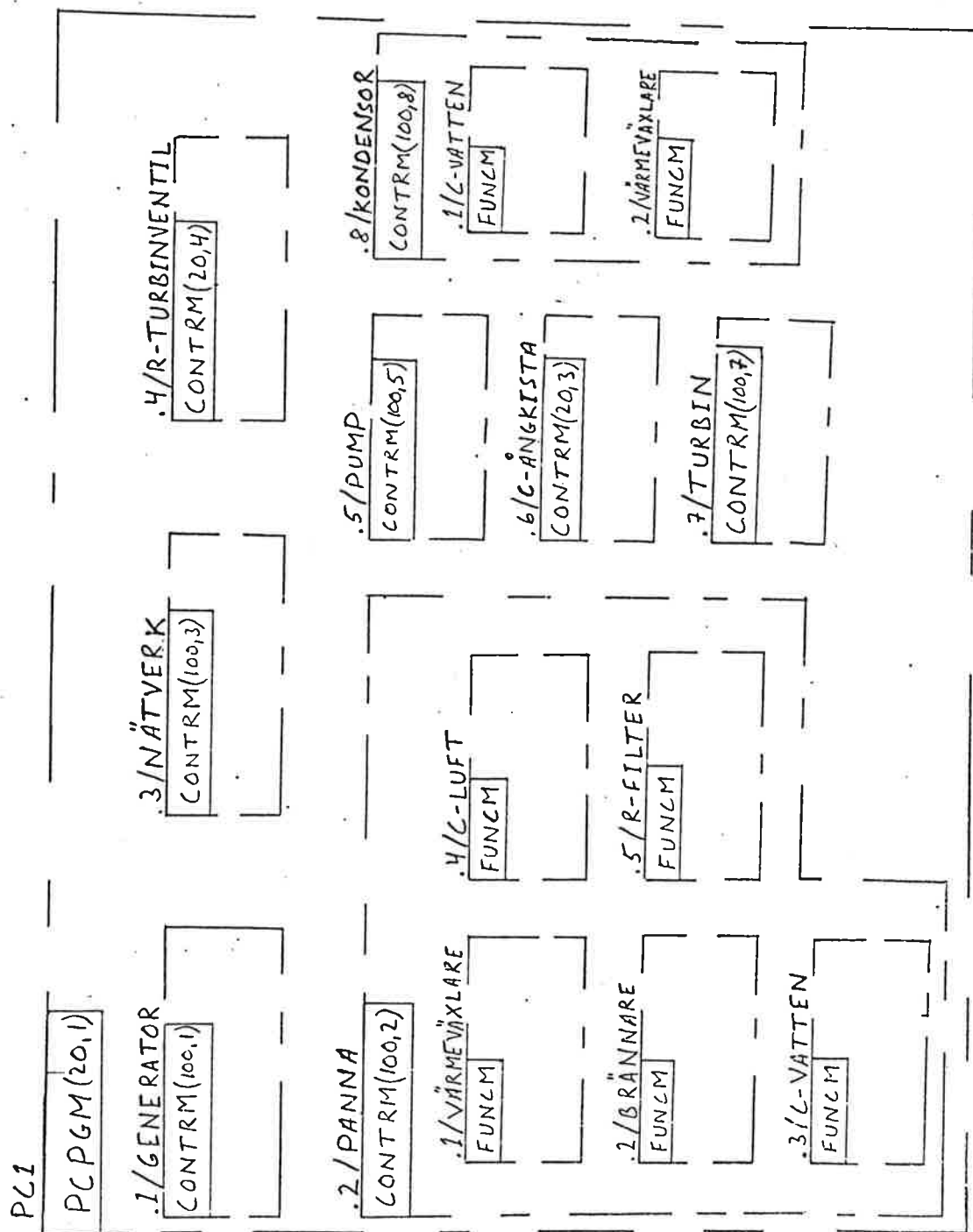
5.2 HJÄLPMEDEL

För programmering och felsökning har MasterAid 214 använts. Kommandona och hjälpprogrammen för MasterAid finns lagrade på disketter vilket innebär att vid uppstart av hjälpmedlet måste disketterna laddas in innan det kan användas.

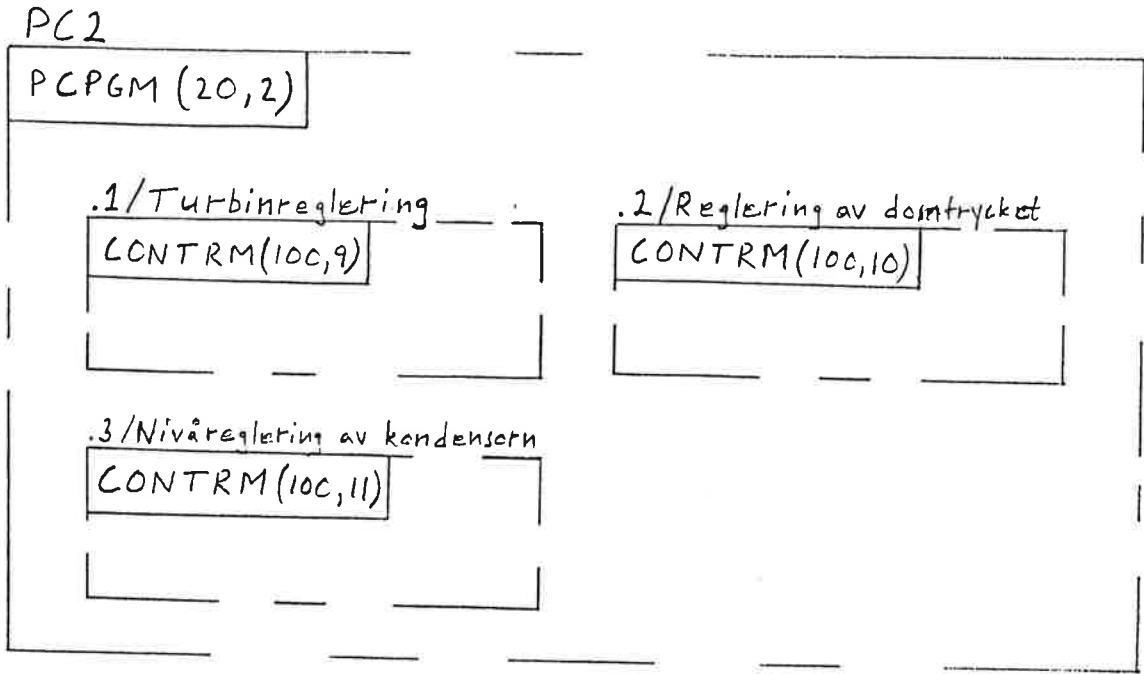


Figur 5.1-1. Arbetsmetodik vid applikationsprogrammering av MasterPiece och MasterView.

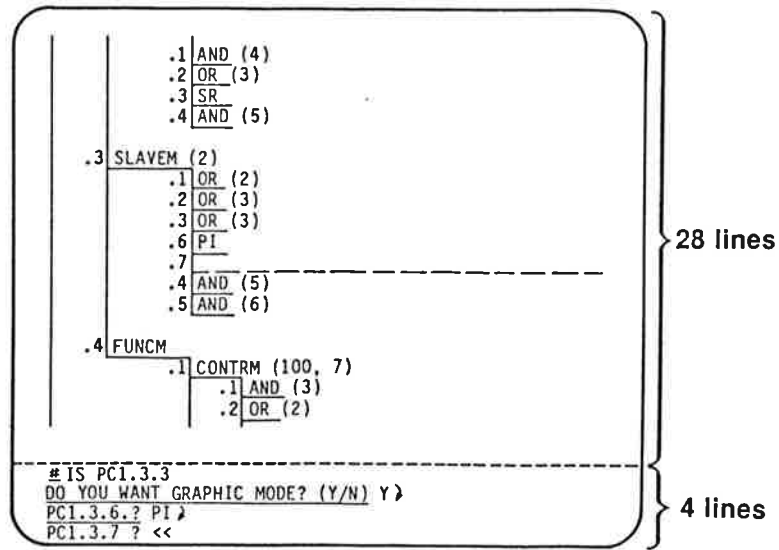
PC-programmering sker i två steg, dvs. införande, se figur 5.1-4, och sammankoppling, se figur 5.1-5, av element och i dessa båda steg kan man välja mellan grafisk och icke-grafisk mode. Övergång från icke-grafisk till grafisk mode är möjligt även under programmeringen. Sammankoppling av PC-element i grafisk mode innebär att elementet och dess in- och utgångar visas på bildskärmen. I grafisk mode är bildskärmen delad i två delar (28 + 4 rader). I den nedre delen (4 rader) sker dialogen mellan användaren och programmeringshjälpmedlet medan i den övre delen av bildskärmen visas elementet. Bilden uppdateras under editeringen.



Figur 5.1-2. Programstruktur för processen.

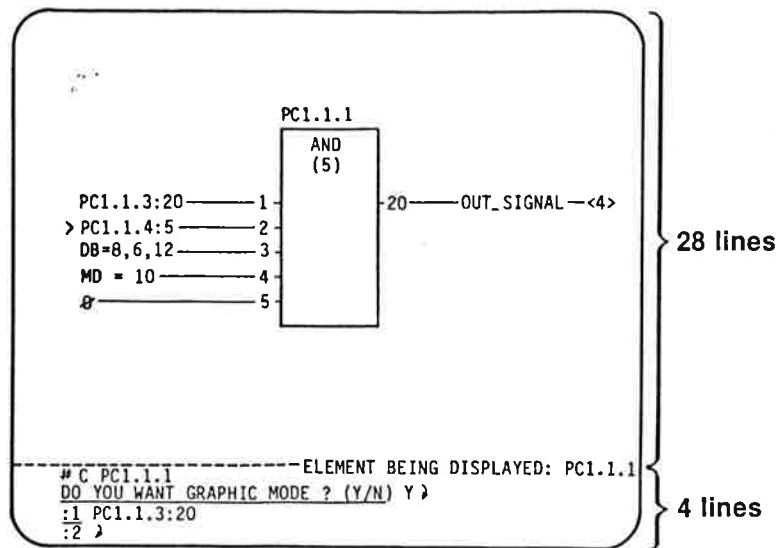


Figur 5.1-3. Programstruktur för regleringen.



Figur 5.1-4. Införande av PC-element i grafisk mode.

Felsökning underlättas av en dynamisk uppdatering i tabellform eller i grafisk form vilket innebär att man kan studera ändringar i processen. Vid grafisk form



Figur 5.1-5. Sammankoppling av PC-element i grafisk mode.

visas ett PC-element, som uppdateras kontinuerligt, på bildskärmen och det är här möjligt att beordra visning av ett PC-element som är knutet till en ingång på det PC-element som visas. Vid logiska signaler kan man dessutom visa PC-element som är knutna till utgångarna på det element som visas. Detta gör att man, utan större problem, kan spåra en felkälla genom ett program.

5.3 SYNPKTER

I ett Asea Master system finns möjlighet att ansluta flera MP- och MV-enheter. Till en MP 200 enhet kan maximalt 1300 signaler knytas. Detta gör att Asea Master systemet har en väldigt stor flexibilitet.

Asea MasterPiece Language är ett lättfattligt språk som inte kräver några djupare kunskaper i programmering. Ofta räcker det att man känner till processen. Ett PC-program är indelat i delprogram motsvarande strukturen i processen vilket underlättar kontroll och exekvering av varje delprogram. Det är till exempel möjligt att bestämma olika exekveringstider och att blockera exekveringen för varje delprogram. Utskriften av PC-programmet ger en grafisk dokumentation med en identisk struktur. Beroende på vilken skrivare som användes kan utskrift ske i grafisk eller semigrafisk form vilket ska initieras innan utskrivning påbörjas dessutom ska sidindelning ske av PC-programmet vilket ej göres automatiskt.

Det är relativt enkelt att göra ändringar i ett program, men om man endast ska ta bort ett överordnat element, för att senare föra in ett nytt, är man tvungen att ta bort alla underordnade också. Detta gör att ju fler element det gäller desto arbetsammare blir det.

Bildbyggnaden i MV 800 kan ske snabbt och enkelt tack vare ett bibliotek av standardbilder. Färdiga översiktsbilder, gruppbilder och objektbilder kan kommenderas upp på bildskärmen och kombineras med hjälp av bildbyggnadstangentbordet. I standardbilderna kan signalerna ha olika färg beroende på vilket tillstånd de befinner sig i, normalt (grön), blockerad (gul), utvald (vit) eller larm (röd). Vid larm kan man dessutom välja mellan olika larmhanteringsmöjligheter, två av dessa är endast röd färg eller blinkande röd färg och en ljudsignal. Signalen, som det blivit larm på, anges i både händelselista och larmlista. Dessutom finns fyra olika bilder som anger vilka bilder som är

implementerade i MV, en förteckning över implementerade processbilder finns i "process menu", för översiktsbilder "overview menu", vilka trendkurvor som är implementerade i "trend menu" och i "display menu" anges en förteckning över alla bilder som är byggda i MV.

Processunika bilder byggs enkelt vid friprogrammering. Dessutom erhålles hjälp och vägledning i en speciell menyrad på skärmen vilket gör att överskådliga processbilder snabbt kan skapas.

6 FÖRSLAG TILL FÖRBÄTTRINGAR

Man kan bygga ut demonstrationssystemet med till exempel ett fjärrvärmeverk. Dessutom kan man givetvis förfinas delprocesserna, till exempel turbinen där utsignalerna endast beror av trycket före delprocessen, trycket i ångkistan, och inte av trycket efter, kondensortrycket.

Vid inkoppling av lasten kopplas all last in omedelbart vilket gör att svängningar uppträder. Dessa svängningar kan minskas eller elimineras genom att lastpåslaget får följa en ramp.

Nästan alla störningar sker nu via fysiska ingångar. Om man önskar ett slutet system, dvs. att man kan simulera störningar utan att använda sig av potentiometrar. Då finns det den möjligheten att använda en P-regulator med förstärkning ett, för de signaler som är anslutna till potentiometrar. Nackdelen med detta är, om man endast utnyttjar en bildskärm, att man måste byta bild för att göra en störning vilket kan innebära att man förlorar helhetsintrycket. Detta är också anledningen till att jag inte utnyttjat denna möjlighet. Man kan använda maximalt tre bildskärmar till MV 850 enhet.

I den MasterView enhet jag använde mig av var inte trendkurvor implementerade. Dessa skulle ha varit ett bra verktyg för att studera verkan av olika störningar.

Till sist, man kan utöka antalet bilder kraftigt.

Maximalt antal bilder är 6 stycken översiktsbilder innehållande 10
grupper med 1-10 objekt i varje

60 gruppbilder innehållande 10 objekt med 1-10
signaler i varje

1500 objektbilder, 1 bild för varje signal och
objekt i processen.

Referenser

Asea MasterPiece 200 Användardokumentation 1 Version CB07 - 6002

Asea MasterPiece 200 Användardokumentation 2 Version CB07 - 6002

Asea MasterView 800 Användardokumentation 1 Version CB07 - 6003

Asea MasterView 800 Användardokumentation 2 Version CB07 - 6003

Properties of Water and Steam in SI-units

Bestämning av konstanter och stationära värdenDelprocess generator

Normering och denormering sker med $P_{\text{nominellt}} = 100\text{MW}$.

Evationer för generatorn.

$$(1) \text{ FRG} = \frac{\frac{P_m - \text{PEL1} \cdot \text{SYNC}}{\text{FRG}} - ((A_1 + A_2) \cdot \text{FRG} - A_2)}{s \cdot (T_1 + \text{SYNC} \cdot (\text{NRG} - 1) \cdot T_2)}$$

$$(2) \text{ PEL2} = \text{PEL1} \cdot \text{SYNC}$$

Eftersom denna delprocess simuleras i normerat tillstånd är

$$\text{FRG} = 1$$

$$\text{PEL2} = 1$$

Stationärt tillstånd, $s \rightarrow 0 \Leftrightarrow t \rightarrow \infty$

$$(1) \Rightarrow P_m - \text{PEL2} = A_1 + A_2 - A_2$$

$$P_m - \text{PEL2} = A_1$$

$$P_m = \text{PEL2} + A_1$$

$$P_m = 1 + A_1$$

$$\text{Antag } A_1 = 0.05$$

$$\Rightarrow P_m = 1.05$$

$$\Rightarrow \text{PEL2} = 1$$

Denormerat med $P_{\text{nominellt}} = 100\text{MW}$

$$\Rightarrow \begin{cases} P_m = 105\text{MW} \\ \text{PEL2} = 100\text{MW} \end{cases}$$

Sammanställning av konstanter och stationära värden för delprocessen.

$$A_1 = A_2 = 0.05$$

$$T_1 = 10 \text{ s}$$

$$T_2 = 5 \text{ s}$$

$$P_m = 105 \text{ MW}$$

$$\text{PEL2} = 100 \text{ MW}$$

$$\text{FRG} = 1$$

Delprocess nätverk

Denna delprocess simuleras i normerat tillstånd.

Ekvation för nätverk.

$$PEL1 = NRG \cdot (FRG^2 \cdot P3 + FRG \cdot P2 + P1) - (P1 + P2 + P3 - \frac{FRG - 1}{EP \cdot (1 + s \cdot T_3)}) \cdot (NRG - 1)$$

Givet: $FRG = 1$
 $P1 + P2 + P3 = 1$

Antag $EP = 0.04$
 $T_3 = 10 \text{ s}$
 $T_4 = 100 \text{ s}$

Stationärt tillstånd ger

$$\Rightarrow PEL1 = NRG - (NRG - 1)$$
$$\Rightarrow PEL1 = 1$$

denormerat: $PEL1 = 100\text{MW}$

$$P1 + P2 + P3 = 1$$

Sätt t ex $P1 = 0.60$
 $P2 = 0.20$
 $P3 = 0.20$

Sammanställning av konstanter och stationära värden.

PEL1 = 100 MW

P1 = 0.60

EP = 0.04

P2 = 0.20

T₃ = 10 s

P3 = 0.20

T₄ = 100 s

Delprocess turbin

Givet: $P_m = 105 \text{ MW}$

G_t , P_t och p_A sätts till "normala" värden.

$$P_t = 10 \text{ MW}$$

$$G_t = 60 \text{ kg/s}$$

$$p_A = 90.0 \text{ bar}$$

Ekvationer som gäller för turbinen

$$(1) \quad P_m = k_1 \cdot p_A \cdot \left(k_2 + \frac{1}{1 + s \cdot T_5} \cdot \left(k_3 + \frac{k_4}{1 + s \cdot T_6} \right) \right)$$

$$(2) \quad G_t = k_1 \cdot p_A \cdot \frac{1}{(1 + s \cdot T_5) \cdot (1 + s \cdot T_6) \cdot (1 + s \cdot T_7)}$$

$$(3) \quad P_t = K \cdot G_t$$

I stationärt tillstånd fås

$$(1) \Rightarrow (1') \quad 105 = k_1 \cdot (k_2 + k_3 + k_4) \cdot 90$$

$$(2) \Rightarrow (2') \quad 60 = k_1 \cdot 90$$

$$\Rightarrow k_1 = \frac{60}{90} = 0.667$$

$$(1'), (2') \quad \Rightarrow k_2 + k_3 + k_4 = \frac{105}{60} = 1.75$$

sätt t ex: $k_2 = 1$

$$k_3 = 0.45$$

$$k_4 = 0.3$$

$$(3) \Rightarrow K = \frac{10}{60}$$
$$K = 0.167$$

Dessutom sättes

$$T_5 = 2 \text{ s}$$
$$T_6 = 3 \text{ s}$$
$$T_7 = 0.2 \text{ s}$$

Sammanställning av konstanter och stationära värden.

$k_1 = 0.667$	$T_5 = 2 \text{ s}$
$k_2 = 1$	$T_6 = 3 \text{ s}$
$k_3 = 0.45$	$T_7 = 0.2 \text{ s}$
$k_4 = 0.3$	$P_t = 10 \text{ MW}$
$K = 0.167$	$G_t = 60 \text{ kg/s}$
	$p_A = 90.0 \text{ bar}$

Delprocess C-ångkista

Givet: $p_A = 90 \text{ bar}$
 $G_t = 60 \text{ kg/s}$
 $P_t = 10 \text{ MW}$
 $P_m = 105 \text{ MW}$

Dessutom sättes, utifrån normala fall.

$T_A = 500 \text{ °C}$
 $RAA = 27.2 \text{ kg/m}^3$
 $V_0 = 1 \text{ m}^3$

Empiriskt bestämmas $K_D = 0.50$
 $K_T = 0.001$

Massflöde in måste vara lika stort som massflöde ut från delprocessen för att trycket ska vara konstant, dvs.

$$\begin{aligned} G_B &= G_t \\ \Rightarrow G_B &= 60 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

$k_1=1$, $k_2=1$ och $k_3=1$ vid stationärt tillstånd.

$$\Rightarrow M \cdot \frac{1}{V_0} = RAA$$

$$M = 1 \cdot 27.2$$

$$M = 27.2$$

Energiflöde in måste vara lika stort som energiflöde ut för att temperaturen ska hållas konstant, dvs.

$$\Rightarrow P_B = P_t + P_m$$

$$P_B = 10 + 105$$

$$P_B = 105 \text{ MW}$$

Sammanställning av konstanter och stationära värden.

$$G_B = 60 \text{ kg/s}$$

$$P_B = 115 \text{ MW}$$

$$G_t = 60 \text{ kg/s}$$

$$P_t = 10 \text{ MW}$$

$$T_A = 500 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$P_m = 105 \text{ MW}$$

$$p_A = 90.0 \text{ bar}$$

$$K_D = 0.50$$

$$R_{AA} = 27.2 \text{ kg/s}$$

$$K_T = 0.001$$

$$M = 27.2 \text{ kg}$$

$$V_0 = 1 \text{ m}^3$$

Delprocess R-turbinventil

Givet:

$$\begin{aligned}G_B &= 60 \text{ kg/s} \\P_B &= 115 \text{ MW} \\RAA &= 27.2 \text{ kg/m}^3 \\p_A &= 90.0 \text{ bar}\end{aligned}$$

Dessutom sättes utifrån normala fall

$$\begin{aligned}p_d &= 90.5 \text{ bar} \\T_d &= 500 \text{ }^\circ\text{C}\end{aligned}$$

Vid maximal ventilöppning, som är stationärt tillstånd, gäller för massflöde

$$G_B = RAA \cdot \sqrt{k \cdot (p_d - p_A)}$$
$$\Rightarrow k = \frac{1}{90.5 - 90.0} \cdot \left(\frac{60}{27.2} \right)^2$$
$$\Rightarrow k \approx 9.735$$

För energiflöde

$$P_B = c \cdot G_B \cdot T_d$$
$$\Rightarrow c = \frac{115}{60 \cdot 500}$$
$$\Rightarrow c \approx 3.83 \cdot 10^{-3}$$

Sammanställning av konstanter och stationära värden.

$$\begin{aligned}\text{VENT} &= 100 \% & G_B &= 60 \text{ kg/s} \\p_d &= 90.5 \text{ bar} & P_B &= 115 \text{ MW} \\p_A &= 90.0 \text{ bar} & k &= 9.735\end{aligned}$$

$$\text{RAA} = 27.2 \text{ kg/m}^3 \quad c = 3.83 \cdot 10^{-3}$$

$$\text{Td} = 500 \text{ }^\circ\text{C}$$

Delprocess C-vatten i pannan

Givet: $p_d = 90.5 \text{ bar}$
 $T_d = 500 \text{ °C}$
 $G_B = 60 \text{ kg/s}$
 $P_B = 115 \text{ MW}$

Dessutom sättes utifrån normala fall.

$$\begin{aligned} \text{RAD} &= 27.2 \text{ kg/s} \\ V_0 &= 5 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Empiriskt bestämmas $K_D = 0.005$
 $K_T = 0.02$

Massflöde in måste vara lika stort som massflöde ut för att trycket ska vara konstant, dvs

$$\begin{aligned} G_w &= G_B \\ \Rightarrow G_w &= 60 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

$k_1=1, k_2=1$ och $k_3=1$ vid stationärt tillstånd.

$$\begin{aligned} \Rightarrow M \cdot \frac{1}{V_0} &= \text{RAD} \\ \Rightarrow M &= 5 \cdot 27.2 \\ \Rightarrow M &= 136 \text{ kg} \end{aligned}$$

Energiflöde in måste vara lika stort som energiflöde ut från delprocessen för att temperaturen ska hållas konstant, dvs

$$P_w = P_B$$
$$\Rightarrow P_w = 115 \text{ MW}$$

Sammanställning av konstanter och stationära värden för denna delprocess.

$G_w = 60 \text{ kg/s}$	$P_w = 115 \text{ MW}$
$G_B = 60 \text{ kg/s}$	$P_B = 115 \text{ MW}$
$T_d = 500 \text{ }^\circ\text{C}$	$K_D = 0.005$
$p_d = 90.5 \text{ bar}$	$K_T = 0.02$
$RAD = 27.2 \text{ kg/m}^3$	$V_0 = 5 \text{ m}^3$
$M = 136 \text{ kg}$	

$$P_w = P_B$$
$$\Rightarrow P_w = 115 \text{ MW}$$

Sammanställning av konstanter och stationära värden för denna delprocess.

$G_w = 60 \text{ kg/s}$	$P_w = 115 \text{ MW}$
$G_B = 60 \text{ kg/s}$	$P_B = 115 \text{ MW}$
$T_d = 500 \text{ }^\circ\text{C}$	$K_D = 0.005$
$p_d = 90.5 \text{ bar}$	$K_T = 0.02$
$RAD = 27.2 \text{ kg/m}^3$	$V_0 = 5 \text{ m}^3$
$M = 136 \text{ kg}$	

Delprocess värmeväxlare i kondensorn

Givet: $P_t = 10 \text{ MW}$
 $G_t = 60 \text{ kg/s}$

Dessutom antages att $T_c = 140 \text{ °C}$
 $T_{\text{kylvatten}} = 15 \text{ °C}$
 $P_v = 6.4 \text{ MW}$

Ekvationer för värmeväxlaren.

$$(1) \quad P_v = P_t - K_v \cdot (T_c - T_{\text{kylvatten}})$$

$$(2) \quad G_t = G_v$$

$$(1) \Rightarrow K_v = \frac{10 - 6.4}{140 - 15}$$

$$\Rightarrow K_v \approx 0.03$$

$$(2) \Rightarrow G_v = 60 \text{ kg/s}$$

Sammanställning av konstanter och stationära värden.

$$G_t = 60 \text{ kg/s}$$

$$T_c = 140 \text{ °C}$$

$$G_v = 60 \text{ kg/s}$$

$$T_{\text{kylvatten}} = 15 \text{ °C}$$

$$P_t = 10 \text{ MW}$$

$$K_v = 0.03$$

$$P_v = 6.4 \text{ MW}$$

Delprocess C-vatten i kondensorn

Givet: $G_v = 60 \text{ kg/s}$
 $T_c = 140 \text{ }^\circ\text{C}$
 $P_v = 6.4 \text{ MW}$

Dessutom antages att $p_c = 1.01 \text{ bar}$
 $RAC = 0.529 \text{ kg/m}^3$
 $V_0 = 6 \text{ m}^3$
 $P_{\text{ökn}} = 24.4 \text{ MW}$
 $A_{\text{tvär}} = 4 \text{ m}^2$

Empiriskt bestämmas $K_D = 0.01$
 $K_T = 0.005$

Massflöde in måste vara lika stort som massflöde ut för att trycket ska vara konstant, dvs

$$G_p = G_v$$
$$\Rightarrow G_p = 60 \text{ kg/s}$$

Vid stationärt tillstånd är $k_1=1$, $k_2=1$ och $k_3=1$.

$$\Rightarrow M \cdot \frac{1}{V_0} = RAC$$

$$\Rightarrow M = 6 \cdot 0.529$$

$$\Rightarrow M = 3.174 \text{ kg}$$

Energiflöde in måste vara lika stort som energiflöde ut från delprocessen för att temperaturen ska vara konstant, dvs

$$\begin{aligned}P_v + P_{\text{ökn}} &= P_p \\ \Rightarrow P_p &= 6.4 + 24.4 \\ \Rightarrow P_p &= 30.8\end{aligned}$$

Nivån antages vara noll vid stationärt tillstånd.

Sammanställning av konstanter och stationära värden.

$G_v = 60 \text{ kg/s}$	$T_c = 140 \text{ }^\circ\text{C}$
$G_p = 60 \text{ kg/s}$	$M = 3.174 \text{ kg}$
$p_c = 1.01 \text{ bar}$	$V_0 = 6 \text{ m}^3$
$P_v = 6.4 \text{ MW}$	$RAD = 0.529 \text{ kg/m}^3$
$P_p = 30.8 \text{ MW}$	$K_D = 0.01$
$P_{\text{ökn}} = 24.4 \text{ MW}$	$K_T = 0.005$
$A_{\text{tvär}} = 4 \text{ m}^2$	$niva = 0 \text{ m}$

Delprocess pump

Givet:

$$\begin{aligned}G_p &= 60 \text{ kg/s} \\P_p &= 30.8 \text{ MW} \\p_d &= 90.5 \text{ bar} \\p_c &= 1.01 \text{ bar} \\T_c &= 140 \text{ }^\circ\text{C}\end{aligned}$$

Följande ekvationer gäller för pumpen.

$$(1) \quad P_p = c_{\text{konst}} \cdot G_p \cdot T_c$$

$$(2) \quad c \cdot G_p^2 + b \cdot G_p \cdot n + a \cdot n^2 = dp$$

$$(3) \quad dp = p_d - p_c$$

$$(1) \Rightarrow c_{\text{konst}} = \frac{30.8}{60 \cdot 140}$$

$$c_{\text{konst}} \approx 3.667 \cdot 10^{-3}$$

$$(2') \quad n = -\frac{b \cdot G_p}{2 \cdot a} \pm \sqrt{\frac{dp - c \cdot G_p^2}{a} + \left(\frac{b \cdot G_p}{a}\right)^2}$$

Beräkning av a, b och c.

Följande data gäller för en speciell pump.

$$n = 1400 \text{ rpm}$$

$$dp1 = 170 \quad dp2 = 135$$

$$G1 = 2000 \quad G2 = 3750$$

$$dp3 = 125$$

$$G3 = 4000$$

Dessa data insatta i ekvation (2) ger

$$(4) \quad c \cdot 2000^2 + b \cdot 2000 \cdot 1400 + a \cdot 1400^2 = 170$$

$$(5) \quad c \cdot 3750^2 + b \cdot 3750 \cdot 1400 + a \cdot 1400^2 = 135$$

$$(6) \quad c \cdot 4000^2 + b \cdot 4000 \cdot 1400 + a \cdot 1400^2 = 125$$

$$(4), (5) \Rightarrow (7) \quad c \cdot (3750^2 - 2000^2) + b \cdot 1750 \cdot 1400 = -35$$

$$(4), (6) \Rightarrow (8) \quad c \cdot (4000^2 - 2000^2) + b \cdot 2000 \cdot 1400 = -45$$

$$(7), (8) \Rightarrow (9) \quad c \cdot \left(4000^2 - 2000^2 - \frac{3750^2 - 2000^2}{0.875} \right) = -45 + \frac{35}{0.875}$$

$$(9) \Rightarrow c = -10^{-5}$$

$$(7) \Rightarrow b = 2.68 \cdot 10^{-5}$$

$$(4) \Rightarrow a = 6.89 \cdot 10^{-5}$$

$$(3) \Rightarrow dp = 89.49$$

$$(2') \Rightarrow n = -11.67 \pm 1140$$

$$n = 1128 \text{ rpm}$$

Detta är det teoretiska värdet men experimentellt har det mätts upp att $n = 44.8$ rpm stämmer bättre med kraven.

Sammanställning av konstanter och stationära värden för pumpen.

$a = 6.89 \cdot 10^{-5}$	$p_d = 90.5 \text{ bar}$
$b = 2.68 \cdot 10^{-5}$	$p_c = 1.01 \text{ bar}$
$c = -1 \cdot 10^{-5}$	$G_p = 60 \text{ kg/s}$
$n = 44.8 \text{ rpm}$	$P_p = 30.8 \text{ MW}$
$ckonst = 3.67 \cdot 10^{-3}$	$T_c = 140 \text{ }^\circ\text{C}$

Delprocess värmeväxlare i pannan

Givet:

$$\begin{aligned}T_d &= 500 \text{ }^\circ\text{C} \\P_p &= 30.8 \text{ MW} \\P_w &= 115 \text{ MW} \\G_p &= 60 \text{ kg/s} \\G_w &= 60 \text{ kg/s}\end{aligned}$$

Dessutom antages att

$$\begin{aligned}T_{\text{AVG}} &= 600 \text{ }^\circ\text{C} \\P_{\text{AVG1}} &= 125 \text{ MW} \\G_{\text{AVG1}} &= 39 \text{ kg/s}\end{aligned}$$

Ekvationer för delprocessen.

$$(1) \quad P_w = P_p + K_v \cdot (T_{\text{AVG}} - T_d)$$

$$(2) \quad P_{\text{AVG2}} = P_{\text{AVG1}} - K_v \cdot (T_{\text{AVG}} - T_d)$$

$$(1) \Rightarrow K_v = \frac{115 - 30.8}{600 - 500}$$

$$K_v = 0.842$$

$$(2) \Rightarrow P_{\text{AVG2}} = 125 - 0.842 \cdot (600 - 500)$$

$$P_{\text{AVG2}} = 40.8 \text{ MW}$$

Sammanställning av konstanter och stationära värden.

$P_{AVG1} = 125 \text{ MW}$

$P_{AVG2} = 40.8 \text{ MW}$

$G_{AVG1} = 39 \text{ kg/s}$

$G_{AVG2} = 39 \text{ kg/s}$

$G_p = 60 \text{ kg/s}$

$G_w = 60 \text{ kg/s}$

$T_{AVG} = 600 \text{ }^\circ\text{C}$

$T_d = 500 \text{ }^\circ\text{C}$

$K_V = 0.842$

$P_w = 115 \text{ MW}$

$P_p = 30.8 \text{ MW}$

Delprocess C-luft

Givet:

$$\begin{aligned}T_{AVG} &= 600 \text{ }^\circ\text{C} \\P_{AVG2} &= 40.8 \text{ MW} \\G_{AVG2} &= 39 \text{ kg/s}\end{aligned}$$

Dessutom antages att

$$\begin{aligned}p_{AVG} &= 1.2 \text{ bar} \\RA_{AVG} &= 1.3 \text{ kg/m}^3 \\V_0 &= 50 \text{ m}^3 \\P_{AVG3} &= 23.4 \text{ MW}\end{aligned}$$

Empiriskt bestäms att

$$\begin{aligned}K_D &= 0.01 \\K_T &= 0.4\end{aligned}$$

Massflöde in måste vara lika stort som massflöde ut för att trycket ska vara konstant, dvs

$$\begin{aligned}G_{AVG3} &= G_{AVG2} \\ \Rightarrow G_{AVG3} &= 39 \text{ kg/s}\end{aligned}$$

Vid stationärt tillstånd är $k_1=1$, $k_2=1$ och $k_3=1$.

$$\Rightarrow M \cdot \frac{1}{V_0} = RA_{AVG}$$

$$\Rightarrow M = 50 \cdot 1.3$$

$$\Rightarrow M = 65 \text{ kg}$$

Energiflöde in måste vara lika stort som energiflöde ut från delprocessen, dvs

$$\Rightarrow P_{AVG2} = P_{AVG3} + P_{förl}$$

$$\Rightarrow P_{förl} = 40.8 - 23.4$$

$$\Rightarrow P_{förl} = 17.4 \text{ MW}$$

Sammanställning av konstanter och stationära värden.

$$G_{AVG2} = 39 \text{ kg/s}$$

$$G_{AVG3} = 39 \text{ kg/s}$$

$$p_{AVG} = 1.2 \text{ bar}$$

$$M = 65 \text{ kg}$$

$$RA_{AVG} = 1.3 \text{ kg/m}^3$$

$$V_0 = 50 \text{ m}^3$$

$$P_{AVG2} = 40.8 \text{ MW}$$

$$P_{AVG3} = 23.4 \text{ MW}$$

$$P_{förl} = 17.4 \text{ MW}$$

$$T_{AVG} = 600 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$K_D = 0.01$$

$$K_T = 0.4$$

Delprocess R-filter

Givet:

$$\begin{aligned}G_{AVG3} &= 39 \text{ kg/s} \\P_{AVG3} &= 23.4 \text{ MW} \\T_{AVG} &= 600 \text{ }^\circ\text{C} \\p_{AVG} &= 1.2 \text{ bar}\end{aligned}$$

Dessutom gäller att

$$\begin{aligned}p_{ATM} &= 1.013 \text{ bar} \\RA_{ATM} &= 1.3 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

Ekvationer för R-filter.

$$(1) \quad G_{AVG3} = RA_{ATM} \cdot \sqrt{k \cdot (p_{AVG} - p_{ATM})}$$

$$(2) \quad P_{AVG3} = c \cdot G_{AVG3} \cdot T_{AVG}$$

$$(1) \Rightarrow k = \frac{1}{1.2 - 1.013} \cdot \left(\frac{39}{1.3} \right)^2$$

$$k \approx 4812.8$$

$$(2) \Rightarrow c = \frac{23.4}{39 \cdot 600}$$

$$c = 0.001$$

Sammanställning av konstanter och stationära värden.

$$\begin{array}{ll}p_{AVG} = 1.2 \text{ bar} & P_{AVG3} = 23.4 \text{ MW} \\p_{ATM} = 1.013 \text{ bar} & T_{AVG} = 600 \text{ }^\circ\text{C} \\G_{AVG3} = 39 \text{ kg/s} & k = 4810 \\RA_{ATM} = 1.3 \text{ kg/m}^3 & c = 0.001\end{array}$$

Delprocess brännare

Givet: $P_{AVG1} = 125 \text{ MW}$

Vidare antages att

$$P_{BR} = 40 \text{ J/kg}$$
$$P_L = 0.128 \text{ J/kg}$$
$$k = 1/13$$
$$K_B = 0.05$$
$$T_1 = 10 \text{ s}$$
$$T_2 = 5 \text{ s}$$
$$T_3 = 20 \text{ s}$$

Ekvationer för delprocessen.

$$(1) \quad P_{AVG1} = G_{BR} \cdot \frac{e^{-s \cdot T_1}}{1 + s \cdot T_2} \cdot P_{BR} + G_{BR} \cdot \frac{1}{1 + s \cdot T_3} \cdot P_L \cdot \frac{1}{k}$$

$$(2) \quad G_{AVG1} = G_{BR} \cdot \frac{e^{-s \cdot T_1}}{1 + s \cdot T_2} \cdot K_B + \frac{G_{BR}}{k} \cdot \frac{1}{1 + s \cdot T_3}$$

Stationärt tillstånd ger

$$(1) \Rightarrow G_{BR} = \frac{P_{AVG1}}{P_{BR} + \frac{P_L}{k}}$$

$$\Rightarrow G_{BR} = \frac{125}{40 + 0.128 \cdot 13}$$

$$\Rightarrow G_{BR} \approx 3 \text{ kg/s}$$

$$(2) \Rightarrow G_{AVG1} = G_{BR} \cdot K_B + \frac{G_{BR}}{k}$$

$$\Rightarrow G_{AVG1} = 3 \cdot 0.05 + 3 \cdot 13$$

$$\Rightarrow G_{AVG1} \approx 39 \text{ kg/s}$$

Sammanställning av konstanter och värden för den här delprocessen.

$$G_{BR} = 39 \text{ kg/s}$$

$$P_{BR} = 40 \text{ J/kg}$$

$$P_L = 0.128 \text{ J/kg}$$

$$k = 1/13$$

$$K_B = 0.05$$

$$P_{AVG1} = 125 \text{ MW}$$

$$G_{AVG1} = 39 \text{ kg/s}$$

$$T_1 = 10 \text{ s}$$

$$T_2 = 5 \text{ s}$$

$$T_3 = 20 \text{ s}$$