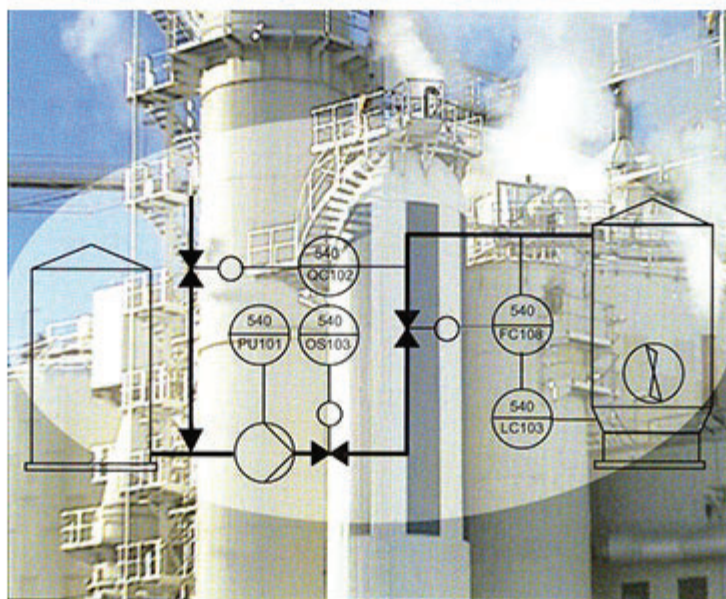


Praktisk ProcessAutomation

Göran Malmberg
Kim Nyborg



GMIR Teknik



Kopieringsförbud!

Kopiering av denna publikation är förbjuden enligt svensk lag.

*Författare: Göran Malmberg (kap. 1, 3, 4, 6, 7, 8, 10, 11)
Kim Nyborg (kap. 2, 5, 9)*

ISBN 91-7322-282-8

Målgrupp

Boken är tänkt att vara såväl en översiktlig som en fördjupande yrkesbok väl lämpad för

- **grundutbildning av operatörer i processindustrin**
- **vidareutbildning av produktionsingenjörer och tekniker**
- **yrkesteknisk högskoleutbildning**
- **gymnasieskolans automationsutbildningar**
- **övrig yrkesutbildning inklusive arbetsmarknadsutbildning**
- **leverantörer av produkter och tjänster till processindustrin**

Förord

Alla typer av industrier blir mer och mer automatiserade och det ökar kraven på att specialister inom styr- och reglerteknik och att de som ansvarar för produktionen följer utvecklingen och fördjupar kunskaperna inom detta område.

Boken behandlar olika mät-, styr- och reglermetoder. Tonvikten är lagd på mätning och reglering i processindustrin. Styrteknik och övervakning är avsnitt som mer översiktligt ger läsaren de grunder som behövs för att förstå och tyda de allt mer komplicerade funktionerna i t.ex. ett förreglingsschema.

Det ställs inga speciella krav på matematik- eller processkunskaper eftersom boken är skriven för att vara lättillgänglig för alla inom målgrupperna.

Göran Malmberg

Kim Nyborg

1. Inledning	9
1.1 Systemfunktioner	9
Produktionsprocesser	9
Processlutenhet	10
Övervakning	11
Sekvensstyrning	12
Förregling (logisk styrning)	12
Reglering	12
Styrsystem (integrerat system)	13
Mät-, styr- och reglerteknikens utveckling	14
1.2 Sammanfattning	15
2. Processbeskrivningar	17
2.1 Scheman	17
Översiktsbilder	17
Förbindningsschema (blockschema)	18
Flödesschema	21
Instrumentkretsnummer	22
2.2 Instrumentsymboler	24
Instrumentsymbolens uppbyggnad	24
2.3 Sammanfattning	29
3. Reglerkretsens uppbyggnad	31
3.1 Processen	33
3.2 Mätgivaren	37
Ärvärde	37
3.3 Regulator	38
Börvärde	38
Styrsignal och styrstorhet	38
3.4 Styrdon	39
3.5 Reglerkretsen	40
3.6 Sammanfattning	41
4. Reglersystemets egenskaper	43
4.1 Processtyper	43
4.2 Stegsvarsanalys	45
Process med en tidskonstant	49
Process med flera tidskonstanter	51
Processer med integration	52
Dödtid	54
Processförstärkning	56
Linjär och olinjär	58
4.3 Störningar	61
4.4 Stabilitet	62
Snabbhet	63
Insvängningstid	63
4.5 Sammanfattning	64

5. Mätteknik	65
5.1 Mätgivare	65
Varför mätning?	65
Benämningar och begrepp	66
Egenskaper hos mätgivare	66
Den ideala mätningen	66
Upplösning	68
Kalibrering	68
Dynamiska egenskaper	70
5.2 Mätprinciper	72
Tryck	72
Vad är tryck?	72
Hur mäter man tryck i processen?	73
Direkta tryckelement	73
Trådtöjningsgivare	74
Piezoresistiva givare	74
Kapacitiv mätgivare	75
Nivåmätning	76
Hydrostatisk mätning	76
Ultraljudsmätning	79
Joniserande strålningsmätning (radioaktiva mätgivare)	80
Flödesmätning	82
Volymmätning	82
Strypmätning	83
Induktiv flödesmätning	85
Virvelmätning	86
Coriolismätare	87
Akustiskt mätning	87
Löptid	88
Doppler flödesmätaren	89
Öppna mätrännor	89
Skibord	90
Mätrännor	90
Temperatur PT100	91
Temperatur termoelement	92
Olika utsignal	93
Termistorer	93
Strålningspyrometer	94
Koncentration	95
Skärkraftsmätgivare	95
Optisk mätgivare	97
Densitetsmätning – radiometrisk mätning	98
Densitetsmätning – differenstryckmätning	99
pH – vad är pH?	100
Ledningsförmåga (konduktivitetsmätning)	103
5.3 Sammanfattning	106

6. Reglerfunktioner	107
6.1 Diskontinuerlig reglering	109
Exempel rumsuppvärmning	110
6.2 Kontinuerlig reglering	112
Återkoppling	115
6.3 P-reglering	118
Fördjupning: Stegsvär P-regulator	124
Anmärkning ($PB\% - K_c$)	125
Sammanfattning: P-reglering	126
6.4 PI-reglering	127
Fördjupning: Stegsvär PI-regulator	130
Sammanfattning PI-reglering	132
6.5 PID-reglering	133
Fördjupning: Stegsvär PID-regulator	139
Sammanfattning av PID-reglering	147
Fördjupning:	148
Analog/digital reglering	148
Samplingstid	149
Vikning	150
6.6 Regulatorinställning	151
Olika mål	151
Vad är då det bästa möjliga reglerresultat?	151
Att tänka på vid regulatoroptimering:	153
Inställningsmetoder	154
”Gissa och prova”-metoden	154
Fördjupning:	157
Ziegler & Nichols självsvängningsmetod	157
Lambda-metoden	158
Lambda-optimering av självreglerande processer	159
Lambdaval	161
Uppföljning/verifiering	163
Felmätning av T , L och K_p	163
Lambda-optimering av integrerande processer	163
Genomförande av stegsvär	163
Lambdaval	165
Uppföljning/verifiering	167
6.7 PID-reglering av dödtidsprocesser	168
Vad kan vi göra åt detta?	168
Verifiering/resultat:	169
Alternativ	169
6.8 Parameterstyrning	171
6.9 Adaptiv regulator	173
6.10 Autotuner	175
Automatisk funktion för beräkning av PID-värden	175
6.11 Sammanfattning	177
7. Styrdon	179
7.1 Ställdon/manöverdon	181
Ställkrafter	181
Pneumatiska (luftdrivna) ställdon	181
7.2 Ventillägesställare/positioner	183

7.3 Ventiler	184
Ventilkapacitet (K_v -värde)	186
Kavitation och flashing	190
Sätesventil	191
Kulventil (kulsektorventil)	194
Vridspjällsventil	195
Hysteres i form av glapp och friktion	196
7.4 Varvtalsreglering	197
7.5 Sammanfattning	200
8. Reglersystem	201
8.1 Framkoppling	203
8.2 Kaskadreglering	205
Regulatorernas PID-värden	206
8.3 Kvotreglering	208
Regulatorernas PID-värden	210
8.4 Interaktion	213
8.5 Sammanfattning	215
9. Logiska styrsystem	217
9.1 Styrsystem	218
9.2 Logiska styrsystem	219
9.3 Datorbaserad styrning	221
9.4 Programmerbar logik	224
9.5 Logiska funktioner	226
<i>Fördjupning:</i>	230
<i>Mera om logiska funktioner</i>	230
9.6 Förreglingsschema	232
9.7 Symboler i förreglingsschema	233
9.8 Sekvensstyrning	236
Funktionsdiagram för hisstyrning	237
9.9 Sammanfattning	239
10. Informations- och automationssystem	241
10.1 Inledning	241
10.2 Styrsystemnivåer	243
10.3 Distribuerad styrning	246
10.4 Integrerad information	247
10.5 Sammanfattning	249
11. Bra att lägga på minnet!	251
Referensböcker och artiklar	257
Produktblad och webben	257
Sakregister	259
Författarna till denna bok	263

1. Inledning

Mål

- att ge en sammanfattning av olika systemfunktioner som ingår i utrustningar för automation.
- att peka på anledningen till ständig utbyggnad av den reglertekniska utrustningen.

1.1 Systemfunktioner

För att få en jämn kvalitet på slutprodukten måste processerna i tillverkningskedjan vara stabila och uppfylla de olika krav och förutsättningar som ställs från myndigheter, driftsledning och kund.

Produktionsprocesser

I processerna sker transport och behandling av material kombinerat med energiomvandling och energiöverföring, se *fig. 1.1*. Processernas egenskaper är sällan sådana att man spontant får önskade funktioner, prestanda och toleranser. De måste alltså styras på något sätt (automationssystemens informationsflöde utgörs av många el- och instrumentsignaler), så att rätt mängd kommer till avsedd plats i rätt tid.

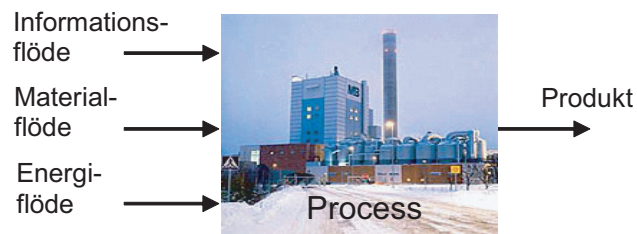


Fig. 1.1 Olika typer av flöden i en processindustri.

Processlutenhet

Systemen har successivt fått allt större slutenhet på grund av en rad samverkande faktorer, såsom krav på inre och yttre miljö samt kostnader för energi och råvaror. Slutenheten har medfört nya kopplingar mellan apparater och processenheter, vilket medför allt mer återcirkulation och påverkan (interaktion) mellan olika reglerkretsar, se *fig. 1.2*. Behovet av mer kvalificerad övervakning, driftsplanering, styrning, reglering och säkerhetsförregling ökar successivt.

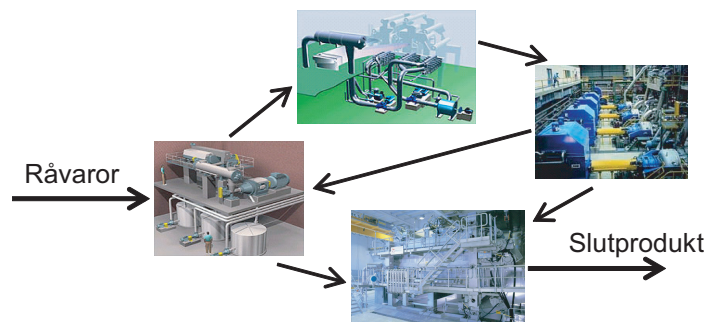


Fig. 1.2 Ökad slutning av processerna ger påverkan mellan apparater och processenheter.

Under senare år har förfinade mätmetoder, regulatorer och datorer övertagit allt större del av den kontinuerliga regleringen, styrningen och övervakningen.

Driftspersonalen samordnar och påverkar reglerutrustningen, så att de olika delprocesserna arbetar enligt fastställda planer. Dessa planer innehåller olika alternativa körsätt beroende på aktuella förhållanden i fabriken, kostnader och kundkrav.

Reglerutrustningen är ett stöd för driftspersonalen. Drifts- och underhållspersonal behövs för att övervaka systemen, ge order om att verkställa produktionsomställningar eller för att under en begränsad tid manuellt styra tillverkningsprocessen. Ökad datorisering ger även möjlighet till simuleringar och hjälp med beslutsfattandet.

Man kan normalt urskilja fyra olika systemfunktioner i ett automationssystem, se *fig. 1.3*

- **Övervakning**
- **Sekvensstyrning**
- **Reglering**
- **Förregling**

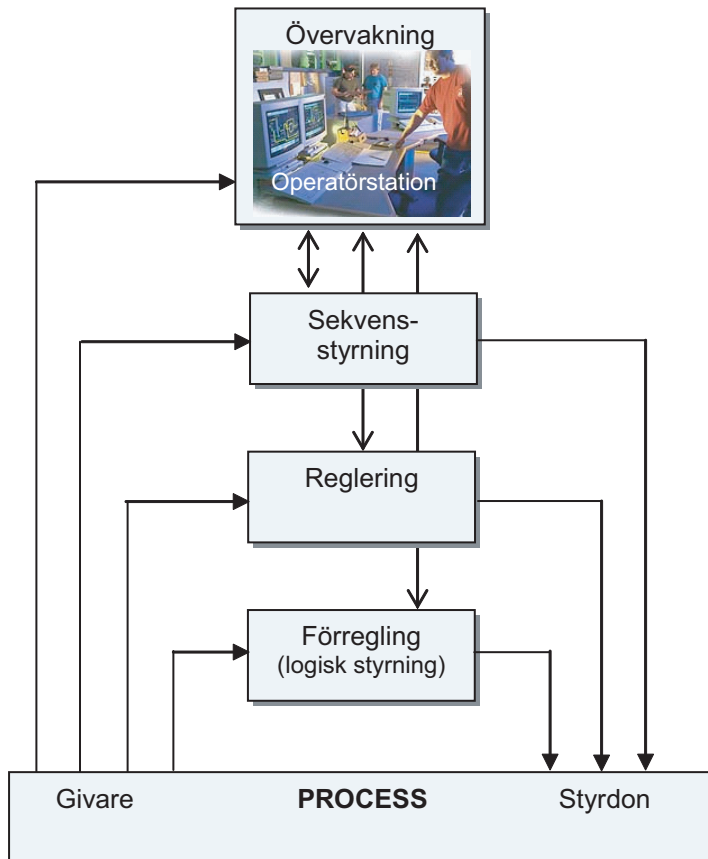


Fig. 1.3 Olika systemfunktioner i ett automationssystem.

Nedan förklaras kort vad som avses med respektive systemfunktion och längre fram i boken kommer vi att behandla respektive avsnitt mer ingående.

Övervakning

Vid operatörens normala arbetsplats skall viktig information presenteras på ett vägledande sätt. Händelser och samband skall lätt kunna tolkas. Nya och historiska driftsvärden ska kunna visas grafiskt och man bör också ha möjlighet att kunna simulera olika

köralternativ före beslut. Det skall även gå att få fram information om affärsrelaterade data samt instruktioner och ritningar för underhåll och anläggning.

Sekvensstyrning

Vissa förlopp i en process följer bestämda mönster gång efter gång. Det går därför att dela in förloppen i olika steg, där en viss händelse skall inträffa, om bestämda villkor är uppfyllda. Ett transportband skall t.ex. alltid starta (**händelse**) om något placeras i början av bandet (**villkor**). Vissa maskiner eller arbetsmoment skall startas i en bestämd ordning allt eftersom t.ex. ett tryck, temperatur, varvtal m.m. uppfylls.

Förregling (logisk styrning)

Vissa logiska kombinationer av signaler (**villkor**) måste vara uppfyllda innan signalen kan passera och påverka ett objekt (t.ex. en pump). Pumpen går t.ex. inte att starta om ventilen efter pumpen är öppen även om startknappen trycks in och tanken är full.

Förreglingarna är till för att skydda personal och utrustning samt för att förhindra att händelser aktiveras om inte rätt förutsättningar finns.

Reglering

Reglerfunktionen försöker hålla processvariabler inom uppsatta mål genom att mäta processens aktuella tillstånd med givare och jämföra detta med referensvärden. Finns det avvikelser skall ny signal beräknas i regulatorn. Denna signal skall därefter skickas till styrdonet (ofta en reglerventil eller motor), så att processen påverkas på ett sätt som gör att avvikelsen snabbt och säkert tas bort utan att omkringliggande delprocesser påverkas negativt.

I dagligt tal är det vanligt att man inom processautomation använder orden ”reglering” och ”styrning” lite slarvigt. Med reglering brukar man vanligen mena konstanthållning av processvariabler, medan man med styrning avser start och stopp av motorer, att öppna och stänga ventiler o.dyl.

Exempel

Anta att vi har ett system som har ventiler, där vissa skall vara öppna och andra vara stängda innan en pump får startas. Att manövrera ventilerna och starta pumpen (för hand eller automatiskt) är **styrning**.

Vi styr flödet en viss väg.

Reglering är att bestämma hur stort flödet genom systemet skall vara t.ex. genom att öppna en reglerventil olika mycket beroende på rådande driftsförhållande och ställda krav.

Vi bestämmer flödets storlek.

Styrsystem (integrerat system)

Vid konstruktion av en mera övergripande systemlösning måste man införa många kontaktpunkter mellan de olika funktionerna, se *fig. 1.4*.

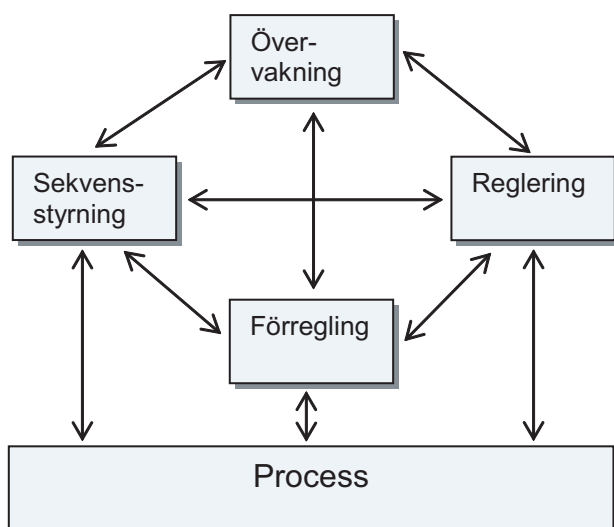


Fig. 1.4 Ett integrerat system med olika funktioner.

Processer har tidigare enbart reglerats, när de löpt stabilt och utan problem. Nu låter man allt oftare automationsutrustningen sköta start, produktionsomställning och stopp av processanläggningarna (gruppstart, sekvensstyrning). Detta medför att de olika systemfunktionerna måste kunna utföras på ett enkelt sätt.

Signalutbytet mellan olika delar ökar vid ökad automatiseringsgrad när komplexa processer ska högautomatiseras. Önskan från processtyrningssidan om en mer sammankopplad (integrerad) reglering och styrning möts av utvecklingen på komponentsidan med datorer och mikroprocessorer med kringutrustning, som ger oss möjlighet att uppfylla denna önskan. I ett och samma automatiseringssystem kan övervakning, sekvensstyrning, förregling och reglering ingå. Det kan vara skilda system och apparater som på ett standardiserat sätt kopplas samman och vars funktioner handhas i olika nivåer av ett och samma övergripande datorsystem.

Funktionsnivåerna bildar tillsammans det kompletta systemet mellan människa och process.

Mät-, styr- och reglerteknikens utveckling

Förenklat så kan den tekniska utvecklingen grovt indelas i vissa tidsepoker.

1940-tal	<i>Instrumenten monterades i direkt anslutning till mätplatsen. Utspridd instrumentering</i>
1950-tal	<i>Instrumenten placerades i många centraler, men fortfarande i nära anslutning till processutrustningen. Bättre totalbild av de olika processtegen</i>
1960-tal	<i>Mätgivarna utvecklades så att även inte elektriska storheter kunde mätas och mätvärdet kunde överföras långa sträckor till centrala kontrollrum. Kontrollrum med stora paneler byggdes upp och från dem kunde man ha en övergripande kontroll av den totala processen.</i>
1970-tal	<i>Instrumenten började bli digitaliserade. Datorer och bildskärmar länkades in i den analoga instrumenteringen.</i>
1980-tal	<i>Operatören baserar sina observationer och beslut på datorinformation, som i mångt och mycket är lika den tidigare analoga informationen.</i>
1990-tal	<i>Processmodeller med möjlighet att simulera olika körstrategier blir tillgängliga liksom datorbaserade träningsprogram.</i>
2000-talets inledning	<i>Total datorisering av all automation där kringutrustning såsom mätgivare och styrdon kopplas via nätverk till fabriksdatasystemet. Driftscentralens personal får hjälp med analys av stora datamängder från fabriken alla hörn för att på bästa sätt kunna fokusera på åtgärder som på kort och lite längre sikt optimerar processens prestanda samt ger underlag för planering av underhållsinsatser.</i>

1.2 Sammanfattning

1. Automationssystemen är uppdelade i olika systemfunktioner såsom övervakning, sekvensstyrning, förregling och reglering.
2. Datorer med sammankopplade (integrerade) system kommer alltmer att ta över de automatiska funktionerna.
3. Driftspersonalen tolkar informationen och påverkar datorerna så att de olika processenheterna arbetar optimalt enligt fastställda planer.

2. Processbeskrivningar

Mål

- att grafisk beskriva en process med tillhörande reglerutrustning och hur instrumentsymboler är uppbyggda

2.1 Scheman

Reglersystem är ofta sammansatta av många olika delar. Det är viktigt att ha bra sätt att beskriva systemen på. Beskrivningarna skall göra det möjligt att överblicka funktionen och tränga in i detaljerna.

Man använder olika typer av bilder (**grafiska representationer**) för detta:

- **översiktsbilder**
- **förbindningsscheman**
- **flödesscheman (P & I-diagram)**

Översiktsbilder och flödesscheman visar processutrustningen och systemets delar: ställdon, givare och regulatorer.

Förbindningschemat visar informationsflödet (signalerna) och systemets reglertekniska funktion.

Översiktsbilder

För att få en överblick av det system som skall regleras är det ofta bra att ha en förenklad skiss av det. En sådan skiss bör visa systemets olika delar (komponenter).

Bilderna ritas så att man lätt kan känna igen och koppla bilden till verkligheten. Det finns inga bestämda regler för hur översiktsbilder skall ritas. Det är dock lätt att hitta i bilder, som är så verklighetstroga som möjligt. Den ritade bilden har tidigare varit det

enda sättet att få en grafisk överblick över processen på fabrikerna men numera när ”bildskärmsstyrning” dominerar, så finns det på många operatörsstationer bra översiktsbilder. Det är däremot vanligt att på förbindningsschemat fortfarande ha en ritad översiktsbild eller del av flödesschema över processen.

Varje fabrik har sin egen praxis och standard hur det skall se ut. För att det skall bli mer effektivt och enhetligt så har man ett symbolbibliotek när man använder CAD-system (Computer Aided Design).

När det gäller översiktsbilder på bildskärmar så har de olika leverantörerna för automationssystem sina egna lösningar, men utvecklingen i dag verkar bli ett bibliotek med olika grafiska objekt där övervakningsbilderna kan byggas utifrån. Det har tidigare varit så att automations- och teknikavdelningarna varit dominerande på ”bildbyggnad” men verktygen för detta har blivit alltmer användarvänliga, vilket har resulterat i att den grafiska bakgrunden, ”statiska bilden”, idag görs i många fall av de operatörer som kör avdelningen.

Förbindningsschema (blockschema)

För en reglertekniker är informationsflödet (signalerna) i ett system det viktigaste. Ett förbindningsschema kan se ut på olika sätt. Det beror på vilken symbolstandard som används och om det är ritat med CAD eller genererat av ett styrsystem. Det beror också på om reglerkretsen är ”lokal” (reglerkretsens alla delar är placerade vid processen) eller om styrsystem är inblandat. Det beror alltså på vad det är man vill visa, så man kan säga att förbindningsschema är ett samlingsbegrepp för att visa reglerkretsars funktion.

Det är vanligt att dokumentera varje enskild reglerkrets för att underlätta underhåll och felsökning. Då talar man om ett ”instrumentkretsschema”, vilket beskriver hur de olika delarna i reglerkretsens signaler är kopplade. Om reglerkretsen styrs i ett styrsystem så kan den själv dokumentera hur den är programmerad. Då får man inte med utrustningen utanför systemet, utan behöver då rita ett schema för att få en helhetsbild över reglerkretsen.

Ett instrumentkretsschema brukar innehålla:

- **Kretsnummer**
- **Dokumentinformation (sidnummer, ritad av, avdelning, etc.)**
- **Översiktsbild på processen**
- **I/O-platser (styrsystemets in- och utgångar)**
- **Korskoppling, kopplingslådor**
- **Symboler för utrustningen i processen**
- **Specifikationer på reglerkretsens delar**
- **Koordinater för placering av reglerkretsens delar**

De två sistnämnda punkterna kan också redovisas separat i en specifikation, där ännu fler detaljer redovisas, såsom mätområde, kalibrering och förrådsinformation.

Om man vill illustrera hur reglersystem är förbundna med varandra och se signalerna i de ingående delarna, så handlar det mer om konstruktions- och projektdokumentation, även om det absolut är en tillgång för felsökning och optimering.

Att dra knivskarpa gränser för hur symbolerna ”skall” se ut för respektive användningsområde är svårt. Det sker en utveckling hela tiden inom teknikområden i allmänhet och informations-tekniken i synnerhet. Man ”lånar” symboler och dess funktion, vilket gör att de är gemensamma för många teknikgrenar. Det finns standarder och rekommendationer för att beskriva signalernas väg och förbindelser i automationen såsom i Svensk Standard (SS-ISO 3511-3, Detaljerade symboler för förbindningsscheman) och Skogsindustrins Teknik (SSG 5271, Symboler för el-, instrument-, styrsystem- och förreglingsschema)

Det finns även en standard ISO 14 617 som ersätter ISO3511, men det finns mycket äldre dokumentation kvar i fabrikerna och blandningar mellan gamla och nya symboler. I regel kompletteras den nya standarden allt eftersom automationen utvecklas.

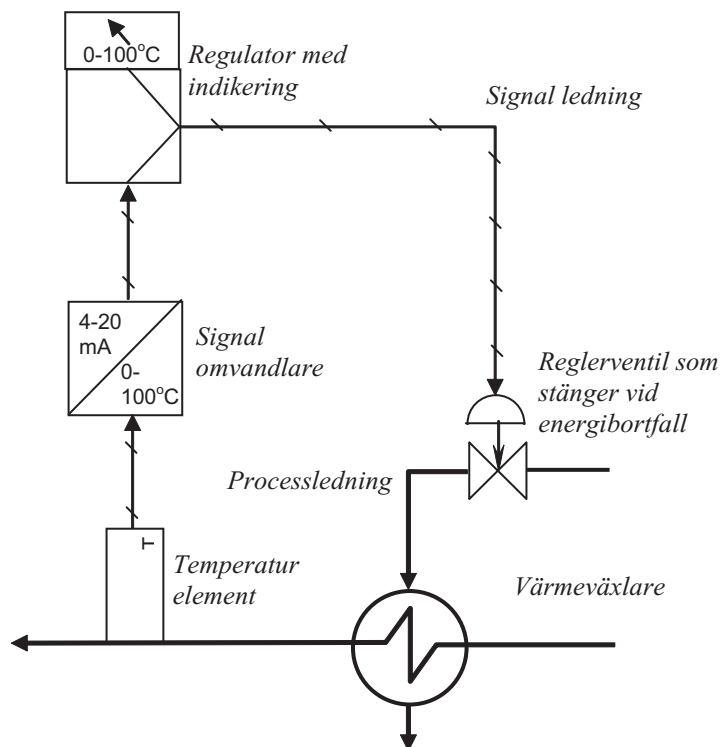


Fig. 2.1 Exempel på förbindningsschema SS ISO 3511-3.

Här i boken används ett förenklat sätt att illustrera den reglertekniska funktionen *fig. 2.2*. I förbindningsschemat *fig. 2.1* så visas mycket information genom att symbolerna betyder och innebär olika saker, men ändå inte allt. Det är ju frestande att försöka skapa en komplett bild över hela automationen i processen, vilket motverkar syftet att skapa en översiktlig och informativ bild av styrningen. Eftersom det blir en ofantlig mängd information, så får man nog dela upp dokumentationen beroende på vilket arbete man skall utföra.

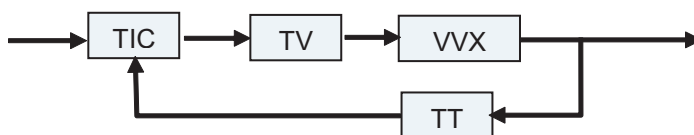


Fig. 2.2 Blockschemata som är ett förenklat förbindningsschema.

Beteckningarna i rutorna kommer vi att ta upp lite längre fram i boken (*tabell 2.1*).

Flödesschema

Flödesschemat är en detaljerad beskrivning av process- och reglerutrustningen. Det brukar ibland kallas för **P & I diagram**. Där står bokstaven **P** för process och **I** för instrument.

Inom de flesta branscher varierar inte fabrikernas processutrustning särskilt mycket: komponenterna är mer eller mindre standard. I sådana fall är det möjligt att införa standardsymboler för olika komponenter (apparater). Symbolerna är ifrån SSG 5270 och SSG 5276. (Skogsindustrins Teknik AB)

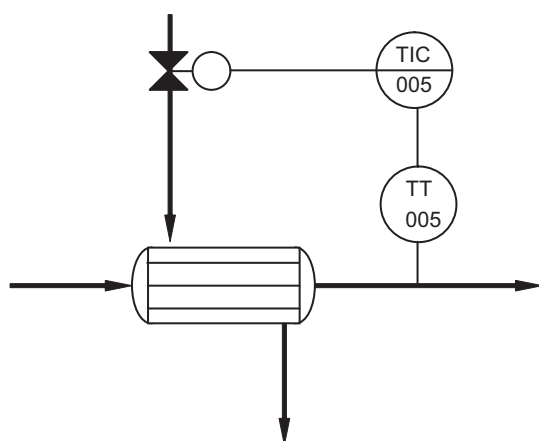


Fig. 2.3 Processflödesschema som visar samma reglerkrets som fig. 2.1–fig. 2.2, men där reglerkretsen och processen visas. Regulatorn TIC är placerad på en central övervakningsplats (manöverrum). Enligt fig. 6.6 så visas en tubvärmewäxlare, vilket symbolen här också gör.

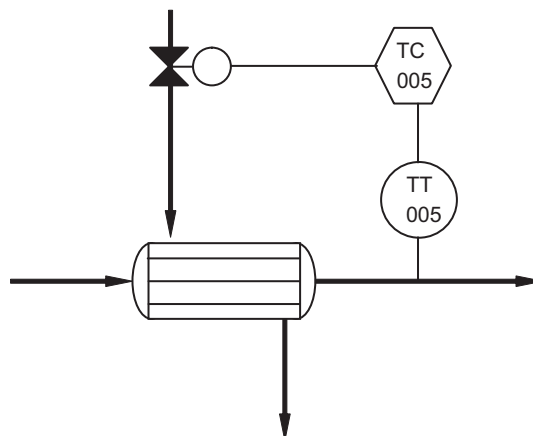


Fig. 2.4 Här är det samma reglerkrets men regulatorn är i ett styrsystem, vilket syns genom att regulatorsymbolen är sexkantig. Numera kan det vara en överflödig information, eftersom de flesta processtyrningar ligger i ett styrsystem.

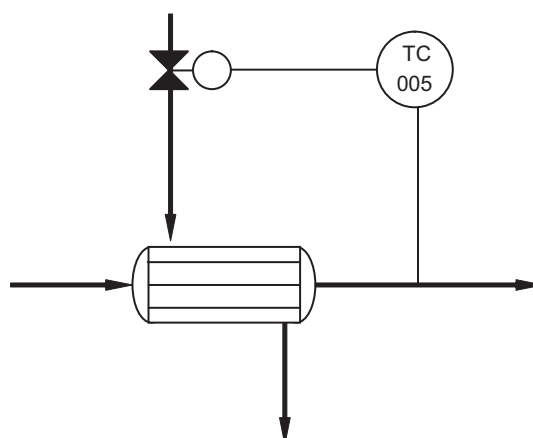


Fig. 2.5 Visar fortfarande samma reglerkrets men här finns inte behovet av att visa styrsystembaserad regulator. Mätgivaren visas inte heller, och det är bara två bokstäver och ett tresiffrigt individnummer. I:et är också borta eftersom alla "regulatorer" indikeras på bildskärmen.

Instrumentkretsnummer

Ett instrumentkretsnummer består av storhets- och funktionsbeteckning, se *tabell 2.1*, samt processavsnittets nummer och ett individnummer för reglerkretsen. Om det är tresiffriga process- och individnummer, så skulle ett instrumentkretsnummer se ut så här: TC 123 005, vilket innebär **T**emperature **C**ontrol (eng), processavsnitt 123 och reglerkretsens individnummer 005.

Antalet siffror i process- eller individnummer kan naturligtvis variera, likaså kan storhets- och funktionsbeteckningen komma efter processavsnittets nummer, 123 TC 005.

Fig. 2.3–fig. 2.5 visar också lite av hur utvecklingen har gått inom automationen. Den tvärgående linjen i regulatorsymbolen visade att regulatören var placerad på ett centralt övervakningsställe, för att sedan visa att regulatören var styrsystembaserad.

Fig. 2.3–fig. 2.5 visar hur temperaturregleringen från *fig. 2.1* ritas enligt en vanlig förekommande standard för processindustrin.

Det finns standardisering bl.a. för processindustrin, kraftindustrin och för VVS-branschen, och det skiljer en del hur symbolerna är uppbyggda och vad de olika bokstavs-beteckningarna betyder.

Det är viktigt att både drifts- och underhållspersonal kan förstå de allt mer komplicerade processerna, eftersom det är med hjälp av flödesscheman, som man diskuterar körsätt, underhåll och förändringar i fabriken.

Symbolerna är avsedda att användas i beskrivningar och förteckningar på flödesscheman, i rörledningsritningar m.m. Symbolerna kan man också använda för att märka delarna i ett blockschema.

Nedan beskrivna regler innehåller standarden (ISO 3511) för processindustrin, som i stora drag överensstämmer med den som rekommenderas för skogsindustrin – SSG5276, som har tagits fram genom Skogsindustriernas Teknik AB.

2.2 Instrumentsymboler

Instrumentsymbolens uppbyggnad

En apparatsymbol består av

- **symbolcirkel**
- **storhetsbeteckning**
- **funktionsbeteckning**
- **individnummer**
- **processavsnittsnummer**
(kan uteslutas, om det är självklart)

Storhet och funktion betecknas med bokstäver enligt *tabell 2.1*, sidan 27, där första bokstaven i den engelska eller svenska benämningen används.

Storhetsbeteckning anger man med en stor bokstav enligt den vänstra kolumnen i *tabell 2.1*. Den storhet, som apparaten styr eller övervakar, såsom tryck (*P*), nivå (*L*), temperatur (*T*), markeras av den första bokstaven i instrumentkretsens namn.

Funktionsbeteckning anger man också med en eller flera stora bokstäver enligt den högra kolumnen i *tabell 2.1*. Det är apparatens funktion man anger, t. ex. regulator (*C*), skrivare (*R*), mätgivare (*T*) etc.

Ibland kan fler funktionsbeteckningar öka förståelsen med t.ex. en extra bokstav eller tilläggsbeteckningar utanför symbolcirkeln, där exempelvis höga eller låga gränsvärden anges. I *fig. 2.6* visas instrumentsymbolens delar.

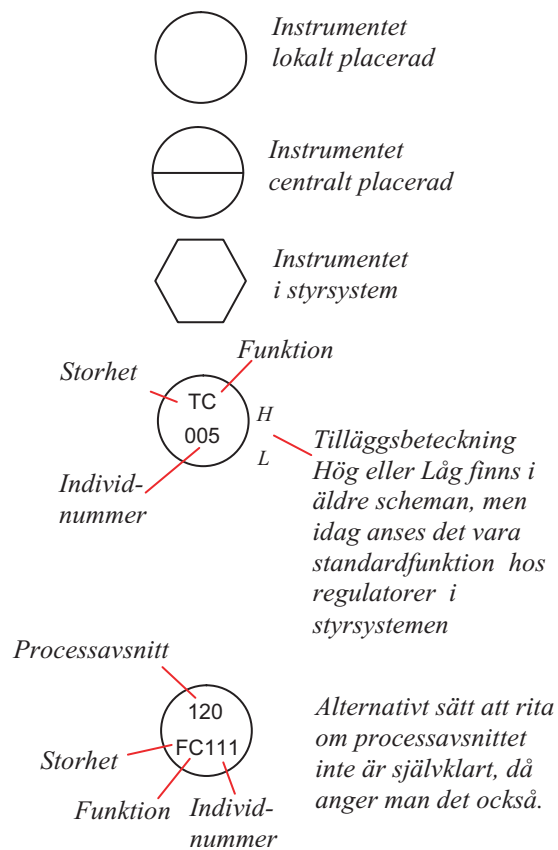


Fig. 2.6 Instrumentsymboler.

Här, *fig. 2.7*, visas betydelserna av de vanligast förekommande beteckningarna i ett flödesschema.

PT 006	P= Tryck T= Mät- och signalomvandlare (givare) 006= Individnummer
SIC 012	S= Hastighet I= Visande C= Reglerande 012= Individnummer
TT 024	T= Temperatur T= Mät- och signalomvandlare (givare) 024= Individnummer
FFC 048	F= Flöde F= Kvot C= Reglerande 048= Individnummer

Fig. 2.7 Exempel på symboluppbyggnad.

Om man skall använda mer än en bokstav för att t. ex. ange flera funktioner, rekommenderas följande bokstavsordning: **I R F C T Q S Z A**.

Tabell 2.1 Vanligt förekommande symbolbeteckningar, för storhet och funktion.

	Storhet Första bokstaven	Funktion och precisering Andra och tredje bokstäverna
A	Analys	Larmfunktion
C	Konduktivitet	Reglerande
D	Densitet	Differens
E	Elektriska storheter	
F	Flöde	Kvot
G	Längd, läge	
H	Manuell påverkan	
I		Indikering
J	Effekt	Avsökande
K	Tid, tids programmerad	
L	Nivå	
M	Fukt, relativ fuktighet	
O	Automatisk drift	Optimering, styrande värde.
P	Tryck, vakuum	
Q	Analys, konc, pH, konduktivitet	Integrerande
R	Radioaktiv	Skrivande
S	Hastighet, frekvens	Kontaktfunktion, (vakt)
T	Temperatur	Transmitter, mätgivare
U	Multivariabel	
V	Viskositet	
W	Vikt, kraft	
X	Övrig signalbehandling	
Y	Eget val	Eget val
Z	Mängd av händelser.	Nödutlösning, säkerhetsfunktion

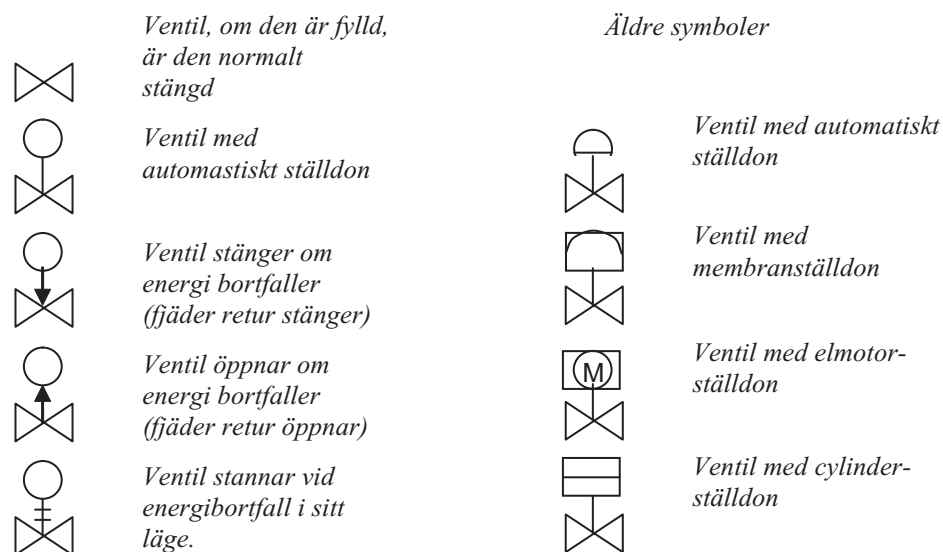


Fig. 2.8 Symboler för ventiler och ställdon.

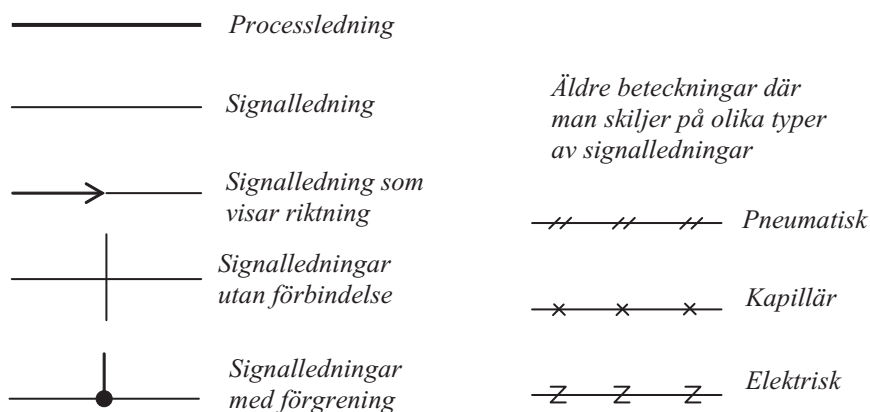


Fig. 2.9 Symboler för ledningar.

I varje bransch så finns det olika symboler för de processutrustningar som är vanliga, så även för massa- och pappersindustrin. SSG 5270 är sådant exempel på standard. I standarden, vid varje symbol, finns det en beteckning som återfinns i ett "bibliotek" för CAD-ritningar.

2.3 Sammanfattning

1. För att grafiskt presentera reglersystem används översiktsbilder, blockschema och flödesschema (P & I-diagram).
2. Blockschema (instrumentkretsschema) brukar illustrera enskilda reglerkretsar och förbindningar mellan objekten och styrsystemet.
3. Det finns olika standarder för att illustrera objekt (apparater) i processen med ett processflödesschema.
4. Instrumentsymboler utgörs av en cirkel med storhetsbeteckning, vanligtvis två bokstäver, och individnummer.
5. Flödesschema är ett viktigt dokument för både process och instrumentavdelningen.

3. Reglerkretsens uppbyggnad

Mål

- att peka på de olika delarna som en reglerkrets består av och som samverkar till hög reglerkvalitet.
- att lära ut grundläggande reglertekniska definitioner:
 - *ärvärde*
 - *börvärde*
 - *styrsignal*
 - *styrstorhet*

I detta kapitel ges en kort inledning till reglertekniken. Ett exempel visar hur en reglerkrets byggs upp och vanliga begrepp som ofta används förklaras.

Den anläggning som man ska kontrollera, består oftast av många delprocesser. Somliga måste man hålla inom väldigt snäva ramar, medan andra kan tillåtas variera rätt mycket. Kravet på reglersystemet är alltså inte lika överallt i anläggningen.

Oftast är det dock så att varje form av avvikelse är av ondo och måste upptäckas så fort som möjligt, lämplig åtgärd beslutas och slutligen skall avvikelsen elimineras rimligt snabbt, *fig. 3.1*.

För att kunna uppfylla de krav som ställs har man tillgång till olika typer av reglerteknisk utrustning.

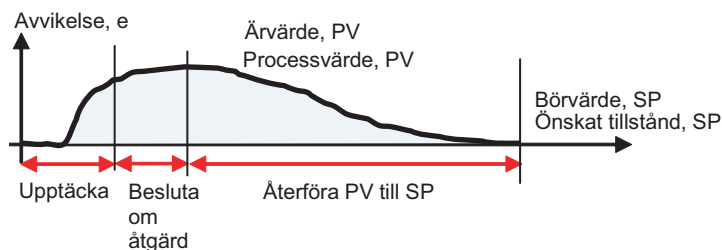


Fig. 3.1 Reglerutrustningen skall upptäcka, besluta om åtgärd och återföra processen till önskat tillstånd då en avvikelse uppstått. Avvikelsen: den färgade ytan mellan processvärde och önskat tillstånd är en förlust av något slag.

Det är viktigt att du i ett så tidigt skede som möjligt lär dig så mycket som möjligt om processen och hur den beter sig vid olika driftsförhållanden och störningar. Ju mer vetskap du har, desto större chans har du att påverka valet av de komponenter, som skall ingå i den slutliga reglerkretsen och hur de skall anslutas, justeras in och hanteras.

En reglerkrets består normalt av fyra delar

- **process**
- **mätgivare**
- **regulator**
- **styrdon**

Var och en av de ingående delarna påverkar den totala noggrannheten och reglersnabbheten. Om någon del förändras som t.ex. beläggning på givare, ändrad rördragning, nya pumpar eller ändrad produktionshastighet, så riskerar man att det ursprungliga målet med reglerkretsen och dess beteende påverkas så mycket att t.ex. stabilitet och noggrannhet äventyras och därmed kvalitén på produkten som lämnar processen, se kapitel 4. Reglersystemets egenskaper.

På något sätt måste vi senare beskriva processens kända egenskaper vid olika driftsförhållanden för automationsutrustningen och vad vi förväntar oss för reglerresultat. Det gör vi genom att först fastställa vilket mål vi vill uppnå med regleringen och även mäta eller på annat vis ta reda på dess reaktion vid störningar. Utifrån detta väljs lämplig reglerstrategi, utrustning och beräkning av inställningar t.ex. för regulatorn, filter och samplingstid (se kapitel 6. Reglerfunktioner).

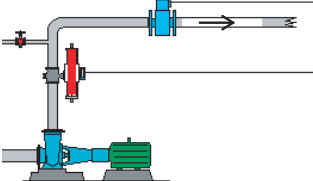
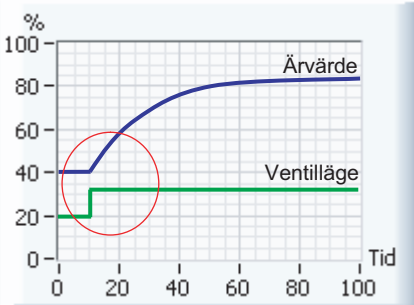
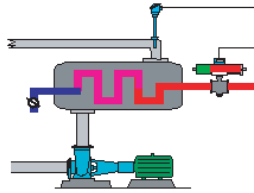
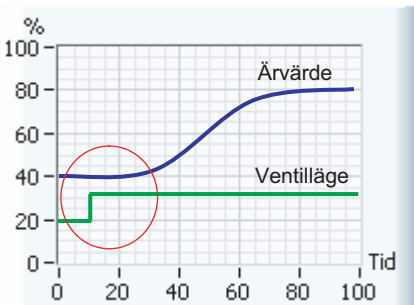
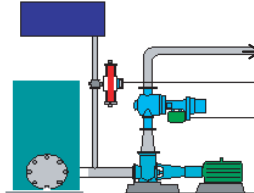
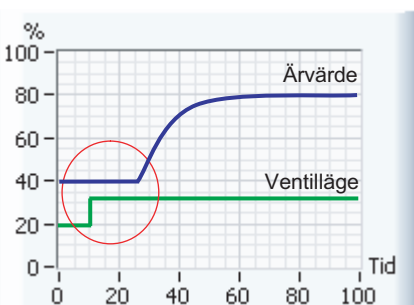
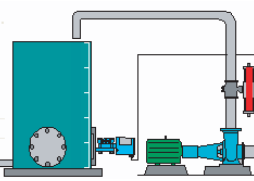
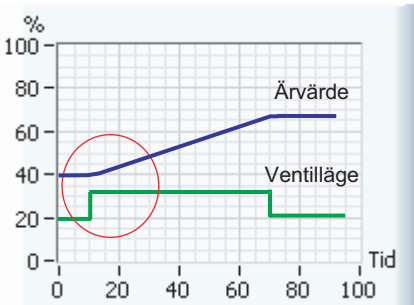
3.1 Processen

Processen är en allmän benämning för den del av anläggningen som skall regleras (hållas i jämvikt), t.ex. temperaturen ut från en värmeväxlare, vattennivån i en tank eller trycket i en ledning.

Det är reglertekniskt lämpligt att försöka dela in processerna i olika grupper (processtyper) efter deras huvudsakliga beteende vid en störning. Vissa är lätta att reglera medan andra är betydligt svårare och behöver mer avancerad instrumentering. Hur reglerbarheten är beror på vad som händer med processen och vilken förmåga mätgivaren har att fånga upp förändringar efter störningar av olika slag. Hur man mäter och analyserar processens beteende (dynamik) beskrivs i kapitel 4. Reglersystemets egenskaper.

I *tabell 3.1* nedan finns en sammanställning över några vanliga processer och motsvarande processtyper.

Tabell 3.1 Sammanställning vanliga processer och processtyper

Process	Processtyp	Beteende efter en störning	Reglerbarhet
Flöde 		Ärvärdet (mätvärdet) ändras omedelbart och snabbast i början för att slutligen ställa in sig på ett nytt stabilt värde, t.ex. flöde	Lätt
Temperatur 		Ärvärdet ändras långsamt i början och ställer sedan in sig på ett nytt stabilt värde, t.ex. temperatur.	Svår
Koncentration 		Ärvärdet ändras inte till att börja med, t.ex. (då något måste förflyttas innan det går att mäta) koncentrationen.	Svårast
Nivå 		Ärvärdet ändras i samma takt hela tiden utan att hamna på ett nytt stabilt värde t.ex. nivån i en tank där in- och utflöde inte är lika.	Lätt

Förutom att fastställa processtypen bör man också undersöka om beteendet är lika vid olika driftsfall t.ex. hög respektive låg produktion, lågt eller högt börvärde och om kringliggande processförändringar inverkar på något sätt.

Om reglerkretsen har ett varierande beteende (dynamik) så blir det ofta svårare att lyckas bra med regleringen och därmed också svårare att uppnå de uppsatta målen. Det kan till och med vara så att en normalt stabil och bra reglering börjar svänga okontrollerat eller svara oförutsägbart på gjorda styringrepp. Man tvingas då koppla från automatiken och köra manuellt tills orsaken har hittats och lämplig åtgärd vidtagits. Har man ofta lika och i förväg kända driftsomställningar bör kanske speciell reglerutrustning eller alternativa inställningar väljas för att undvika dålig reglerprestanda. Vi återkommer till detta senare då olika regulatorer och dess arbets-sätt beskrivs i kapitel 6. Reglerfunktioner

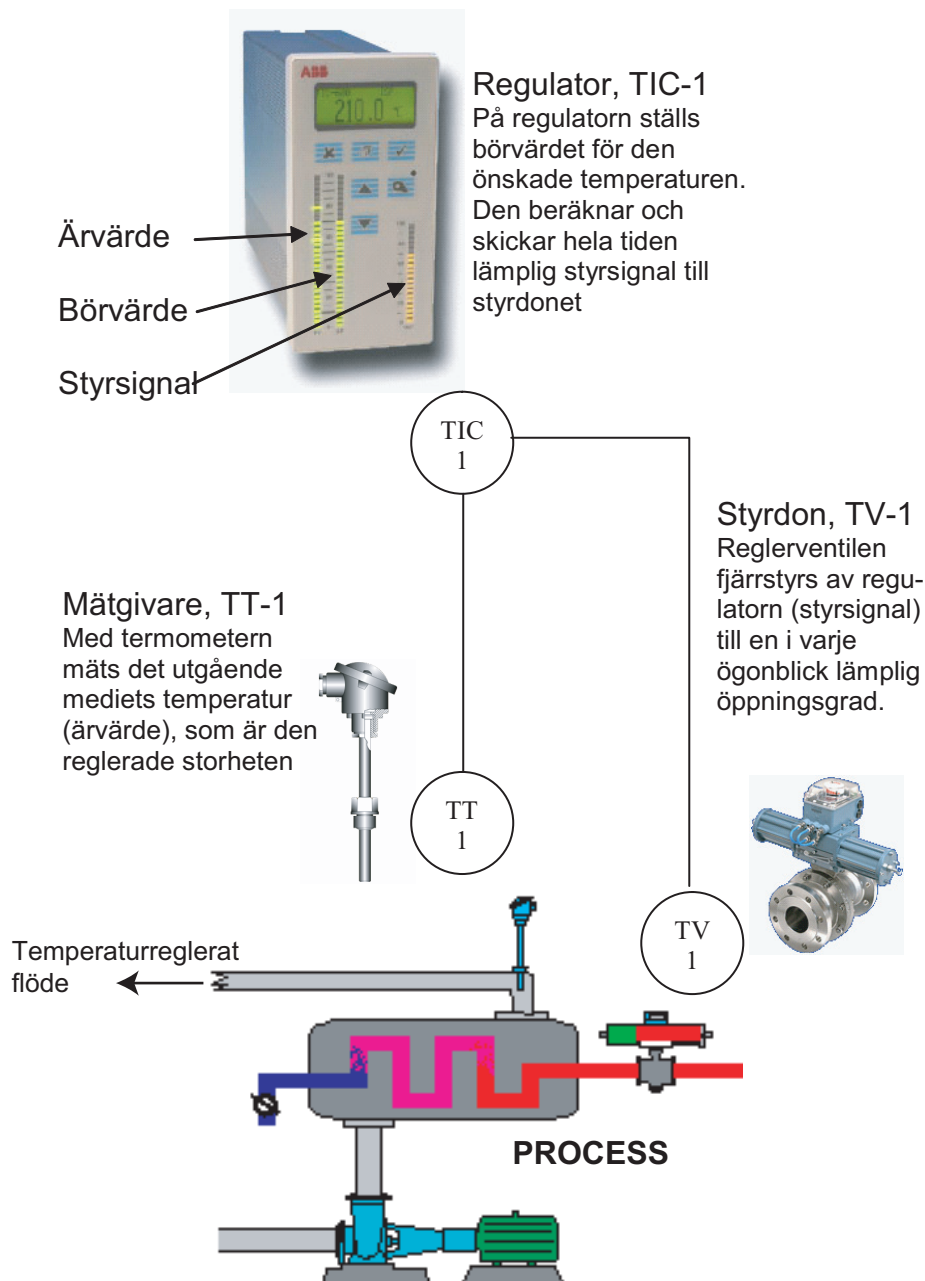


Fig. 3.2 Process med en temperaturreglerkrets för att hålla utgående mediets temperatur på inställt börvärde.

3.2 Mätgivaren

Målet med all reglering är i de allra flesta fall att hålla en fysikalisk storhet konstant eller inom angivna gränser för att säkerställa miljökrav, säkerhet eller önskad produktkvalité.

Ärvärde

I exemplet *fig. 3.2*, sidan 36, är det temperaturen på utgående flöde man vill hålla konstant. Temperaturen blir då den storhet vi reglerar (den reglerade storheten). Det är den vi mäter och dess aktuella värde i varje ögonblick ger oss det som vi benämner ärvärde. Vi betecknar ärvärdet med bokstäverna PV (process value).

Exempel

<i>Temperaturen</i>	<i>67°C</i>
<i>Reglerad storhet</i>	<i>Ärvärde (PV)</i>

Den reglerade storheten mäts med en mätgivare för t.ex. temperatur, tryck, flöde, varvtal, koncentration, nivå.

Mätgivaren är av absolut primär betydelse för att:

- **mätningen är en förutsättning för att lyckas med processautomationen.**
- **givaren är först i informationskedjan och tillförlitlig information är ett krav.**

3.3 Regulator

Börvärde

Det är alltså mätgivaren som vid vissa tidpunkter informerar om det aktuella ärvärdet (PV) ute i processen. Detta kommer efter eventuell signalbehandling till regulatorn där det jämförs med det inställda och önskade värdet, vilket benämns börvärde och som vi kommer att beteckna med bokstäverna SP (set point).

Styrsignal och styrstorhet

Exemplet med värmeväxlaren kan också beskrivas med hjälp av ett blockschema, *fig. 3.3*, där storheter, ingående instrumentering och signalvägar visas.

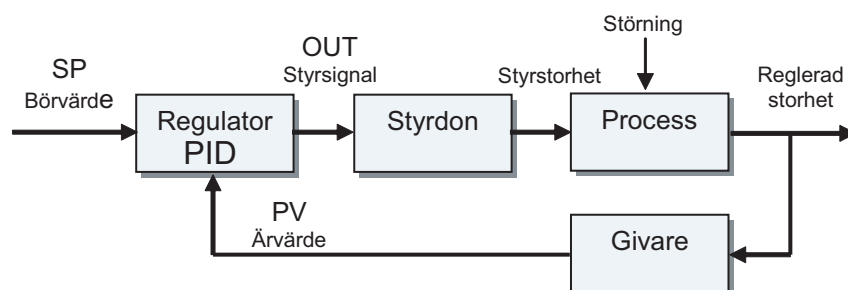


Fig. 3.3 Blockschema över en reglerkrets.

Regulatorns första uppgift är att jämföra bör- och ärvärde ($SP - PV$). Skillnaden mellan dessa bearbetas i regulatorn på det sätt vi har angett genom att man ställer in de för reglerkretsen lämpligaste PID-värdena (se kapitel 6. Reglerfunktioner). Med detta uppnås rätt storlek och hastighet på signalen ut från regulatorn. Ut-signalen från regulatorn kallas för styrsignal och den betecknar vi med *OUT* (output). Den påverkar i sin tur oftast ett styrdon t.ex. reglerventil eller pump som ändrar effekttillförseln till processen. Det som tillförs eller tas bort för att påverka den process som skall regleras kallar vi styrstorhet.

3.4 Styrdon

Styrsignalen kan vanligtvis inte direkt påverka processen. Ytterligare en enhet behövs, och det är styrdonet. Dess uppgift är att ändra energi – alternativt materialflödet till processen så att man kan hålla önskad processtorhet (temperatur, nivå, tryck m.m.) inom fastställda mål. Styrdonet kan t.ex. vara en ventil (vanligast), ett spjäll, en motor eller pump.

Ventilerna för reglering är annorlunda uppbyggda än för avstängning. En reglerventil skall ju steglöst och med hög precision kunna ställa sig i lämpliga öppningslägen, så att flödet påverkas lagom mycket vid olika driftsfall. Resultatet blir då kontrollerat och reglerkretsen uppför sig på ett riktigt sätt.

3.5 Reglerkretsen

Vi har nu kortfattat beskrivit reglerkretsens viktigaste delar *fig. 3.4*. De måste självfallet samverka på ett bra sätt så att man kan uppnå hög reglernoggrannhet och prestanda under varierande driftsbetingelser. Om någon del i den slutna reglerkretsen förändras, kopplas bort eller går sönder kommer naturligtvis den tänkta funktionen att utebli.

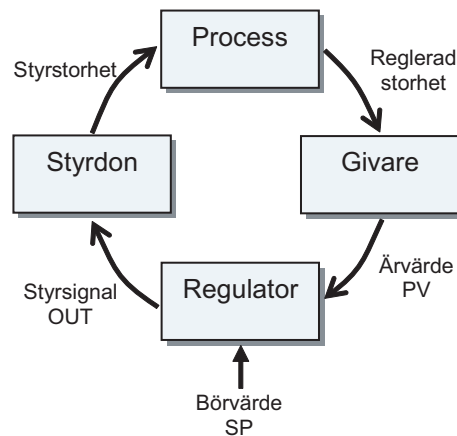


Fig. 3.4 Reglerkretsens olika delar.

I följande kapitel så skall vi studera varje enskild del lite närmare och belysa olika reglertekniska aspekter.

3.6 Sammanfattning

1. Reglerkretsar har olika beteende vid störningar och vi grupperar dem i ett antal processtyper. Vissa reagerar kraftigt och snabbt medan andra är väldigt tröga.
2. Reglerad storhet är den parameter vi önskar kontrollera.
3. Ärvärdet (*PV*) är processens aktuella tillstånd såsom mätgivaren känner av det i varje ögonblick och sedan vidarebefordrar till regulatorn.
4. Börvärdet (*SP*) är det värde på den reglerade storheten man ställer in på regulatorn (processens önskade tillstånd).
5. Regulatorn jämför ärvärdet med börvärdet, beräknar och sänder ut en styrsignal (*OUT*) till styrdonet med lämplig snabbhet.
6. En enkel reglerkrets består av process, mätgivare, regulator och styrdon. Dessa fyra delar måste anpassas till varandra, så att de kan samverka och ge bästa möjliga reglerkvalitet vid olika driftsfall.

Sakregister

A

Adaptiv 108
 Adaptiv regulator 173
 Akustiskt mätning 87
 Amplitud 175
 Analog reglering 148
 Analogt filter 150
 Aspects 247
 Automationsnivåer 242
 Automationssystem 241
 Automatisk funktion för beräkning av PID-värden 175
 Autotuner 175
 A_v -värde 187

B

Beteende 35
 Betjäningsenhet 244
 Bias 125
 Blockschema 18
 Boolesk algebra 230
 Bourdon-rör 73
 Brus 135, 150
 Börvärde 38, 116

C

Coriolismätare 87
 C_v -värde 187
 Cylinderställdon 181

D

Datorbaserad styrning 221
 D-blocket 139
 DCS-system 241
 De Morgans teorem 231
 Densitetsmätning 98
 D-funktion 134
 Differenstryckmätning 99
 Digital reglering 148
 Direkta tryckelement 73
 Diskontinuerlig reglering 109
 Diskontinuerligt 180
 Diskontinuerligt reglersystem 109
 Distribuerad styrning 246
 Distribuerat system 246
 Doppler flödesmätaren 89
 D-tid 134, 139

Dubbelsätig ventil 193
 Dynamik 35, 44
 Dynamiska egenskaper 43, 70
 Dödband 109
 Dödtid 54
 Dödtiden (L) 54
 Dödtidsprocesser 168

E

e (fel) 116
 Egenkaraktistik 184
 Elektriska ställdon 182
 ELLER-funktionen 226
 $e_{\max}$ 151
 Enkelsätig ventil 192
 Exponentiellt förlopp 50
 Externt börvärde 210

F

Felet, e 119
 Felmätning 163
 Filtrera 145
 Fjäderkraft 181
 Flashing 190
 Flödesmätning 82
 Flödesschema 17, 21
 Framkoppling 202, 203
 Friktion 196
 Friktionskraft 181
 Funktionsbeteckning 24
 Funktionsblock 224, 225, 246
 Funktionsdiagram för hisstyrning 237
 Funktionsgraf 224, 225
 Funktionsnivåer 243
 Förbindningsschema 17, 18
 Förregling 12
 Förreglingsschema 232
 Förstärkningen (K_c) 124

G

”Gissa och prova”-metoden 154
 Glapp 59, 196
 G_s ref. 171

H

Hastighetsförstärkning (K_v) 52
 Hastighetsförstärkningen 159

Hjälpenergi 181
Hydrostatisk mätning 76
Hysteres 196
Händelse 12
Högrekventa störningar 61

I

I-block 128
ICKE- funktionen 226
Ideal mätning 66, 67
Ideal struktur 139
In- och utgångskort (I/O) 246
Induktiv flödesmätning 85
Industrial IT 247
Informations- och automationssystem 241
Informationsflöde 9
Inledning 9
Instabilt system 122
Instruktionslista 224
Instruktionslistor 225
Instrumentkretsnummer 22
Instrumentkretsschema 19
Instrumentsymboler 24, 25
Inställningskarta 154
Inställningsmetoder 154
Insvängningskaraktäristik 156
Insvängningstid, (t_s) 63
Integrationstid, (T_i) 131
Integrera 127
Integrerad information 247
Integrerade system 13
Integrerande process 164
Interaktion 10, 213
I-tiden (T_i) 128

J

Joniserande strålningsmätning 80
Jämförare 118

K

K_0 157
Kalibrering 68
Kapacitetsfaktor 184
Kapacitiv mätgivare 75
Karakteristikor 184
Kaskad 202
Kaskadreglering 205
Kavitation 190
 K_c (förstärkning) 119

Kombinatoriska kretsar 229
Kombinatoriskt 236
Koncentration 95
Konduktivitetsmätning 103
Konstantreglerkrets 201
Kontinuerlig 108
Kontinuerlig reglering 112
Kontinuerligt 180
 K_p (processförstärkning) 159
Kulsektorventil 194
Kulventil 194
 K_v 159
Kvot 202, 208
Kvotreglering 208
 K_v -värde 186

L

Lambda-metoden 158
Lambda-optimering 163
Lambda-symbolen 160
Ledningsförmåga 103
Likprocentig karakteristik 186
Linjär 58
Linjärt system 57
Livstidskostnad 199
Logaritmisk 186
Logisk styrning 12
Logiska funktioner 226
Logiska styrsystem 217, 219
Lägesställare 183
Löptid 88

M

Manöverdon 181
Membran 181
Mät-, styr- och reglerteknikens utveckling 14
Mätgivare 65
Mätgivare, benämningar och begrepp 66
Mätgivare, egenskaper 66
Mätgivaren 37
Mätprinciper 72
Mätrännor 90
Mätstorhet 66
Mätteknik 65
Mätvärde 66

N

Nivåmätning 76

O

OCH-funktionen 226
Offset 125
Okänslighet 60
Olinjär 58
Olinjär processförstärkning 59
Omvänt svar 47
Operatörsenhet 244
Operatörsstation 244
Optimering 151
Optisk mätgivare 97
Osymmetrisk process 59
Osymmetriska processer 172
OUT 38, 116
Ovalhjulsmätare 82

P

P & I diagram 17
P+I block 127
Packbox 181, 196
Parallell struktur 141
Parameterstyrning 108, 171
P-blocket 119
pH 100
PID-funktion 112
PID-reglering 133
PID-reglering av dödtidsprocesser 168
PID-regulator, stegsvar 142
PID-värden 153
Piezoresistiva givare 74
PI-reglering 127
PLC 221
Pneumatiska ställdon 181
Positioner 183
P-reglering 118
Primärreglerkrets 206
Process med en tidskonstant 49
Process med flera tidskonstanter 51
Process value (PV) 37
Processbeskrivningar 17
Processen 33
Processenheter 10
Processer med integration 52
Processförstärkning, (K_p) 56
Processförstärkningen 159
Processlutenhet 10
Processtation 244, 246
Processtorhet 39
Processtyper 43

Produktionsprocesser 9
Programmerbar logik 224
Proportionell 118
Proportionellt band 125
PT100 91
PV (ärvärdet) 37, 116
Pådragsdon 179

R

Radioaktiva mätgivare 80
Radiometrisk mätning 98
Reaktionshastighet 44, 49
Reglerad storhet 37, 116
Regleravvikelse (e) 112, 116, 118
Reglerfunktioner 107
Reglering 12
Reglerkretsens uppbyggnad 31
Reglerprinciper 107
Reglerstrategier 201
Reglersystem 201
Reglersystemets egenskaper 43
Reglerventil 39
Regulator 38
Regulatorernas PID-värden 206, 210
Regulatorinställning 151
Regulatoroptimering, att tänka på 153
Relästege 224, 225
Rumsuppvärmning 110

S

S/R-funktionen 229
Samplingstid (T_s) 149, 150
Scheman 17
Sekundärreglerkrets 205
Sekvensstyrning 12, 236
Sekventiella kretsar 229
Sekventiellt 236
Seriell struktur 140
Servo 183
Set point (SP) 38
Självinställande regulator 173
Självreglerande (en tidskonstant) 45
Självreglerande (flera tidskonstanter) 46
Självreglerande med dödtid 46
Skibord 90
Skärkraftsmätgivare 95
Snabbhet 63
Snabböppnande ventiler 186
SP (börvärde) 38, 116

Spindelläge 191
Split-Range 60
Stabilitet 62
Stabilitetsmarginaler 62
Statiska egenskaper 43
Statiska fel på mätgivare 69
Statiskt tryck 198
Stegsvar PID-regulator 139
Stegsvar PI-regulator 130
Stegsvar P-regulator 124
Stegsvarsanalys 45
Stigtiden (t_r) 63
Storhetsbeteckning 24
Strukturerad text 225
Strypflänsmätning. 84
Strypmätning 83
Strypreglering 180
Strålningspyrometer 94
Styrdon 39, 116, 179
Styrsignal 38, 116
Styrstorhet 116, 119
Styrsystem 218
Styrsystemnivåer 243
Ställdon 179, 181
Ställkraft 181
Störning 116
Störningar 61
Symbolbeteckningar 27
Symboler för ledningar 28
Symboler för ventiler och ställdon 28
Symboler i förreglingschema 233
Systemfunktioner 9, 11
Sätesventil 191

T

T_d 139, 144
Temperatur PT100 91
Tendens 134
Termistorer 93
Termoelement 92
Tidsdiskret 148
Tidskonstant (T) 49
Tidskonstant egenskap 152
 t_r (stigtid) 63
Trottelventil 195
Tryck 72
Tryckbalanserad 193
Tryckfall (DP) 197
Tryckmätning i processen 73

Trådtöjningsgivare 74
 t_s (insvängningstid) 151
 T_s (samplingstid) 149
Tvålägesreglering 109

U

Ultraljudsmätning 79
Upplösning 68
Utsignal 93

V

Varvtalsreglering 197
Ventiler 184
Ventilkapacitet 186
Ventilkaraktistikor 184
Ventillägesställare 179, 183
Venturirör 83
Verifiering 163, 167
Vikning 150
Villkor 12
Virvelmätning 86
Volymmätning 82
Vortex shedding 86
Vridspjällsventil 195

Å

Ångbildningstryck 190
Återkoppling 115
Återkopplingsprincipen 152

Ä

Ärvärde (PV) 37, 116

Ö

Önskat värde (SP) 38
Öppna mätrännor 89
Öppningsvinkel 180
Översiktsbilder 17
Övervakning 11

Författarna till denna bok



Foto Pär-Ola Folcker

*Göran Malmberg och
Kim Nyborg*

Göran Malmberg

Efter utbildning inom el/tele, teknisk data och massa/papper följde tio år som instrumentingenjör på pappersbruk och kemiindustri. De senaste tjugo åren har huvuddelen av tiden ägnats åt processautomation i egenskap av lärare/utbildningsledare för utbildningar i styr- och reglerteknik i kurser anordnade av Skogsindustrins Utbildning.

Intresset för datorer och dess möjligheter har medfört att samordning av företagets datordrift har lagts till ansvarsområdet. En senare utbildning inom IT/multimedia har ytterligare förstärkt nyfikenheten på möjligheten att utnyttja datorer inom utbildning, vilket medfört medverkan vid framtagning av datorbaserade övningsprogram och att datakommunikation utnyttjas i olika former vid kontakter med kursdeltagare.

Kim Nyborg

Efter utbildning i automation, styr- och reglerteknik följde några år i livsmedelsindustrin följt av specialkurs inom automation och 9 års anställning på en instrumentavdelning i massa- och pappersindustrin. Under tiden genomfördes Yrkesteknisk Högskola och några uppdrag inom Skogsindustrins Teknik AB inom området regleroptimering. Därefter följde några utbildningsuppdrag för Skogsindustrins Utbildning som ledde till anställning vid företaget. Inriktningen är att utbilda driftpersonalen inom processindustrin på automation så en förståelse för tekniken ökar samt att ge ett underlag för integration och samarbete mellan drift- och underhållsorganisationen för att skapa förutsättningar för processoptimering.

GMIR Teknik

**www.gmir.se
info@gmir.se**