

## Kapittel 3

# Reguleringsutstyr

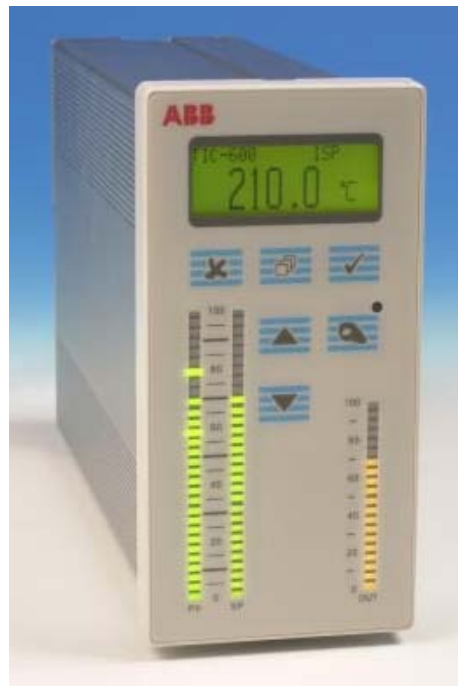
Dette underkapitlet gir en oversikt over forskjellig reguleringsutstyr i form av kommersielle regulatorer og (prosess)styringssystemer og liknende, det vil si det utstyret der regulatorfunksjonene er implementert.

### 3.1 Prosessregulatorer

En *prosessregulator* (eng.: process controller) er en enkeltstående regulerenhet som kan benyttes i én (noen i to) reguleringsløyper. Figur 3.1 viser et eksempel på en prosessregulator (ABBs ECA600). Slike regulatorer realiseres i dag nesten utelukkende ved hjelp av mikroprosessorer, og PID-regulatorfunksjonen er da i form av et program som kjører regelmessig, f.eks. hvert tidels sekund. Tidligere ble regulatorer realisert ved hjelp av analog elektronikk, og enda tidligere med pneumatisk og mekaniske komponenter.

Noen karakteristiske trekk ved prosessregulatorer er:

- Regulatorens frontpanel har søyleindikatorer og/eller tallfelter som viser prosessmålingen (vanlig symbol er PV – Process Value), referansen eller settpunktet (symbol SP – Setpoint), samt pådraget (MV – Manipulating Variable), se figur 3.1.
- Regulatoren har analoge inn- og utganger—målesignaler på inngangene og pådrags- eller styresignaler på utgangene. Inngangssignalet er spenning- eller strømsignaler, mens utgangssignalet vanligvis er et strømsignal. Strømsignaler er vanligvis å foretrekke. Grunnene er:



Figur 3.1: En prosessregulator (ABBs ECA600)

- Et strømsignal er mer robust overfor elektrisk støy.
- Med lange ledninger kan spenningen falle mye på grunn av spenningsstapet i ledningen.
- Dersom strømsignalet blir 0 mA, vet vi med sikkerhet at det har skjedd et ledningsbrudd.

Standard strømområde er 4–20 mA (også 0–20 mA benyttes), mens det fins diverse standard spenningsområder, bl.a. 1–5 V.<sup>1</sup> Innenfor disse spennings- og strømområdene representeres gjerne signalene som tallverdier i prosent.

De viktigste grunnene til at nedre signalnivået er 4 mA og ikke 0 mA, er at faren for at det egentlige målesignalet drukner i støy reduseres (signal/støy-forholdet sikres) og “grunnsignalet” kan brukes som energikilde.

- I tillegg til de analoge inn- og utgangene har regulatoren digitale innganger slik at regulatoren kan registrere signaler fra for eksempel endebrytere, trykknapper, m.m., og digitale utganger som kan brukes til av/på-styring (logisk styring) av lamper, reléer, motorer, m.m.

<sup>1</sup> 4–20 mA “transformeres” til 1–5 V ved hjelp av en motstand på 250 ohm.

- Regulatoren har også gjerne porter for kommunikasjon med en datamaskin eller andre regulatorer.
- Regulatoren kan programmeres fra et panel på fronten eller på boksens side eller fra en datamaskin (PC). Programmeringen kan dreie seg kople opp og kombinere funksjonsmoduler, for eksempel å kombinere en PID-regulator med et filter.
- En av funksjonsmodulene er PID-regulatoren. Parametrene er da bl.a.  $K_p$ ,  $T_i$  og  $T_d$ . Noen regulatorer ikke innstillingsmulighet for  $K_p$  direkte, men i stedet proporsjonalbåndet, PB, jf. kap. 2.6.4.
- Andre funksjonsmoduler gjelder logiske funksjoner, som AND, OR, R/S-vippe, m.m., og aritmetiske funksjoner, som addisjon, multiplikasjon, kvadratrotberegning, m.m.
- I tillegg til vanlig PID-regulering kan regulatoren realisere mer avanserte metoder, som foroverkopling, parameterstyrt PID-regulering (gain scheduling), kaskaderegulering og forholdsregulering.
- Operatøren kan stille inn referansen eller settpunktet internt (lokalt) på regulatoren (eng.: local setpoint). Det er også muligheter for å bruke en ekstern referanse (remote setpoint), som kan komme fra en overordnet datamaskin eller en annen regulator (for eksempel ved kaskaderegulering) eller et måleelement (for eksempel ved forholdsregulering).
- Operatøren kan overta med manuell styring av pådraget, det vil si at den automatiske reguleringen koples ut og regulatoren settes i manuell modus. Det er aktuelt for eksempel ved utstyrsfeil eller ved ny konfigurering. I automatisk modus beregnes pådraget i henhold til regulatorfunksjonen.
- Mange regulatorer har mulighet for auto-tuning, som innebærer at regulatoren på operatørens kommando beregner og stiller inn regulatorparametrene slik at de passer til den prosessen som skal reguleres. En (enda) mer avansert løsning er en adaptiv regulatorfunksjon. Regulatoren beregner da hele tiden (on-line) passende regulatorparametre for PID-regulatoren.
- Alarmgrenser kan settes av operatøren slik at for eksempel et lyssignal tennes hvis en måling blir større enn (eller mindre enn) alarmgrensen.

Figur 3.2 viser utsnitt av databladet for ECA600-regulatoren vist i figur 3.1.

|                                        |                                                                                  |                                      |                                                                                                                                |
|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Controller</b>                      |                                                                                  | <b>Digital Inputs</b>                |                                                                                                                                |
| Control functions                      | P, PD, PI, PID, pPI                                                              | Type                                 | 24 V DC, common digital input ground, current sink, opto-isolated.                                                             |
| Gain                                   | 0.01–99.99                                                                       | Voltage                              | Max. 35 V, min. -0.5 V.                                                                                                        |
| Integral time                          | 0.1–9999.9 seconds                                                               | Logic levels                         | 0 < 3 V (IEC 1131-2, type 1)<br>1 > 15 V (IEC 1131-2, type 1).                                                                 |
| Derivative time                        | 0.0–9999.9 seconds                                                               | <b>Digital Outputs</b>               |                                                                                                                                |
| Control action                         | Direct, reversed                                                                 | Type                                 | 24 VDC, current source.                                                                                                        |
| Set point                              | Internal, external, ramp                                                         | Load current                         | Max. 250 mA per output, max. 500 mA total.                                                                                     |
| Control output                         | Analogue, pulse                                                                  | Short-circuit current                | Max. 500 mA transient current during 1 $\mu$ s.                                                                                |
| Alarms                                 | Process value, deviation.                                                        | <b>Power supply</b>                  |                                                                                                                                |
| Sample time                            | 30–500 ms                                                                        | AC                                   | 115/230 V AC $\pm$ 10%, 50–60 Hz, 20 VA or<br>19 V AC $\pm$ 10%, 50–60 Hz, 1 A.                                                |
| <b>Analogue Inputs</b>                 |                                                                                  | DC                                   | 24 V DC $\pm$ 10%                                                                                                              |
| Input ranges                           | 0–20 mA, 4–20 mA, 0–5 V, 1–5 V, 0–10 V, 2–10 V.                                  | Protection                           | Secondary side of transformer and direct supply fused via thermo type fuse.                                                    |
| Input types                            | Differential or single ended (jumper selectable).                                | Transmitter                          | Max. 24 V DC/150 mA.                                                                                                           |
| Input impedance                        | Current 250 $\Omega$<br>Voltage 200 k $\Omega$                                   | <b>Environmental specifications</b>  |                                                                                                                                |
| Alarm function for out-of-range signal | Yes, for 4–20 mA, 1–5 V and 2–10 V, when the signal drops below the lower limit. | Operating temperature                | +5 to +55°C (IEC 68-2-1/2).                                                                                                    |
| Functions                              | First-order software filter, linear / square root.                               | Non-operating temperature            | -25 to +70°C (IEC 68-2-1/2).                                                                                                   |
| Resolution                             | 12 bits                                                                          | Non-operating damp heat steady state | 93% relative humidity at +40°C (IEC 68-2-3).                                                                                   |
| Inaccuracy                             | Max. $\pm$ 0.2% of FS within 5–55°C.                                             | Protection class                     | IP20 generally.<br>IP65 for front.<br>IP65 for front against IP65 compliant panel with panel mounting kit.                     |
| Temperature stability                  | 0.01% FS per °C within 5–55°C.                                                   | <b>Electrical environment</b>        |                                                                                                                                |
| <b>Analogue Outputs</b>                |                                                                                  | Order codes                          | Fulfills ElectroMagnetic Compatibility, EMC, directive 89/336/EEC<br>ECA 06-0000<br>ECA 60-0000<br>ECA 600-0000<br>EMA 60-0000 |
| Output ranges                          | 0–20 mA, 4–20 mA.                                                                |                                      |                                                                                                                                |
| Type                                   | Current source                                                                   |                                      |                                                                                                                                |
| Max. output current                    | 22 mA                                                                            |                                      |                                                                                                                                |
| Load resistance on current output      | Max. 650 $\Omega$                                                                |                                      |                                                                                                                                |
| Short circuit protection               | Yes                                                                              |                                      |                                                                                                                                |
| Resolution                             | 12 bits                                                                          |                                      |                                                                                                                                |
| Output signal break detection          | Yes                                                                              |                                      |                                                                                                                                |
| Inaccuracy                             | Max. $\pm$ 0.2% of FS within 0–50°C.                                             |                                      |                                                                                                                                |
| <b>Communication</b>                   |                                                                                  |                                      |                                                                                                                                |

Figur 3.2: Utsnitt av databladet for ECA600-regulatoren vist i figur 3.1.

## 3.2 PLS'er og liknende

PLS'er er mye brukt i industriell automatisering. Figur 3.3 viser et PLS-system (Mitsubishi FX2N). PLS står for Programmerbar Logisk Styring. PLS-systemer er modulære systemer for logisk (binær) og sekvensiell styring av ventiler, motorer, lamper m.m., og dagens PLS-systemene har dessuten mulighet for PID-regulering. PID-funksjonsblokker inngår da i PLS'ens funksjonsbibliotek. Programutviklingen foregår gjerne på en PC' og det ferdige programmet lastes deretter ned til CPU-kortet i PLS-utstyret, der det kjører uavhengig av PC'en.

Figur 3.4 viser National Instruments' Compact FieldPoint, som også er et modulært system for bl.a. logisk og sekvensiell styring og kontinuerlig PID-regulering og som kan betraktes som et alternativ til PLS'er. Automatiseringsprogrammet utvikles (i LabVIEW) på en PC og lastes



Figur 3.3: PLS-system som har innebygde funksjonsblokker (i programvaren) for PID-regulering i tillegg til funksjonsblokkene for logisk og sekvensiell styring. (Mitsubishi FX2N)

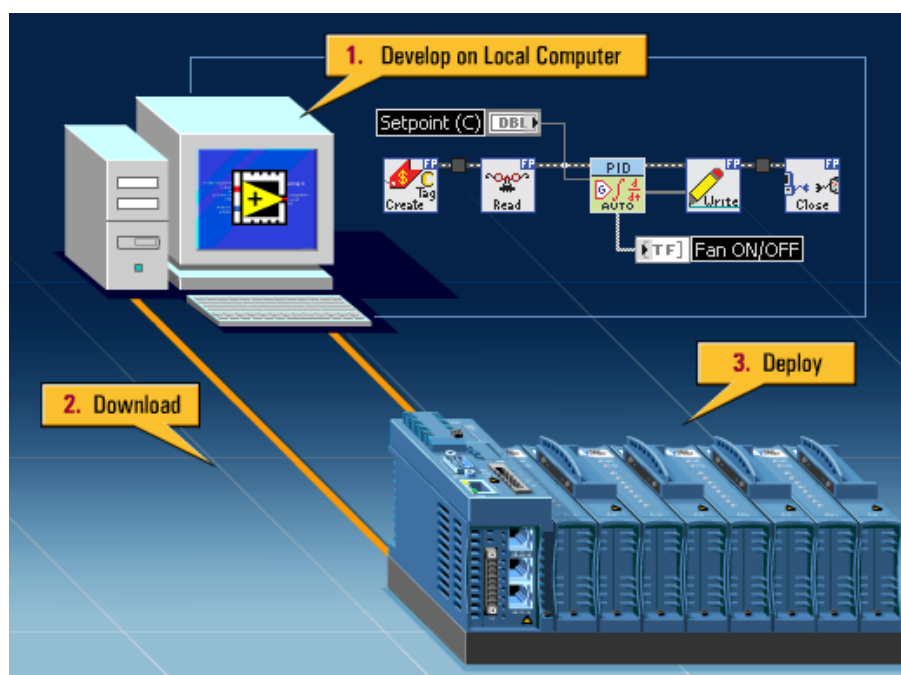
deretter ned til FieldPoint-utstyret, der det kan kjøre uavhengig av PC'en.

### 3.3 SCADA-systemer og DSC-systemer

SCADA-systemer er automatiseringssystemer (SCADA = Supervisory Control and Data Aquisition) der gjerne PC'er brukes til overordnet styring og overvåking, mens selve reguleringen (inkl. pådragsberegningen) foregår i underliggende eller lokale PLS'er eller annet reguleringsutstyr. På denne måten er disse styringssystemene distribuerte. Figur 3.5 viser et eksempel på et SCADA-system (FIX, Novotek). Figur 3.6 viser et typisk skjermbilde på en PC i et SCADA-system (Intellution iFIX, Novotek).

Her er noen karakteristiske trekk ved PC-baserte styringssystemer:

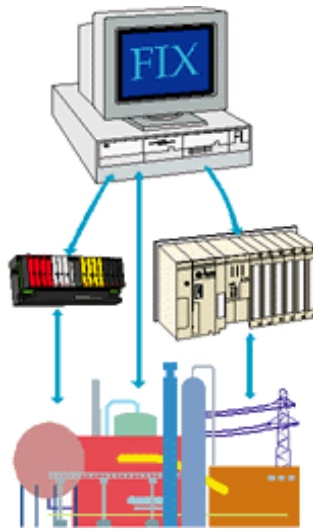
- Noen styringssystemer har en rekke funksjonsmoduler innlagt, for eksempel PID-regulator, filter, aritmetiske funksjoner. Men i praksis vil det være det lokale reguleringsutstyret (oftest PLSen) som bestemmer hvilke funksjoner som kan brukes; Det er ikke vanlig at selve PCen (dens mikroprosessor) utfører pådragsberegningene. Prosesstyringssystemene beskrevet foran gir således større muligheter for implementering av spesielle/avanserte reguleringsfunksjoner eller reguleringsstrukturer.



Figur 3.4: Automatiseringsprogrammet, som kan inneholde bl.a. en PID-regulator, utvikles (i LabVIEW) på en PC og lastes deretter ned til automatiseringsutstyret der det kjører uavhengig av PC'en. (National Instruments' Compact FieldPoint)

- Brukeren kan selv bygge opp skjermbildene som kan bestå av prosessbilder med tanker, beholdere, ventiler, o.s.v., samt instrumenpaneler, alarmindikatorer (for eksempel for høyt nivået i en tank) og bilder for plotting av data (for eksempel tidsforløpet av nivået i en tank).
- De enkelte PCene kan kommunisere med andre PCer og andre typer datamaskiner via standard-kommunikasjonsnett som Ethernet, DECnet, m.m.
- Styringssystemet har driverrutiner (-programmer) for PLS-systemer, I/O-systemer (systemer for analog og digital Input/Output) og instrumentsystemer fra mange forskjellige leverandører (antall drivere kan være langt over 100).
- Data kan utveksles i sanntid (on-line) med andre programmer. De siste årene har OPC (OLE for Process Control)<sup>2</sup> blitt en viktig

<sup>2</sup>OLE = Object Linking and Embedding, som er teknologi utviklet av Microsoft for deling objekter og data mellom applikasjoner



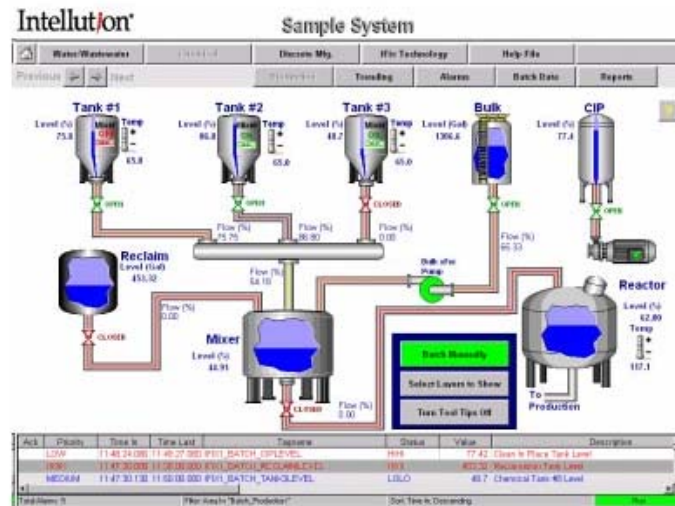
Figur 3.5: SCADA-system (FIX, Novotek)

standard for dette.

*DCS-systemer* (Distributed Control Systems) likner på SCADA-systemer ved at selve styringsutstyret er distribuert (ikke sentralisert) ut i prosessanlegget. Spesielle prosesstasjoner – ikke standard PLS'er eller prosessregulatorer – utfører selve reguleringen. Disse er gjerne montert i spesielle skap nær prosessen. Fra operatørstasjoner, som gjerne er samlet i kontrollrom, se figur 3.7, kan hele prosessanlegget styres og overvåkes.

### 3.4 Innebygde regulatorer i motorer o.l.

Produsenter av såvel elektriske som hydrauliske servomotorer leverer også regulatorer for motorene. Regulatorene er vanligvis innebygget i motorens driversystem, som er en separat fysisk enhet i forhold til motoren. Regulatorene utfører hastighetsregulering (turtallsregulering) eller posisjonsregulering. Figur 3.8 som eksempel en servoforsterker for en likestrømsmotor. Servoforsterkeren har en innebygd PI-regulator, som brukeren kan stille inn via skruer på forsterkerkortet.

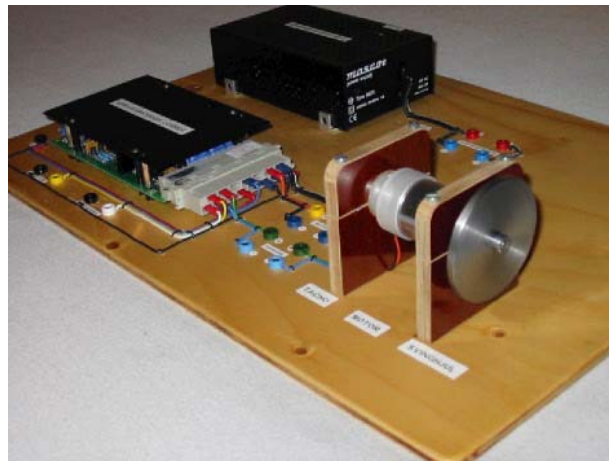


Figur 3.6: Et typisk skjermbilde på en overordnet PC i et SCADA-system (Intellution iFIX, Novotek)



Figur 3.7: Kontrollrom i distribuert styringssystem





Figur 3.8: Likestrømsmotor med servoforsterker (rett bak motoren) som inneholder bl.a. en PI-regulator