

Indregulering af PI(D) regulator i en NBE pillebrænder.

I praksis er opvarmningsprocessen i en centralvarmekedel så langsom at D-leddet i en PID-regulator ikke giver nogen mening, derfor tager denne vejledning udgangspunkt i en PI-regulator (D-gain = 0)

P-leddet giver en udgangsandel der er **P**roportional med forskellen mellem setpunktet og aktuel værdien, og selve andelen fås ved at gange forskellen med **P**-faktor (**P**-gain) som er den værdi for **P** man kan justere i styringen.

I-leddet giver en udgangsandel der er en **I**ntegration af forskellen mellem setpunktet og aktuel værdien over tid, og selve andelen fås ved at gange forskellen med **I**-faktor (**I**-gain) som er den værdi for **I** man kan justere i styringen.

Simpelt forklaret er formlen:

Udgang = **P**-andel + **I**-andel, hvor...

P-andel = (setpunkt - aktuel værdi) * **P**-faktor

I-andel = **I**-andel + ((setpunkt - aktuel værdi) * **I**-faktor)

P-andelen udregnes konstant hvorimod **I**-andelen udregnes med bestemte mellemrum (**I**-tid). Det medfører at **P**-andelen hele tiden ændrer sig med forskellen og er 0 når setpunktet er opnået, positiv når setpunktet er over aktuel værdi og negativ når setpunktet er under aktuel værdi. Samtidig ændrer **I**-andelen sig kun når der er forskel på setpunkt og aktuel værdi, sådan at den stiger hver **I**-tid når setpunktet er over aktuel værdi og falder hver **I**-tid når setpunktet er under aktuel værdi.

Når setpunktet er lig med aktuel værdi fastholder **I**-leddet altså sin størrelse, og er at betragte som "hukommelsen" i reguleringen.

Ideen er så at **I**-leddet skal have den størrelse der netop er nødvendig for at opretholde den korrekte temperatur, og stille og roligt tilpasse sig til ændrede forhold (vekslende varmebehov). **P**-leddet skal reagere hurtigt når der er uoverensstemmelser mellem setpunkt og aktuel værdi, og sørge for at justere effekten op/ned mens **I**-leddet stille og roligt kommer på plads igen.

Kunsten i at indregulere en PI-regulator er at få **P**-leddet til at give tilstrækkelig effekt til at flytte temperaturen hurtigt, uden at det bliver for meget, samtidig med at **I**-leddet tilstrækkeligt hurtigt reguleres op/ned.

Ideelt giver **P**-leddet straks den nødvendige ændring og **I**-leddet overtager så ændringen stille og roligt i takt med at afstanden mellem setpunkt og aktuel værdi mindskes.

Der findes mange metoder til indregulering af PI(D)-regulatorer, og det er forskelligt fra person til person hvilken man synes bedst om, men der er nogle generelle træk som er ens.

Symptomer er:

For stor **P**-faktor

Effekten "pendler" hurtigt op og ned, muligvis med en tendens til at blive værre og værre.

For lille **P**-faktor

Temperaturen ændrer sig for langsomt og effekten ændrer sig kun lidt.

For stor **I**-faktor

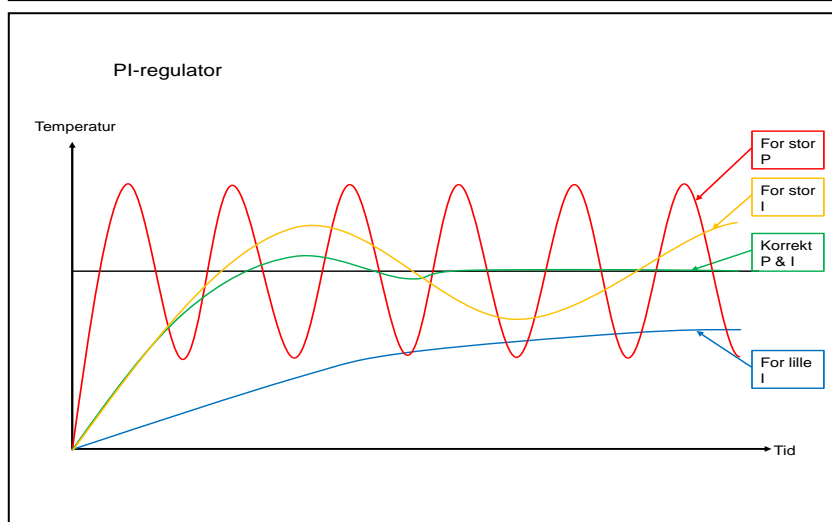
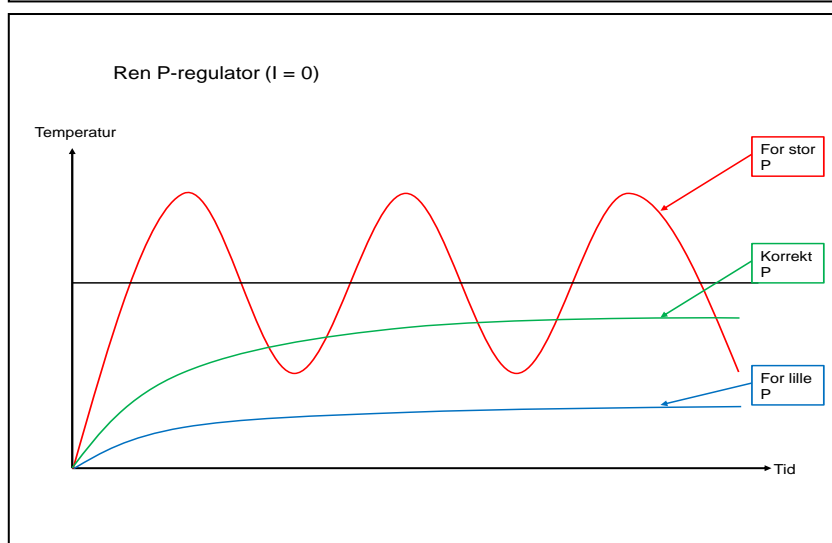
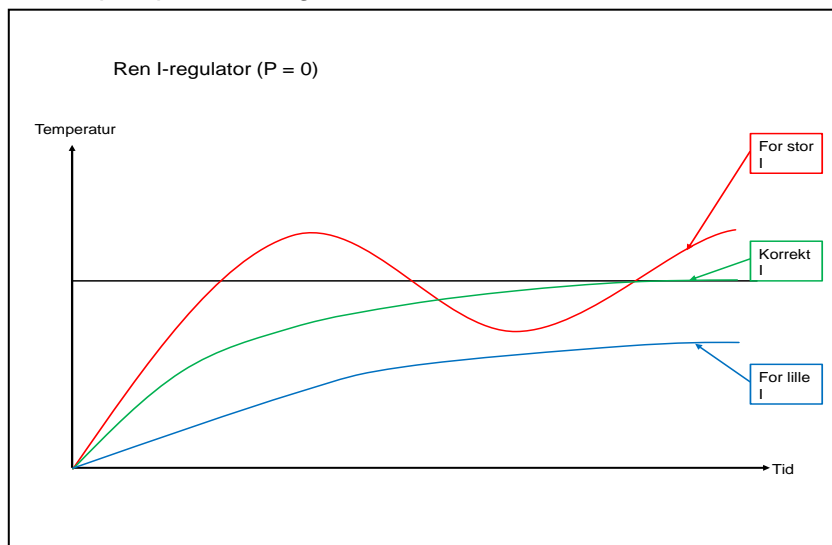
Temperaturen skyder over/under og effekten aftager kun langsomt selv om temperaturen er for høj.

For lille **I**-faktor

Temperaturen og effekten ændrer sig kun langsomt og systemet er konstant "bagefter".

Nu er det altid et samspil af begge led (**P** & **I**) og derfor kan billedet godt blive lidt "grumset".

Eksempler på forskellige reaktioner:



Ser man på eksemplerne, kan man godt komme til den fejlagtige konklusion at en ren I-regulator burde være perfekt, og det kunne den egentlig også godt være hvis ikke lige varmebehovet havde det med at ændre sig.

Når temperaturen falder/stiger fordi varmebehovet stiger/falder, er I-regulatoren alt for langsom til at justere sig ind og hvis man kompenserer for dette ved at øge I-faktoren får man bare over/under sving.

En ren P-regulator kan også synes at kunne klare opgaven, hvis ikke lige det var fordi den aldrig kommer op på setpunktet.

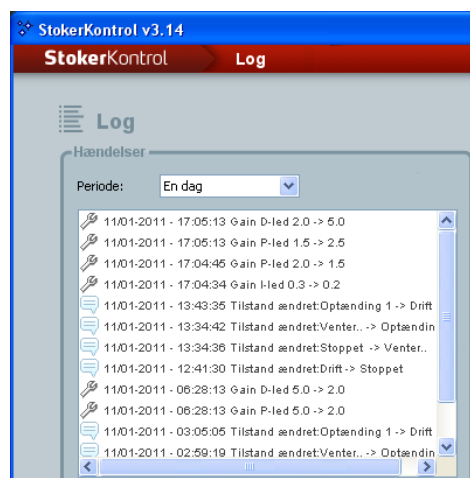
Den trænedede "PID-regulator trimmer" holder øje med både temperaturen og effekten og tilstræber at få så små og langsomme reaktioner på effekten som muligt samtidig med at temperaturen holdes rimeligt konstant.

Det drejer sig altså om at få **P**-leddet til at reagere kraftigt nok til at imødegå en ændring og **I**-leddet til at reagere langsomt nok til at der ikke "skydes over" samtidig med at det kan "overtage" andelen fra **P**-leddet hurtigt nok.

Det kræver erfaring at indregulere en PID-regulator samt forståelse for hvordan reaktionen typisk er på ændringer i de enkelte dele.

Generelt skal man have tålmodighed og kun justere lidt ad gangen på et enkelt parameter, se resultatet og derefter beslutte næste trin.

En log over hvilke ændringer man har foretaget hvornår, samt et kurveblad med resultatet af ændringerne er et rigtig godt værktøj, som det f.eks. er muligt i Stokerkontrol.



For at give en fornemmelse af størrelsen af **P**-faktor og **I**-faktor i en NBE brænder v6.50, med **I**-tid på 1 minut, kan man gå ud fra følgende:

Størrelsen af **P**-faktoren er direkte udtryk for **P**-leddets andel, sådan at en **P**-faktor på 1.0 giver en **P**-andel på 1% pr. °C der er i forskel på setpunkt og aktuelværdi, en **P**-faktor på 1.5 giver en **P**-andel på 1,5% pr. °C der er i forskel på setpunkt og aktuelværdi og en **P**-faktor på 5.0 giver en **P**-andel på 5% pr. °C der er i forskel på setpunkt og aktuelværdi.

Ligeledes vokser **I**-leddets andel hvert minut ved en **I**-faktor på 1.0 med 1% pr. °C der er i forskel på setpunkt og aktuelværdi, ved en **I**-faktor på 0.5 med 0,5% pr. °C der er i forskel på setpunkt og aktuelværdi, og ved en **I**-faktor på 0.1 med 0.1% pr. °C der er i forskel på setpunkt og aktuelværdi.

Eksempel:

Hvis **P**-faktor = 2.5 og **I**-faktor = 0.3 mens drift effekten = 25%, vil et fald i temperaturen på 2 °C fra ønsket setpunkt medføre at **P**-andelen bliver 5% (2 °C * 2.5) som straks tilføres til drift effekten, der så bliver 30% (de oprindelige 25% + 5%), og hvert minut stiger **I**-andelen med 0,6% (2 °C * 0.3). I takt med at temperaturen stiger mod setpunktet vil **P**-andelen mindskes og tilvæksten i **I**-andel vil aftage, men **I**-andelen vil fortsætte med at stige hvert minut, så længe den aktuelle temperatur er under setpunktet.

En traditionel indreguleringsmetode er at sætte **I**-faktor til 0 (og **D**-faktor til 0) hvorefter **P**-faktoren langsomt øges fra 1 indtil regulatoren går i selvsving. Herefter halveres **P**-faktoren og **I**-faktoren øges indtil reguleringen er stabil. Denne metode tager lang tid, specielt med et centralvarmeanlæg, men er ofte rimelig velfungerende.

Eksempel på et PI(D) regulerings forløb.

Forudsætninger:

Setpunktet = 60 °C

Aktuel værdien = 58 °C

P-faktor = 2.5

I-faktor = 0.3

D-faktor = 0.0 (så er den dømt ude ☺)

Det medfører:

P-andel = $(60 - 58) * 2.5 = 5$

I-andel øges hvert minut med $= (60 - 58) * 0.3 = 0,6$

(**D**-andel er dømt ude pga. **D**-faktor = 0.0, så resultatet under alle omstændigheder bliver 0)

Læg mærke til at **I**-andelen **øges** med 0,6 hvert minut, som altså tillægges den allerede eksisterende **I**-andel.

I-leddet er ligesom en "stak" der vokser/falder når temperaturen enten er under eller over setpunktet.

Hvis vi siger at **I**-andelen er f.eks. 25%, vil drift effekten altså blive:

Drift effekt = 5% (**P**-andel) + 25% (eksisterende **I**-andel) + 0 (**D**-andel, som vi ikke bruger) = 30%

...efter 1 minut vil billedet være:

Drift effekt = 5% (forskul * 2.5) + 25,6% (25 + 0,6) + 0 = 30,6%

...efter endnu 10 sekunder:

Drift effekt = 5% (forskul * 2.5) + 26,2% (25,6 + 0,6) + 0 = 31,2%

...efter endnu 1 minut:

Drift effekt = 5% (forskul * 2.5) + 26,8% (26,2 + 0,6) + 0 = 31,8%

Hvis så temperaturen efter 1 minut stiger til 59 °C, bliver billedet:

Drift effekt = 2,5% (forskul * 2.5) + 27,1% (26,8 + 0,3) + 0 = 29,6%

...efter 1 minut vil billedet være:

Drift effekt = 2,5% (forskul * 2.5) + 27,4% (27,1 + 0,3) + 0 = 29,9%

Hvis så temperaturen efter 1 minut stiger til 60 °C, bliver billedet:

Drift effekt = 0% (forskul * 2.5) + 27,4% (27,4 + 0,0) + 0 = 27,4%

...efter 1 minut vil billedet være:

Drift effekt = 0% (forskul * 2.5) + 27,4% (27,4 + 0,0) + 0 = 27,4%

Hvis så temperaturen efter 1 minut stiger til 61 °C (forskellen er negativ), bliver billedet:

Drift effekt = -2,5% (forskul * 2.5) + 27,1% (27,4 + -0,3) + 0 = 24,6%

...efter 1 minut vil billedet være:

Drift effekt = -2,5% (forskul * 2.5) + 26,8% (27,1 + -0,3) + 0 = 24,3%

Hvis så temperaturen efter 1 minut stiger til 62 °C (forskellen er negativ), bliver billedet:

Drift effekt = -5% (forskul * 2.5) + 26,5% (26,8 + -0,3) + 0 = 21,5%

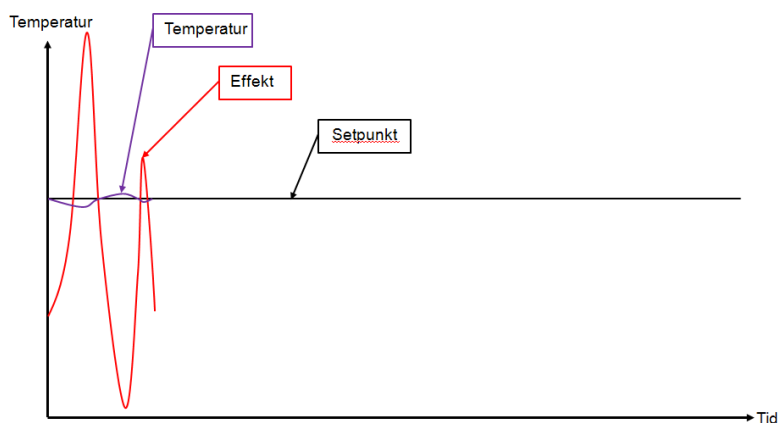
...efter 1 minut vil billedet være:

Drift effekt = -5% (forskul * 2.5) + 26,2% (26,5 + -0,3) + 0 = 21,2%

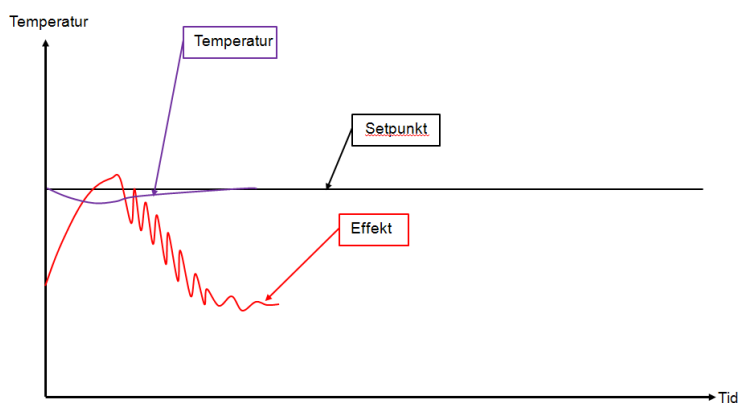
OSV. OSV.....

Typiske fejl i en PID-regulator

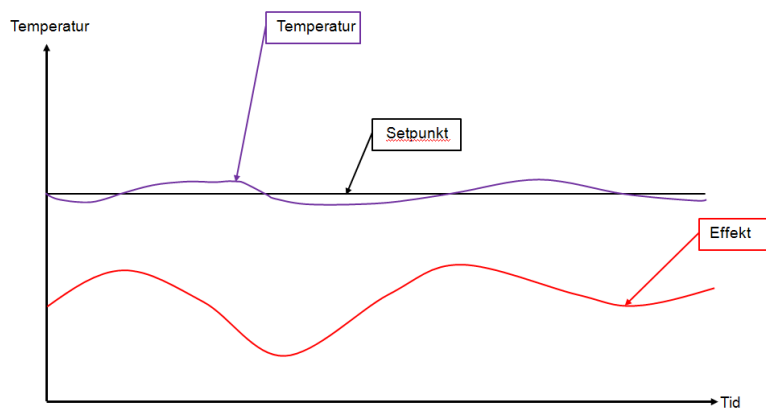
- Store hurtige ændringer i effekten ved små ændringer i temperaturen tyder på for stor **P**-faktor.



- Små hurtige op/ned svingninger i effekten mens temperaturen er på vej på plads tyder på for lidt **I**-faktor.



- Langsomme over/under svingninger i temperaturen tyder på for meget **I**-faktor.



Stor tak til Dennis (DennisRN på www.stokerforum.dk) for at være ”prøveklud” med denne vejledning 😊