

Hoofdstuk 8 Afregelen van PID regelaar in gesloten kring

Doelstellingen:

- Als de procesparameters gekend zijn de instellingen van de PID regelaar kunnen afleiden uit de tabellen.
- Als de procesparameters niet gekend zijn, de instellingen van de PID regelaar kunnen aanpassen aan de hand van de gangbare methodes.
- Een correcte methode kiezen, rekening houdend met de veiligheid.
- De regels kennen om te kunnen inzien wanneer een proces goed, en wanneer een proces minder goed afregelbaar is.

8.1 De gesloten regelkring

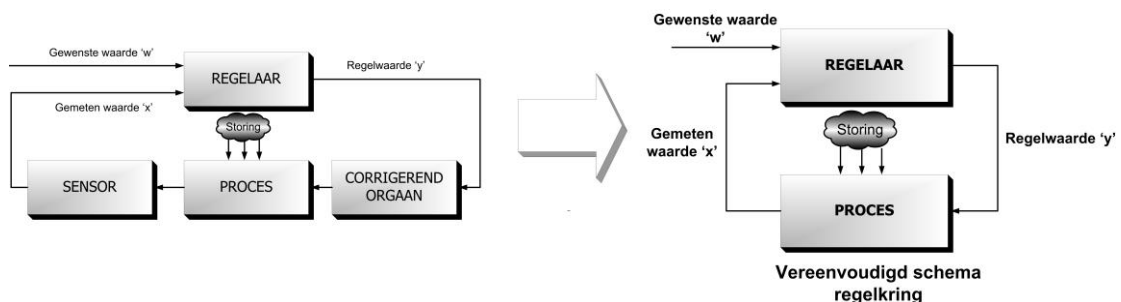


Fig. 8.1 vereenvoudigd schema regelkring

We hebben in de vorige hoofdstukken respectievelijk de processen in open kring-, en daarna de regelaars in open kring behandeld.

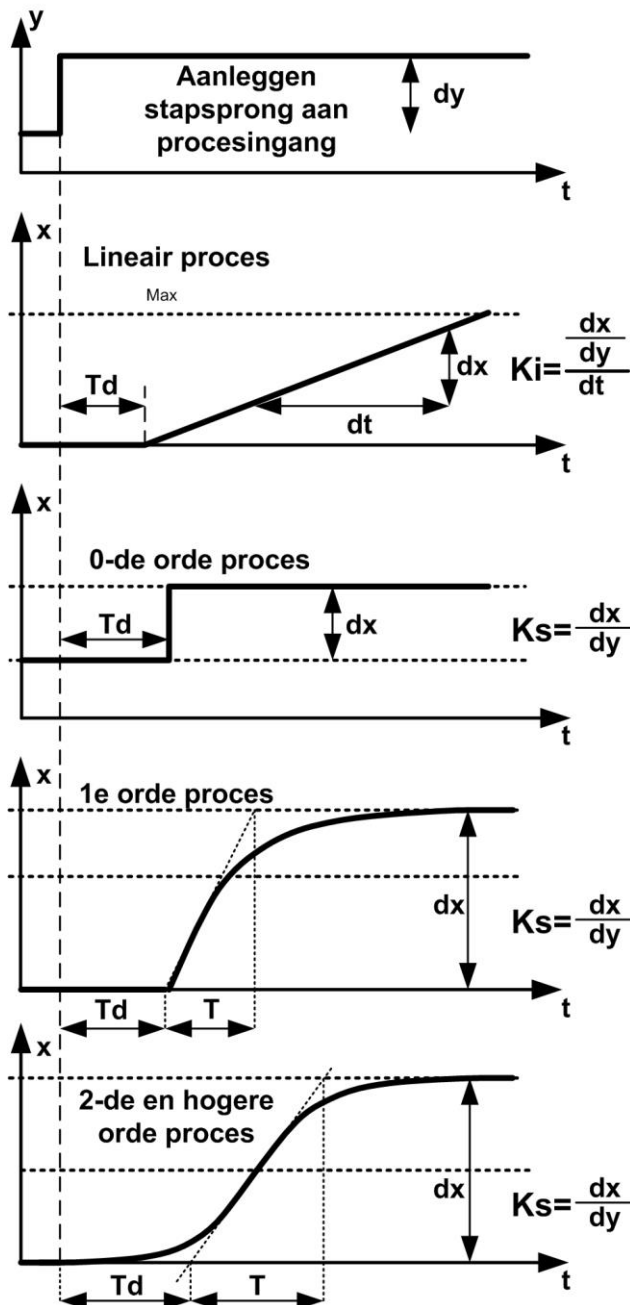
Bij een gesloten regelkring werkt het proces met al zijn eigenschappen en parameters in op de regelaar met al zijn eigenschappen en die werkt op zijn beurt terug in op het proces. Het is dus een constant weerwerk van proces en regelaar op elkaar.

Om in elke situatie, met elk verschillend proces, de juiste instellingen voor de PID regelaar te vinden, zijn er instelregels opgesteld. Deze instelregels zijn experimenteel opgesteld, maar vormen meestal een goede basis om een eerste ruwe afregeling te bekomen.

8.2 De verschillende soorten processen

Zoals we in hoofdstuk 5 en 6 gezien hebben bestaan er verschillende soorten processen. De karakteristieken van deze processen bepalen wat de beste instellingen voor de PID regelaar zijn om dit proces stabiel te houden.

We herhalen hieronder nog even hoe we de procesparameters uit de stapantwoorden van deze processen kunnen halen.



De procesparameters zijn:

- T_d , T en K_s voor eerste en tweede orde processen.
- T_d en K_i voor niet zelfregelende processen
- K_s voor nulde orde processen.

Je ziet een beetje verder dat er een onderscheid wordt gemaakt tussen wanneer de procesparameters gekend zijn en wanneer de procesparameters niet gekend zijn.

Het is immers niet vanzelfsprekend dat je in de procesindustrie zo maar om het even welk groot chemisch proces even kan loskoppelen, een stapssprong kan aanleggen en de proceskarakteristiek kan opmeten.

Het is het makkelijkste als de procesparameters gekend zijn, maar dit is dus niet altijd het geval.

Fig. 8.2 procesparameters

8.3 Regelbaarheid van processen

Of een proces al dan niet goed regelbaar is, dus makkelijk te stabiliseren, hangt af van de verhouding van de dode tijd en de tijdsconstante.

Vuistregel: T/T_d	> 10	goed regelbaar
	$= 6$	matig regelbaar
	< 3	moeilijk regelbaar

Niet zelfregelende processen zijn moeilijker af te regelen dan zelfregelende processen.

Er is reeds heel wat ervaring met de 4 typische regelkringen: Niveauregeling, Debietregeling, Drukregeling en Temperatuurregeling. Deze ervaring kan u helpen bij het afregelen van dit soort regelkringen.

Niveauregeling:

- Hoe groter de tijdsconstante van het vat t.o.v. het ventiel, hoe makkelijker de regeling.
- Gebruik standaard een PI regelaar.
- Verklein eerst de P-actie, daarna de I-actie om een goede afregeling te bekomen.
- Wanneer er een dode tijd bijkomt, gebruik dan een PID regelaar.

Debietregeling

- Geen te sterke P-actie toepassen.
- De I regelaar werkt de statische fout wel weg.

Drukregeling

- Het proces is beter af te regelen als de tijdsconstante van het ventiel klein is t.o.v. het volume van het vat.
- Meestal een PI regelaar gebruiken.

Temperatuurregeling

- Bijna altijd een proces van hogere orde.
- Meestal PI, maar soms is PID noodzakelijk.
- De sensor moet best heel snel kunnen meten.
- Soms word er hier een cascaderегeling toegepast, als de gewone regeling niet voldoet. (zie hoofdstuk 9)

Besluiten:

- Een grote versterking van de regelaar geeft ons een snelle regelactie maar kan leiden tot onstabiliteit – oscillaties.
- Hoe meer dode tijden en tijdsvertragingen in de kring, hoe moeilijker afregelbaar de kring is.
- De I-regelaar zorgt zelfs zelf voor een tijdsvertraging in de kring, maar werkt wel de offset weg.
- Als de tijdsvertragingen in de kring verspreid zitten over verschillende onderdelen, dan wordt de regelbaarheid slechter.

Met deze zaken hou je best reeds rekening bij het opbouwen van de regelkring, zo kan je een hoop afregelproblemen achteraf vermijden.

8.4 Termen in verband met regelbaarheid van processen

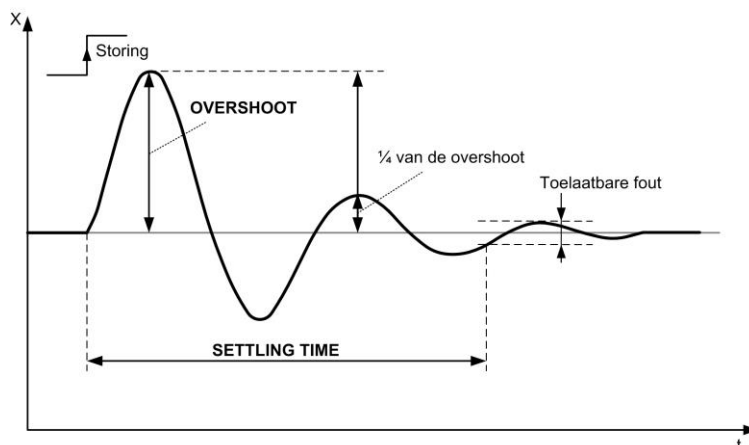


Fig. 8.3 termen i.v.m. regelbaarheid van processen

Overshoot: De kracht waarmee de proceswaarde boven de gemeten waarde komt als er zich een storing voordoet.

Een snelle bijregeling heeft gewoonlijk nogal wat overshoot als gevolg, terwijl een trage regeling dit minder zal hebben. Bij sommige processen willen we overshoot absoluut vermijden. De D-actie kan deze overshoot wel wat minderen.

Settling time: De tijd dat de combinatie 'regelaar en proces' nodig hebben om na een storing de proceswaarde terug binnen de 'toegelaten fout' te krijgen.

Een afregeling wordt als goed beschouwd als de amplitude van de volgende positieve alternatie nog slechts 25% van de amplitude van de vorige positieve alternatie is.

8.5 Keuzetabel 'welke afregelmethode gebruiken?'

Er bestaan vele methoden om PID regelkringen af te regelen. In dit hoofdstuk worden de meest bekende besproken.

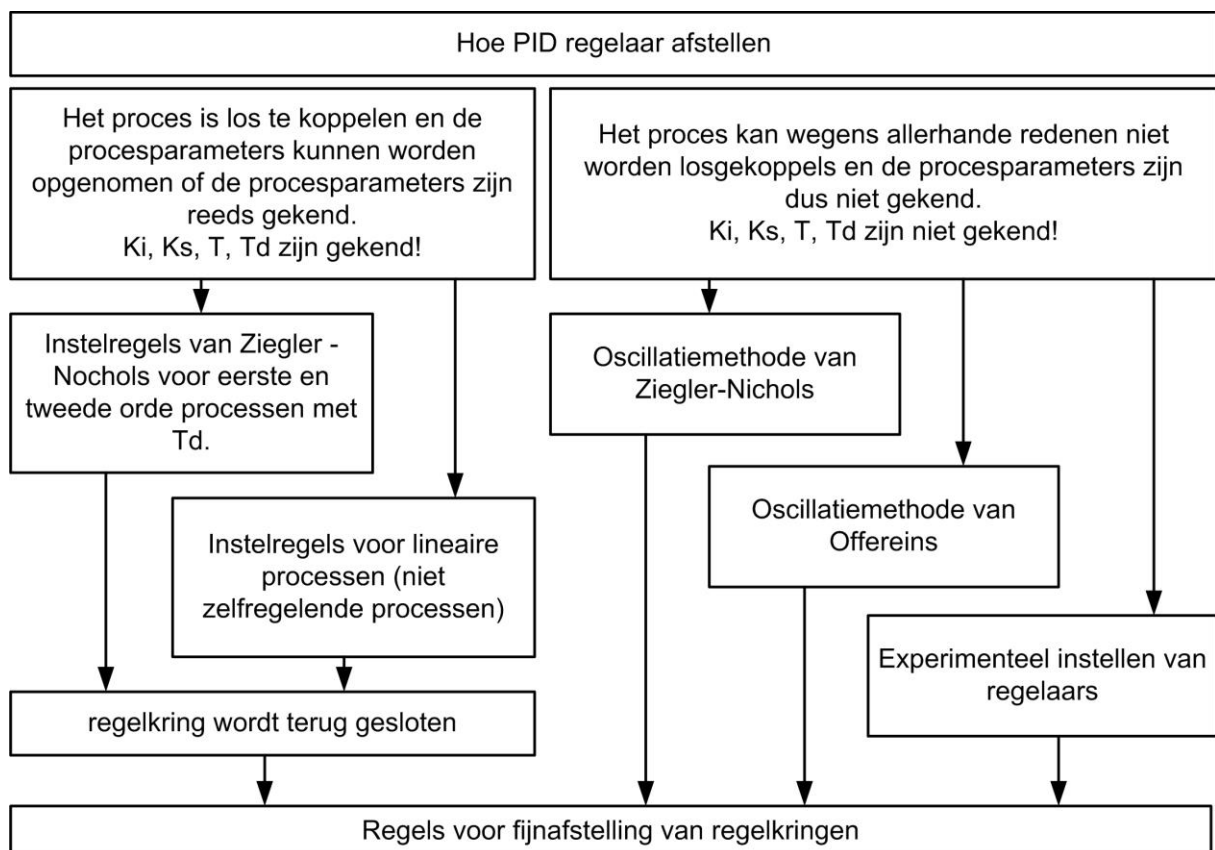


Fig. 8.4 Tabel: hoe PID regelaars afstellen

8.6 Als de procesparameters gekend zijn

We gaan er hier van uit dat we volgende zaken weten:

- Orde van het proces
- Dode tijd 'Td'
- Tijdsconstante 'T'
- Procesversterking 'Ks' bij eerste en tweede orde processen of
- Procesversterking Ki bij een niet zelfregelend proces.

8.6.1 Ziegler-Nichols voor eerste en tweede orde processen met Td

Als de procesparameters van een eerste of tweede orde proces met Td gekend zijn, dan kan je in de tabellen, opgesteld door Ziegler-Nichols de correcte instelling van de P, de I en de D regelaar aflezen. De tabellen maken ook duidelijk of je in dit geval moet kiezen voor een P, PI, PD of PID regelaar.

	Kp	Tn	Tv
P	$(1/K_s) \times (T/T_d)$		
PI	$(0,9/K_s) \times (T/T_d)$	$3,3 \times T_d$	
PID	$(1,2/K_s) \times (T/T_d)$	$2 \times T_d$	$0,5 \times T_d$

8.6.2 Instelregels voor niet-zelfregelende processen

Indien we te doen hebben met een niet-zelfregelend proces, dan passen we dezelfde methode toe, echter met een andere tabel. Zowel de vorige als deze methode zijn afregelmethode die een ruw resultaat geven. Een fijnaafregeling achteraf kan wenselijk zijn.

	Kp	Tn	Tv
P	$0,5 \times (1/(K_i \times T_d))$		
PD	$0,5 \times (1/(K_i \times T_d))$		$0,5 \times T_d$
PI	$0,42 \times (1/(K_i \times T_d))$	$5,8 \times T_d$	
PID	$0,4 \times (1/(K_i \times T_d))$	$3,2 \times T_d$	$0,8 \times T_d$

8.7 Als de procesparameters niet gekend zijn

Als we de instelparameters niet kennen, dan mogen we niet zo maar even een proces loskoppelen en de proceskarakteristiek opmeten. Indien dit het geval is, dan bestaan er andere methoden om een regelkring toch goed af te regelen.

Ook met deze methoden moeten we steeds met volledige kennis van zaken handelen. We zijn soms bezig met heel gevaarlijke producten en mogen niet zomaar aan knoppen beginnen draaien.

8.7.1 Oscillatiemethode van Ziegler-Nochols

Het duo Ziegler en Nichols heeft in de jaren 1940 ook een methode ontwikkeld om een regelkring af te regelen, zonder dat de procesparameters gekend zijn.

Je weet ondertussen dat wanneer een regelaar te krachtig wordt afgesteld, de regelkring dan gaat oscilleren. Hierop is de oscillatiemethode van Z-N gebaseerd.

Methode:

1. Veiligheid voor alles : Ga grondig na of je deze regelkring in oscillatie mag brengen.
2. Controleer of de regelaar op automatisch staat (dus niet op handbediend)
3. Laat de regeling stabiel worden (PV of X is nu constant)
4. Schakel de I-actie volledig uit (T_n maximaal)
5. Schakel de D-actie volledig uit (T_v op nul)
6. Stel de PB in op een hoge waarde.
7. Verander op de regelaar de gewenste waarde (w of SP) stapvormig en hou de gemeten waarde (x of PV) goed in het oog.
8. Als het systeem in oscillatie is en blijft, dan sla je stap 9 en 10 over.
9. Verklein de PB
10. Herhaal stap 7 en 8
11. Bepaal de **K_{posc}** ($K_p = 1/PB$) waarbij de gemeten waarde x juist in oscillatie komt.
12. Bepaal de periodetijd van de oscillatie. Dit is de slingertijd **T_u**.
13. Gebruik de waarden K_p en T_u om uit de tabel de juiste instellingen voor de PID regelaar te halen.

OSCILLATIE: Een systeem is volledig in oscillatie als het signaal met een vaste frequentie (oscillatiefrequentie) boven en onder de SP komt en als de amplitude constant blijft.

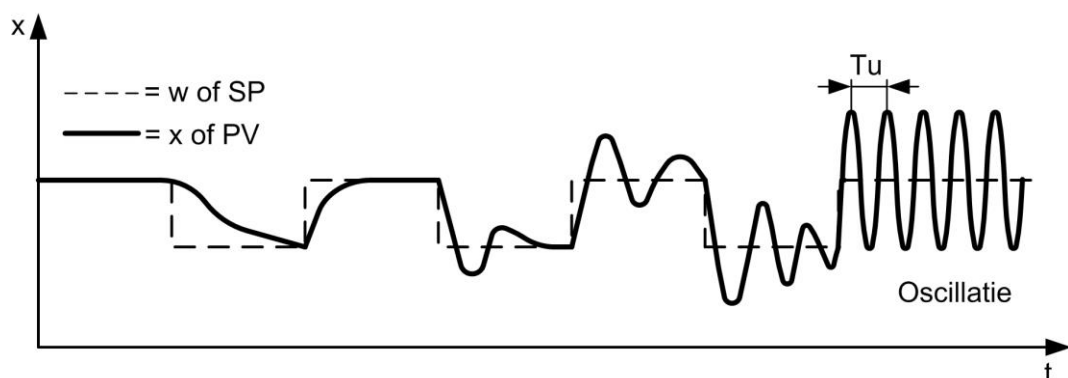


Fig. 8.5 Oscillatie

Oscillatiemethode van Ziegler - Nichols			
	K_p	T_n	T_v
P	0,5 K_{posc}	-	-
PI	0,45 K_{posc}	0,83 T_u	-
PID	0,6 K_{posc}	0,5 T_u	0,125 T_u

8.7.2 Oscillatiemethode van Offereins

Een zekere Mr. Offereins heeft aan de oscillatiemethode van Ziegler en Nichols enkele modificaties aangebracht. De werkvolgorde voor de afregeling van een gesloten regelkring volgens de methode van Offereins is de volgende:

Deze methode berust erop dat een kring die te sterk is afgesteld, in oscillatie komt. Het beste afstelpunt ligt eigenlijk een stukje onder de kracht waarbij de kring gaat oscilleren. Offereins heeft proefondervindelijk bepaald wat dan een goede vermindering van deze kracht zou zijn.

1. Breng de kring in oscillatie volgens de oscillatiemethode van Ziegler & Nichols.
2. Voeg een D-actie toe.
3. Als de kring hiervan niet stabiel wordt, is de D-actie ongewenst.
4. Stel de K_p in op $0,45 K_{posc}$ en ga naar stap 9.
5. Verhoog de voorlooptijd tot er terug oscillatie optreedt.
6. Stel de voorlooptijd T_v in op $1/3$ van de T_v bij oscillatie.
7. Vergroot K_p nu terug tot er weer oscillatie optreedt.
8. Stel K_p in op $1/2$ van de K_p bij oscillatie.
9. Verklein de nasteltijd T_n tot er juist oscillatie optreedt.
10. Stel de T_n nu in op $3x$ de gevonden T_n bij oscillatie.

8.7.3 Experimenteel instellen van regelaars

Dit is een methode die elke operator zou moeten kunnen uitvoeren. Er is geen enkele kennis van instelregels nodig, en ook de procesparameters moeten niet gekend zijn.

1. **VEILIGHEID VOOR ALLES:** Ga grondig na of je deze regelkring in oscillatie mag brengen.
2. Zet de regelaar van automatisch naar manueel.
3. Schakel de I en de D-actie uit ($T_n = \text{maximaal}$ en $T_v = \text{minimaal}$)
4. Maak de P-actie minimaal door de PB zo groot mogelijk te maken.
5. Verander manueel de uitgangswaarde van de regelaar (y) zodat de proceswaarde (x) gelijk wordt aan de gemeten waarde (w).
6. Stel indien nodig het arbeidspunt van de P-regelaar in.
7. Schakel de regelaar over van manueel naar automatisch.
8. Verander de gewenste waarde (w) stapvormig (ongeveer 5%) en observeer de proceswaarde (x)
9. Verdubbel de P-actie als er geen oscillatie optreedt ($K_p \times 2$ of $PB/2$)
10. Herhaal stappen 8 en 9 tot er oscillatie optreedt.
11. Verzwak nu de P-actie terug tot er juist geen oscillaties meer optreden bij een verandering van wenswaarde.
12. Schakel de D-regelaar mee in.
13. Als de uitgangswaarde van de regelaar (y) te onstabiel wordt, dan is een D-actie in combinatie met dit proces geen goede keuze. Ga nu meteen naar stap 18.
14. Verander de gewenste waarde (w) stapvormig (ongeveer 5%) en observeer de proceswaarde (x)
15. Verdubbel de D-actie als er geen oscillatie optreedt (T_v of $T_d \times 2$)

16. Herhaal stappen 14 en 15 tot er oscillatie optreedt.
17. Verzwak nu de D-actie terug tot er juist geen oscillaties meer optreden bij een verandering van wenswaarde.
18. Schakel de I-actie in.
19. Verander de gewenste waarde (w) stapvormig (ongeveer 5%) en observeer de proceswaarde (x)
20. Verdubbel de I-actie als er geen oscillatie optreedt ($T_n/2$ of $T_i/2$ of $r \times 2$)
21. Herhaal stappen 19 en 20 tot er oscillatie optreedt.
22. Verzwak nu de I-actie terug tot er juist geen oscillaties meer optreden bij een verandering van wenswaarde.

8.8 Regels voor fijn afstelling van regelkringen

Een regelkring in werking die bijvoorbeeld nog te veel overshoot heeft, of te oscillerend is, of te traag is bij het weggeregelen van fouten, moet worden bijgeregeld.

Bij dit bijregelen kan onderstaande tabel een hulp zijn.

Effecten van de verandering van één van de parameters P, I of D				
	Stijgsnelheid	Overshoot	Settling time	Statische offsetfout
P	Sneller	Wordt groter	Te verwaarlozen	Verminderen
I	Sneller	Wordt groter	Vergroot	Volledig wegwerken
D	Te verwaarlozen	Wordt kleiner	Verkleint	Te verwaarlozen

8.9 Adaptieve regelaars

Adaptieve regelaars zijn regelaars die zichzelf kunnen afstellen. Deze regelaars 'bekijken' zelf constant de gemeten waarde 'x' en controleren die op het voorkomen van oscillaties rond de gewenste waarde 'w'.

Deze regelaars zijn zo geprogrammeerd dat zij zelf hun eigen P, I en D parameters kunnen bijregelen, aan de hand van de gemeten oscillaties. Zij gebruiken intern ook gelijkaardige tabellen als de Ziegler-Nichols tabel.

Deze zelfregelende regelaars worden toegepast in processen waarvan de belasting enorm kan veranderen van dag tot dag. De regelaar past zijn parameters zo snel mogelijk aan, aan de nieuwe proces situatie.

Er moet wel worden opgepast om deze regelaars te veel beslissingsrecht te geven. Als de nieuwe belasting te ver van de vorige belasting ligt, dan kan het zijn dat deze regelaar zichzelf niet bijgeregeld krijgt en dat we een mogelijk gevaarlijke situatie hebben.