

Blok 8

PD- en PID-regelaar in open kring

Doelstellingen:

- De D-regelaar zijn functie kunnen verklaren.
- Stapantwoord van een PD-regelaar afleiden.
- Antwoord van een PD-regelaar op een lineaire afwijking kunnen bepalen.
- Genormaliseerde formules van een PD-regelaar opstellen (facultatief).
- De PD-actie vergelijken met een P- en D-actie.
- Stapantwoord van een PID-regelaar afleiden.
- Genormaliseerde functie van een PID-regelaar opstellen (facultatief).

Op dezelfde wijze zoals in het vorig blok, wordt de regelaar uit de gesloten kring gehaald om hem afzonderlijk te testen.

Om de D-regelaar te beoordelen, maken we niet alleen gebruik van een sprongvormig testsignaal maar ook van een lineaire afwijking.

Het gedrag van de gecombineerde PD- en PID-acties wordt vooral grafisch verklaard. Ook hier is de theorie zowel toepasbaar op elektronische als op pneumatische regelaars.

Inhoud:

1. Snelheid waarmee grootte verandert.
2. Differentiërende regelaar.
3. PD-regelaar en stapsprong.
4. PD-regelaar en lineaire afwijking.
5. PD-regelaar met voorinstelling voor P-regelaar.
6. Genormaliseerde formules van PD-regelaar.
7. PID-regelaar en stapsprong.
8. PID-regelaar en lineaire afwijking.
9. PID-regelaar en oscillerende afwijking.
10. Samenvatting.
11. Overzicht continue regelaars.
12. Opdrachten.

1. Snelheid waarmee grootheid verandert

Op de volgende bladzijden zullen we bij de P-regelaar een zogenaamde differentiërende actie of D-actie toevoegen. We zullen zien dat de D-actie alleen reageert op de snelheid waarmee de proceswaarde x verandert.

Daarom is het belangrijk het begrip "snelheid" te herhalen waarmee een grootheid verandert in functie van de tijd.

Daartoe beschouwen we een grootte z die in fig. 8.1 op vier manieren verandert:

1. z verandert oneindig snel;
2. z verandert snel;
3. z verandert traag;
4. z verandert niet.

De snelheid waarmee z verandert wordt bepaald door de helling van de grafiek in fig. 8.1.

De helling van de grafiek wordt bepaald door de verandering dz , gedeeld door de daarbij horende verandering dt .

Vandaar:

$$\text{snelheid} = \frac{dz}{dt}$$

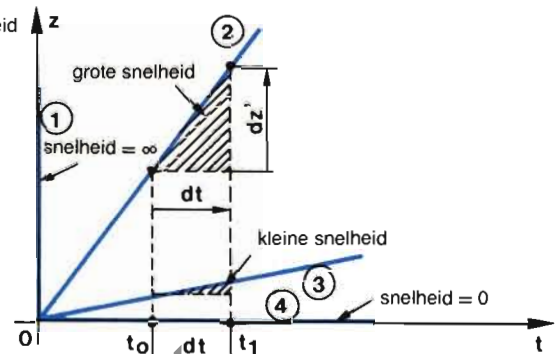


Fig. 8.1 Snelheid wordt bepaald door de helling van een grafiek.

Passen we deze definitie toe op de beweging die de proceswaarde kan hebben t.o.v. de gewenste waarde dan onderscheiden we in fig. 8.2 vier mogelijkheden:

1. de proceswaarde wijkt niet af van w ;
2. de proceswaarde wijkt traag af;
3. de proceswaarde wijkt snel af;
4. de proceswaarde wijkt oneindig snel af.

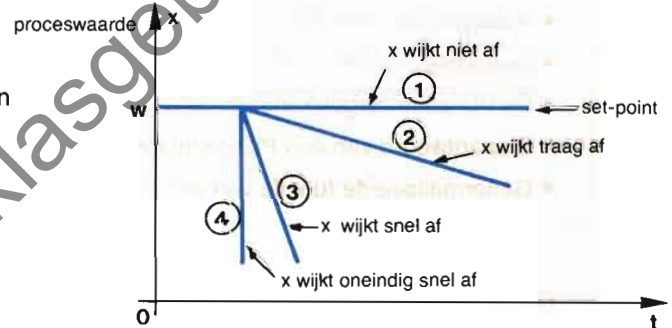


Fig. 8.2 Proceswaarde in functie van de tijd.

Dit heeft tot gevolg dat de afwijking $w - x$ in fig. 8.3 door vier grafieken wordt weergegeven.

- grafiek ① loopt horizontaal; snelheid = 0
- grafiek ② bezit een geringe helling; traag
- grafiek ③ verloopt steil; snel
- grafiek ④ loopt verticaal. oneindig snel (stapsprong)

De snelheid waarmee $w - x$ verandert, wordt bepaald door:

$$\text{snelheid} = \frac{d(w-x)}{dt}$$

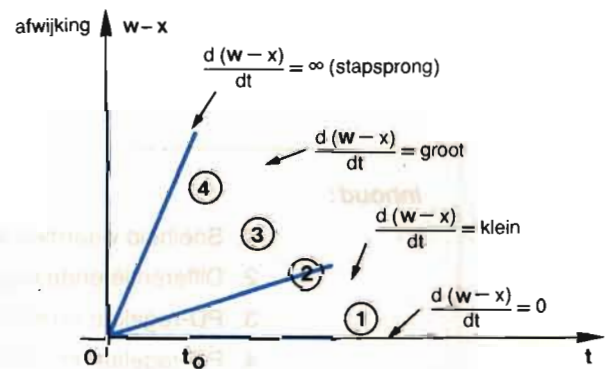


Fig. 8.3 Afwijking in functie van de tijd

Blijkt de snelheid constant dan verandert $w - x$ lineair dus volgens een rechte.

De afwijking $w - x$ kan dan als volgt geschreven worden:

$$\text{afgelegde weg} = \text{snelheid} \times \text{tijd}$$

$$(w-x) f(t) = \frac{d(w-x)}{dt} \cdot t$$

We lezen: de afwijking in functie van de tijd = snelheid $\times$ tijd.

2. Differentiërende regelaar

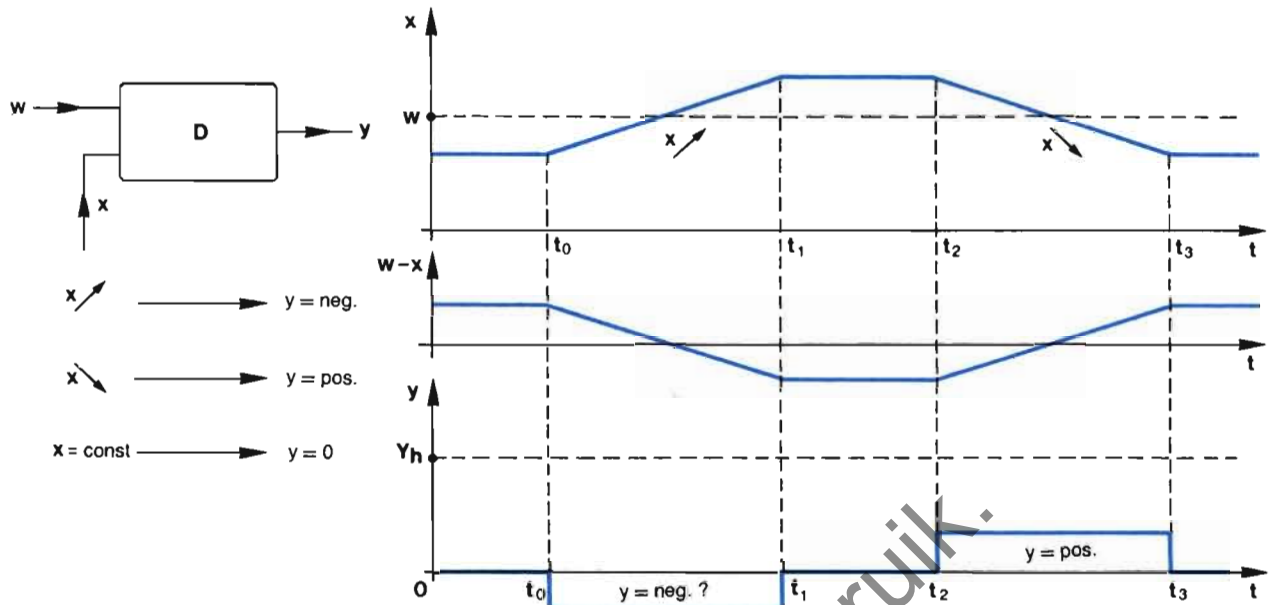


Fig. 8.4 Werking van een D-regelaar.

2.1 Bepaling

We spreken van een differentiërende regelaar als de uitgang van de regelaar aan twee voorwaarden voldoet.

1. De uitgang **reageert alleen op een verandering** van de proceswaarde x , of van de afwijking $w - x$. Als x niet verandert of $w - x$ niet, dan is de uitgang nul.
2. De **amplitude van de uitgang is evenredig met de snelheid van x of van $w - x$** , zodat de uitgang als volgt kan geschreven worden:

$$y = k_{DR} \cdot \frac{d(w - x)}{dt}$$

Hierdoor is k_{DR} een evenredigheidsconstante die de kracht van de D-actie bepaalt.

Voorbeeld: Als $\frac{d(w - x)}{dt} = 2$ volt/sec en $k_R = 2$ dan is $y = 4$ volt.

- a. Is de snelheid $\frac{d(w - x)}{dt}$ constant, dan is ook y constant.
- b. Is de snelheid groot, dan is ook y groot.
- c. Is de snelheid klein, dan is ook y klein.
- d. Is de snelheid nul, dan verandert x of $w - x$ niet en dan is $y = 0$

2.2 Antwoord als $w - x$ lineair varieert

In fig. 8.4 neemt x in het interval $t_0 - t_1$ lineair toe. Nu moet y constant en negatief zijn. Inderdaad in de gesloten kring moet y de stijging van x tegenwerken. De klepstand y kan tussen 0 en Y_h staan maar niet negatief worden. De negatief gaande sprong moet dus van een andere waarde y kunnen starten. De D-regelaar alleen heeft dus geen zin.

Als x in het interval $t_2 - t_3$ lineair afneemt, dan moet y positief en constant zijn, zodat in de gesloten kring de daling van x tegengewerkt wordt.

Besluit: als x constant blijft dan houdt de D-regelaar geen rekening met de stand van x t.o.v. w . Of x nu groter of kleiner is dan w , maakt niets uit, y blijft nul.

De D-regelaar alleen kan daarom in een gesloten kring niet gebruikt worden.

3. PD-regelaar en stapssprong

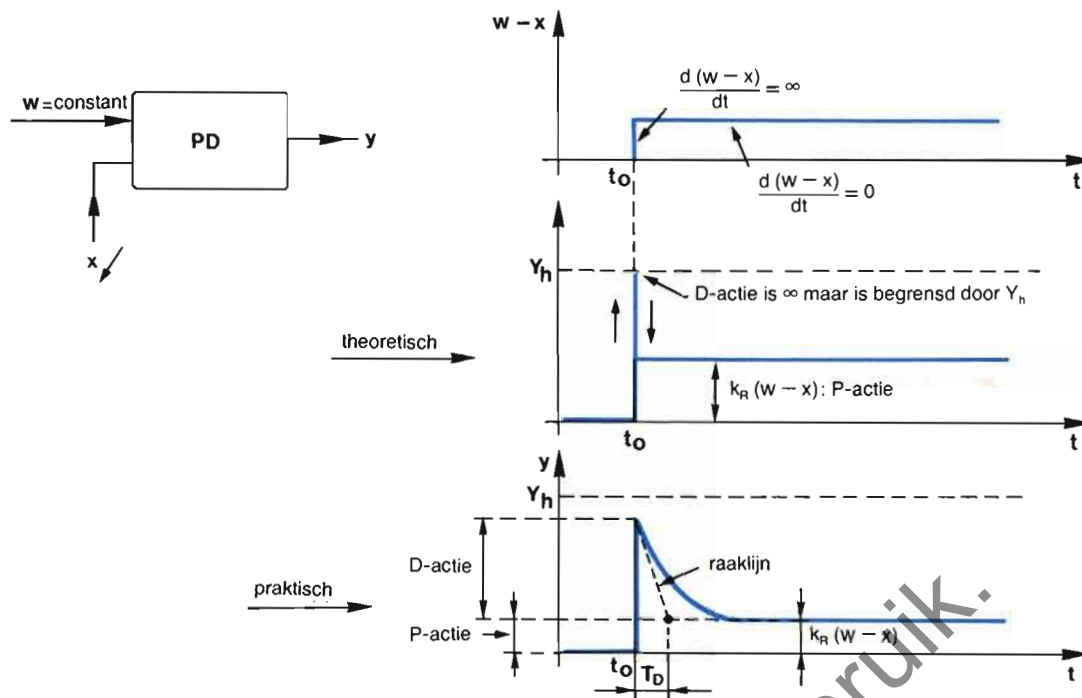


Fig. 8.5 Stapantwoord van een PD-regelaar.

De D-actie alleen heeft geen zin. Bij de PD-regelaar wordt de P-actie toegevoegd aan de D-actie. In fig. 8.5 wordt het antwoord besproken op een stapssprong in open kring.

3.1 Bepaling

Een regelaar wordt PD-regelaar genoemd als het verband tussen de uitgang y en de afwijking $w - x$ door de volgende uitdrukking bepaald wordt:

$$y = k_R(w - x) + k_{DR} \frac{d(w - x)}{dt}$$

Terwijl de P-actie en de I-actie reageren op de amplitude van de afwijking zal de D-actie reageren evenredig met de snelheid waarmee de afwijking verandert.

- als x snel afwijkt van $w \Rightarrow$ krachtige D-actie.
- als x traag afwijkt van $w \Rightarrow$ zwakke D-actie.
- als x niet verandert, dus constant blijft $\Rightarrow$ geen D-actie.

De D-actie "kijkt" naar de toekomst. Een kleine, maar snelle afwijking $w - x$ kan later een grote afwijking worden. De D-regelaar reageert hier onmiddellijk op met een krachtige actie.

3.2 Antwoord bij een stapssprong

Omdat $\frac{d(w - x)}{dt}$ bij een stapssprong oneindig is, moet de D-actie theoretisch oneindig groot zijn.

In fig. 8.5 wordt op t_0 de D-actie begrensd door de maximum instelwaarde Y_h . Door traagheden, ingebouwd in de instrumentatie, krijgt men een D-actie die afwijkt van deze theoretische vorm. Een reactie volgens deze theoretische vorm zou overigens geen effect hebben.

In het praktisch stapantwoord van fig. 8.5 zien we dat:

- het terugkeren van de D-actie met een vertraging gebeurt, die bepaald wordt door een tijd-constante T_D ;
- de grootte van T_D vindt men door de raaklijn te construeren aan de dalende y -curve.
- de amplitude van de D-actie wordt begrensd.

Over het algemeen vindt men voor deze begrensde of tamme D-actie:

$$\text{amplitude D-actie} \approx 10 \times \text{amplitude P-actie}$$

4. PD-regelaar en lineaire afwijking

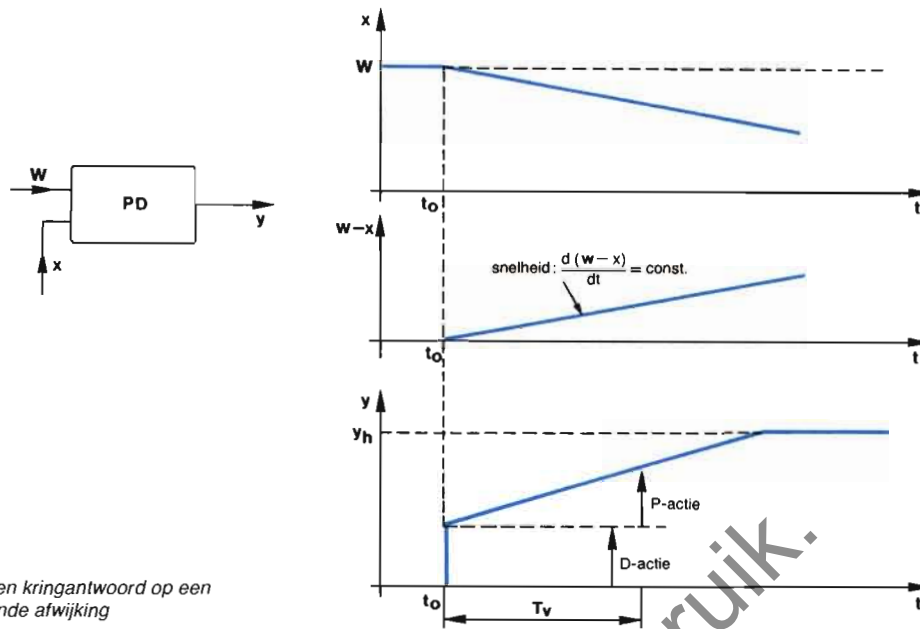


Fig. 8.6 Open kringantwoord op een lineair stijgende afwijking

4.1 Regelacties

- De eigenschappen van de PD-regelaar zijn beter te overzien als we de proceswaarde x met een constante snelheid laten afwijken van w . Overigens zal in de praktijk een afwijking zich zelden voordoen als een sprong maar zal steeds een eindige snelheid hebben. In fig. 8.6 neemt op t_0 de afwijking $w - x$ met een constante snelheid toe.
- De D-regelaar reageert onmiddellijk met een amplitude evenredig met de snelheid waarmee $w - x$ verandert. Vandaar de D-actie: $y_D = k_{DR} \cdot \frac{d(w-x)}{dt}$.
- Daarna reageert de P-regelaar evenredig met de afwijking $w - x$ in functie van de tijd.

Omdat de snelheid van de afwijking constant blijft, is de afwijking:

$$w - x = \text{snelheid} \times \text{tijd}$$

$$w - x = \frac{d(w-x)}{dt} \cdot t$$

Vandaar de P-actie: $y_P = k_R \cdot \frac{d(w-x)}{dt} \cdot t$

- Formule van de PD-regelaar voor een lineair stijgende afwijking wordt dus:

$$y = k_R \frac{d(w-x)}{dt} \cdot t + k_{DR} \frac{d(w-x)}{dt}$$

Het antwoord y is grafisch voorgesteld onderaan in fig. 8.6. Uiteraard kan de uitgang y niet groter worden dan het maximum instelbereik Y_h .

4.2 Voorinsteltijd T_v

De voorinsteltijd is de tijd die de P-regelaar nodig heeft om bij een lineair stijgende afwijking, dezelfde waarde in te stellen als de D-regelaar. In fig. 8.6 zien we dat de D-actie deze waarde een tijd T_v eerder heeft ingesteld. Vandaar de benaming voorinsteltijd.

Hoe groter de voorinsteltijd, des te meer tijd heeft de P-actie nodig om de D-actie te herhalen.

Besluit: een krachtige D-actie $\Rightarrow T_v$ is groot;
een zwakke D-actie $\Rightarrow T_v$ is klein.

5. PD-regelaar met voorinstelling voor P-regelaar

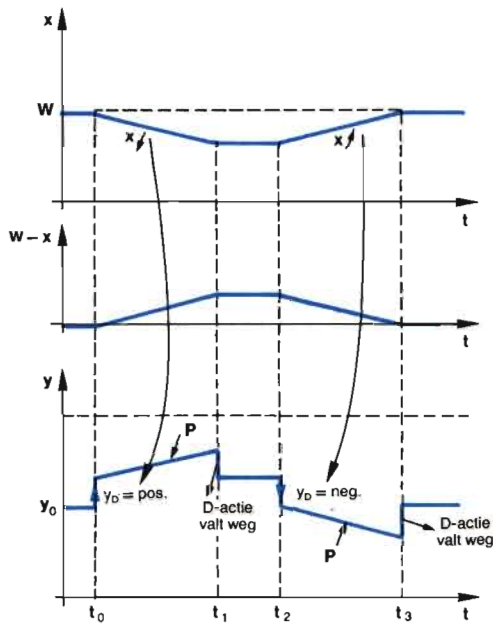
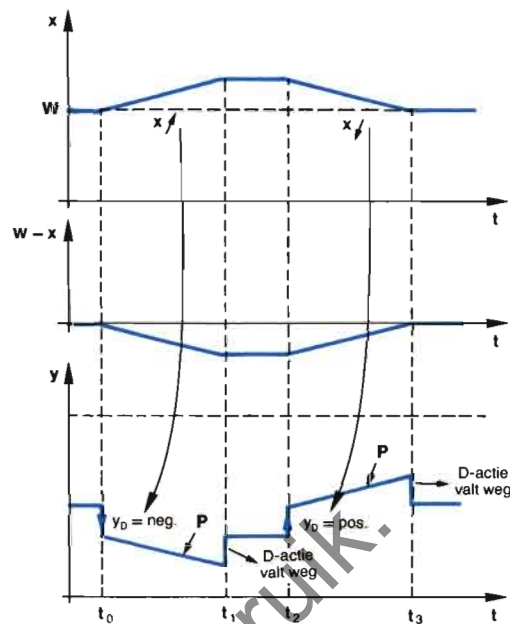
Fig. 8.7 PD-regelaar met voorinstelling y_0 

Fig. 8.8 De proceswaarde verloopt omgekeerd als in fig. 8.7

We beschouwen in fig. 8.7 een PD-regelaar waarbij de P-regelaar een voorinstelling bezit. Bij $x = w$ zorgt de voorinstelling dat de uitgang y van de regelaar op een rustwaarde y_0 staat.

5.1 Interval $t_0 - t_1$

Als de proceswaarde x daalt zoals in het interval $t_0 - t_1$, dan stijgt de afwijking $w - x$. De D-actie zal op t_0 dan reageren met een positieve sprong, evenredig met de snelheid waarmee $w - x$ stijgt.

$$\text{Vandaar: } y_D = k_{DR} \frac{d(w - x)}{dt}$$

Omdat w constant is, wordt:

$$y_D = -k_{DR} \frac{dx}{dt}$$

Nu is $\frac{dx}{dt}$ in het interval $t_0 - t_1$ negatief zodat y_D een positieve sprong is.

5.2 Interval $t_2 - t_3$

Als de proceswaarde stijgt zoals tijdens het interval $t_2 - t_3$, dan daalt de afwijking $w - x$. De D-actie zal op t_2 reageren met een negatieve sprong y_D zoals in fig. 8.7 is weergegeven.

$$\text{Inderdaad } y_D = -k_{DR} \frac{dx}{dt}$$

Omdat $\frac{dx}{dt}$ in het interval $t_2 - t_3$ positief is, zal y_D een negatieve sprong zijn.

We zien dus dat de richting van de D-actie steeds tegengesteld is aan de bewegingsrichting van de proceswaarde x en dit ongeacht of x boven of onder de gewenste waarde ligt. Ga dit zelf na met behulp van fig. 8.8.

Hoe sneller de verandering van de proceswaarde des te krachtiger reageert de D-actie.

In een gesloten kring zal daarom de D-actie een snelle beweging van de proceswaarde krachtig tegenwerken, waardoor de proceswaarde minder snel zal gaan bewegen. De D-actie zal dus een dempend effect hebben.

6. Genormaliseerde formules van PD-regelaar

Bij een lineair stijgende afwijking wordt het gedrag van de PD-regelaar bepaald door:

de P-actie: $y_P = k_R \frac{(w-x)}{dt} \cdot t$ en

de D-actie: $y_D = k_{DR} \frac{d(w-x)}{dt}$

6.1 Voorinsteltijd in functie van k_R en k_{DR}

Na een tijd $t = T_v$ wordt de P-actie gelijk aan de D-actie.

Vandaar de uitdrukking: $k_R \cdot \frac{d(w-x)}{dt} \cdot T_v = k_{DR} \cdot \frac{d(w-x)}{dt}$

waaruit:

$$T_v = \frac{k_{DR}}{k_R}$$

Uit deze formule volgt dat de voorinsteltijd T_v ook gekoppeld is aan de versterking k_R van de P-regelaar. Engelse benamingen voor de voorinsteltijd zijn: ratetime, derivative time en ook pre-act.

6.2 Normalisatie van de formule als de afwijking lineair stijgt

Als de afwijking $w-x$ lineair met de tijd stijgt dan wordt $y = f(t)$

$$y = k_R \cdot \frac{d(w-x)}{dt} \cdot t + k_{DR} \cdot \frac{d(w-x)}{dt}$$

We brengen k_R buiten haken:

$$y = k_R \left[\frac{d(w-x)}{dt} \cdot t + \frac{k_{DR}}{k_R} \cdot \frac{d(w-x)}{dt} \right]$$

$$y = k_R \left[\frac{d(w-x)}{dt} \cdot t + T_v \cdot \frac{d(w-x)}{dt} \right]$$

$$\text{of: } y = k_R \cdot \frac{d(w-x)}{dt} \left[t + T_v \right]$$

Bij het ontwerpen van de PD-regelaar zorgt men ervoor dat de uitgangsspanning verloopt volgens de genormaliseerde formule.

6.3 Normalisatie van de algemene formule

Indien de afwijking $w-x$ op een willekeurige wijze varieert dan wordt de uitgang y op de volgende wijze bepaald door de P- en D-actie:

$$y = k_R(w-x) + k_{DR} \frac{d(w-x)}{dt}$$

We plaatsen k_R buiten haken:

$$y = k_R \left[(w-x) + \frac{k_{DR}}{k_R} \cdot \frac{d(w-x)}{dt} \right]$$

$$y = k_R \left[(w-x) + T_v \cdot \frac{d(w-x)}{dt} \right]$$

Besluit: de uitgang y van de regelaar is recht evenredig met de versterkingsfactor k_R van de P-regelaar terwijl de voorinsteltijd T_v de kracht van de D-actie bepaalt.

7. PID-regelaar en stapssprong

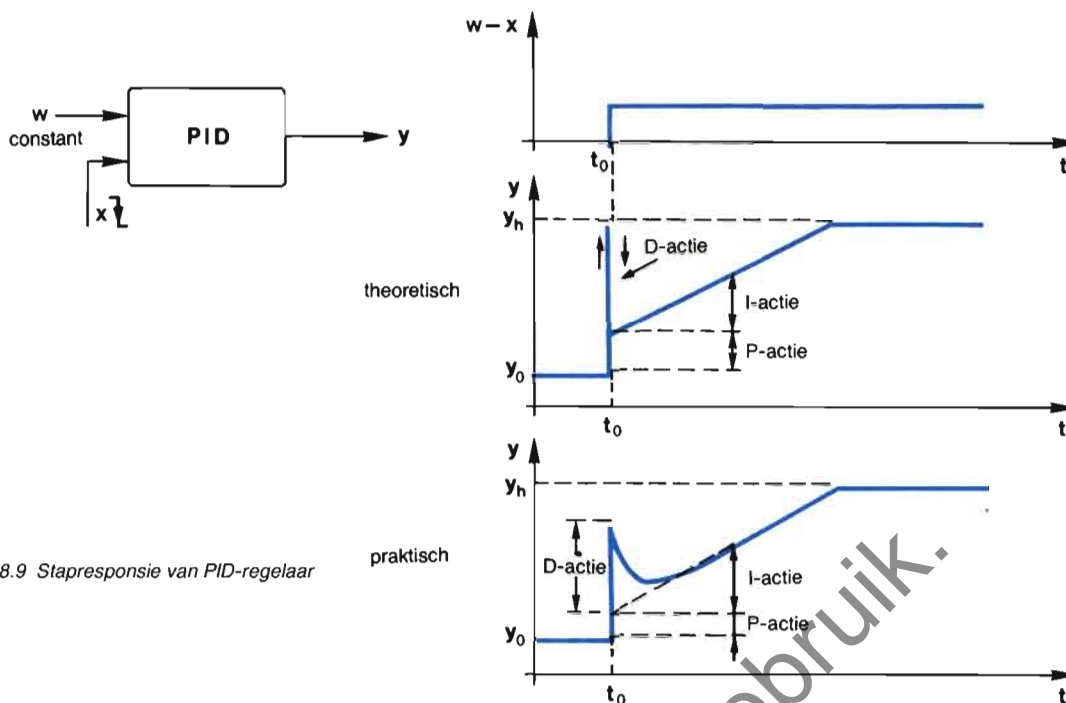


Fig. 8.9 Stapresponsie van PID-regelaar

7.1 Bepaling:

Een regelaar wordt PID-regelaar genoemd als de uitgang y van de regelaar als volgt kan geschreven worden:

$$y = k_R(w - x) + k_{IR} \int_0^t (w - x) dt + k_{DR} \frac{d(w - x)}{dt} \quad (1)$$

7.2 Antwoord als $w - x$ een stapssprong is

Als in fig. 8.9 op het ogenblik t_0 de afwijking $w - x$ stapvormig verloopt dan wordt de uitgang y bepaald door drie acties:

1. de proportionele actie is evenredig met de afwijking $w - x$ en reageert onmiddellijk;
2. de differentiërende actie reageert onmiddellijk en versterkt de proportionele actie, maar verdwijnt zodra $w - x$ niet meer verandert;
3. de integrerende actie blijft y verstellen zolang er een afwijking $w - x$ bestaat.

Zowel het theoretisch als het praktisch verloop van y zijn weergegeven in fig. 8.9.

7.3 Genormaliseerde functie door het invoeren van insteltijden

Bij de I-regelaar hoort een na-insteltijd $T_n = \frac{k_R}{k_{IR}}$;

Bij de D-regelaar is er een voorinsteltijd $T_v = \frac{k_{DR}}{k_R}$

Plaats men in de uitdrukking (1) k_R buiten haken dan vindt men:

$$y = k_R \left[(w - x) + \frac{k_{IR}}{k_R} \int_0^t (w - x) dt + \frac{k_{DR}}{k_R} \frac{d(w - x)}{dt} \right]$$

Vandaar:

$$y = k_R \left[(w - x) + \frac{1}{T_n} \int_0^t (w - x) dt + T_v \frac{d(w - x)}{dt} \right]$$

8. PID-regelaar en lineaire afwijking

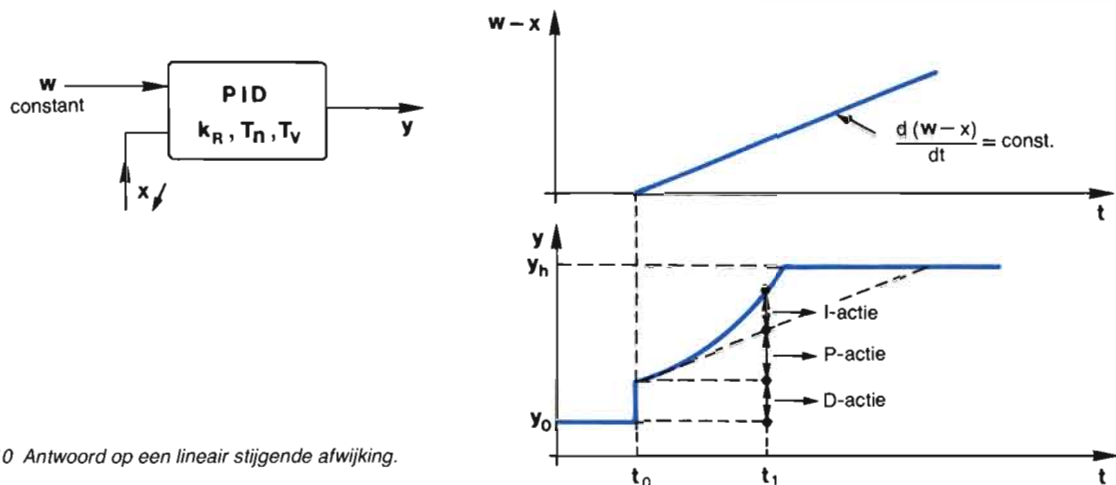


Fig. 8.10 Antwoord op een lineaire stijgende afwijking.

In fig. 8.10 ontstaat op t_0 een lineair stijgende afwijking.

Op een lineair stijgende afwijking levert de PID-regelaar een reactie zoals voorgesteld is onderaan in fig. 8.10.

We onthouden:

1. De proportionele actie is evenredig met de afwijking.
2. De differentiërende actie treedt onmiddellijk op en is evenredig met de snelheid waarmee de afwijking verandert.
3. De integrerende regelaar blijft de y -waarde veranderen zolang er een afwijking is. De snelheid van de I-regelaar is evenredig met de afwijking. Omdat de afwijking steeds verder toeneemt zal de snelheid van de I-actie ook steeds toenemen.

9. PID-regelaar en oscillerende afwijking

In fig. 8.11 slingert de afwijking $w - x$ rond nul. We onderzoeken op vier verschillende tijdstippen de invloed van de drie regelacties op deze oscillerende afwijking.

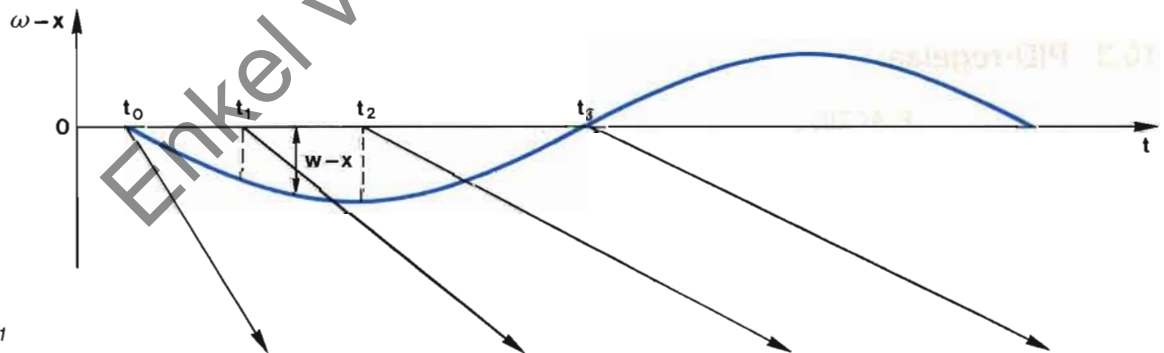
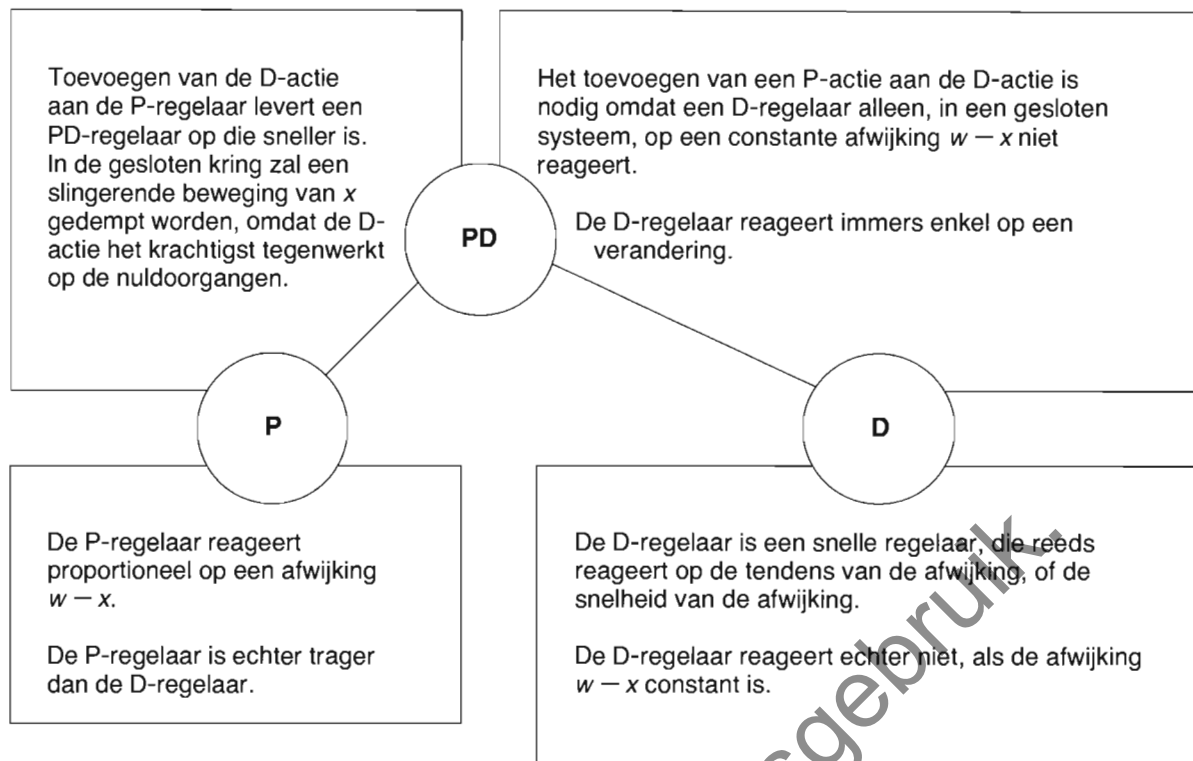


Fig. 8.11

Regelactie	op t_0	op t_1	op t_2	op t_3
P-actie	is nul omdat $w - x = 0$	evenredig met $w - x$	is krachtig omdat $w - x$ groot is.	is nul omdat $w - x = 0$
I-actie	is constant op voorgaande waarde	zwak omdat $w - x$ klein is. Snelheid I-actie is kleiner.	zeer sterk snelheid I-actie is groot	is constant
D-actie	is negatief en groot omdat x stijgt [($w - x$) wordt negatiever]	is kleiner omdat $\frac{d(w-x)}{dt}$ kleiner wordt.	is nul omdat $\frac{d(w-x)}{dt} = 0$	is positief en groot omdat x daalt [($w - x$) wordt positiever]

10. Samenvatting

10.1 PD-actie vergelijken met P- en D-actie



10.2 We onthouden :

- Hoe groter k_R des te krachtiger is de P-actie.
- Hoe kleiner X_p % (PB) des te krachtiger is de P-actie.
- Hoe groter T_V des te krachtiger is de D-actie.

Voor de technologische realisatie van P-I en D-actie verwijzen we naar het Practicumboek 1 en naar de uitgave Regeltechniek-Procestechniek.

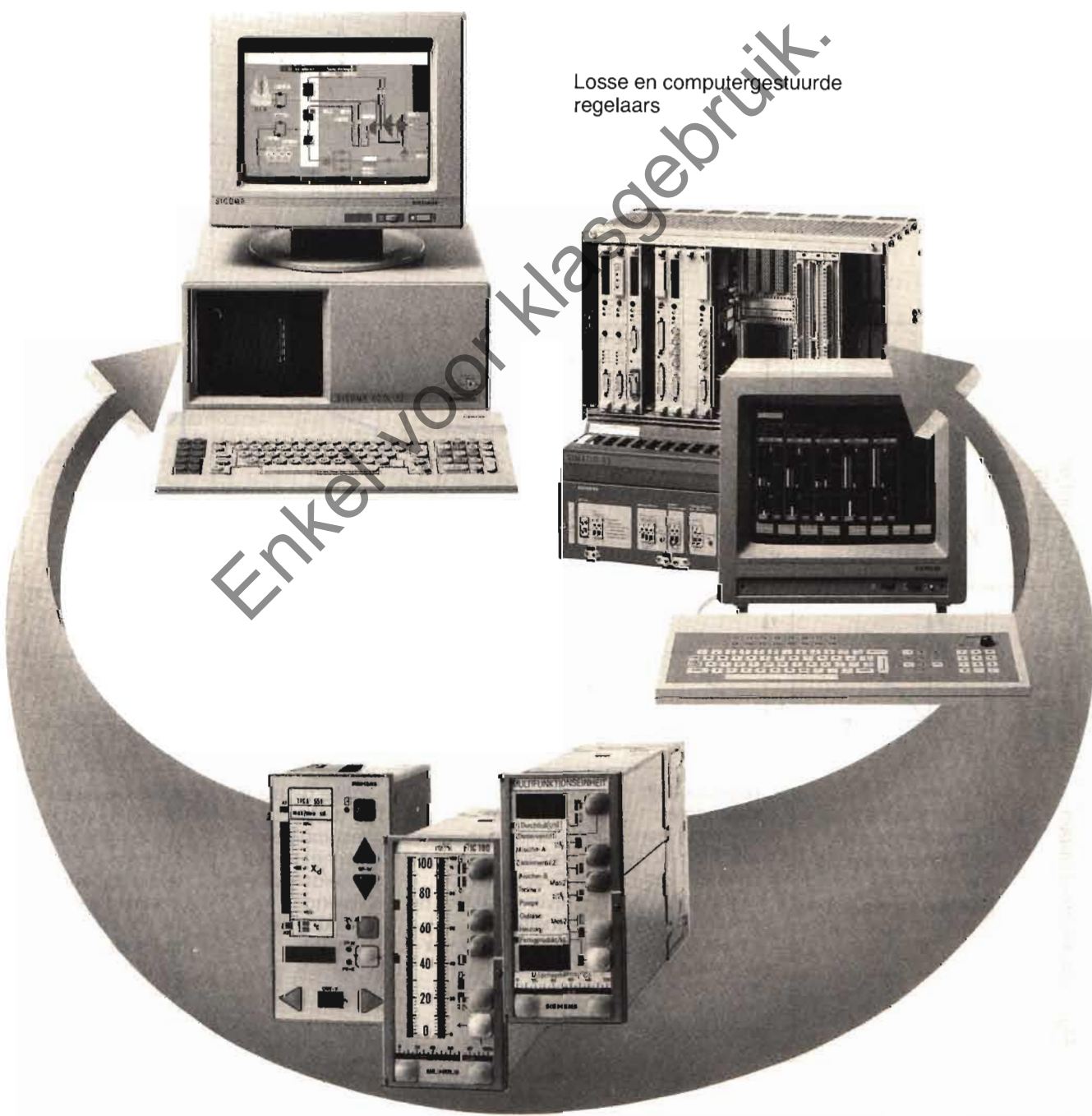
10.3 PID-regelaar

P-ACTIE	I-ACTIE	D-ACTIE
$y = k_R (w - x)$	$y = k_{IR} \int_0^t (w - x) dt$	$y = k_{DR} \frac{d(w - x)}{dt}$
• Om een P-actie te krijgen is een afwijking nodig.	• I-actie blijft veranderen zolang er een afwijking is.	• Als de afwijking constant blijft is er geen D-actie.
• De P-actie is evenredig met de afwijking	• de snelheid van de I-actie is evenredig met de afwijking.	• D-actie is evenredig met de snelheid van de afwijking.

Fig. 8.12 Overzicht P-I en D-actie

10.4 De kracht van de drie regelacties wordt bepaald door de volgende parameters:

k_R	: versterkingsfactor van de P-regelaar. Hoe groter k_R , des te krachtiger is de P-actie.
PB	: de proportionele band. Hoe kleiner de PB , des te krachtiger is de P-actie.
T_n	: na-insteltijd van de I-regelaar, reset time. Hoe kleiner T_n , des te krachtiger is de I-actie.
$r = \frac{1}{T_n}$	: reset rate. Hoe groter r , des te krachtiger is de I-actie.
T_V	: voorinsteltijd van de D-regelaar, rate time, pre act. Hoe groter T_V , des te krachtiger de D-actie.



11. Overzicht continue regelaars

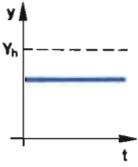
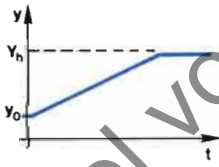
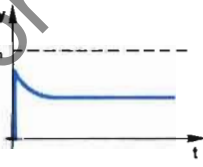
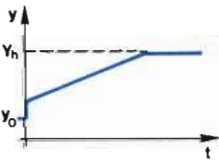
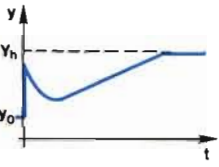
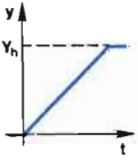
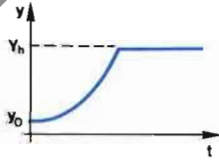
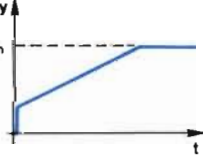
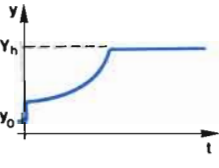
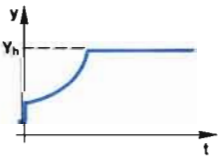
	P	I	PD	PI	PID
Algemene vergelijking	$y = k_R (w - x)$	$y = k_{IR} \int_0^t (w - x) dt$ $\frac{dy}{dt} = k_{IR} (w - x)$	$y = k_R (w - x) + k_{DR} \frac{d(w - x)}{dt}$	$y = k_R (w - x) + k_{IR} \int_0^t (w - x) dt$	$y = k_R (w - x) + k_{IR} \int_0^t (w - x) dt + k_{DR} \cdot \frac{d(w - x)}{dt}$
Kenmerkende Grootheden	$X_P(\%) = PB$ proc. prop. band k_R versterking regelaar gain	k_{IR} integratieconstante T_i integratietijd	PB of k_R T_V voorsteltijd rate time derivative time pre act	PB of k_R T_n nainsteltijd reset time r reset rate (Am) rep./min.	PB of k_R T_n of r T_V
Formules kenmerkende Grootheden	$PB = \frac{100}{k_R \cdot k_S}$ $= \frac{X_P}{X_M} \cdot 100$	$T_i = \frac{Y_h}{X_M \cdot k_{IR}}$	$T_V = \frac{k_{DR}}{k_R}$	$T_n = \frac{k_R}{k_{IR}} ;$ $r = \frac{1}{T_n}$	
Genormaliseerde algemene vergelijking			$y = k_R \left[(w - x) + T_D \cdot \frac{d(w - x)}{dt} \right]$	$y = k_R \left[(w - x) + \frac{1}{T_n} \int_0^t (w - x) dt \right]$	$y = k_R \left[(w - x) + \frac{1}{T_n} \int_0^t (w - x) dt + T_V \cdot \frac{d(w - x)}{dt} \right]$
Antwoord op stapsgang	 $y = k_R (w - x)$	 $y = k (w - x) \cdot t + y_0$		 $y = k_R (w - x) + k_{IR} (w - x) \cdot t + y_0$	
Antwoord op lineair stijgende afwijking					
Algemene eigenschappen	Om een instelwaarde y , te bekomen is een blijvende afwijking $w - x$ nodig. Snelle regelaar.	— regelaar blijft veranderen zolang er een afwijking is. — snelheid van regelaar is evenredig met de afwijking. — afwijking $w - x$ wordt tot nul herleid. — trage regelaar.	— P-actie: blijvende afwijking is nodig. — D-actie: is evenredig met de snelheid waarmee $w - x$ verandert. — snelle regelaar.	— snelle regelaar (P-actie) gecombineerd met het tot nul herleiden van de blijvende afwijking ($w - x$) (I-actie)	— snelle regelaar, (P-actie) met toevoeging van D-actie evenredig met snelheid van $w - x$, en naar nul herleiden van de blijvende afwijking $w - x$ (I-actie).

Fig. 8.13 Overzicht van continue regelacties

12. Opdrachten

1. Geef van de PD-regelaar :

1. de algemene formule voor de uitgang y :
2. de grafiek $y = f(t)$ als $w - x$ een sprong is ;
3. Bespreek de theoretische en de praktische grafiek.

2. Bespreek de werking van de PD-regelaar als $w - x$ lineair stijgt.

1. Bespreek de grafiek $y = f(t)$, geef de formule $y = f(t)$
2. Bepaal de voorinsteltijd T_V .
3. Vergelijk de PD-regelaar met de P-actie en met de D-actie.

3. Invuloefening van de PD-regelaar

Als x snel afwijkt van w dan bekomen we een D-actie.

Als x traag afwijkt van w dan bekomen we een D-actie.

Als x niet verandert, dus constant blijft dan bekomen we D-actie.

De D-regelaar reageert op een lineair stijgende afwijking onmiddellijk met een amplitude evenredig met

Daarna reageert de P-regelaar evenredig met :

Het maatgetal om de kracht van de D-actie vast te leggen is de T_V , de tijd die de nodig heeft om

Hoe groter T_V , des te is de D-actie.

Het toevoegen van de D-actie aan de P-regelaar levert een PD-regelaar die is dan de P-regelaar.

Het toevoegen van de P-actie aan een D-regelaar is nodig omdat in een gesloten systeem een D-regelaar alleen kan doen.

Inderdaad, als een afwijking $w - x$ constant blijft dan is de bijdrage van de D-actie :

als x stijgt dan is de D-actie (neg., pos.)

als x daalt dan is de D-actie (neg., pos.)

4. Als bij een PD-regelaar het P-aandeel gelijk geworden is aan het D-aandeel ($w - x$ is een lineair stijgende afwijking) dan is :

$$k_R \frac{d(w-x)}{dt} \cdot T_V = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots$$

waaruit $T_V = \dots\dots\dots$

Herleid nu de algemene formule van de PD-regelaar in de genormaliseerde vorm, en ook $y = f(t)$ als $w - x$ lineair stijgt met de tijd.

5. Geef van de PID-regelaar :

1. de algemene formule voor de uitgang y ;
2. de genormaliseerde vorm van de algemene formule ;
3. de grafiek $y = f(t)$ als $w - x$ een sprong is. (theoretisch en praktisch) ;
4. Duid de drie acties aan in de grafiek en omschrijf ze kort.

6. Bespreek de werking van de PID-regelaar als $w - x$ lineair stijgt.

1. Teken de grafiek $y = f(t)$ en duid de drie acties aan.
2. Omschrijf de drie acties kort.

7. Geef de verschillende parameters om de kracht voor te stellen van de PID-regelaar. Geef nog eens de definities van deze parameters.

8. Invuloefening.

Op een lineair stijgende afwijking reageert de PID-regelaar als volgt:

De differentiërende actie treedt op en is evenredig met de waarmee x verandert. Daarna komt de P-actie in werking met een amplitude evenredig met Pas later heeft de I-regelaar invloed, omdat de van de I-actie evenredig is met

Hoe groter k_P , des te is de P-actie.

Hoe kleiner PB , des te is de P-actie.

9. In welke richting moeten de knoppen gedraaid worden om de drie regelacties krachtiger te maken?

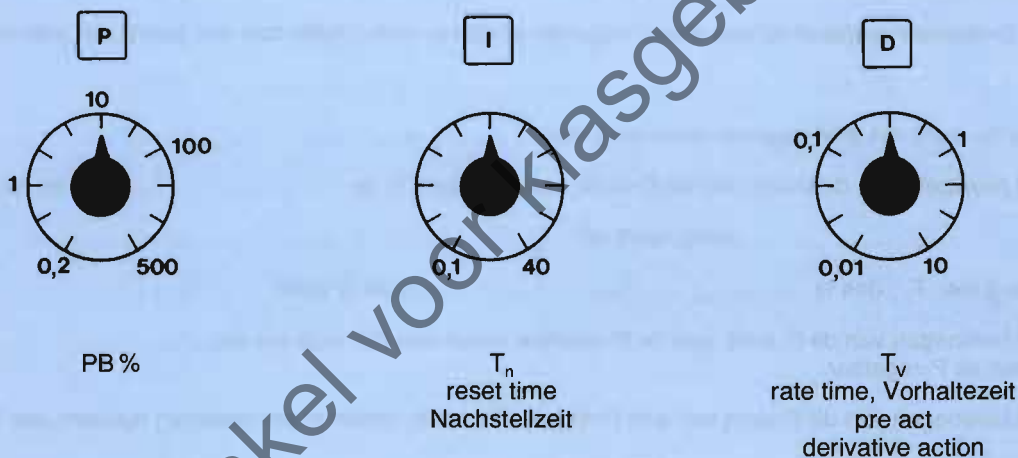


Fig. 8.14.

P:

I:

D: