

Blok 2

Opbouw van regelkringen

Doelstellingen:

- Nauwkeurig afbakenen van regelaar en proces in een regelsysteem.
- De functie van de wenswaarde w , de werkelijke waarde x en de regelwaarde y omschrijven.
- De werking van een regelkring kunnen verklaren met behulp van het blokschema en de elektrische standaardsignalen.
- Het verschil kunnen uitleggen tussen:
 - sturen en regelen;
 - een volgsysteem en een procesregeling;
 - een open en gesloten regelsysteem;
 - een regelklep in de toevoerlijn of in de afvoerlijn;
 - een continue regelaar en een aan/uit-regelaar.
- De verschillende factoren kunnen beschrijven bij het instellen van de regelaar.

- De in de praktijk voorkomende regelkringen verschillen niet alleen in constructie en afmetingen, maar ook de principes waarop ze berusten zijn verschillend.
- Hoewel de regeltechniek met verschillende soorten processen te maken heeft, treft men in elke regelkring steeds dezelfde functies aan.
- Voor het regelen van eenvoudige processen wordt vooral de aan-uit regelaar toegepast. De regeling van de temperatuur van de centrale verwarming in een huis is hiervan een voorbeeld. Ook de temperatuurregeling van koelkasten en diepvriezers zijn bekende voorbeelden. De continue regelaar komt eveneens veelvuldig voor.

Inhoud:

1. Regelkring met modulen.
2. Blokschema gestandaardiseerde regelkring.
3. Functies van een regelkring.
4. Open en gesloten regelsysteem.
5. Soorten regelingen.
6. Tegengesteld werkende regelaars.
7. Continue-regelaar tegenover aan/uit-regelaar
8. Gedrag van regelkringen.
9. Regelkringen in industriële processen.
10. Controlezaal.
11. Internationale benamingen.
12. Opdrachten.

1. Regelkring met modules

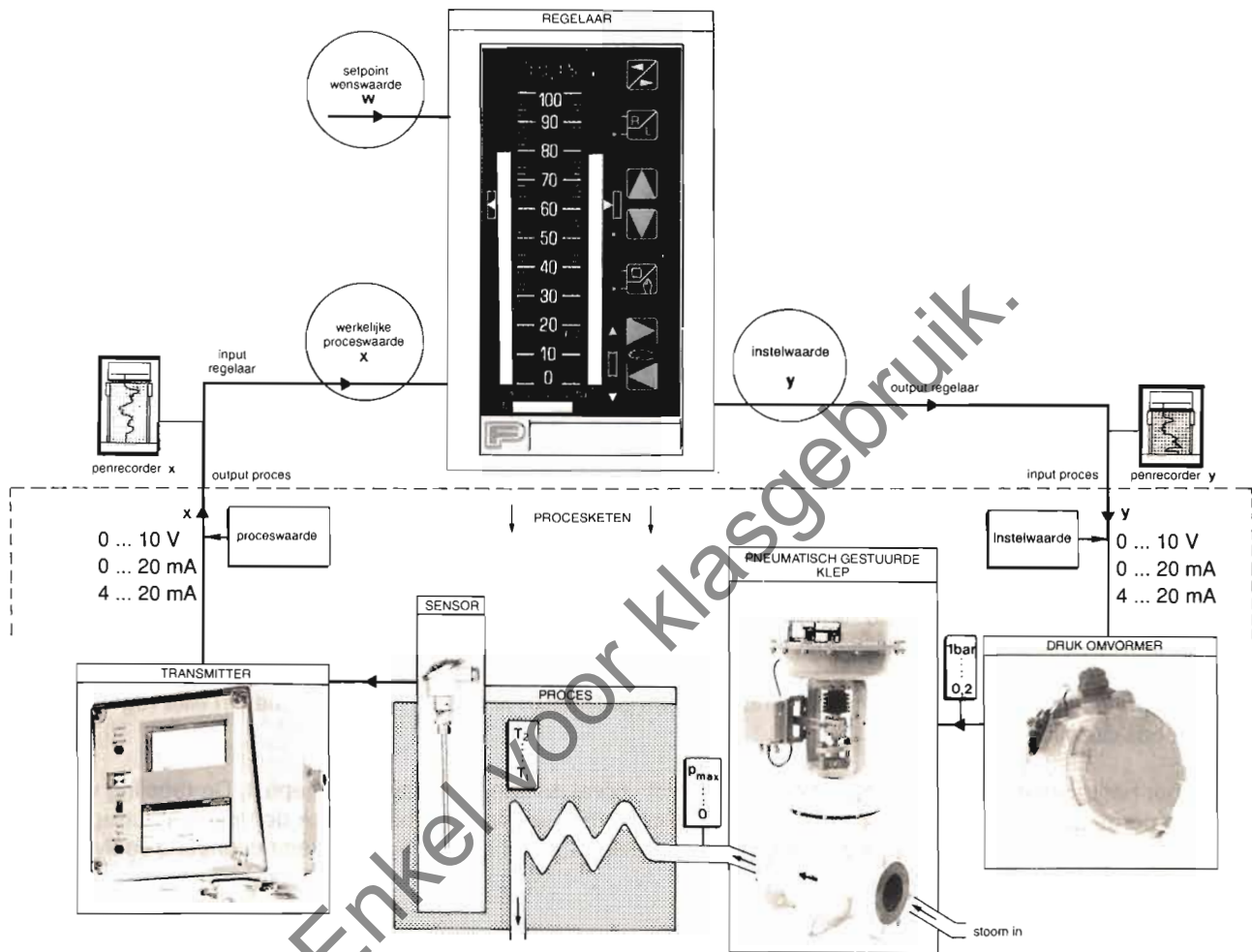


Fig. 2.1 Blokschema van temperatuurregeling van een proces

We beschouwen een oven die verhit wordt door een spiraalvormig verwarmingselement dat gevoed wordt door stoom als energiedrager. Indien de hoeveelheid toegevoerde stoom per tijdseenheid (debiet) instelbaar is, dan kan de temperatuur van de oven gestabiliseerd worden. Daartoe gebruiken we een reeks instrumentatiemodules zodat de regelkring van fig. 2.1 ontstaat.

1.1 Instrumentatiemodulen

Buiten het proces bevat de regelketen de volgende bouwstenen of modules:

- de regelaar die voortdurend de werkelijke oventemperatuur vergelijkt met de wenswaarde;
- een pneumatisch gestuurde klep die het stoomdebiet instelt;
- een drukomvormer die het elektrisch signaal van de regelaar omzet in een luchtdruk om de klep te bedienen;
- een sensor of voeler die de temperatuur van de oven omzet in een elektrische spanning;
- een meetzender of transmitter die het elektrisch signaal op een hoger niveau brengt zodat het geschikt is voor transport naar de regelaar.

1.2 Signalen w , x en y

Aan de ingang van de regelaar zijn er twee elektrische signalen:

- de wenswaarde w die overeenstemt met de gewenste temperatuur;
- de werkelijke waarde x die een maat is voor de gemeten temperatuur.

Aan de uitgang van de regelaar vinden we de instelwaarde y .

Het systeem dat zich buiten de regelaar bevindt, dus tussen de y - en x -grootheden, noemt men de procesketen of kortweg proces.

Verschillende benamingen voor y :

- de instelwaarde van de regelaar;
- uitgang of output regelaar;
- ingang of input proces.

Men noemt x :

- de werkelijke of gemeten waarde;
- de proceswaarde;
- input regelaar;
- output proces.

Men noemt w : gewenste waarde of setpoint

Stel dat de temperatuur in het proces daalt door een storing. Via de sensor en de transmitter zal de spanning x (0 ... 10 volt) dalen. Hierdoor wordt $w - x$ groter. De regelaar produceert een waarde y die stijgt, waardoor via de drukomvormer de pneumatisch gestuurde klep meer open gaat. Er stroomt weer stoom in het proces zodat x terug stijgt.

1.3 Standaardwaarden

In een regelkring zorgt men ervoor dat de instelwaarde y van de regelaar (de input van het proces) en de output van het proces (proceswaarde) in dezelfde grootheid worden weergegeven. Hiervoor gebruiken de fabrikanten meestal elektrische signalen met de volgende standaardwaarden:

- 0 ... 10 V
- 0 ... 20 mA
- 4 ... 20 mA

Redeneren we met een standaardsignaal van 0 ... 10 V.

De uitgang van de regelaar kan veranderen van 0 tot 10 volt.

Betekenis: 0 volt: geen vermogentoevoer naar het proces;
10 volt: maximum vermogentoevoer naar het proces.

Een pneumatische klep kan niet rechtstreeks door het 0 ... 10 V-signaal van de regelaar open en dicht gestuurd worden.

Via een drukomvormer wordt het elektrisch signaal omgezet naar een bepaalde luchtdrukwaarde:

- 0 volt $\rightarrow$ 0,2 bar $\rightarrow$ klep is gesloten $\rightarrow P = 0$
- 10 volt $\rightarrow$ 1 bar $\rightarrow$ klep is volledig open $\rightarrow P = P_{\max}$

Indien men deze uiterste kleptoestand handmatig zou instellen dan zou in de oven hierdoor een temperatuursvariatie ontstaan van T_1 naar T_2 . Via een sensor (voeler) en meetzender wordt de temperatuur naar een elektrisch signaal omgevormd dat begrepen is tussen 0 ... 10 volt. De gewenste waarde w (setpoint) wordt verkregen door het kiezen van een stabiele spanning tussen 0 en 10 V.

2. Blokschema gestandaardiseerde regelkring

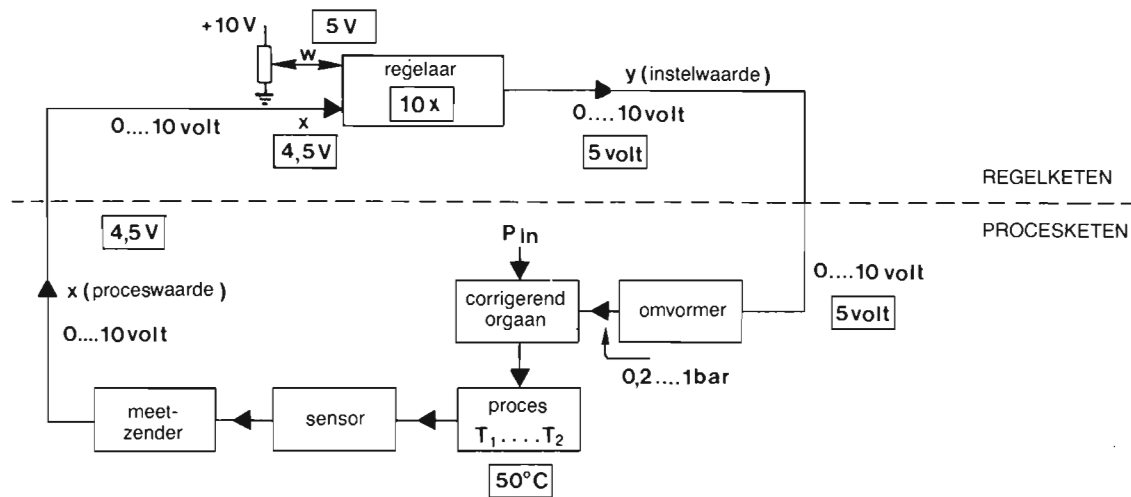


Fig. 2.2 Blokschema gestandaardiseerde regelkring.

2.1 Beschrijving

In fig. 2.2 beschouwen we het blokschema van de temperatuursregeling van het voorgaande proces. De standaardwaarde van de elektrische signalen is 0 ... 10 volt. Boven de streepjeslijn bevindt zich de regelketen en onder de streepjeslijn zien we de procesketen.

Stel dat we het hele proces in koude toestand starten zodat de proceswaarde x laag is. We hebben de gewenste waarde ingesteld op bijvoorbeeld $w = 5$ volt. De afwijking $w - x$ zal nu groot zijn. Afhankelijk van de versterking van de regelaar is de uitgangsspanning hoog en kan zelfs tot 10 volt oplopen.

Via de omvormer gaat de klep volledig open zodat er maximum vermogen het proces invloeit waardoor de temperatuur stijgt.

De proceswaarde x stijgt zodat $w - x$ daalt, en de uitgang van de regelaar y eveneens daalt. Er wordt nu steeds minder vermogen het proces ingestuurd omdat de klep langzaam dichtgaat.

Hierdoor gaat x steeds minder snel stijgen, tot het stijgen ophoudt en er zich een bepaalde temperatuur instelt in het proces. We illustreren dit met een voorbeeld.

Voorbeeld : statische toestand van de regelkring.

In het proces van fig. 2.2 heerst een temperatuur van 50°C . De sensor zorgt voor een uitgangsspanning van 4,5 volt achter de meetzender. De verschilwaarde $w - x$ of $5\text{ V} - 4,5\text{ V}$ is 0,5 volt en wordt 10 maal versterkt. De uitgangsspanning van de regelaar is dus 5 volt.

Via de omvormer en de klepsturing wordt een bepaalde hoeveelheid vermogen in het proces gestuurd zodat zich een temperatuur van 50°C instelt.

2.2 Stabilisatie werking

Stel dat de omgevingstemperatuur afneemt zodat ook de proceswaarde x daalt.

Vandaar: $x \downarrow \quad (w - x) \uparrow \quad y \uparrow \quad P \uparrow \quad x \uparrow$

Iedere verandering van de proceswaarde wordt door de regelaar tegenwerkt. Er is dus tegenkoppeling.

3. Functies van een regelkring

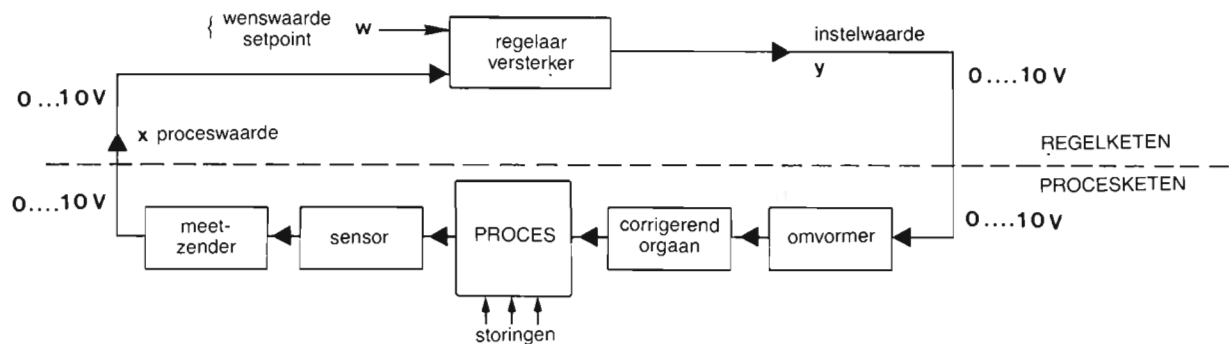


Fig. 2.3 Blokschema van een regelkring.

Het voorgaande blokschema wordt vereenvoudigd tot dat van fig. 2.3.

Hierin vestigen we vooral de aandacht op de functies van de diverse blokken.

Uit de talrijke voorbeelden die we gezien hebben in blok 1 herkennen we de volgende functies die in een regelkring voorkomen:

1. Een regelkring is een gesloten kring.
De uitgang van de regelaar vormt de ingangsgrootheid van het proces; de uitgangsgrootheid van het proces, vormt de ingang van de regelaar.
2. De terugkoppeling van de uitgang van de regelaar gaat via het proces naar de ingang van de regelaar. Deze terugkoppeling moet zodanig zijn dat een verandering van de procesgrootheid x , door een verstelling y van de regelaar wordt tegengewerkt. Hierdoor wordt de proceswaarde x gelijk aan de gewenste waarde w of benadert de wenswaarde zo dicht mogelijk. Men spreekt hier van een negatieve terugkoppeling, negatieve feedback of tegenkoppeling.
3. Als de uitgang van de regelaar geen voldoende groot vermogen kan leveren aan het proces, dan moet dit vermogen via een omvormer en een corrigerend orgaan in het proces gestuurd worden. Omvormer en corrigerend orgaan hebben als taak: de uitgang y van de regelaar te vertalen naar een evenredige hoeveelheid vermogen in het proces.
Voorbeeld: als $y = 0$ volt dan is $P = 0$
 als $y = 10$ volt dan is $P = P_{max}$
4. De proceswaarde x wordt met een sensor gemeten en via een meetzender omgevormd naar een aangepast signaal dat vergeleken kan worden met een gewenste waarde w .
5. De verschilwaarde of de afwijking $w - x$ wordt door de regelaar versterkt.
Hierdoor ontstaat een bepaalde regelwaarde y die zorgt voor het in stand houden van de proceswaarde x .
6. In een gestandaardiseerd systeem zijn er steeds standaardsignalen aanwezig. Verandert de ingang van de procesketen bijvoorbeeld van 0 tot 10 volt, dan zal de proceswaarde x veranderen tussen twee uitersten x_1 en x_2 , die via de meetzender terug kunnen omgevormd worden tot een standaardsignaal van 0 ... 10 volt.

We hebben gezien dat de regelkring bestaat uit een grote verscheidenheid van instrumenten en technologieën.

Zo vinden we voor het corrigerend orgaan de volgende systemen:

- mechanisch: hefboom en klep;
- hydraulisch: zuiger;
- pneumatisch: met luchtdruk gestuurde klep;
- elektrisch: motor, relaiscontacten;
- elektronisch: triac, thyristoren.

4. Open en gesloten regelsysteem

4.1 Voorbeeld van een open regelsysteem of stuursysteem

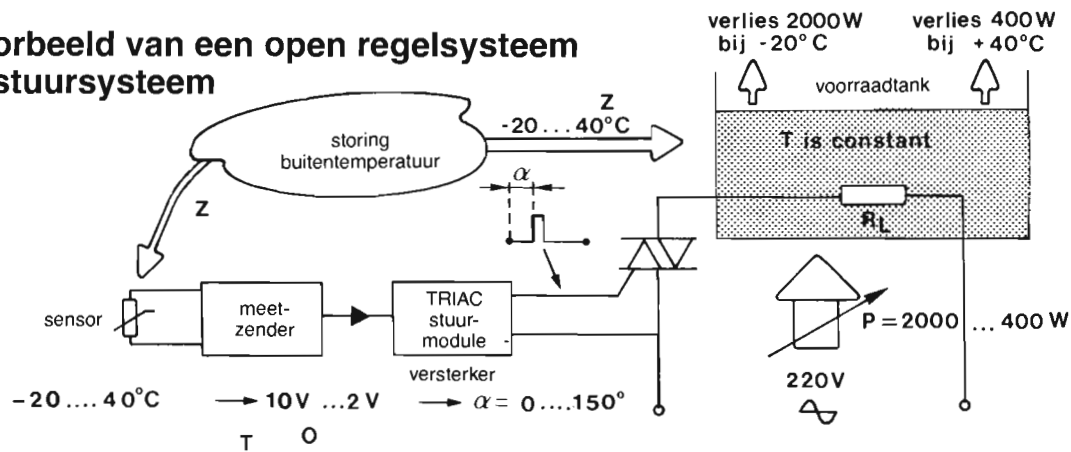


Fig. 2.4 Temperatuurregeling met open keten

We beschouwen een vloeistof in een voorraadtank die men op een bepaalde temperatuur moet houden. De buitentemperatuur koelt de vloeistof af, zodat men de buitentemperatuur als een storing kan beschouwen. Bij een zeer lage buitentemperatuur moet het toe te voeren vermogen P in het proces hoog zijn. Bij een hoge buitentemperatuur mag het toe te voeren vermogen laag zijn.

Bij een elektrische vermogensturing met een triac, zoals in fig. 2.4 is afgebeeld, zou bijvoorbeeld de volgende situatie mogelijk zijn:

De sensor en meetzender meten de storing z en zetten de buitentemperatuur van -20°C tot $+40^\circ\text{C}$ om in een spanning van 10 tot 2 volt. Deze spanningen sturen de ontsteekhoek α van de triac tussen 0 en 150 graden. Hierdoor verandert het toegevoerd vermogen tussen 2000 watt en 400 watt.

Bij een buitentemperatuur van $+40^\circ\text{C}$ is een toegevoerd vermogen van 400 watt nodig, om een bepaalde temperatuur in het proces aan te houden. Door berekenen of uittesten kan men dit vinden. Bij een buitentemperatuur van -20°C is 2000 watt nodig om diezelfde temperatuur te bekomen.

We herkennen dat de storing via twee wegen het proces beïnvloedt:

- 1° rechtstreeks, bijvoorbeeld door het dalen van de buitentemperatuur wordt meer vermogen aan het proces onttrokken zodat de procestemperatuur daalt.
- 2° via de elektronische schakeling, waarbij het de bedoeling is de hiervoor beschreven rechtstreekse beïnvloeding te niet te doen.

Inderdaad de daling van het vermogen wegens de buitentemperatuur moet gecompenseerd worden door een evengrote stijging van het vermogen via de stuurketen.

Voorbeeld

In de schakeling van fig 2.4 is $R_L = 31 \Omega$ en $U = 220 \text{ V}$, 50 Hz.

Bereken het vermogen in R_L bij een ontsteekhoek $\alpha = 0^\circ$, $\alpha = 90^\circ$ en $\alpha = 180^\circ$ als het spanningsverlies over de geleidende TRIAC 1 V bedraagt.

Oplossing:

Bij $\alpha = 0^\circ$ loopt doorheen R_L een sinusvormige stroom met een amplitude:

$$\hat{i} = \frac{U - 1 \text{ V}}{31 \Omega} = \frac{311 \text{ V} - 1 \text{ V}}{31 \Omega} = 10 \text{ A}$$

Het vermogen dat in R_L ontwikkeld wordt:

$$P = I^2 \cdot R_L = \frac{\hat{i}^2}{2} \cdot R_L = \frac{10^2}{2} \cdot 31 = 1550 \text{ W}$$

Bij $\alpha = 90^\circ$ neemt $\hat{i}$ de vorm aan zoals in fig. 2.4.a is voorgesteld. Omdat de stroom maar voor de helft actief is wordt ook het toegevoerd vermogen gehalveerd.

$$\text{Vandaar: } P = \frac{1550 \text{ W}}{2} = 775 \text{ W}$$

Bij $\alpha = 180^\circ$ loopt er geen stroom zodat $P = 0 \text{ W}$.

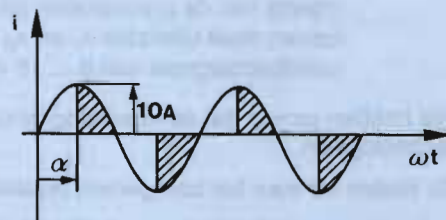


Fig. 2.4.a

4.2 Vergelijken van open en gesloten systeem

a Open regelsysteem of stuursysteem

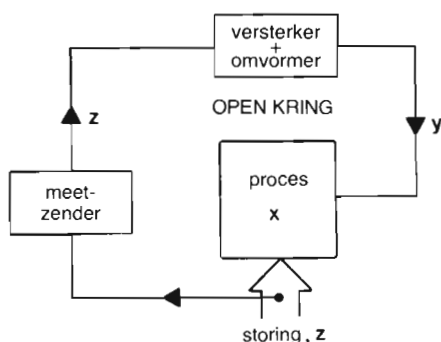


Fig. 2.5 Open regelketen

Het vereenvoudigd blokschema van de temperatuurregeling in een open systeem is afgebeeld in fig. 2.5.

Hier is geen negatieve terugkoppeling aanwezig zodat men spreekt van een regeling in open keten.

Regelen in open keten noemt men ook "sturen". Het voordeel is dat het storende signaal z direct de toevoerenergie stuurt zodat er onmiddellijk op de storingen gereageerd wordt.

Het nadeel is echter dat een verandering van de proceswaarde x , veroorzaakt door een andere storing dan deze die gemeten werd (bv. een niveauverandering in de tank), niet gecompenseerd wordt.

De rechtstreekse invloed van z op x moet precies gekend zijn. De kracht van de stuuractie moet immers juist afgesteld worden om deze invloed te neutraliseren. Als Δz de temperatuur zou doen stijgen met $+\Delta T$ dan moet diezelfde Δz de temperatuur doen dalen met $-\Delta T$ via de regelaar.

b Gesloten regelsysteem

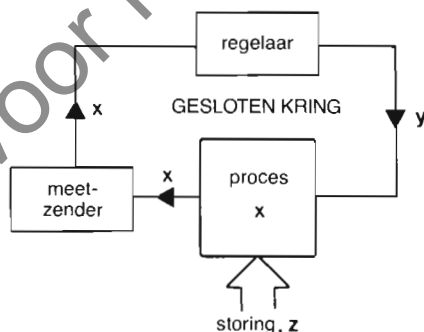


Fig. 2.6 Gesloten regelketen

In het gesloten regelsysteem van fig. 2.6 kan een uitwendige storing pas ontdekt worden nadat deze het proces reeds verstoord heeft. Meestal zijn er vertragingen in het systeem aanwezig zodat de tegenactie door het regelsysteem altijd te laat komt.

Een gesloten systeem moet dus altijd eerst een afwijking van de gewenste waarde toelaten alvorens het in actie kan komen.

Anderzijds wordt in een systeem met tegenkoppeling met alle storingen rekening gehouden. Een gesloten systeem werkt in principe met een naregeling terwijl een open systeem met een voorregeling werkt.

Besluit :

Men spreekt van regelen als er een terugkoppeling aanwezig is; zonder terugkoppeling spreekt men van sturen.

5. Soorten regelingen

In principe kunnen we twee grote groepen van regelsystemen onderscheiden; de volgsystemen en de procesregelingen.

5.1 Volgsysteem of servosysteem

In een volgsysteem of servosysteem moet de werkelijke waarde de gewenste waarde steeds volgen. Dit betekent dat de gewenste waarde kan veranderen tijdens de werking van de regeling. Men kan in deze groep nog twee principes onderscheiden:

- **De gewenste waarde verandert volledig willekeurig**

Zo moet de as van een antenne steeds overeenkomen met de as van een potentiometer. Verdraaien we de potentiometerstand over een hoek θ , zoals in fig. 2.7, dan zal de as waarop de antenne bevestigd is, draaien totdat dezelfde hoekstand bereikt is en dan stilvallen. Andere voorbeelden: regelen van het roer van een schip, richten van de loop van een kanon, regelen van een klepstand, ...

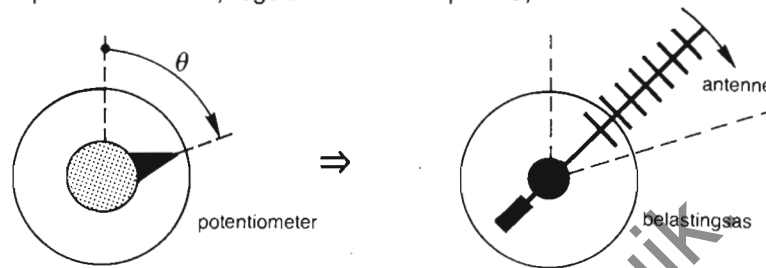


Fig. 2.7 Servosysteem om antenne te richten

- **De gewenste waarde verandert volgens een vast programma.**

Een typisch voorbeeld is de snijbeitel op een kopieerdraaibank die de taster op een model moet volgen zoals in fig. 2.8 is weergegeven. Het mechanische model kan tegenwoordig vervangen worden door een computerprogramma.

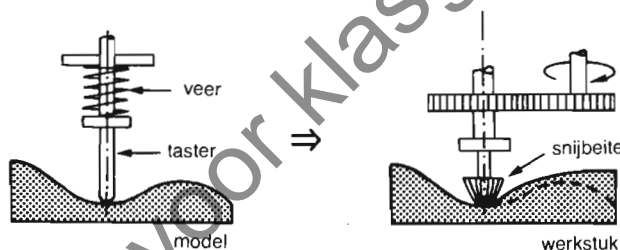


Fig. 2.8 Servosysteem bij kopieerdraaibank

5.2 Enkelvoudig procesregeling

In een procesregeling blijft de gewenste waarde constant en moet de werkelijke waarde zo dicht mogelijk bij de gewenste waarde gehouden worden ondanks allerlei storingen. Dit vinden we bijvoorbeeld terug in een temperatuurregeling van een vloeistof waarbij men die vloeistof steeds op constante temperatuur wenst te houden. Verandert de temperatuur door een meer of minder grote afname van de hoeveelheid vloeistof, dan zal een verschilsignaal $w - x$ via de versterker het ventiel open of dicht draaien om de afwijking te compenseren. Zie fig. 2.9. We zullen later zien (blok 12) dat in meervoudige regelkringen, w ook afhankelijk kan zijn van een andere grootte.

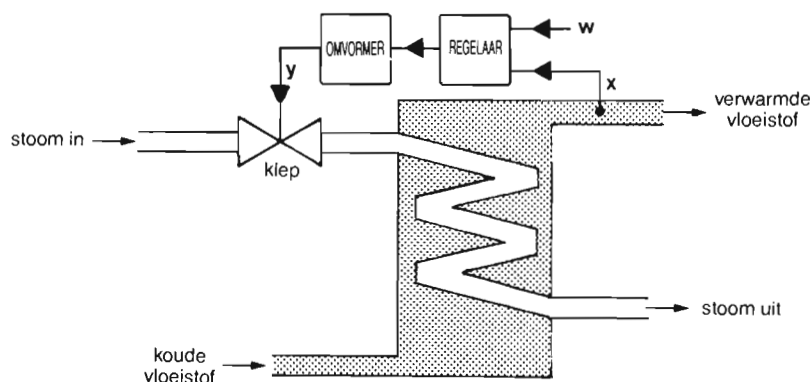


Fig. 2.9 Temperatuurregeling als procesregeling

6. Tegengesteld werkende regelaars

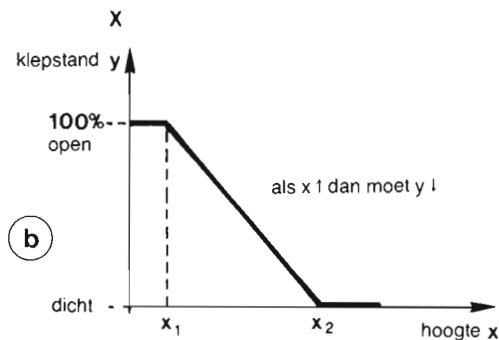
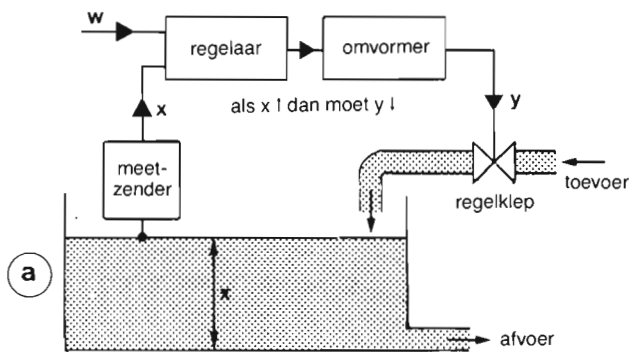


Fig. 2.10 Niveauregeling in opslagtank met klep in de toevoerlijn.

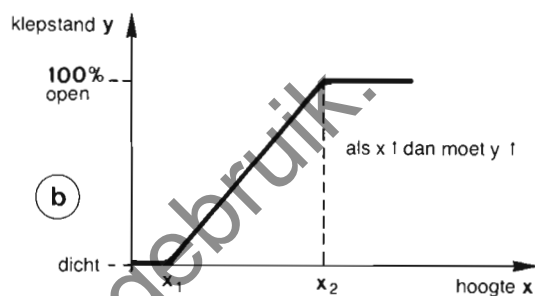
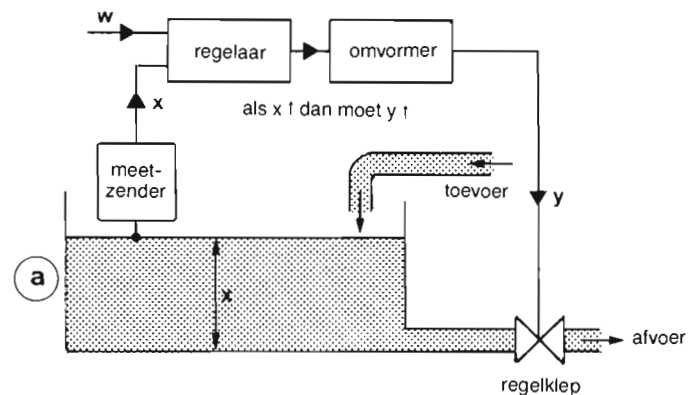


Fig. 2.11 Niveauregeling in opslagtank met klep in de afvoerlijn.

In veel processen wordt de toevoerenergie het proces ingestuurd via een stromende massa, bijvoorbeeld een vloeistof of stoom. De regelklep of corrigerend orgaan kan in de toevoerlijn of in de afvoerlijn van de massastroom worden aangebracht.

Nemen we het concreet geval van een niveauregeling van een vloeistof in een opslagtank.

1. Staat de regelklep in de toevoerlijn zoals in fig. 2.10, dan moet de klep langzaam sluiten als de hoogte x stijgt. We bekomen dan een negatieve terugkoppeling (feedback) in de gesloten keten. Inderdaad,

$$\text{als } x \uparrow \quad (w - x) \downarrow \quad y \downarrow \quad \text{waardoor} \quad x \downarrow$$

Bij een lage waarde x_1 zal de klep volledig open staan; bij een hoge waarde x_2 zal de klep volledig gesloten zijn. Zie fig. 2.10.b.

2. In fig. 2.11 staat de klep in de afvoerlijn. Nu moet de regelklep verder open draaien als de hoogte stijgt, zodat meer vloeistof kan afvloeien waardoor de hoogte terug afneemt.

$$\text{als } x \uparrow \quad (w - x) \downarrow \quad y \uparrow \quad \text{waardoor} \quad x \downarrow$$

Bij een lage waarde x_1 moet de klep volledig gesloten zijn. Bij een bepaalde hoge waarde x_2 moet de klep volledig open zijn. Zie fig. 2.11.b.

De opbouw van de regelaar kan steeds zo worden uitgevoerd dat y , ofwel stijgt bij stijgende x , ofwel daalt bij stijgende x .

Om de verschijnselen van gesloten regelkringen uit te leggen, kan men zowel het ene als het andere systeem gebruiken.

In het verder gedeelte van het boek redeneren we steeds met het systeem van fig. 2.10 : als $x \uparrow$ dan moet $y \downarrow$

7. Continue regelaar tegenover aan/uit-regelaar

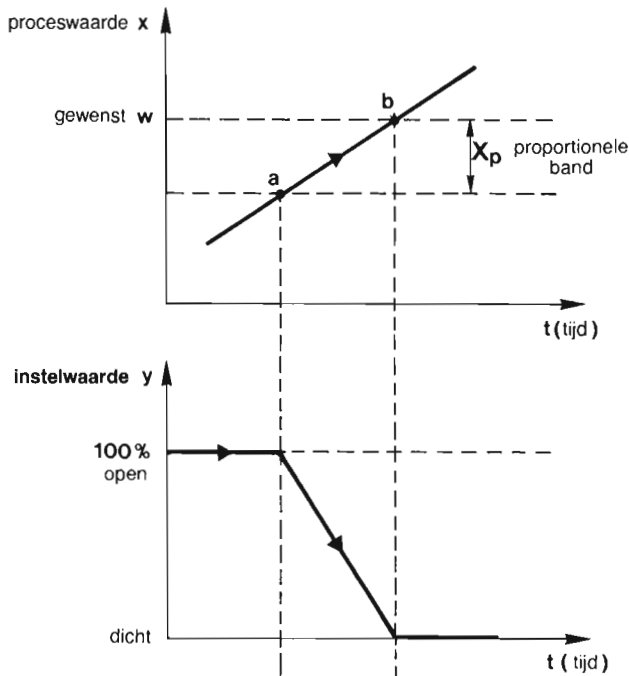
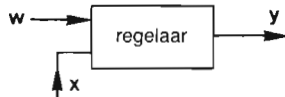


Fig. 2.12 Karakteristiek van continue regelaar.
proportionele band = $PB = X_p$

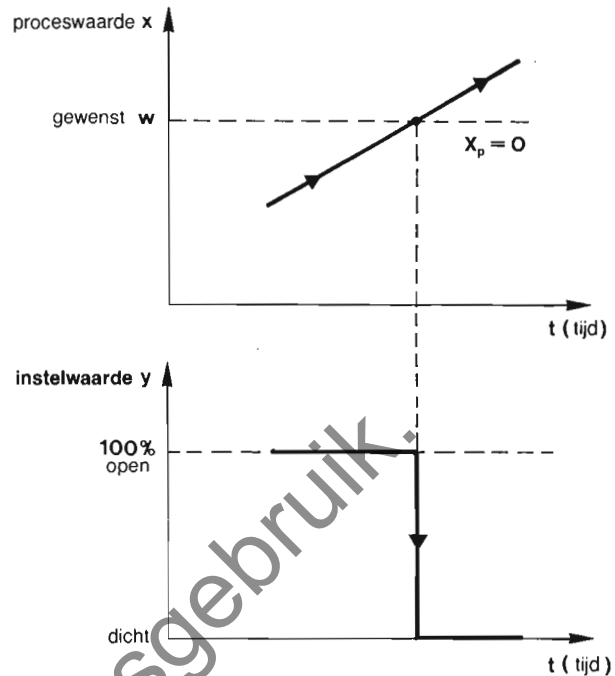


Fig. 2.13 Karakteristiek van aan/uit-regelaar.

7.1 Continue regelaar

Deze regelaar is zo gemaakt dat de uitgang y , evenredig verloopt met de afwijking $w - x$ binnen een bepaalde zone van x , proportionele band genoemd.

Vandaar: een grote afwijking ($w - x$) betekent een grote waarde voor y ;
een kleine afwijking ($w - x$) betekent een kleine waarde voor y .

Dit evenredig of proportioneel gedrag is echter alleen maar in een gebied ab van fig. 2.12 mogelijk.

Ligt x beneden deze zone, dan blijft y op maximum stand geopend. Dringt x in het gebied ab binnen, dan zal y blijven afnemen zolang x stijgt en dus $w - x$ daalt.

Als x boven dit gebied uitstijgt, blijft de klep gesloten of $y = 0$. Zie ook punt b in fig. 2.12.

We zullen later deze zone, de proportionele band X_p van de proportionele regelaar noemen. De proportionele regelaar wordt afgekort tot P-regelaar.

Deze X_p wordt bepaald door de versterking van de regelaar. Hoe groter de versterking des te kleiner is X_p .

7.2 Aan/uit-regelaar

Men spreekt ook van een tweestandenregelaar omdat deze regelaar slechts twee standen kan innemen.

Is x kleiner dan w , dan is y maximaal open of 100%. Zie fig. 2.13.

Is x groter dan w , dan is y gesloten.

Hier zien we ook dat een aan/uit-regelaar te beschouwen is als een proportionele regelaar, waarin de proportionele band X_p herleid is tot nul.

8. Gedrag van regelkringen

8.1 Blokschema gesloten regelkring

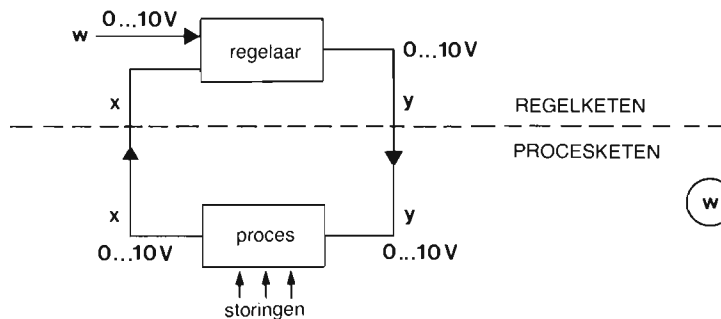


Fig. 2.14 Blokschema regelkring.

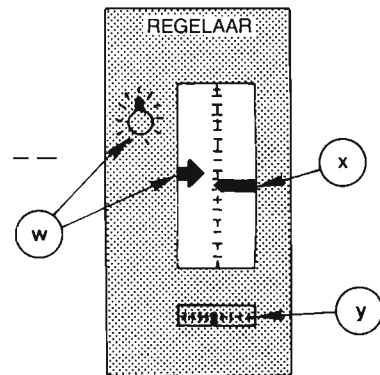


Fig. 2.15 Frontpaneel regelkring.

We hernemen het blokschema van fig. 2.3. Dit blokschema gaan we nog eenvoudiger maken zodat fig. 2.14 ontstaat.

Het gedrag van de gesloten regelkring wordt hoofdzakelijk aangetoond door de beweging van de proceswaarde x en de instelwaarde y .

Dat men in bepaalde regelkringen de instelwaarde y , via omvormers nog eens vertaalt naar een andere dimensie, (klepstand, kW, enz.) is van minder belang.

Deze omzetting gebeurt evenredig zoals uit volgende tabel blijkt:

$y = 0$ volt, betekent klepstand dicht	→	$P = 0$
$y = 1$ volt, klepstand 10 % open	→	$P = 0,1 P_{max}$
.....		
$y = 5$ volt, klepstand 50 % open	→	$P = 0,5 P_{max}$
.....		
$y = 10$ volt, klepstand 100 % open	→	$P = P_{max}$

Zo kunnen we, omvormer, corrigerend orgaan, proces, sensor en meetzender in één blok samenvatten en proces noemen. Het blokschema van een regelkring is in fig. 2.14 tot zijn eenvoudigste vorm herleid.

Vergelijk dit met fig. 2.2 en 2.3.

8.2 Frontpaneel regelaar

De voornaamste waarden, namelijk de proceswaarde x , de instelwaarde y worden op het frontpaneel van elke regelaar met analoge of digitale meters zichtbaar gemaakt. Eveneens kan men duidelijk de gewenste waarde w (setpoint) in fig. 2.15 aflezen. Gelijktijdig kunnen schrijvers of penrecorders aangesloten zijn die permanent x en y registreren.

8.3 Respons van een gesloten regelkring

Door storingen z kan de proceswaarde x gaan afwijken van de wenswaarde w . Het is de taak van de regelaar om ervoor te zorgen dat de proceswaarde zo snel mogelijk de wenswaarde terug benadert.

Hier kunnen nu problemen ontstaan. Het terugkeren van de proceswaarde naar de wenswaarde kan in bepaalde omstandigheden te traag verlopen, in andere omstandigheden te oscillerend zoals in fig. 2.16 is weergegeven.

Het is nu de kunst de regelaar zo in te stellen dat het uitregelen goed verloopt, dus niet te gedempt of te traag, en niet te oscillerend. Hoe dit gerealiseerd kan worden, zullen we in dit boek leren.

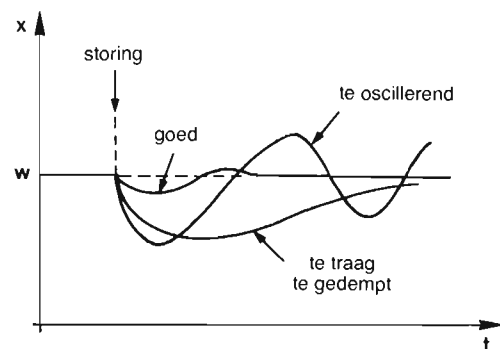


Fig. 2.16 Responsies van een regelkring op een storing.

9. Regelkringen in industriële processen

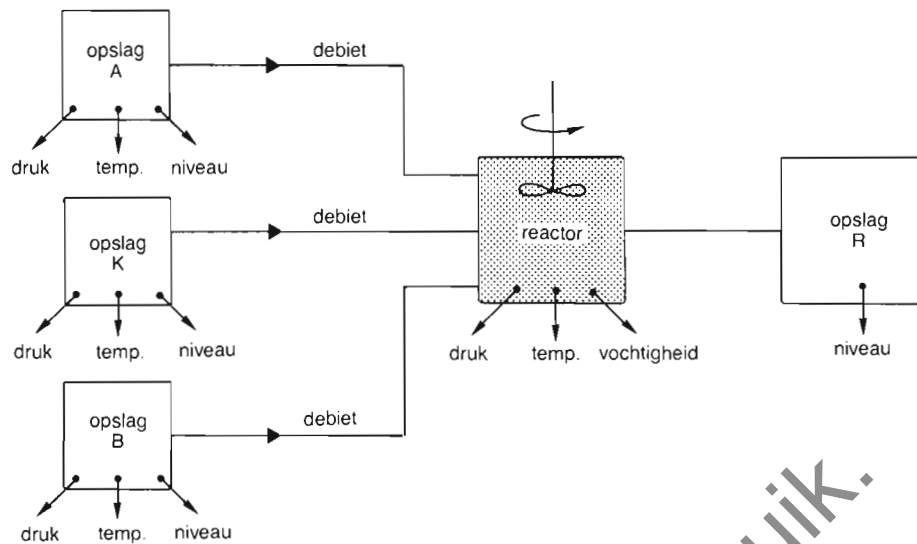


Fig. 2.17 Blokschema van een industrieel proces.

We bekijken in fig. 2.17 een sterk vereenvoudigd blokschema van een bedrijf, waar het de bedoeling is een produkt R te bereiden uit de scheikundige reactie van de produkten A en B met de hulp van een katalysator K.

De katalysator wordt toegevoegd om de reactie te bevorderen.

Om de scheikundige reactie zo gunstig mogelijk te laten verlopen, moeten bepaalde fysische grootheden constant worden gehouden.

Zo kan men in de opslagruimten regelingen aantreffen voor bijvoorbeeld druk, temperatuur en niveau.

In de reactor zelf waar de producten samenkomen, kunnen volgens de eisen en behoeften die aan het eindproduct gesteld worden, diverse regelkringen ingebouwd zijn. Hiermee worden de temperatuur, vochtigheid, druk... constant gehouden.

In de toevoerleidingen kunnen we debietregelingen aantreffen.

We zien dus dat op verschillende plaatsen in heel het bedrijf fysische grootheden worden constant gehouden. Elke fysische grootheid bevindt zich in een bepaald proces, en vormt een gesloten regelkring.

Men moet dus overal in het "veld", (terrein buiten de controlekamer), meetsystemen plaatsen die deze grootheden ter plaatse meten, omvormen tot een standaardsignaal (0 ... 10 volt of 0 ... 20 mA ...) en doorzenden naar de controlekamer.

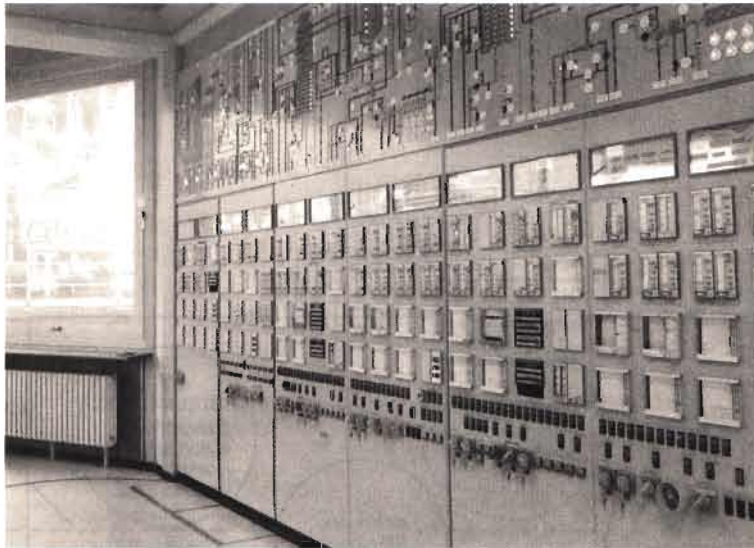
Deze taak wordt voor elke fysische grootheid uitgevoerd door de meetzender of transmitter.

In de controlezaal komt elk signaal naar een regelaar, en wordt vergeleken met een gewenste waarde.

Is er een afwijking dan wordt een correctiesignaal door de regelaar terug naar het proces gestuurd, waar het instelorgaan zorgt dat de fysische grootheid terug naar de gewenste waarde beweegt.

In een bedrijf zullen dus talrijke regelkringen aanwezig zijn.

10. Controlepaneel



Alle regelaars bevinden zich in de controlezaal met goede en constante omgevingsomstandigheden.

De operator is de persoon die de meetaanwijzingen in het oog houdt en hierdoor voortdurend het proces beheerst.

Voor elke regelkring is zichtbaar:

- de gewenste waarde w ;
- de proceswaarde x ;
- de instelwaarde y .

Er kunnen eveneens penrecorders aangebracht zijn, die permanent proceswaarde en instelwaarde registreren.



Stelt de operator een abnormaal verschijnsel vast, dan neemt hij contact met de instrumentman. Dat is de persoon die in het veld werkt. In samenwerking met de operator wordt het probleem besproken om zo tot de lokalisatie van de fout te komen waarna de instrumentman kan overgaan tot de herstelling.

De laatste jaren wordt ook gebruik gemaakt van de computer om proceswaarden x en instelwaarden y te bewaken. Zodra deze buiten een vooraf afgesproken grens komen, kunnen verwittigingssignalen op het scherm aangebracht worden.

In een volgende stap wordt de computer zelfs gebruikt om, afhankelijk van de afwijking $w - x$, een correctiesignaal y te produceren. De computer vervult dan de taak van regelaar.



Bij een geavanceerde beeldscherm-bediening kan één operator via een enkel toetsenbord meerdere functionele beeldschermen bedienen. Besturings- en supervisiefuncties zijn direct beschikbaar op de beeldschermen. De operator kan controle functies uitvoeren op een toegevoegd beeldscherm terwijl hij anderszijds nauwgezet het proces kan volgen op het primaire operator-beeldscherm.

Fig. 2.18 Voorbeelden van controlezaal of bedieningscentrum.

11. Internationale benamingen

Voor de verschillende blokken en functies in de gesloten regelkring worden, afhankelijk van bedrijf tot bedrijf, internationale benamingen gebruikt. Bovendien moet men dikwijls buitenlandse documentatie raadplegen. Daarom hebben we hier de meest gebruikte uitdrukkingen in het Engels, Duits en Frans overzichtelijk samengebracht.

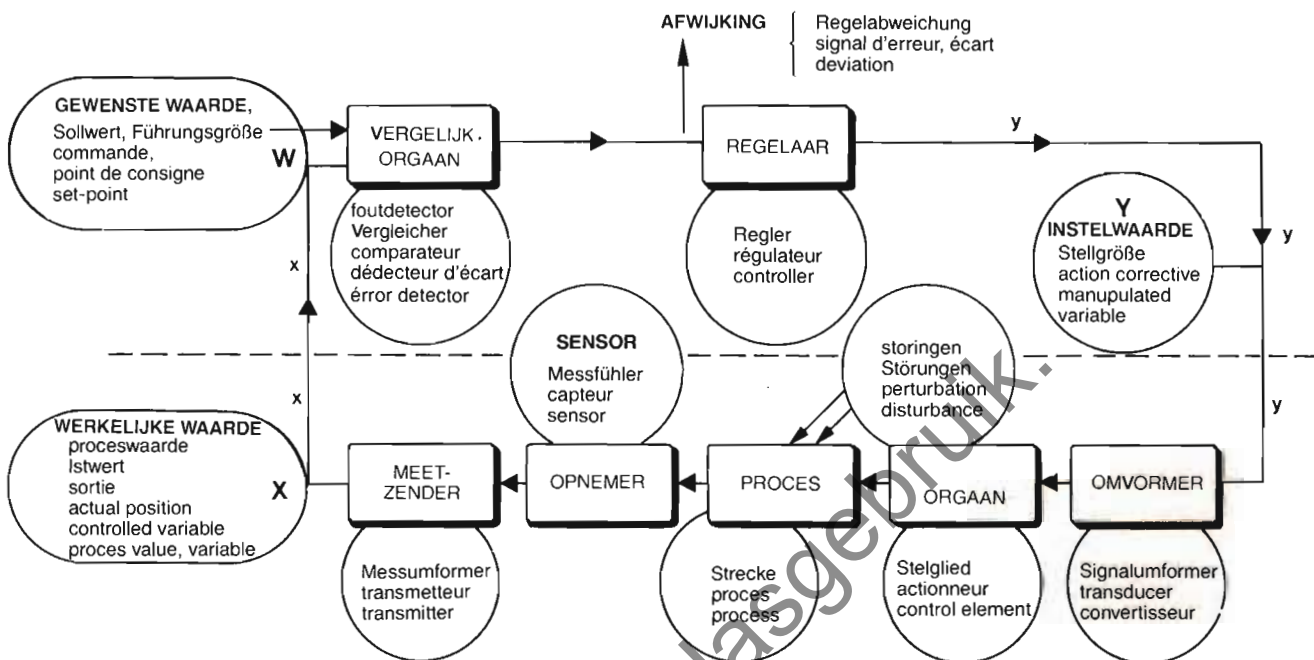


Fig. 2.19 Regelkring met internationale benamingen.

Regelsysteem: is het geheel van regelaar en proces. Deze algemene benaming wordt respectievelijk in het Duits, Frans en het Engels:

Regelung
asservissement
feedback control system.

We onderscheiden:

a. Procesregeling: w blijft constant;

Festwertregeling
régulation
regulation

b. Servosysteem of volgsysteem: w verandert en x moet w volgen;

Folgeregelung, Nachlaufregelung
asservissement proprement dit
follow up system, servosystem.

Opmerking:

De fysische verschijnselen die zich voordoen in de gesloten kring zijn zeer complex. Daarom is het nodig eerst de eigenschappen van het proces te bestuderen, los van de regelaar. Daarna wordt de regelaar beschreven, los van het proces. Tenslotte worden regelaar-proces samen ontleed. Het is belangrijk dat men deze gedachtegang goed blijft onthouden.

12. Opdrachten

1. Gegeven de elektronisch gestuurde temperatuurregeling van fig. 2.20

a. Stel de stabilisatiewerking op:

$x \downarrow$, $w - x$, y ,

α , I_{RL} , X ,

b. Is dit een aan/uit- of een continu-regelaar?

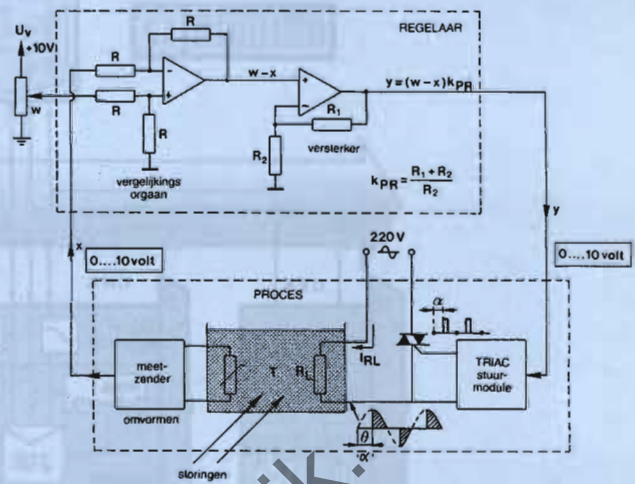


Fig. 2.20

c. Waarom is dit proces gestandaardiseerd?

2. Geef het blokschema van een industriële gestandaardiseerde regelkring.

Teken daarna in blokschemavorm de algemene opbouw van een regelkring.

3. Teken de eenvoudigste blokschemavorm van een regelkring, door omvormer, instelorgaan, proces, sensor, meetzender als één geheel te beschouwen.

4. Vul de standaardwaarden in op de verschillende punten in de signaallijn van een gestandaardiseerd proces in fig. 2.21.

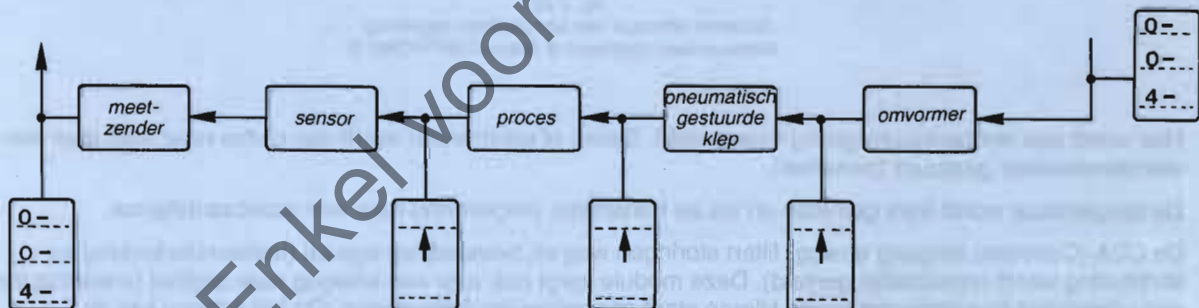


Fig. 2.21

5. Wat is het verschil tussen een volgsysteem en een procesregeling?

6. Geef het verschil tussen een open en gesloten regelsysteem.

7. Wat zijn tegengestelde werkende regelaars en leg uit met de regelkarakteristiek.

8. Geef het verschil tussen een continu-regelaar en een aan/uit-regelaar.

9. Om regelkringen te bestuderen gaat men:

a. eerst het gedrag van het in open kring nagaan,

b. daarna het gedrag van de in open kring.

c. daarna

13. Case

ⓑ

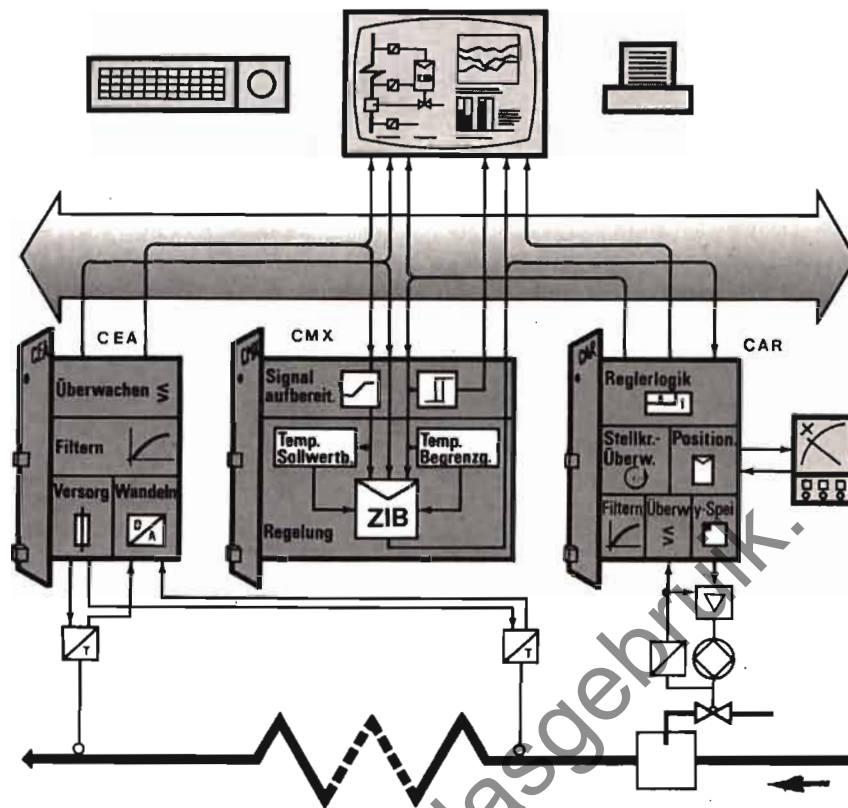


fig. 2.22
Moderne struktur van een gesloten regelkring
Mannesmann-Hartmann & Braun CONTRONIC E

Hier wordt een temperatuurregeling voorgesteld. Stoom of warm water wordt van rechts naar links door een warmtewisselaar gestuurd (beneden).

De temperatuur wordt links gemeten en via de transmitter omgevormd naar een standaardsignaal.

De CEA (Contronic Eingang analog) filtert storingen weg en bewaakt het signaal (kabelonderbreking en kortsluiting wordt onmiddellijk gemeld). Deze module zorgt ook voor een analoog naar digitaal omzetting die op een uitwendige bus geplaatst wordt. Hierop staat een computer aangesloten. Op het scherm kan de proceswaarde gevolgd worden.

De proceswaarde gaat digitaal naar de Zentral Baugruppe CMX waarin de regelaar staat. Via de computer kan de gewenste waarde (Sollwert) veranderd worden. Als de temperatuur grenswaarden overschrijdt, wordt dit gemeld. De regelaar bepaalt de instelwaarde y en geeft dit digitaal door aan de computer en aan de omvormer CAR (Contronic Ausgabe Regler) die het instelorgaan stuurt.

Op het scherm van de computer kunnen alle waarden gevolgd worden. Ook het schema van de regelkring kan getoond worden.