

# Inleiding

# in de meet-en regeltechniek

Theorie

---

**Opleiding: Graduaat Elektromechanische Systemen**

Auteur: Linda Van den Broeck / Lector / [Linda.vandenbroeck@ap.be](mailto:Linda.vandenbroeck@ap.be)

---

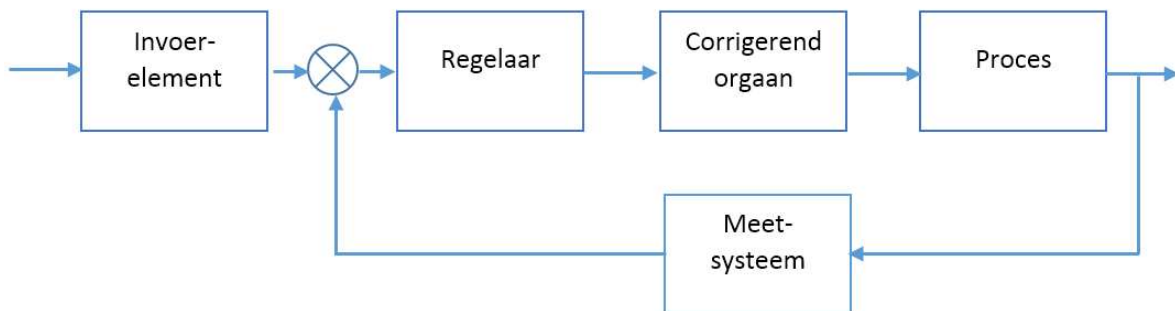
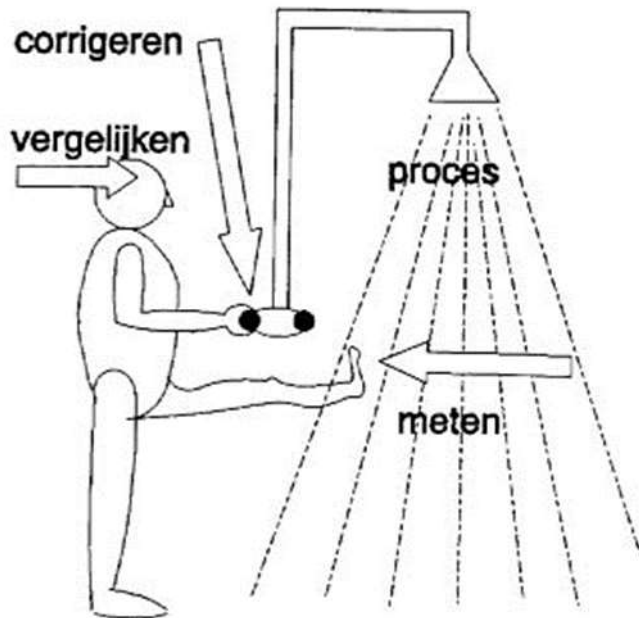
Lectoren:

Rachid Aouad / lector / [rachid.aouad@ap.be](mailto:rachid.aouad@ap.be)

Roy Boeren / Lector / [roy.boeren@ap.be](mailto:roy.boeren@ap.be)

# Inhoud

1. Vakjargon uit de meet-en regeltechniek	1
2. Regelkringen en signalen	25
3. Planlezen	58
4. Processen	77
5. Discontinue regelaars	98
6. Continue regelaars: P-regelaar	112



# Vakjargon uit de meet- en regeltechniek

Vakjargon uit de meet- en regeltechniek .....	1
1 Inleidende begrippen .....	2
1.1 Wat is regeltechniek? .....	2
1.1.1 Het begrip systeem of proces.....	2
1.2 Wat is het verschil tussen regeltechniek en automatisering? .....	5
1.3 Wat is het verschil tussen sturen en regelen? .....	5
1.3.1 Sturen.....	5
1.3.2 Regelen .....	7
1.4 Soorten regelingen .....	9
1.4.1 Manuele procesregeling of manuele controle.....	9
1.4.2 Voorbeelden automatische regelingen .....	11
1.5 Terugkoppeling.....	15
1.5.1 Tegenkoppeling.....	15
1.5.2 Meekoppeling .....	15
1.5.3 Voorwaartskoppeling.....	16
1.6 Indeling van systemen (of processen).....	17
1.6.1 Zelfregelende en niet-zelfregelende systemen.....	17
1.6.2 Continue en discontinue systemen.....	18
1.6.3 Aan/Uit.....	18
1.6.4 Continu .....	19
1.6.5 Analoge systemen en digitale systemen .....	20
1.6.6 SISO-systemen en MIMO-systemen .....	20
1.7 Indeling van procesregelingen.....	21
1.7.1 Regelsysteem.....	22
1.7.2 Servosysteem.....	22
1.7.3 Verhoudingsregelaar .....	22
1.7.4 Programmaregelaar .....	22
1.7.5 Optimaliserende regelaar .....	23
1.7.6 cascade regelaars .....	23
1.8 Waarom regelen? .....	23
1.9 Test jezelf:.....	24
2 TO DO .....	24

# Vakjargon uit de meet- en regeltechniek

## 1 Inleidende begrippen

### 1.1 Wat is regeltechniek?

Regelen is een **proces** zo laten verlopen dat er geen (of slechts weinig) menselijke tussenkomst nodig is, nadat alles **optimaal** afgesteld werd. Regeltechniek is de techniek van het regelen, met als doel een grootheid:

- volgens plan stabiel te houden of
- volgens een plan te wijzigen

Een regelkring is meestal een onderdeel van een automatiseringsproces. Hoe beter je iets kan regelen, hou autonomer je iets kan laten verlopen.

#### 1.1.1 Het begrip systeem of proces

**Een systeem of proces is een geheel van mechanismen met elkaar in wisselwerking.**

Naargelang de opbouw van dit systeem of proces hebben we verschillende soorten systemen. We zullen hieronder enkele voorbeelden aanhalen.

- **Een economisch systeem of proces**  
Hierbij wordt het gedrag van het systeem bepaald door economische wetten (vb.: de staatshuishouding: met behulp van prijs- en/of loonmaatregelen wil de regering de economie beïnvloeden, teneinde de inflatie tegen te gaan).
- **Een biologisch systeem of proces**  
Hierbij wordt het gedrag van het systeem bepaald door biologische wetten (vb.: regeling van de lichaamstemperatuur: een mens transpireert zo nodig om de lichaamstemperatuur zoveel mogelijk constant te houden).
- **Een technisch systeem of proces**  
Hierbij vindt een fysische en/of chemische verandering en/of omzetting plaats (vb.: een verwarmingssysteem: niet alleen temperaturen, maar ook drukken en niveaus worden zoveel mogelijk constant gehouden om bij een raffinageproces een gewenste kwaliteit benzine te verkrijgen). Het begrip van technische processen stamt oorspronkelijk voort uit de chemische en petrochemische nijverheid. Specifiek bij elektrische systemen of processen spreken we van een (elektrisch) netwerk.

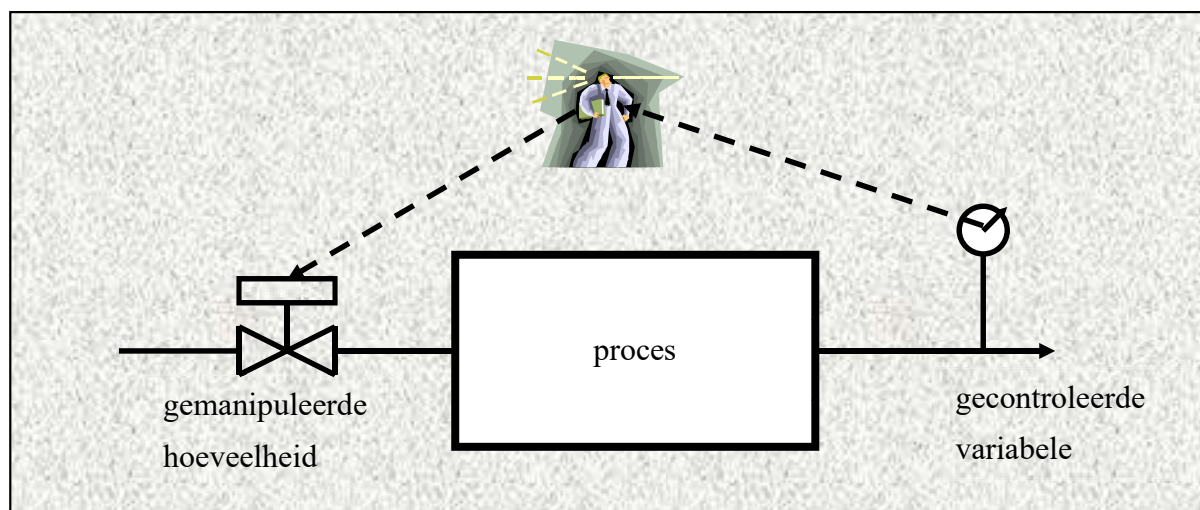
*Voorbeeld:*

*Bij een centrale verwarming met stookolie en radiatoren bestaat het proces uit de ketel aan de ene kant en de radiator aan de ander kant. Het proces kan **warmte** leveren aan een ruimte. **Optimaal** is hier een vaag begrip. Het blijft immers onduidelijk wanneer het warm genoeg is in een living, kantoor, lokaal, sporthal, ...  
Exacter is: 22°C*

## 1.4 Soorten regelingen

### 1.4.1 Manuele procesregeling of manuele controle

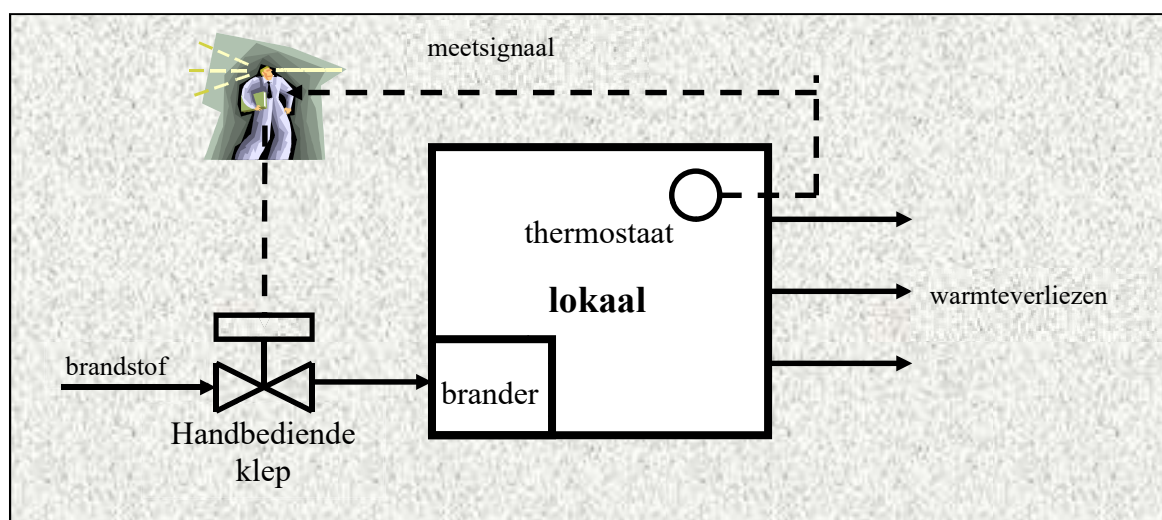
Via een aanwijzend instrument krijgt de operator de nodige informatie over de gecontroleerde variabele. In zijn gedachten vergelijkt hij het setpunt met deze afgelezen waarde en als gevolg hiervan neemt hij een controle actie. Door de stand van de klep te wijzigen, beïnvloedt hij de gemanipuleerde waarde.



Figuur 9: manuele feedback regeling

In dit geval spreken we ook van een gesloten lussysteem.

#### Voorbeeld 1



Figuur 10: manuele regeling van de temperatuur in een lokaal

## Voorbeeld 2

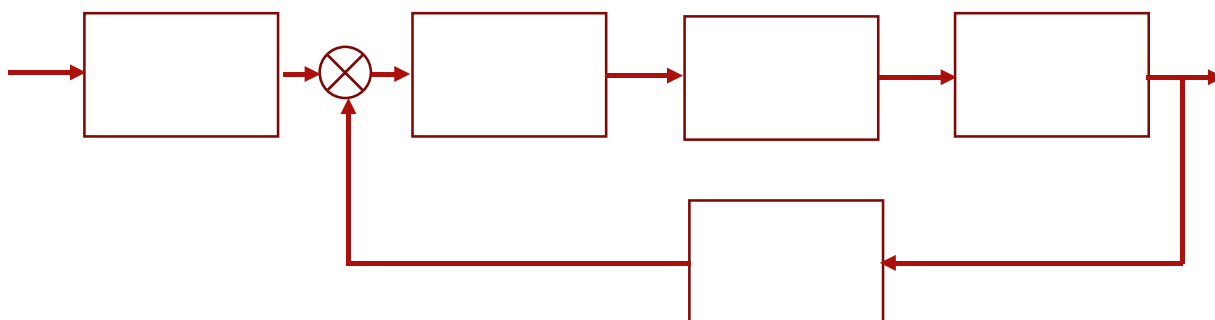
We illustreren de enkelvoudige regelkring met een praktijkvoorbeeld: het autorijden. Als bestuurder rijden we in de wagen en kijken op de snelheidsmeter. Die duidt 50 km/uur aan. De sensor is een voeler op de wielen. Er is ook een indicatie van de snelheid op de wijzerplaat van het besturingsbord. Het snelheidssignaal wordt vergeleken met de maximumsnelheid die op de weg mag gereden worden. Deze stellen we vast door een snelheidsbord dat weergeeft dat de maximale snelheid 70 km/uur bedraagt. Onze hersenen zijn in dit geval de regelaar die na vergelijking van beide waarden, zijnde de gemeten (50 km/uur) en de gewenste waarde (70 km/uur) de beslissing nemen om in te grijpen. Dit ingrijpen gebeurt door het gaspedaal dieper in te drukken. Het gaspedaal is hier, tezamen met andere onderdelen zoals carburator, e.d. het corrigerend orgaan. Deze actie zal de wagen doen versnellen (of vertragen) tot de toegelaten snelheid. In volgende figuur zien we dit schematisch weergegeven.



Als we de juiste actie hebben uitgevoerd zal de snelheid van de wagen nu inderdaad 70 km/uur bedragen.

Verdere actie vanuit de regelaar is overbodig en het gaspedaal blijft in dezelfde stand. Ervaring leert ons echter dat deze toestand niet stabiel is. Bij een proces zijn er steeds factoren die een invloed hebben op het resultaat, andere dan die van het corrigerend orgaan. We denken hier o.m. aan een heuvel, wind of wegdek. Rijden we een heuvel op dan moet er meer gas gegeven worden willen we dezelfde snelheid aanhouden. Bergaf is het net omgekeerd. Deze invloeden noemen we storingen. Het zijn deze storingen die in ieder proces voorkomen die door de regelaar dienen te worden opgevangen. Een goed afgestelde regelaar die juiste informatie krijgt, kan vlot en zonder al te grote schommelingen een proces op of dicht bij de gewenste waarden houden.

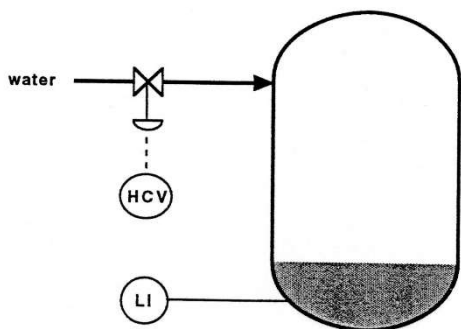
☞ Zet voorbeeld 2 om in een blokschema



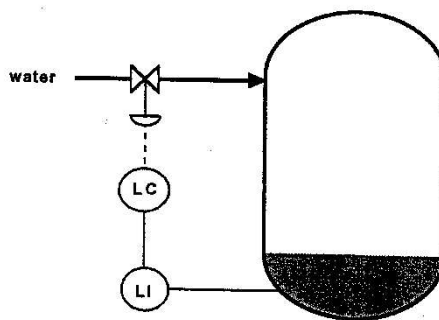
Eenvoudig P&ID-schema

P&ID = Proces and Instrumentation Diagram

Manuele Niveauregeling



Automatische niveauregeling



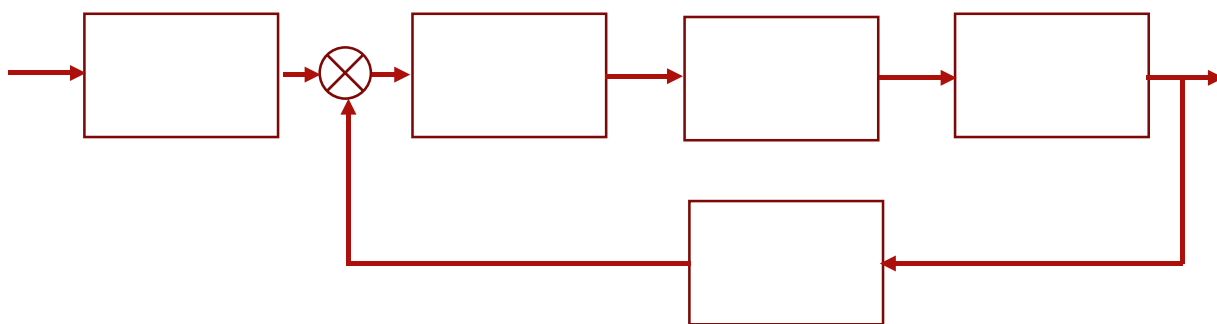
HCV = Hand Controlled Valve = Handbediende klep

LI = Level Indicator = Niveau-aanduiding

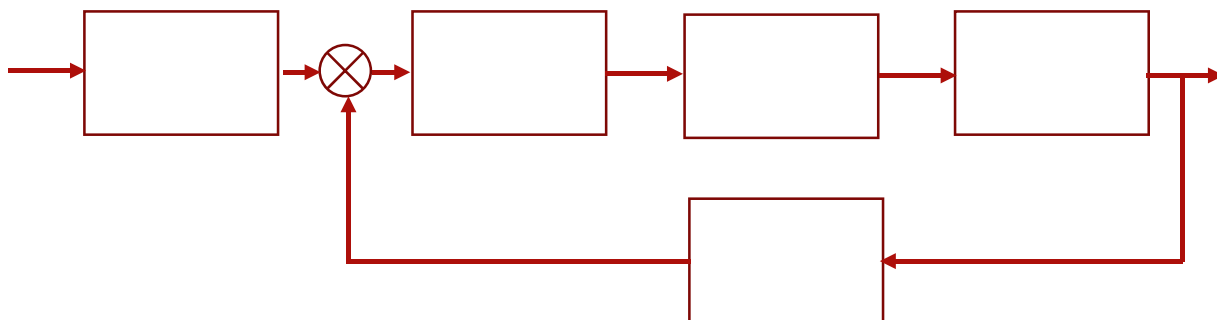
LC: Level Controller = Niveau regelaar

☞ Zet de 2 voorbeelden om in een blokschema

Manuele regeling



Automatische regeling



## 1.9 Test jezelf:

1. Beschrijf het verschil tussen:
  - a) Een sturing en een regeling, aan de hand van enkele voorbeelden uit de dagelijkse praktijk
  - b) Regelen en automatiseren
2. Leg het verschil van een meekoppeling en een tegenkoppeling uit aan de hand van een blokschema
3. Wat versta je onder het begrip **werkelijke waarde** en door welke letter stel je dit voor?
4. Wat versta je onder het begrip **gewenste waarde** en door welke letter stel je dit voor?
5. Wat versta je onder het begrip **geregelde grootheid** en door welke letter stel je dit voor?
6. Zijn volgende opsommingen regelingen of sturingen?
  - a. Centrale verwarming
  - b. Het licht aansteken in de kamer
  - c. Een schietstoel in een vliegtuig activeren
  - d. Een raket besturen
7. Geef het blokschema van een geregeld proces
8. Wat is een regelsysteem? Geef een voorbeeld.
9. Wat is een servosysteem? Geef een voorbeeld.
10. Wat is een cascaderегeling? Geef een voorbeeld.

## 2 TO DO

1. Ga naar Digitap



2. Installeer de software Visio op je laptop, zie Digitap. De info staat ter beschikking zodra je op Digitap **het leerpad "Hoofdstuk 1 – test jezelf"** hebt doorgenomen.
3. Vragen bij de installatie: stel deze via het MS teams in het juiste kanaal. Weet je als medestudent het antwoord, geef de oplossing onder de vraag.
4. Let op: Eerste opdracht Visio: tijdens lesmoment 3. Zorg dat je tegen die tijd beschikt over de software op je laptop.

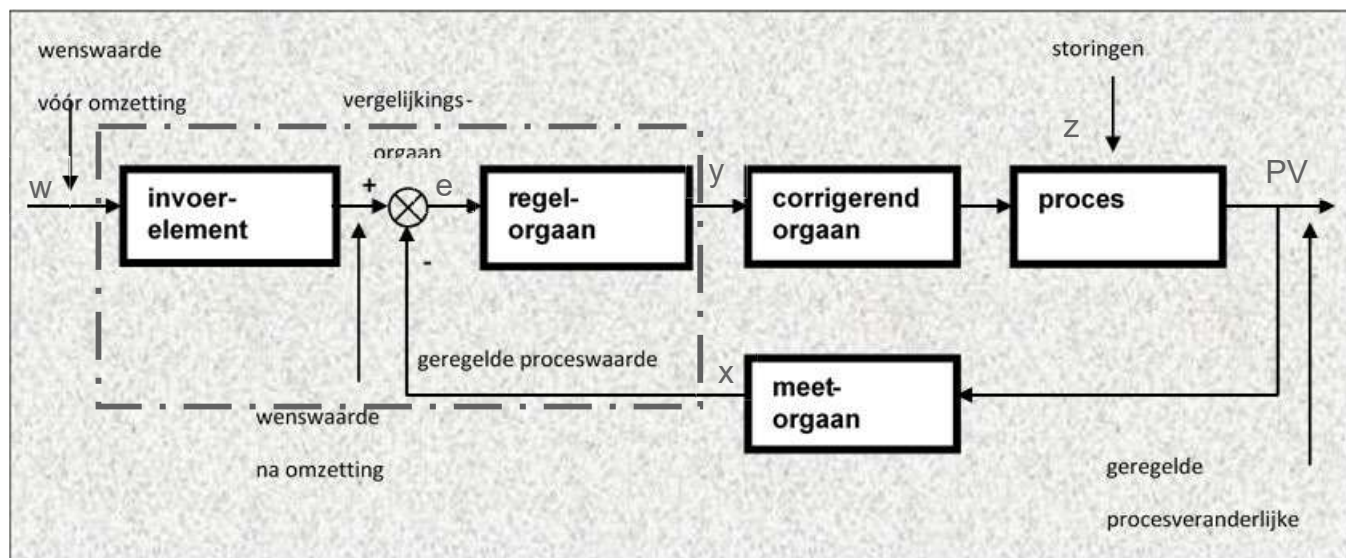
# Regelkringen en signalen

Regelkringen en signalen .....	1
1 Regeltechnische termen .....	1
1.1 Opbouw van een regelkring .....	1
1.2 Terminologie .....	1
1.2.1 Meetorgaan .....	1
1.2.2 Vergelijkingsorgaan .....	1
1.2.3 Regelaar .....	1
1.2.4 Corrigerend orgaan .....	1
1.2.5 Praktische regelaar .....	2
1.2.6 Het proces .....	4
1.3 Standaardsignalen .....	5
1.3.1 Meestal zijn deze standaardsignalen van elektrische aard .....	5
1.3.2 4-20 mA + HART .....	6
1.3.3 Digitaal bussysteem .....	7
1.3.4 Pneumatisch signaal .....	7
1.3.5 Blokschema gestandaardiseerde regelkring .....	8
1.4 De zero-spanafstelling .....	9
2 Het corrigerend orgaan .....	11
2.1 Opbouw van een regelklep .....	12
2.2 ATC / ATO? .....	12
3 Het meetorgaan .....	14
3.1 Temperatuurmeting .....	14
3.1.1 Inleiding .....	14
3.1.2 Eenheden .....	14
3.1.3 Soorten thermometers .....	15
3.2 Drukmeting .....	21
3.2.1 Inleiding .....	21
3.2.2 Begrippen en eenheden .....	21
3.2.3 Indeling van de drukmeters .....	22
3.3 Niveaumeting .....	28
3.3.1 Meetmethodes .....	28
3.4 Debietmeting .....	31
4 Test jezelf / TO DO .....	32

# Regelkringen en signalen

## 1 Regeltechnische termen

### 1.1 Opbouw van een regelkring



Figuur 1: Blokschema van een geregeld proces

## 1.2 Terminologie

### 1.2.1 Meetorgaan

- meet de gecontroleerde waarde (PV= Proces Value)
- opnemer of sensor (temperatuur, niveau, druk, debiet, snelheid,...)
- de sensor meet een fysische grootte ( $t^\circ$ , L, p, Q, v...) en stuurt de waarde naar de regelaar
- meetzender/omvormer, soms is deze omvormer in de sensor ingebouwd

### 1.2.2 Vergelijkingsorgaan

- vergelijkt de teruggekoppelde waarde x (PV) met de wenswaarde w (SP= Set Point), wat resulteert in een foutsignaal e  $\rightarrow e = w - x$

### 1.2.3 Regelaar

- genereert een signaal y in functie van e, het verschil tussen de gemeten waarde (PV) en de gewenste waarde (SP)

### 1.2.4 Corrigerend orgaan

- doet de aanpassing van de signalen tussen de regelaar en het proces zelf  
vb. kleppen, verwarmingselement, frequentiesturing, zie §2

# Lezen van bedrijfsschema's

Lezen van bedrijfsschema's .....	1
1 Inleiding .....	2
1.1 Basissymbolen .....	2
1.2 Toepassing van symbolen .....	5
1.2.1 Identificatie systeem .....	5
1.2.2 De meetfunctie .....	5
1.2.3 De omzefunctie .....	5
1.2.4 Voorbeelden sensoren .....	6
1.2.5 Voorbeeld: Temperatuur proces: .....	6
1.2.6 Voorbeelden: .....	7
1.2.7 Oefeningen .....	7
1.2.8 Type instrument .....	9
1.2.9 Extra symbolen .....	9
1.2.10 Codering Apparaten en Machines .....	15
2 Oefeningen .....	16
3 Test jezelf .....	19
4 To Do .....	19

## 1.2 Toepassing van symbolen

### 1.2.1 Identificatie systeem

In het grondsymbool vindt men altijd een identificatie- of TAG-nummer terug. Het bestaat uit een aantal gegevens

<i>T</i>	<i>IRC</i>	<i>3I</i>	<i>A</i>
Eerste letter: <b>meetfunctie</b>	Volgende: <b>omzefunctie</b>	Kring nummer	Suffix
Functionele omschrijving		Kringnummeridentificatie	
Instrument identificatie of TAG nummer			

### 1.2.2 De meetfunctie

In de cirkel van het meetinstrument kunnen verschillende letters voorkomen. **De eerste letter** duidt altijd aan welke fysieke grootheid hier gemeten wordt. Dit noem je de meet- functie.

F	Flow	Debiet in m <sup>3</sup> /h
L	Level	Niveau in m
P	Pressure	Druk in bar
T	Temperature	Temperatuur in °C
K		Tijd in sec, min, u
W	Weight	Massa in kg/h, t/h
D	Density	Dichtheid
M	Moisture	Vochtigheid
S	Speed	Snelheid, toerental, frequentie
E	Electricity	Elektrische grootheid in kWh, V, A
N		Elektrische aandrijving, elektrische verbruiker, motor
O		Verlichting, elektrolyse
G		Afstand, stand van een ventiel
Q	Quality	Kwaliteitsgrootheid, analysemeting
X		Vrij gebruik

De **tweede** en volgende letters geven aan hoe het meetsignaal verwerkt wordt. Als de eerstvolgende letter een d of een f is, is dit een aanvullende meetfunctie en heeft dit de volgende betekenis:

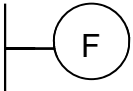
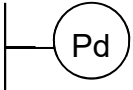
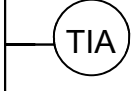
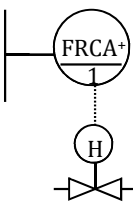
d	difference	verschil van 2 grootheden
r	ratio	verhouding van 2 grootheden van dezelfde fysische aard

### 1.2.3 De omzefunctie

De volgende letter of letters duiden aan wat met deze meetwaarde gedaan wordt. Het geeft het type van verwerking weer. Dit noem je de verwerkingsfunctie of omzefunctie. **Volgorde vanaf de tweede letter: Q - I - R - C - S - X - A**

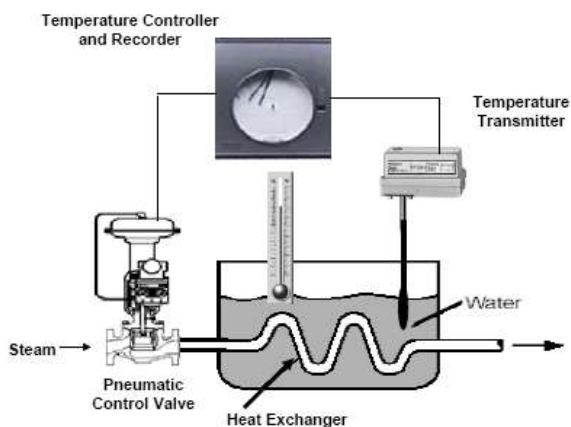
A	Alarmen A <sup>+</sup> A <sup>+-</sup>	Met de volgende mogelijkheden - Hoog- en laag alarm - Hoog en laag en hoogst en laagst
C	Controlling	De regelaar
I	Indication	Indicatie of aanwijzing, de aanduider
O	Optical	Een optisch signaal
Q	Quantity	Teller
R	Registration	Registreren, het schrijven van resultaten, de schrijver
S	Switching	Schakelen, sturen
T	Transmitting	Zendt het meetresultaat naar...
Z		Voor alle veiligheidskringen
X		vrij

### 1.2.4 Voorbeelden sensoren

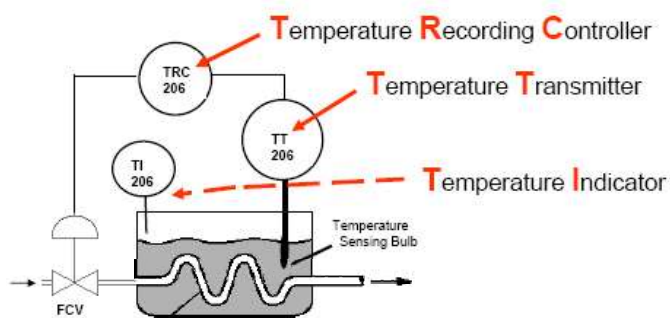
	<p>Dit symbool staat voor een 'Flow' of 'debietmeting'</p>
	<p>Hier is het een drukverschilmeter. 'P' staat voor 'Pressure' of 'druk', de 'd' is een aanvullende meetfunctie en staat hier voor 'difference' wat 'verschil' betekent.</p>
	<p>Hier wordt een temperatuurmeting voorgesteld. Deze temperatuur dient als indicatie / en zal een alarm activeren als een bepaalde grens bereikt is 'A'.</p>
	<p>Dit is een debietmeting waarvan de gemeten waarde wordt geregistreerd en wordt gebruikt om de klep bij te regelen. Het meetinstrument geeft ook een alarm als de gemeten waarde te hoog wordt.</p> <p>In deze debietmeting zit dus een regelaar ingebouwd die een klep kan bij- sturen. De <i>H</i> in het bedienend element geeft aan dat deze klep ook met de hand kan bediend worden.</p>

### 1.2.5 Voorbeeld: Temperatuur proces:

- ▶ De P & ID maakt gebruik van symbolen en cirkels om elk instrument in het proces weer te geven
- ▶ Tag "nummers" zijn letters en cijfers geplaatst in of nabij het instrument om het type en functie van het apparaat te identificeren.



Proces



Proces met TAG nummers

# De procesparameters

De procesparameters .....	1
1 Inleiding .....	1
1.1 Leren kennen van een proces .....	1
1.2 Statisch gedrag van een proces .....	2
1.2.1 Statische proceskarakteristiek .....	2
1.3 Dode tijd van een proces .....	3
1.4 Tijdsconstante en procestraagheid .....	4
1.5 De versterkingsfactor van een proces .....	5
1.6 Bepalen van de orde van het proces .....	6
1.6.1 Eerste orde proces .....	6
1.6.2 Tweede orde proces .....	7
1.7 De stabiliteit van een proces .....	8
1.7.1 Niet zelfregelende processen .....	8
1.7.2 Zelfregelende processen .....	9
1.8 Overzicht van de procestypen .....	9
2 Voorbeelden .....	10
2.1 Processen met evenwicht = zelfregelend proces .....	10
2.2 Processen zonder evenwicht = niet-zelfregelend proces .....	10
2.3 Proces met dode tijd .....	11
3 Stapresponsie van processen .....	12
3.1 Voorbeelden van nulde - orde processen .....	12
3.2 Voorbeelden van eerste orde processen .....	14
3.3 Voorbeelden van zelfregelende tweede-orde-processen .....	15
3.4 Orde van grootte van dode tijden en tijdsconstanten .....	15
3.5 Stapresponsie met oscillerend karakter .....	16
4 Oefening .....	17
5 Regelbaarheid van processen .....	18
6 Test jezelf .....	20
7 To Do .....	20

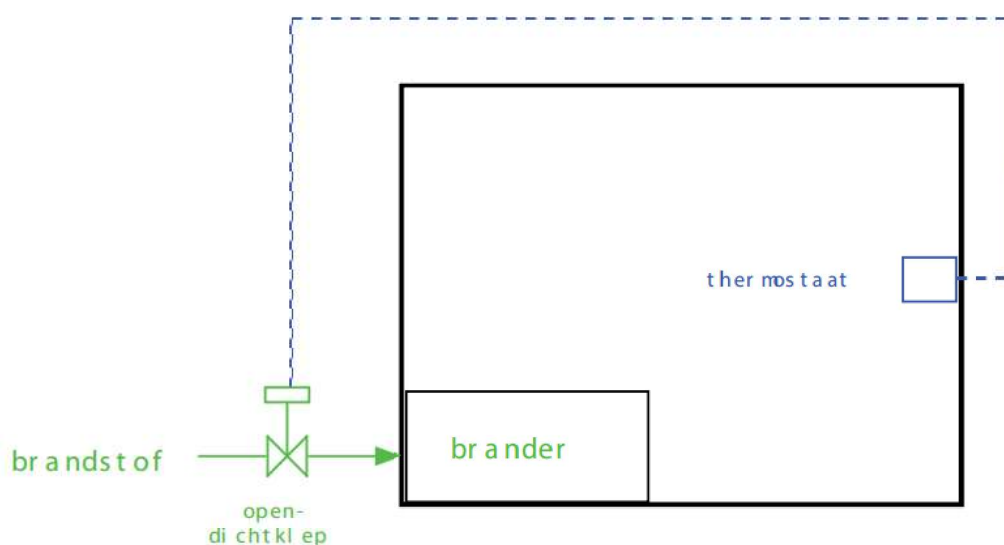
# De procesparameters

## 1 Inleiding

Voordat we een proces kunnen gaan regelen is het belangrijk het proces te leren kennen aan de hand van een aantal belangrijke parameters en de mogelijke storingen die we kunnen verwachten.

### 1.1 Leren kennen van een proces

Aan de hand van dit voorbeeld leren we welke parameters belangrijk zijn voor een proces. We nemen hier als voorbeeld de temperatuurregeling van een kamer.



#### Vragen

Wat is hier het proces, het meetsysteem, de regelaar en het regelorgaan?  
Welke storingen kunnen hier optreden?

#### Antwoord

proces = .....

meetsysteem = .....

regelaar = .....

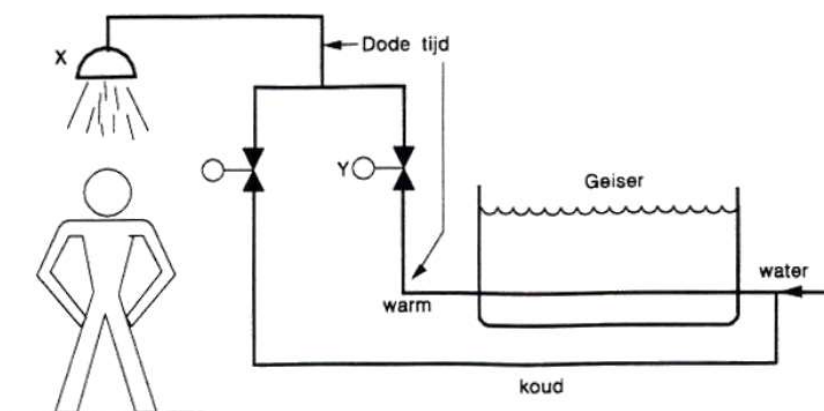
corrigerend orgaan = .....

storingen = .....

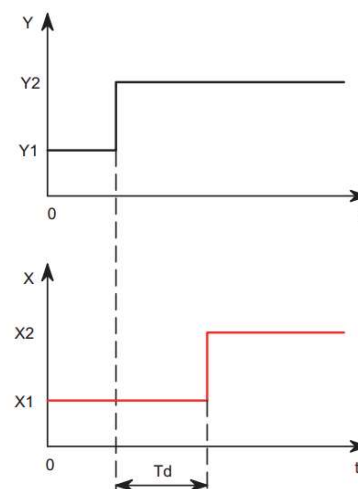
defecten = .....

### 1.3 Dode tijd van een proces

Wanneer in een douche de watertemperatuur niet juist is wordt op de mengkraan de koude kraan verder geopend of gesloten. Deze handeling voor het bijsturen van de temperatuur van het water geeft vaak aanleiding tot moeilijkheden.



Figuur 3



Figuur 4

Er is namelijk een tijdsduur van enige seconden tussen het ogenblik dat onze ingreep op het stelorgaan wordt verricht en het ogenblik dat de verandering van de regelgrootte ( $x$ = temperatuur) merkbaar wordt.

Deze vertraging wordt meestal **de dode tijd van een proces** genoemd. Ze kan aanleiding geven tot een te snelle en te felle ingreep die daarna ongedaan moet worden gemaakt. Het gevolg kan zijn dat onze meetwaarde  $x$  slingeret over de gewenste waarde  $w$ .

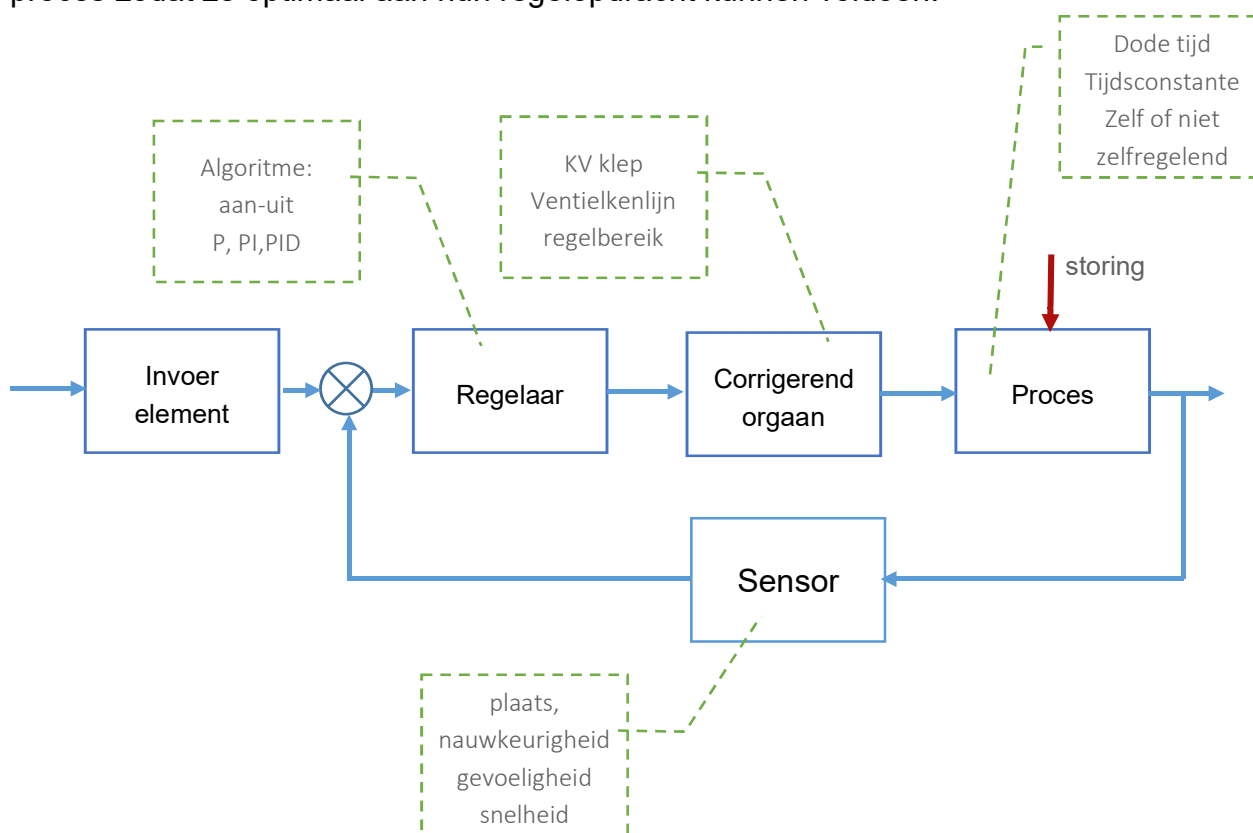
Om dit probleem te vermijden zullen we na elke verandering geruime tijd wachten om het resultaat te beoordelen.

#### Voorbeelden van dode tijden

Te regelen procesgrootte	Proces	$T_d$
T	Destillatiekolom	10 minuten
	Huisverwarming	3 minuten
	Gasgestookte oven	5 minuten
	Warmtewisselaar	3 minuten
F	Gas- of vloeistofstroom	4 seconden
P	Stoomketel	1 seconde
	Stikstofbelegging Tank	3 seconden
Q	PH-neutralisatie	3 minuten

## 5 Regelbaarheid van processen

Een proces is een fysisch of chemisch gebeuren met zijn eigen wetten en ritme. De dynamische eigenschappen van de regelaars moeten aangepast zijn aan die van het proces zodat ze optimaal aan hun regelopdracht kunnen voldoen.



Om de dynamische eigenschappen van een proces te vinden is het niet nodig het inwendige mechanisme van het proces te kennen, het volstaat om aan de ingang van het proces een sprongvormige verandering toe te passen en het hierop volgende antwoord of responsie te meten aan de uitgang.

Uit de vorm van de responsiekarakteristiek kan men het volgende afleiden:

- tot welk type het proces behoort
- de versterkingsfactor van het proces
- de tijdconstante en de dode tijd van het proces
- de kwaliteit van het meetsysteem
- de regelaar en het regelalgoritme (continu/discontinu)
- de kwaliteit van het regelorgaan

Overzicht van de verschillende regelmethode toegepast in de regeltechniek:

### Discontinue regelmethode:

- De twee-standenregelaar of aan/uit regelaar
- De drie-standenregelaar
- Tijd-proportionele regelaars

### Continue regelmethode:

- P: Proportionele regeling
- I: Integrerende regeling
- D: Differentiërende regeling
- Of combinaties ervan

# Discontinue regelaars

Discontinue regelaars .....	1
1 Inleiding .....	1
1.1 Voorkomende typen discontinu werkende regelaars .....	1
2 Aan/uit regelen .....	2
2.1 Werking van de aan/uit-regelaar .....	3
2.2 De werking van enkele toepassingen .....	4
2.2.1 Aan/uit-regelaar met bimetaal .....	4
2.2.2 Drie-standen-regelaar: drukregeling in vat van luchtcompressor .....	5
3 Procesverloop bij aan/uit-regelkringen .....	6
3.1 Aan/uit- regelen van een integrator .....	6
3.2 Aan/uit - regelen van een eerste - orde – proces .....	8
3.2.1 Amplitude en periode bij de aan/uit-regelaar zonder hysteresis .....	9
3.2.2 Belang van hysteresis .....	10
3.3 Aan/uit-regelaar met hysteresis en 1 <sup>ste</sup> orde proces zonder $T_d$ .....	11
3.4 Aan/uit-regelaar met hysteresis en 1 <sup>e</sup> orde proces met dode tijd .....	12
4 Test jezelf .....	13
5 TO DO .....	13

# Discontinue regelaars

## 1 Inleiding

Discontinuu werkende regelaars zijn zo ontworpen dat hun uitgangssignaal enkel een bepaald aantal discrete waarden kan aannemen. Dit in tegenstelling met continu werkende regelaars waarbij in principe alle mogelijke regelwaarden kunnen doorlopen worden.

De eenvoudigste discontinue regelaar kent slechts twee discrete toestanden, namelijk uit en aan. Ze worden vaak toegepast in eenvoudige regelkringen: strijkijzers, koelkasten, waterverwarmers, ovens en centrale verwarmingsinstallaties.

*Een regelklep kan bijvoorbeeld of geheel open of geheel gesloten zijn.  
Een elektrisch verwarmingselement kan of ingeschakeld of uitgeschakeld zijn.*

Twee standenregeling is vaak de goedkoopste oplossing voor een regelprobleem, zodat deze in talloze uitvoeringen voorkomt.

### 1.1 Voorkomende typen discontinuu werkende regelaars

#### 1.1.1 De Twee-standenregelaar

De **twee-standenregelaar** is de eenvoudigste en meest gebruikte discontinue regelaar. Het corrigerend orgaan van deze regelaar kent maar twee niveaus. In het geval de standen "aan" en "uit" zijn, spreken we van een **aan/uit-regelaar**. Technisch kan de aan en uit stand met een schakelaar of een triac worden verwezenlijkt.

#### 1.1.2 De Drie-standenregelaar

De uitgang van een **drie-standenregelaar** kent drie discrete regelwaarden. Zo kan een klepmotor bijvoorbeeld met een constante snelheid linksom of rechtsom draaien, waardoor de klep opent of sluit. De derde stand is een stilstand.

#### 1.1.3 Tijdproportionele regelaars

Bij een tijdproportionele regelaar heeft de regelwaarde  $y$  ook een aan/uit karakter. Het gemeten foutsignaal  $e = w - x$  bepaalt de verhouding van een aan-tijd  $T_a$  en een uit-tijd  $T_u$  van de regelwaarde bij een gelijkblijvende periode  $T = T_a + T_u$ . Dit type regelaar werkt als een pulsbreedtemodulator.

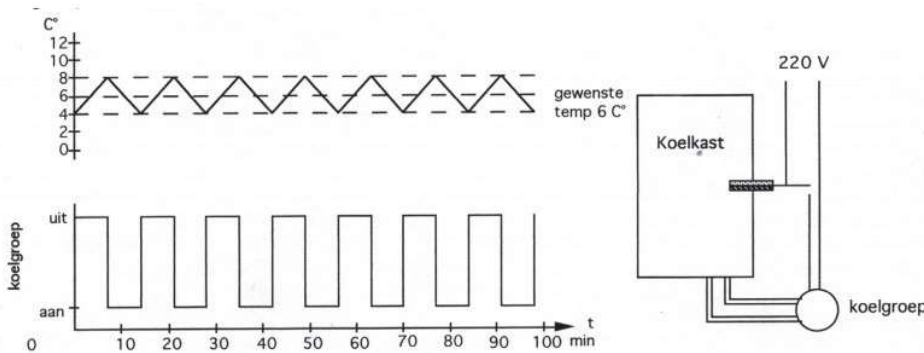
Dit houdt in dat de regelaar een puls afgeeft waarvan de amplitude constant is, maar waarvan de duur  $T_a$  afhankelijk is van de grootte van het foutsignaal  $e$ . Als de periode  $T$  aanzienlijk kleiner wordt gekozen dan de kleinste voorkomende tijdsconstante van het proces en de dode tijd  $T_d$ , dan gedraagt de tijdproportionele regelaar zich als een gewone P-regelaar.

## 2 Aan/uit regelen

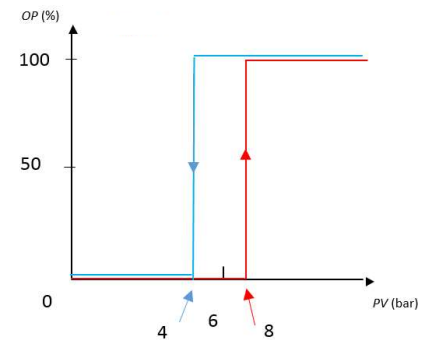
De aan/uit-regeling is een discontinue regeling, waarbij het corrigerend orgaan op basis van twee wenswaarden XH en XL schakelt.

Ook indien de regelaar maar voorzien is van één wenswaarde, zullen er in de praktijk toch twee omkippunten ontstaan ten gevolge van de beperktheden van de regelaar.

### Voorbeeld 1



Figuur 2: Voorbeeld temperatuurregeling van een koelkast

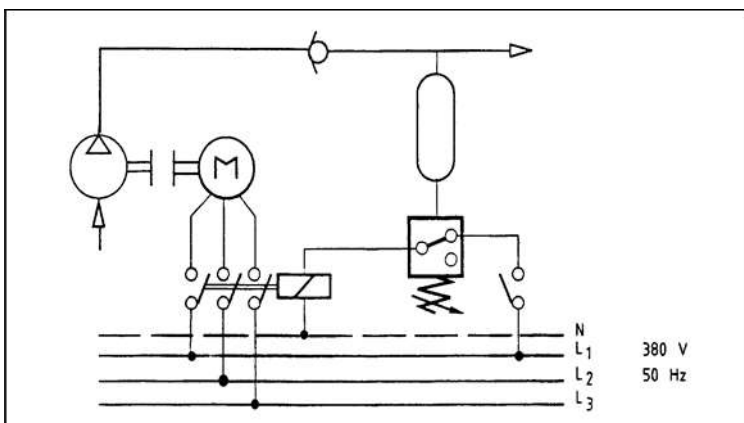


Figuur 1b: Statische karakteristiek - Direct

In dit voorbeeld is het inschakelpunt niet gelijk aan het uitschakelpunt. Dat is bij de meeste tweestanden regelingen het geval; het verkleint het aantal schakelingen in hoge mate.

Het blijkt dat een tweestanden regeling kan worden toegepast in die gevallen waar enerzijds een grote capaciteit en anderzijds een kleine belasting aanwezig is. Zo is de koudecapaciteit in de koelkast groot en de belasting in de vorm van "warme" levensmiddelen en warmte-instraling klein.

### Voorbeeld 2:



Figuur 3: aan/uit-regeling van compressor

# Continue regelaars: P-regelaar

Continue regelaars: P-regelaar.....	1
1 Inleiding .....	1
1.1 Zelfwerkende proportionele niveauregelaar .....	2
1.2 Proportionele band van een regelaar .....	2
2 Statische instelling P-regelaar en proces.....	5
3 Dynamische responsies van regelaar en proces .....	6
3.1 Opstarten van de regelkring .....	6
3.2 Antwoord op een storing.....	6
3.3 Antwoord op een verstelling van de wenswaarde .....	6
4 Wisselwerking van proces en regelaar .....	7
4.1 Redeneren in gesloten kring.....	7
4.2 Opstarten van proces met P-regelaar.....	7
5 Startresponsie van P-regelaar en proces .....	8
5.1 Grote proportionele band.....	8
5.2 Juist gekozen proportionele band.....	8
5.3 Te kleine proportionele band .....	8
6 P-regelaar en proces: verstellen van de wenswaarde .....	9
6.1 Grote proportionele band.....	9
6.2 Kleinere proportionele band .....	9
6.3 Te kleine proportionele band .....	9
7 P-regelaar en proces: storingsantwoord .....	10
7.1 Proportionele band is te groot .....	10
7.2 Proportionele band is correct.....	10
7.3 Proportionele band is te klein .....	10
8 Test jezelf .....	11
9 TO DO .....	11

# Inleiding in de meet- en regeltechniek

Labo

---

**Opleiding: Graduaat Elektromechanische Systemen**

**Academiejaar:**

*Rachid Aouad / Lector / rachid.aouad@ap.be  
Roy Boeren / Lector / roy.boeren@ap.be*

# Inhoud

1	Doel .....	1
1.1	Leerdoelen .....	1
2	Werkwijze en evaluatie labo .....	2
2.1	Vooraf: .....	2
2.2	Werkwijze: .....	2
2.3	Evaluatie: .....	2
3	Labo 1: P&ID (1/2) .....	3
3.1	P&ID .....	3
3.1.1	Definitie .....	3
3.1.2	Informatie op een P&ID .....	3
3.1.3	Symboliek en benaming .....	3
4	Voorbeelden .....	4
5	Visio .....	13
6	Opdrachten .....	16
7	Labo 2: P&ID (2/2) .....	18

# 1 Doel

Het olod Inleiding in de meet- en regeltechniek behandelt de terminologie van meten, omvormen en regelen. De student interpreteert en verwerkt meetsignalen en past verschillende meettechnieken toe. Als regelalgoritmes worden de aan/uit-regelaar en de P-regelaar behandeld.

Het olod Inleiding in de meet- en regeltechniek bereidt voor op het gebruik van industriële sensoren en regelaars. De meetsignalen worden verwerkt in regelalgoritmes. De interpretatie van de kwaliteit, betrouwbaarheid en nauwkeurigheid van metingen en meetsignalen zijn dan ook uitermate belangrijk.

## 1.1 Leerdoelen

**02: Basismetingen/testen: De student voert zelfstandig basismetingen en -testen vakkundig uit op een technische installatie.**

De student past de juiste meetprincipes en meetinstrumenten toe in functie van de specifieke meetopdracht in een machine/installatie/proces.

**03: Technische lezing/interpretatie (meertalig): De student leest en interpreteert instructies, tekeningen, schema's beschrijvingen, kenplaatgegevens en toelichtingen waarbij vaktechnische informatie geraadpleegd wordt in één vreemde taal.**

De student leest en interpreteert een eenvoudig P&ID-schema.

**05: Storingsonderzoek: De student lokaliseert, identificeert en diagnosticeert storingen aan technische installaties, rekening houdend met situationele elementen en/of onderhoudshistoriek.**

De student herkent verschillende meetprincipes en verklaart de werking ervan met betrekking tot hun functionaliteit in de regelkring.

**08: Levenslang leren: De student is zelfkritisch en verbetert de eigen praktijk door persoonlijke ontwikkelingsnoden te identificeren en technologische ontwikkelingen in het vakgebied op te volgen.**

De student zoekt zelfstandig op efficiënte wijze informatie op via Nederlands- en anderstalige handleidingen om ze oplossingsgericht te gebruiken.

## **2 Werkwijze en evaluatie labo**

### **2.1 Vooraf:**

Lees het laboreglement, zie Digitap.

### **2.2 Werkwijze:**

Een labo groep bestaat uit twee of drie personen. Groepsindeling komt op Digitap. Iedere groep krijgt een labo opdracht. De wekelijkse opdracht staat op het overzicht van het labo in de studiewijzer, zie Digitap.

Een voorbereiding is mogelijk door handleidingen op Digitap of opzoekingswerk online. Hierdoor kan je de theorie, de opdrachten en de technische gegevens opzoeken.

De voorbereiding is sterk aangeraden, want op het einde van het labo geef je het verslag af. De theoretische vragen werden vooraf opgelost en lees je best na voor je naar het labo komt. De lector komt langs en overloopt de proef. Zo kan je tot de beste besluitvorming komen tijdens het labo en heb je voldoende tijd om je verslag af te werken. Er worden geen verslagen mee naar huis genomen.

Defecte toestellen meld je onmiddellijk bij de lector. Plaats ze niet terug in de kast.

### **2.3 Evaluatie:**

- 1) Kennis- en inzichtstoets permanent: 10%
  - herneembaar in tweede zit
- 2) Vaardigheidstoets Permanent: 40%
  - niet herneembaar in tweede zit
  - Geen examen van het labo.
  - Verslagen
  - Inzet, houding ,.. tijdens de les
  - Het niet proper en opgeruimd achterlaten van de proefstand -2 pnt
  - Niet gewettigde afwezigheid
- 3) In de examenreeks:
  - Kennistoets en inzichtstoets: 30%
  - Vaardigheidstoets: 20%