



INHOUDSOPGAVE SOFTWARE

1. REALTIME FUNCTIES.....	2
2. I/O ROUTINES.....	3
Digitale inputs	3
Digitale outputs	3
Analoge inputs	4
Weerstandsmeting.....	4
Spanningsmeting	5
Stroommeting	5
Analoge outputs	5
3. SCHAKELKLOKPROGRAMMA'S	6
Dag en nacht programma	6
Overwerk.....	6
Vakantie	6
Opstarttijd.....	6
Afvaltijd.....	6
4. HET REGEL-ALGORITME	7
P-ACTIE.....	10
I-ACTIE.....	11
D-ACTIE	13

1. REALTIME FUNCTIES

De regelcomputer werkt volgens het multi-tasking systeem, dat wil zeggen dat meerdere taken schijnbaar gelijktijdig worden uitgevoerd, terwijl deze in werkelijkheid na elkaar worden verwerkt. De belangrijkste taak van het systeem is het sturen en regelen van de installatie. Deze taak wordt iedere veertig milliseconde uitgevoerd. Vanuit het lichtnet wordt iedere veertig milliseconde (vijfentwintig keer per seconde) een puls gegeven, die ervoor zorgt dat er met de uitvoering van de regeltaken wordt gestart. Alle andere taken worden daarvoor onderbroken. De onderbreking is niet uit te schakelen en heet derhalve NMI (non maskeble interrupt). Deze constructie garandeert de uitvoering van het besturingsprogramma. Hieronder worden enkele taken als voorbeeld beschreven die door de interrupt gestart worden.

• *ledere veertig milliseconde:*

- Het inlezen van alle Digitale inputs
- Het meten van één of meerdere analoge ingangen, zoals temperatuur, druk, vochtigheid, instellingen, enz.
- Het uitsturen van analoge uitgangen 0-10 V of 0-20 mA ten behoeve van regelkleppen e.d.
- Het aansturen van de digitale uitgangen via relais, zoals het in- of uitschakelen van motoren, gasketels, koelaggregaten, regelkleppen e.d.
- Het inlezen van de actuele datum en de tijd
- Etc.

• *ledere seconde:*

- Het activeren van één of meerdere regelaars
- Het testen op eventuele storingen
- Het schakelen van de storingen. Zo moet bijvoorbeeld bij een storing van de seriepomp de ketel uitgeschakeld worden
- Het bijhouden van de bedrijfsurentellers en de verbruiksmeter
- Het omschakelen van het knipperrelais. Dit relais geeft de bedrijfstoestand van het OCS1000 systeem aan
- Het zetten van timers, bijvoorbeeld voor de looptijd van een klepmotor
- Etc.

• *ledere minuut:*

- Het bijhouden van de trendgegevens
- Het zetten op het dag/nacht programma aan de hand van de tijd, de opgegeven - dag/nacht tijden, vakantiedagen en overwerkuren
- Etc.

• *ledere uur:*

- Eventuele functies die ieder uur omgeschakeld dienen te worden.

• *ledere dag:*

- Eventuele functies die iedere dag omgeschakeld dienen te worden.

• *ledere week:*

- Het omschakelen van de ketelvolgorde
- Etc.

2. I/O ROUTINES

Om een regelinstallatie te kunnen bedienen, dient de computer zijn omgeving aan te kunnen sturen en in te kunnen lezen. Daarvoor dient de computer uitgevoerd te zijn met de nodige I/O modules.

Er zijn vier mogelijkheden:

- Digitale input
- Digitale output
- Analoge input
- Analoge output

Om onderscheid te maken tussen de verschillende modules dienen die voorzien te zijn van een decodeermechanisme. De definitie van deze gegevens vindt plaats in de applicatiesoftware.

Om het operating system universeel te houden, dus onafhankelijk van de aangesloten configuratie te maken, is gekozen voor vaste software adressen in tabelvorm.

Ter illustratie.

De status van de vijftiende digitale input bevindt zich altijd op lokatie 00080E. Dit is onafhankelijk van de hardware adressering.

Digitale inputs

Alle digitale inputs worden door de computer elke 40 milliseconden ingelezen. Een software anti-donderschakeling stelt de ingelezen waarde zeker. De computer moet 10 maal achtereen dezelfde waarde aan de ingang vinden, pas dan neemt hij dit als geldige waarde over.

Via de software is op deze manier een tijd-hysterese ingebouwd die onafhankelijk is van de hardware.

Op het gedefinieerde softwareadres bevindt zich de statusinformatie van de betreffende input.

Digitale outputs

Door het besturings- en regelprogramma wordt in het geheugen neergezet, welke relais in- c.q. uitgeschakeld dienen te worden. Deze opslag is in tabelvorm en is onafhankelijk van de hardwareconfiguratie. Elke 40 milliseconden worden vanuit deze tabel de relais in- en uitgeschakeld. Dat betekent dat een snelle reactie mogelijk is. Dit kan nodig zijn bij een storing als er abrupt moet worden ingegrepen.

Onder normale omstandigheden zal een relais niet snel in en uit schakelen omdat de processen van verwarmen en koelen relatief traag zijn.

Analoge inputs

Analoge inputs worden voornamelijk gebruikt voor de opnemers. Deze opnemers kunnen passief en actief zijn. Globaal zijn de inputs zijn te onderscheiden in:

- Weerstandsmeting
- Spanningsmeting
- Stroommeting

Door middel van speciale schakelingen op de analoge inputkaart worden de aangeboden signalen omgezet in een spanning tussen 0 en 10 V. De Analooq Digitaal Converter kan alleen een spanning tussen 0 en 10 V omzetten in een voor de computer begrijpelijke code.

Elke meting bestaat uit zestien samples. Het gemiddelde van de zestien samples is de uiteindelijke waarde van de meting. Dit systeem is ingebracht om te voorkomen dat storingen de metingen kunnen ontregelen, want de invloed ervan is zestien maal zo klein geworden.

Het resultaat van de analoge metingen wordt via een softwarefilter met een laagdoorlaat karakteristiek in tabelvorm in het non volatile geheugen opgeslagen. De functie van het filter is om te voorkomen dat snelle wijzigingen worden toegelaten.

Weerstandsmeting

Voor het meten van weerstanden wordt gebruik gemaakt van een constante stroom door de te meten weerstand. De spanning over de weerstand is een maat voor de weerstandswaarde. Over het algemeen worden deze metingen toegepast bij temperatuurnemers zoals:

- Ni 1000
- NTC
- Pt 100

Op de Input module bevinden zich geen instelpotmeters, maar wordt door middel van vaste weerstanden, met een hoge nauwkeurigheid, het stroombereik en de versterkingsfactoren gedefinieerd. Het voordeel hiervan is dat mechanische instelling overbodig is en de reproduceerbaarheid van de meting veel hoger wordt.

Deze ijkmethode is flexibeler en nauwkeuriger dan een mechanische instelling en worden factoren zoals spreiding en drift in de hand gehouden.

Het ijkproces gebeurt door het meten van hele nauwkeurige bekende weerstanden, waarvan de waarde overeenkomt met het toegepaste meetbereik. De sommatie van zestien metingen geldt als versterkingsfactor en wordt opgeslagen in het non volatile geheugen voor latere toepassing in de berekening van een onbekende weerstand.

Voor het bepalen van een onbekende weerstand R_x , geldt het volgende verband:

$$R_x = \frac{\sum_{n=1}^{16} R_y(n)}{k}$$

Hierin is: R_x de te bepalen weerstand
 R_y de waarde van de ijkweerstand
 K de versterkingsfactor die bij het ijkken bepaald is

Met de nu bekende weerstand R_x , kunnen we via een conversietabel de bijbehorende temperatuur bepalen. Het niet-lineaire verloop van temperatuurnemmer kan hiermee worden ingevangen.



Spanningsmeting

Voor het meten van de spanning wordt gebruik gemaakt van een weerstandsnetwerk. Het doel van dit netwerk is het aangeboden spanningsbereik aan te passen aan het volle schaalbereik van de Analoog Digitaal Converter. Net als bij de weerstandsmeting wordt ook hier het ijken verzorgt door de software. Bij aangeboden spanningen tussen 0 en 10 V wordt geijkt met een nauwkeurige spanning van 5 V.

Stroommeting

Voor het meten van de stroom wordt gebruik gemaakt van een weerstandsnetwerk. Het doel van dit netwerk is het aangeboden stroombereik aan te passen aan het volle schaalbereik van de Analoog Digitaal Converter. Net als bij de weerstandsmeting wordt ook hier het ijken verzorgt door de software. De ijkstroom is gelegd op de helft van het stroombereik van de meting.

Analoge outputs

Het regelprogramma bouwt een tabel op met de waarden voor de analoge outputs. Elke 40 milliseconden worden deze waarden aan een DAC aangeboden en via een sample and hold schakeling doorgegeven aan de uitgangen.

De output module levert standaard een uitgangsspanning van 0-10 V. Via een aparte insteekkaart is dit bereik om te zetten naar een bereik van 0-20 mA.

De output module beschikt over een interne referentiebron, ijken is hier dus niet nodig.

Elke 40 milliseconden wordt de vorige waarde overschreven. Als er onverhoopt een storing optreedt, is deze slechts 40 milliseconden actief. Het regelproces voor verwarming en ventilatie is dermate traag dat de storing nauwelijks merkbaar is.

3. SCHAKELKLOKPROGRAMMA'S

Binnen de software is het mogelijk om een vrijwel onbeperkt aantal schakelklokfuncties te definiëren. De uitgangen van deze schakelklokken worden in tabelvorm opgeslagen. Via de software is het mogelijk, elke klok te koppelen aan een regelaar. De schakelklok kent vier toestanden, te weten:

- Dag
- Nacht
- Overwerk
- Vakantie

De schakelklokken maken gebruik van een kwartsgestuurde klok, die zich in de hardware bevindt. In deze hardwareklok worden de tijd, datum en de weekday bijgehouden. Regelmatig wordt aan de hand van de datum deze weekday bepaald.

Dag en nacht programma

Indien de klokuitgangen voor de vakantie of overwerk niet actief zijn, wordt de dag/nachtstatus van de klok bepaald. Voor de dag/nachtklok kunnen zeven dagen per week opgegeven worden, met per dag vier actieve dag/nacht tijden. Het programma zal op de juiste dag kijken of er dagtijden zijn ingesteld. Dat wil zeggen dat de dagstand een hogere prioriteit heeft dan de nachtstand. Over het algemeen komt dag/nacht overeen met respectievelijk aan/uit.

Overwerk

Bij iedere schakelklok is het mogelijk acht overwerktijden aan te geven. Bij overwerk dient de datum, de begin- en eindtijd ingesteld te worden. Hiermee ontstaat de mogelijkheid om geruime tijd van te voren het overwerk in te stellen, desnoods enige jaren vooruit. Over het algemeen zal bij overwerk het dagprogramma worden uitgevoerd. Overwerk heeft de hoogste prioriteit, zelfs boven de vakantie, zodat het mogelijk is in de vakantie overwerk in te stellen.

Vakantie

Met het schakelprogramma is het mogelijk om acht verschillende vakanties in te stellen. Ze worden ingesteld vanaf de begin datum tot en met de einddatum. Vanwege de jaarverwerking in het programma, kunnen vakanties geruime tijd van tevoren ingesteld worden, desnoods enige jaren van tevoren. Vakanties hebben de tweede prioriteit, dus boven het dag/nacht programma en volgend op het overwerkprogramma.

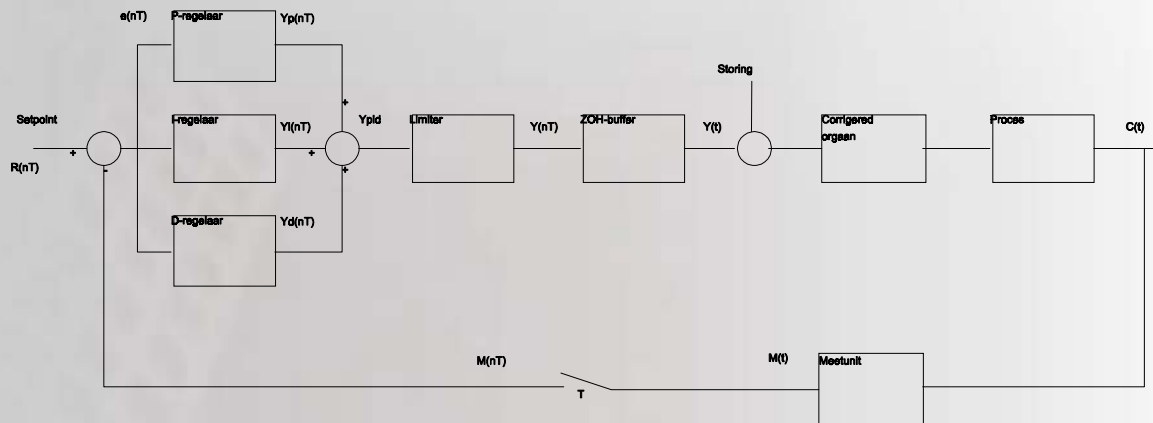
Opstarttijd

Binnen het schakelklokprogramma wordt gekeken naar de dag/nacht en vakantietoestand hoelang het gaat duren voordat de klok naar dag of overwerk schakelt. Deze tijd wordt uitgerekend met een maximum van vierentwintig uur. Met deze opstarttijd kan door middel van optimalisering bepaald worden wanneer vervroegd ingeschakeld moet worden.

Afvaltijd

Tijdens het dagprogramma of de overwerkstatus van de schakelklok, wordt bepaald hoe lang het duurt voordat de volgende nachtstatus of eventueel vakantiestatus wordt bereikt. Deze tijd met een maximum van vierentwintig uur kan gebruikt worden om bij optimalisering vervroegd uit te schakelen.

4. HET REGEL-ALGORITME



De regelaar is van het type PID. De realisatie is in het onderstaande schema weergegeven. De regelaar is gebaseerd op het positie algoritme. Dat houdt in dat de regelaar continue uitstuurt. Dit in tegenstelling tot het snelheidsalgoritme, waarbij de regelaar de veranderingen ten opzichte van de huidige stand aan het corrigerend orgaan doorgeeft.

De PID-regelaar is een parallel regelaar. De voordelen van een parallel regelaar ten opzichte van een cascade regelaar zijn:

- De onderlinge acties beïnvloeden elkaar niet.
- De PI- en PD-regelaars zijn eenvoudig te realiseren, door de D- of I-actie uit te schakelen.
- De verschillende acties zijn afzonderlijk te parametriseren.

In het OCS1000 systeem is de PID regelaar in de software geïmplementeerd. Hiertoe wordt de te meten grootte gesampled en ingelezen. In het bovenstaande schema wordt dit aangegeven door de schakelaar in de terugkoppelweg.

De sampletijd moet ten opzichte van de tijdconstanten τ_i en τ_d klein gekozen zijn om de resolutie van de totale regelaar groot te houden. Bij het OCS1000 systeem is gekozen voor een sampletijd van 1 seconde. Voor het regelen van centrale verwarming en luchtbehandeling is deze tijd klein genoeg.

Voor trage processen zoals centrale verwarming en luchtbehandeling levert de D-actie geen verbetering op voor de regelkarakteristiek. Deze actie zal dan ook meestal weggelaten worden. Hierdoor wordt het parametriseren eenvoudiger.

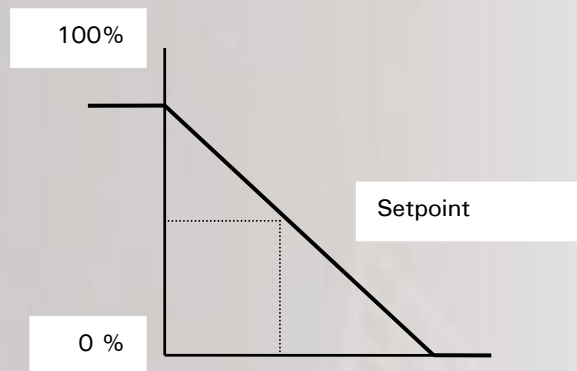
De limiter zorgt ervoor dat de uitgangswaarde van de regelaar binnen het gebied ligt, waarvoor de corrigerende organen geschikt zijn, oftewel:

$$0 \leq Y \leq 100\%$$

Voorbeeld:

Bij een modulerende 0-10V klep wordt de uitgang begrensd tot deze maxima. 0% komt in dat geval overeen met 0V en 100% met 10V.

Weergegeven in een schets levert dat het volgende op:



Het uitgangssignaal is niet direct geschikt voor het aansturen van de corrigerende organen. Via de, in de software ondersteunde, outputkaarten wordt dit signaal hiervoor geschikt gemaakt. De eerste orde houd schakelaar (ZOH) zorgt ervoor dat de analoge spanningen doorgegeven worden. Bij de digitale uitsturing ligt dit anders. In dat geval worden via relais de corrigerende organen aangestuurd.



De PID-regelaar is wiskundig als volgt te omschrijven:

	Digitale actie	Analoge equivalent
Verschil	$e(nT) = R(nT) - M(nT)$	$e(t) = R(t) - M(t)$
P-actie	$P(nT) = K_p e(nT)$	$P(t) = k_p e(t)$
I-actie	$I(nT) = k_i \sum_{k=0}^n e(kT)$	$I(t) = k_i \int_0^t e(t) dt$
D-actie	$D(nT) =$ $k_d [e(nT) - e((n-1)T)]$	$D(t) = k_d \frac{d e(t)}{dt}$
PID-sigitaal	$PID(nT) =$ $P(nT) + I(nT) + D(nT)$	$PID(t) =$ $P(t) + I(t) + D(t)$
Y-sigitaal	$Y(nT) = PID(nT)$ met $Y_{\min} \leq Y(nT) \leq Y_{\max}$	$Y(t) = PID(t)$ met $Y_{\min} \leq Y(t) \leq Y_{\max}$

In deze paragraaf worden de P-, I- en D-actie uitgelegd. Aan de hand van een voorbeeld wordt de betreffende actie ook voor de minder ingewijden duidelijk gemaakt.

P-ACTIE

De proportionele actie zorgt voor een evenredigheid van uitsturen. Als er een groot verschil bestaat tussen de gewenste en actuele waarde zal de proportionele bijsturing ook groot zijn. Deze actie is de basisregeling.

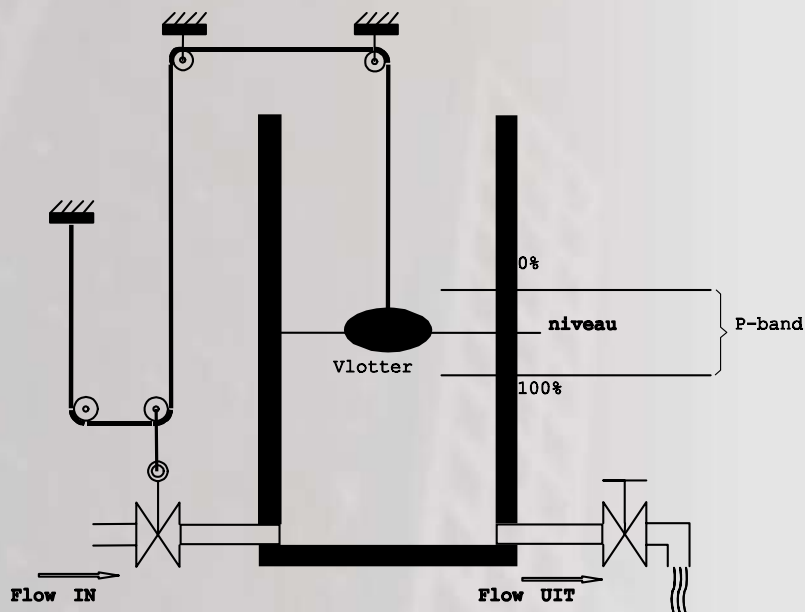
Een van de nadelen van een 'kale' P-actie, is de statische afwijking. Deze bedraagt:

$$E_{stat} = \frac{I}{I + k_p} 100\%$$

Deze afwijking ontstaat omdat de P-actie een verschilsignaal nodig heeft om een corrigerend orgaan aan te kunnen sturen.

Een ander nadeel is dat het dynamisch gedrag niet te optimaliseren is. Dit laatste nadeel laat zich des te meer gelden als er grote dode tijden in het proces aanwezig zijn. Ook bestaat dan het gevaar van instabiliteit van de regelkring.

Voorbeeld: Mechanische niveauregeling van een buffervat op P-basis.



De werking berust op de mechanische verbinding tussen de stand van de ingangsklep door het niveau van de vloeistof in het vat. Als het niveau toeneemt zal dat de klep afknijpen, zodat de toevoer afneemt en dus het niveau minder stijgt en vice versa.

Het proportionele in deze regeling blijkt hieruit, dat het corrigerend orgaan (toevoer klep) omgekeerd evenredig is met de meetgrootte (waterniveau).

Stel dat de aftapkraan verder opgedraaid wordt.

Het niveau zal afnemen. De vlotter zal zakken en daardoor de klep verder opentrekken. Oftewel, er zal meer vloeistof toegevoerd worden. Het niveau zal nu minder dalen. Dit proces zal doorgaan totdat de toevoer van vloeistof gelijk is aan de afvoer ervan.

Echter, de vlotter zal in niveau gezakt zijn, omdat de toevoerklep open moet blijven staan. Deze verstelling van de vlotter wordt de statische afwijking genoemd.

I-ACTIE

De integrerende actie zorgt voor het weggeregelen van de statische afwijking, door het verschilsignaal te sommeren. Het uitgangssignaal wordt door deze actie verhoogt totdat het verschilsignaal nul is geworden. In die situatie heeft de I-actie de sturende functie van de P-actie overgenomen.

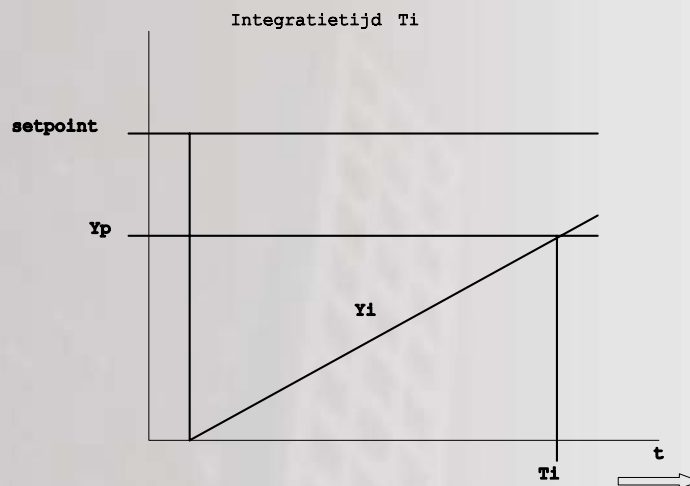
Ook dynamisch heeft de I-actie invloed. Het vertraagt namelijk het uitstuurproces door de introductie van een relatief grote tijdconstante.

Deze tijdconstante τ_i is de integratietijd van de I-actie en de enige parameter voor de I-actie. Daarmee ligt de actie volledig vast, mits het een zuivere I-actie is.

Een ander belangrijk gegeven is de sampletijd T . Deze tijd bepaalt namelijk samen met de integratietijd τ_i de integrerende versterkingsfactor k_i , volgens:

$$k_i = \frac{T}{\tau_i}$$

De onderstaande figuur geeft aan hoe de integratietijd bepaald wordt.

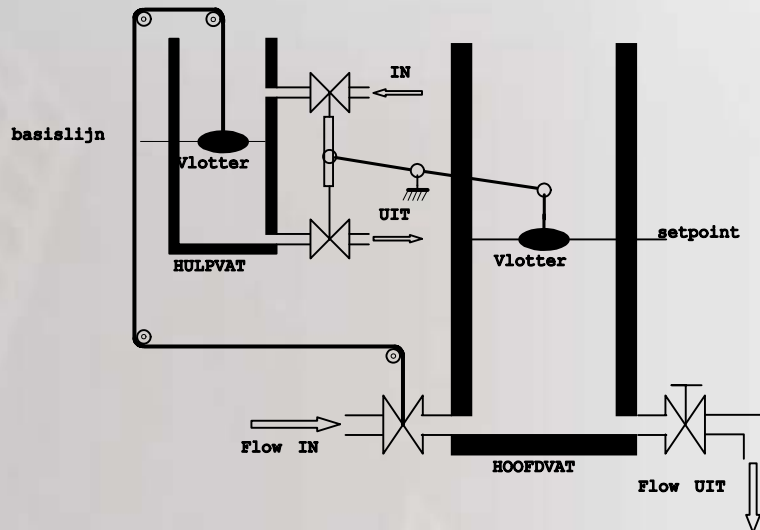


De Integratietijd τ_i van een zuivere integrator is de tijd die doorlopen is, om de I-actie dezelfde waarde aan te laten nemen als de P-actie. Beide acties zijn daartoe aangestuurd met dezelfde stap (setpoint).

De versterkingsfactoren van beide acties zijn gelijk.

Voorbeeld:

Mechanische niveauregeling van een buffervat op I-basis.



De werking berust op de mechanische beïnvloeding van de stand van de ingangsklep door het niveau van de vloeistof in het hulpvat.

Als het niveau in het hoofdvat te hoog is, opent de vlotter van hetzelfde hoofdvat, de toevoerklep van het hulpvat en sluit de afvoerklep van hetzelfde hulpvat. Het niveau in het hulpvat neemt dus toe. De mate waarin de toevoerklep opengestuurd wordt, is afhankelijk van de mate waarin het niveau in het hoofdvat gestegen is.

Hetzelfde geldt omgekeerd voor een te laag niveau in het hoofdvat.

Want dan opent de vlotter van het hoofdvat, de afvoerklep van het hulpvat en sluit de toevoerklep van hetzelfde hulpvat. Het niveau in het hulpvat neemt dus af. De mate waarin de afvoerklep opengestuurd wordt, is afhankelijk van de mate waarin het niveau in het hoofdvat gedaald is.

Concluderend kan gesteld worden dat het niveau in het hulpvat vermeerderd c.q. verminderd, zolang het niveau in het hoofdvat respectievelijk te hoog of te laag is. De mate van de vermeerdering c.q. vermindering is afhankelijk van de niveaufout in het hoofdvat.

Dit is een integrerend signaal.

Zolang het niveau in het hulpvat hoger is dan de basislijn, stuurt het de toevoerklep van het hoofdvat dicht. Het aftappunt van het hoofdvat zorgt voor de afname van het niveau in het hoofdvat.

Evenzo zal het niveau in het hoofdvat toenemen, als het niveau in het hulpvat lager is dan de basislijn. Want dan zal de vlotter van het hulpvat de toevoerklep van het hoofdvat open sturen.

Deze regeling zorgt ervoor dat het niveau in het hoofdvat overeen komt met het setpoint (mechanisch vastgelegd).

De toe- en afvoerklep van het hulpvat zijn beide gesloten. Het niveau in het hulpvat is dus constant. De hoogte van dit niveau wordt bepaald door de mate waarin de toevoerklep van het hoofdvat open moet staan om de afvoer van het aftappunt op te heffen, zodat het niveau in het hoofdvat niet verandert.



D-ACTIE

Om het dynamisch gedrag te verbeteren kan de differentiërende actie toegevoegd worden. Deze actie bepaald de raaklijn van het verschilsignaal en corrigeert daarmee het sturende signaal. Deze actie is puur dynamisch. In een stabiele situatie heeft deze actie geen enkele invloed.

Gewenste veranderingen worden echter door deze actie versneld.

De grootte van de invloed van de D-actie wordt bepaald door de tijdconstante τ_d .

Ook hier is de sampletijd van grote invloed. Want deze bepaald samen met τ_d de factor k_d volgens:

$$k_d = \frac{\tau_d}{T}$$