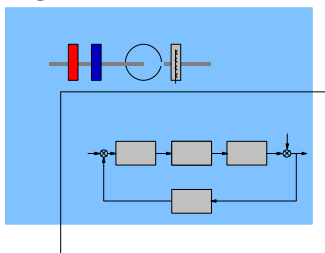


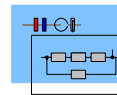
# KLIMAATREGELINSTALLATIES

Veel voorkomende processen

Regeltechniek voor klimaatregelininstallaties

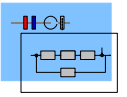


©H.M.A. Janssen Groesbeek  
September 2003


**VEEL VOORKOMENDE TE REGELEN PROCESSEN IN DE KLIMAATREGELINSTALLATIES**

In onderstaande tabel 1 zijn de wachttijd, de moeilijkheidsgraad en het regelbereik per proces aangegeven.

<b>Te regelen grootheid x</b>	$\tau_w$ (s)	$\lambda = \tau_w / \tau_v$ (-)	$X_h$
Ruimteluchttemperatuur (radiatoren)	180 - 600	0,05 - 0,2	10 - 20 K
Mengtemperatuur (water)	5 - 20 *	0,2 - 0,5	20 - 70 k
Warmtewisselaar (water/water)	10 - 60	0,1 - 0,6	10 - 100 K
Mengtemperatuur met behulp van luchtkleppen	10 *	0,3 - 0,8	0 - 35 K
Ruimteluchttemperatuur (toevoerlucht)	60 - 600	0,1 - 0,3	5 - 10 K
Toevoerluchttemperatuur	15 - 240	0,2 - 0,6	20 - 50 K
Afvoerluchttemperatuur	30 - 300	0,2 - 0,4	5 - 10 K
* inclusief de temperatuuropnemer			

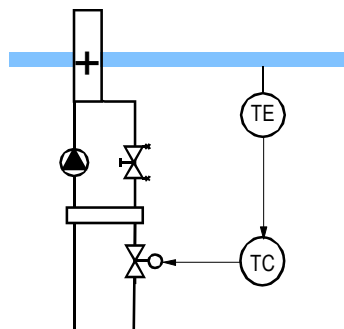


## Toevoerluchttemperatuurregeling

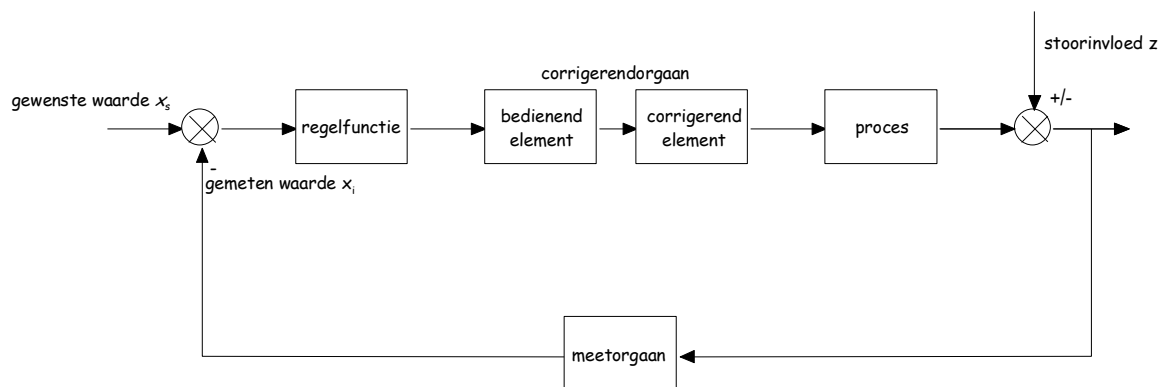
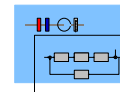
### Inleiding

Begonnen wordt met de temperatuurregeling van toevoerlucht omdat het, het eenvoudigst te begrijpen regelproces is. Het gedrag van het regelproces is duidelijk herkenbaar en ook de versturende invloeden die op het proces inwerken zijn te beoordelen. Deze versturende invloeden zijn de verandering van de intrede luchttemperatuur; de luchthoeveelheid; de standverandering van de gekozen regelafsluiter; de aanvoerwatertemperatuur en het waterzijdige drukverschil. Bij het bepalen van de regelparameters is er vanuit gegaan dat de watertemperatuur en het waterzijdige drukverschil praktisch constant zijn. Ook de luchthoeveelheid over de luchtverwarmer wordt als constant beschouwd. Indien deze luchthoeveelheid kleiner wordt door b.v. een rotatiefrequentieregeling van de ventilator dan wordt het proces moeilijker te regelen en ook het regelbereik neemt toe. Het bepalen van de regelparameters moet dan gebeuren op basis van de meest ongunstige bedrijfsomstandigheden.

### Gegevens van het regelproces



- verwarmingswater aanvoertemperatuur  $80^{\circ}\text{C}$
- temperatuurverschil verwarmingswater bij nominale belasting 20 K
- laagste buitentemperatuur  $-10^{\circ}\text{C}$
- gewenste toevoerluchttemperatuur  $20^{\circ}\text{C}$
- luchthoeveelheid constant



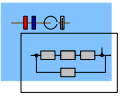
Het blokschema van de regelkring

### Verklaring van het blokschema

De gewenste waarde  $x_s$  wordt vergeleken met de gemeten waarde  $x_i$ . Afhankelijk van het verschil  $x_w$  wordt volgens de gekozen regelfunctie een actie uitgevoerd die het bedienend element (de servomotor) doet verstellen. Hiermee wordt de stand van het corrigerend element (regelafsluiter) en daardoor ook de procesgrootte "temperatuur" beïnvloed. Op het vergelijkingspunt achter het proces wordt de stoorinvloed  $z$  vergeleken met de geregelde grootte  $x$ . Het verschil tussen deze twee wordt als de gemeten waarde  $x_i$  via het meetorgaan teruggekoppeld naar het vergelijkingspunt en zo is de regelkring rond. Het meetorgaan wordt weergegeven met behulp van een blok omdat de gebruikte opnemer de temperatuur direct omzet in een voor de regelaar bruikbaar meetsignaal.

### Het regelbereik van het proces

Gevraagd wordt om een luchttoevoertemperatuur op  $20^{\circ}\text{C}$  constant te houden tot een buitentemperatuur van minimaal  $-10^{\circ}\text{C}$ . De luchtverwarmer moet dus minimaal 30 K kunnen opwarmen. Bij een over het hele regelbereik constante overdrachtsfactor  $K_p$  van het proces is het regelbereik  $X_h$  dus ook 30K. Is er een grotere luchtverwarmer gekozen b.v. met een temperatuurverhoging van 40K, dan wordt het regelbereik 40K, ondanks dat we maar 30K gebruiken. In de praktijk is de overdrachtsfactor  $K_p$  niet constant maar varieert. Afhankelijk van de gekozen regelafsluiter en de daarbij horende autoriteit kan de overdrachtsfactor variëren met een factor tussen de 0,2 en 4. Om in iedere stand van de regelafsluiter een stabiele regeling te krijgen moet de versterkingsfactor van de regelkring bepaald worden aan de hand van de ongunstigste overdrachtsfactor. Voor dit voorbeeld gaan we uit van een praktische waarde voor  $K_{pmax} = 0,36\text{K}/\%$  (geldt bij een autoriteit tussen 0,1 en 1, een equiprocentuele grondkarakteristiek, een regelverhouding  $S_{VO} = 50$  en een warmteoverdrachtsfactor  $\alpha$  van 0,2)



### De te kiezen regelfunctie voor dit proces

Uit de tabel 1 blijkt dat het toevoerlucht-temperatuurproces snel is en dus gekozen kan worden voor de nauwkeurig regelende PI- functie. Voor dit proces wordt een wachttijd aangenomen van 60 s.

### De moeilijkheidsgraad van dit proces $\lambda$

De moeilijkheidsgraad ligt volgens tabel 1 tussen de 0,2 en 0,6 ligt. Een gemiddelde waarde van 0,3 is een praktische waarde om de versterkingsfactor te bepalen.

### In te stellen regelparameters

#### De gewenste waarde $x_s$

De gevraagde temperatuur is 20°C

#### De proportionele band $X_p$

Deze wordt bepaald aan de hand van de maximale overdrachtsfactor van het proces  $K_{pmax}$  en de toelaatbare versterkingsfactor  $V_{otoel}$ . Gekozen wordt voor de regelfunctie PI, De proportionele band wordt dus volgens de instelregels als volgt ingesteld:

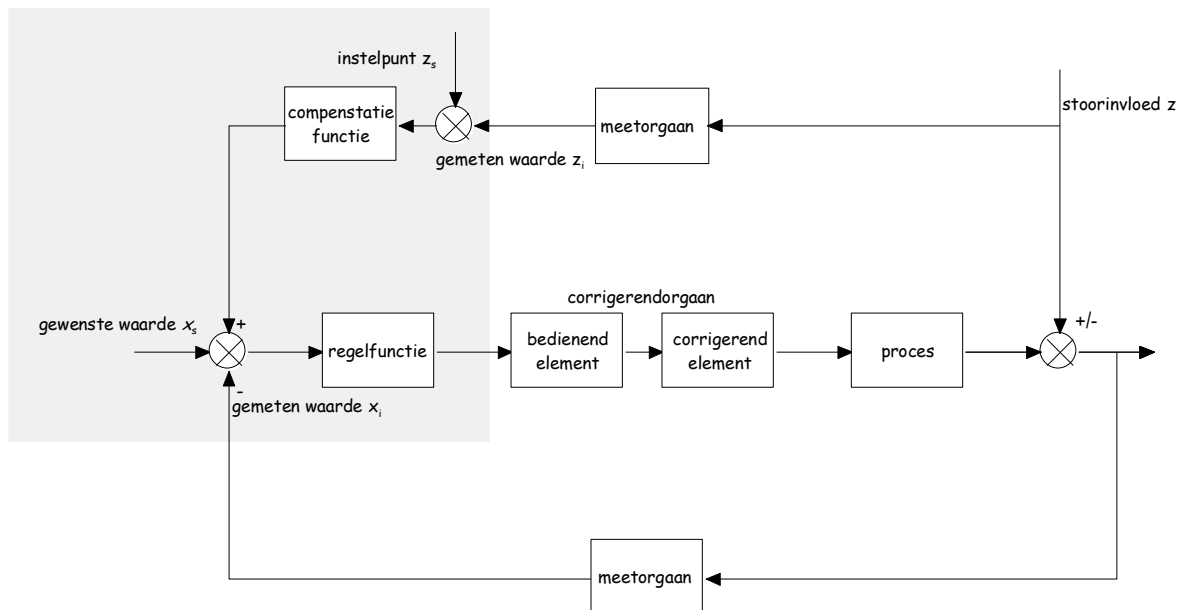
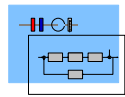
$$X_p = 1,1 \cdot 100\% \cdot K_{pmax} \cdot \lambda = 1,1 \cdot 100\% \cdot 0,36K/\% \cdot 0,3 = 12 K$$

#### De integratietijd $t_i$

Deze wordt volgens de instelregels bepaald op  $3,3 \cdot \tau_w = 3,3 \cdot 60s = 198 \text{ sec}$

### Regelkring met automatische verschuiving van het instelpunt

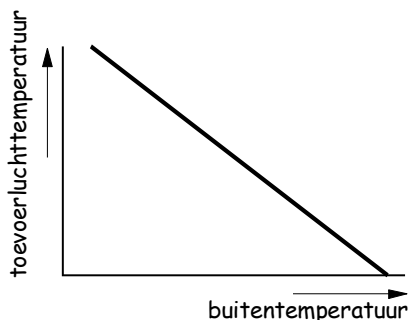
Door een extra temperatuuropnemer te plaatsen voor de verwarmers kan het instelpunt van de regelkring automatische, afhankelijk van de buitentemperatuur, verschoven worden. Als het proces met behulp van een PI functie geregeld wordt, betekent dit dat gewenste toevoerluchttemperatuur zich automatisch aanpast aan de heersende buitentemperatuur. Wordt het proces met behulp van een P functie geregeld, dan wordt tevens de nadelige invloed van de statische afwijking van de P functie op de gewenste toevoerluchttemperatuur, door verschuiving van het instelpunt  $x_s$ , onder invloed van de buitentemperatuur, automatisch te niet gedaan.



Blokschema van een hoofdregelkring voor de inblaastemperatuur met compensatie met behulp van buitentemperatuur.

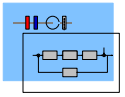
**Verklaring van het blokschema voor regelkring met compensatieopnemer**

Het instelpunt  $x_s$  wordt nu niet alleen vergeleken met de gemeten waarde  $x_i$ , maar ook met



het uitgangssignaal van de compensatiefunctie. Het signaal van de compensatiefunctie wordt gevormd als er een verschil is tussen de gemeten stoornis  $z_i$  en de ingestelde waarde  $z_s$ . De invloed die het verschil tussen deze twee waarden op het vergelijkingspunt van de regeling uitoefent, hangt af van de ingestelde

versterking van de compensatiefunctie, en wordt dikwijls steilheid genoemd.



## Ruimte(lucht)temperatuur (toevoerlucht)

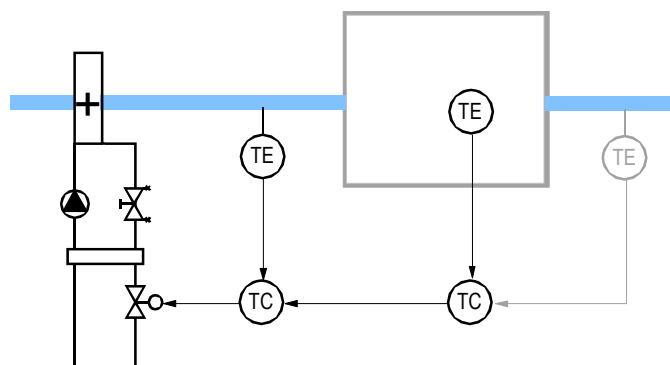
### Inleiding

De temperatuur van de lucht in de ruimte wordt gemeten met behulp van een opnemer in de ruimte of in het kanaal van de afvoerlucht. Bij de opnemer in de ruimte wordt de invloed van wanden meegenomen in beperkte mate. De temperatuur van de afvoerlucht wordt gemeten als gemiddelde temperatuur van een aantal ruimten of als in de ruimte geen goede meetplaats voorhanden is.

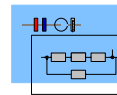
Gekozen kan worden uit twee vormen van regelen; de enkelvoudige regelkring waarbij direct bij een afwijking van de ruimtetemperatuur het corrigerend orgaan wordt aangestuurd of de cascaderегeling waarbij een afwijking van de ruimtetemperatuur het instelpunt van de toevoerlucht beïnvloedt. Omdat de enkelvoudige regelkring qua regelkring niet afwijkt van de toevoerluchttemperatuurregeling wordt in dit voorbeeld de cascaderегeling uitgewerkt.

Het vaststellen van het regelbereik bij het regelen van de ruimtetemperatuur met behulp van lucht is complexer dan die bij de toevoerluchttemperatuurregeling. Hier is veel onderzoek naar gepleegd en bij bepalen van het regelbereik wordt hier verder op ingegaan. Bij de toepassing van de cascaderегeling is er sprake van twee regelkringen; een hoofd- en hulpregelkring, ook wel master/slave regeling genoemd. Voor beide regelkringen zullen de vastgesteld regelparameters moeten worden.

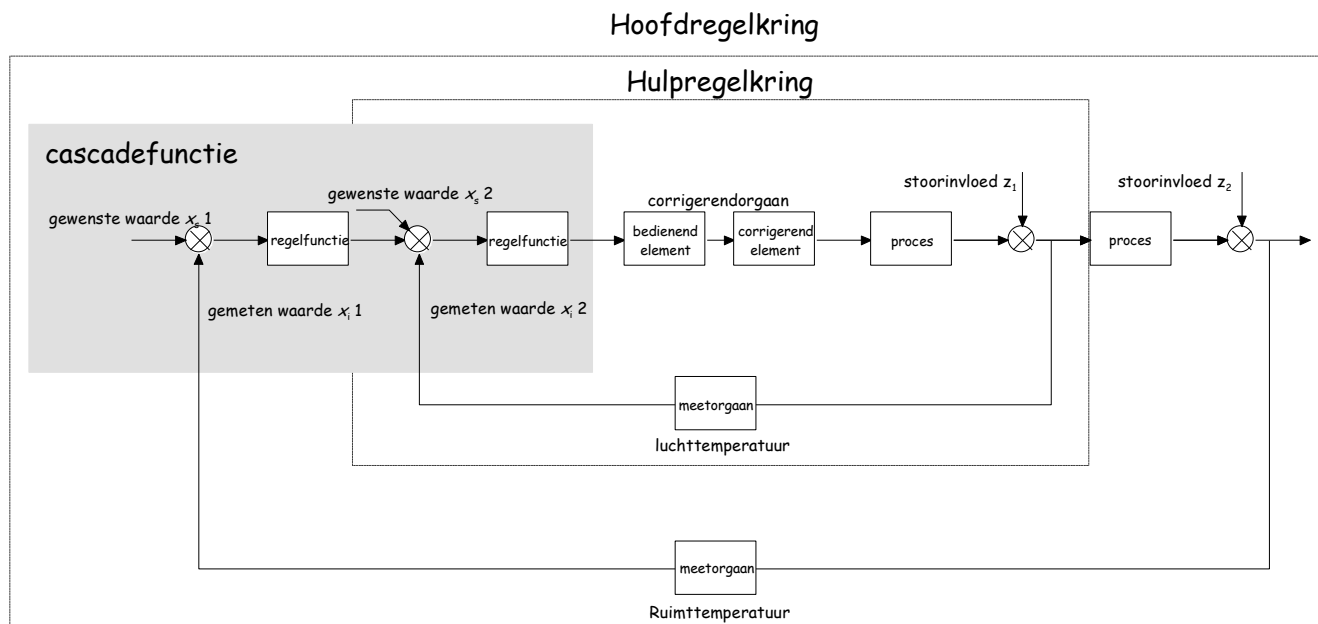
### Gegevens van het regelproces



- verwarmingswater aanvoertemperatuur 80°C
- temperatuurverschil verwarmingswater bij nominale belasting 20 K
- laagste buitentemperatuur - 10°C
- gewenste toevoerluchttemperatuur tussen de 20°C en 30°C
- gewenste ruimtetemperatuur 20°C
- circulatievoud 4



- A/V verhouding van de ruimte is 1,5



Het blokschema van de cascaderегeling

**Verklaring van het blokschema**

De cascadefunctie wordt gevormd door twee regelkringen; een hoofd- en een hulpregekring. De hulpregekring regelt de gewenste toevoerluchttemperatuur door de stand van het corrigerend orgaan te beïnvloeden en de hoofdregelkring regelt de gewenste ruimtetemperatuur door de gewenste waarde van de toevoerlucht te beïnvloeden.

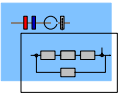
**Het regelbereik van de processen**

Hulpregekring voor de toevoerlucht

Hiervoor gelden dezelfde regels als bij de toevoerluchttemperatuurregeling. De overdrachtsfactor  $K_{pmax}$  van het proces zal echter groter zijn omdat de lucht opgewarmd moet worden naar 30°C. Er wordt uitgegaan van dezelfde invloeden als bij de toevoerluchtregeling voor het bepalen van de maximale waarde van de overdrachtsfactor van het proces. Hierdoor wordt  $K_{pmax}$  0,48K/%

Hoofdregekbereik voor de ruimtetemperatuur

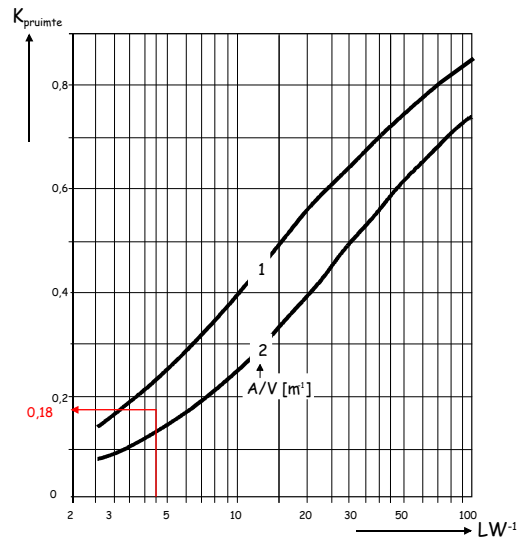
Het regelbereik voor de hoofdregelkring wordt bepaald door de verandering die de toevoerlucht moet ondergaan om de verstoringen op de ruimtetemperatuur teniet te kunnen doen. Omdat er geen sprake is van koelen kan met de lucht ter compensatie van



verstoringen alleen maar verwarmd worden. De verandering van de toevoerlucht ligt dus tussen de 20 en 30°C.

Uit onderzoek is gebleken dat de invloed van de toevoerlucht op het regelbereik van de ruimtetemperatuur afhankelijk is van de verhouding warmte accumulerend oppervlak/ruimtevolume  $A/V$  van de ruimte en het circulatievoud  $LW^{-1}$  van de lucht in die ruimte.

In onderstaande grafiek is dat weergegeven. De verhouding tussen de 1 en 2 zijn de meest voorkomende verhoudingen.



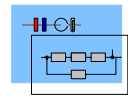
Invloed van het circulatievoud, het accumulerend oppervlak  $A$  en het ruimtevolume  $V$  op de overdrachtsfactor  $K_p$  van de ruimte

Met in achtneming van deze factoren is voor dit voorbeeld het regelbereik van de ruimte vast te stellen. Voor dit voorbeeld, waar het gegeven circulatievoud 4,5 en de  $A/V$  verhouding 1,5 is, betekent dit een overdrachtsfactor  $K_{pruimte}$  van 0,18

De maximaal vanuit de ruimte te beïnvloeden temperatuurverandering van de toevoerlucht is 10 K, het circulatievoud is 4,5 en de  $A/V$  verhouding is 1,5. Hieruit volgt dat het regelbereik  $X_h$  voor de ruimte van  $0,18 \cdot 10K = 1,8K$

**De te kiezen regelfunctie voor dit proces**

Een cascaderегeling heeft twee regelfuncties; een voor de toevoerluchttemperatuurregeling en een voor de ruimtetemperatuurregeling. Voor de toevoerluchttemperatuurregeling met een snel reagerend proces wordt gekozen voor een PI functie. De ruimtetemperatuurregeling is een traag bij een circulatievoud van 4 verlopend proces waardoor het beste gekozen kan worden voor een P functie



## De moeilijkheidsgraad van dit proces $\lambda$

De moeilijkheidsgraad voor de toevoerlucht is hier ook 0,3 en voor de ruimte wordt deze aangenomen als zijnde 0,2

## In te stellen regelparameters

### Toevoerluchttemperatuurregeling

Deze wordt bepaald aan de hand van het vastgestelde regelbereik  $X_h$  en de toelaatbare versterkingsfactor  $V_{0toel}$ . Gekozen wordt voor de regelfunctie PI, en maximale overdrachtsfactor is eerder vastgesteld op 0,48K/%. De proportionele band wordt dus volgens de instelregels als volgt ingesteld  $X_p = 1,1 \cdot 100\% \cdot K_{pmax} \cdot \lambda = 1,1 \cdot 100\% \cdot 0,48K/\% \cdot 0,3 = 16 K$

### De integratietijd $\tau_i$

Deze wordt volgens de instelregels bepaald op  $3,3 \cdot \tau_w = 3,3 \cdot 60s = 198 sec$

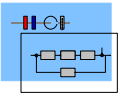
### Ruimtetemperatuurregeling

#### De gewenste waarde $x_s$

De gevraagde temperatuur is 20°C

#### De proportionele band $X_p$

Deze wordt bepaald aan de hand van het vastgestelde regelbereik  $X_h$  en de toelaatbare versterkingsfactor  $V_{0toel}$ . Gekozen wordt voor de regelfunctie P en het regelbereik  $X_h$  is vastgesteld op  $10 \cdot 0,18 = 1,8 K$ . De proportionele band wordt dus volgens de instelregels als volgt ingesteld;  $X_p = X_h \cdot \lambda = 1,8 \cdot 0,2 = 0,36K$

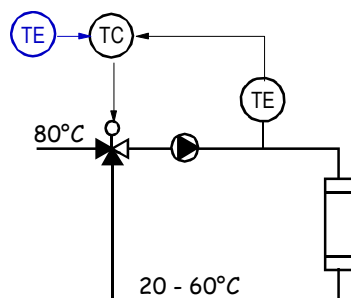


## Watertemperatuurregeling door menging met retourwater

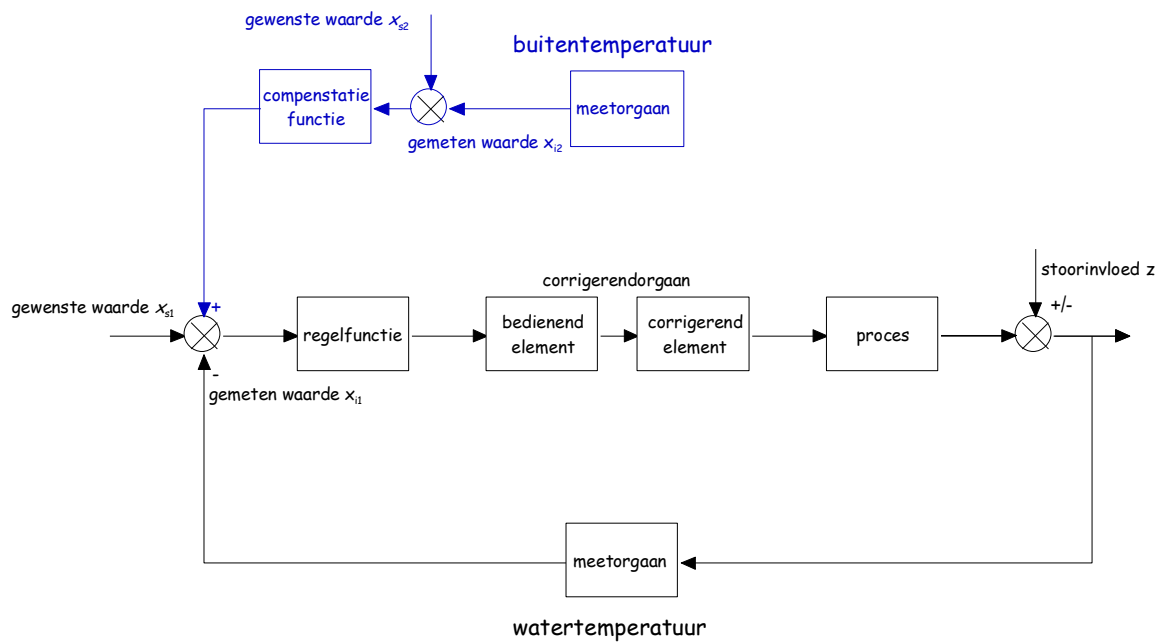
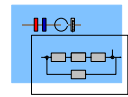
### Inleiding

De eigenschappen van de watertemperatuurregeling door menging van retourwater worden in belangrijke mate bepaald door de gewenste waarde van de mengtemperatuur. Als deze waarde constant is dan zal ook de retourwater temperatuur vrij constant zijn. Echter als het water via een warmtewisselaar, b.v. een radiator of een luchtverwarmer, gebruikt wordt om een variabel vermogen te leveren, dan is deze gewenste mengtemperatuur en dus ook de retourtemperatuur, die daar het gevolg van is, variabel. Bij een mengtemperatuur van  $30^{\circ}\text{C}$  en een retourwatertemperatuur van  $27^{\circ}\text{C}$  zal de hoeveelheid water van  $80^{\circ}\text{C}$ , die bijgemengd moet worden om één Kelvin te verhogen kleiner zijn dan bij een gewenste mengtemperatuur van  $70^{\circ}\text{C}$  en een retourwatertemperatuur van  $53^{\circ}\text{C}$ . Deze eigenschap van de mengregeling wordt bij een luchtverwarmer aangeduid met de warmteoverdrachtsfactor  $\alpha$ . Het niet lineaire gedrag van het regelproces wordt in belangrijke mate geëlimineerd door toepassing van een equiprocentuele grondkarakteristiek.

### Gegevens van het regelproces



- verwarmingswater aanvoertemperatuur  $80^{\circ}\text{C}$
- temperatuurverschil verwarmingswater bij nominale belasting 20 K
- minimum retourwatertemperatuur  $20^{\circ}\text{C}$



Het blokschema van de regelkring

**Verklaring van het blokschema**

Aan het blokschema is de beïnvloeding van de gewenste waarde toegevoegd.

**Het regelbereik van het proces**

Het regelbereik in dit regelproces varieert sterk en is afhankelijk van de gewenste waarde waarop geregeld wordt. Deze grootste verandering treedt op bij de laagste gewenste waarde en dus ook de laagste retourtemperatuur 20°C. Als de mengafsluiter 100% open staat is de mengtemperatuur 80°C en als de mengafsluiter dicht staat is de mengtemperatuur 20°C. Het regelbereik is dus 80°C - 20°C = 60K

**De te kiezen regelfunctie voor dit proces**

Uit de tabel 1 blijkt dat het mengtemperatuurproces snel is en dus gekozen kan worden voor de nauwkeurig regelende PI- functie. Voor dit proces wordt een wachttijd aangenomen van 15 s.

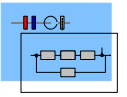
**De moeilijkheidsgraad van dit proces λ**

De moeilijkheidsgraad ligt volgens tabel 1 tussen de 0,2 en 0,5 ligt. Een gemiddelde waarde van 0,35 is een praktische waarde om de versterkingsfactor te bepalen.

**In te stellen regelparameters**

**De gewenste waarde  $x_s$**

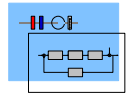
Afhankelijk van de buitentemperatuur en bepaald via een stooklijn

**De proportionele band  $X_p$** 

Deze wordt bepaald aan de hand van het vastgestelde regelbereik  $X_h$  en de toelaatbare versterkingsfactor  $V_{\text{toel}}$ . Gekozen wordt voor de regelfunctie PI, en het regelbereik  $X_h$  is vastgesteld op 60K. De proportionele band wordt dus volgens de instelregels als volgt ingesteld;  $X_p = 1,1 \cdot X_h \cdot \lambda = 1,1 \cdot 60 \cdot 0,35 = 23,1 \text{ K}$

**De integratietijd  $t_i$** 

Deze wordt volgens de instelregels bepaald op  $3,3 \cdot t_w = 3,3 \cdot 15 \text{ s} = 50 \text{ sec}$

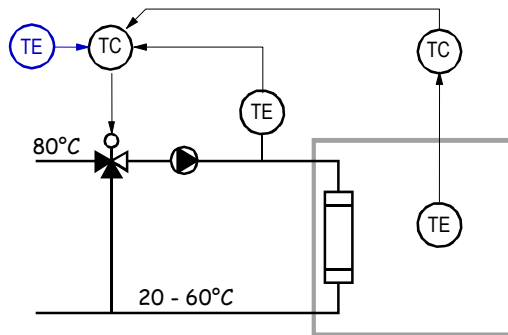


**Ruimte(lucht)temperatuur (radiatoren;convectoren)**

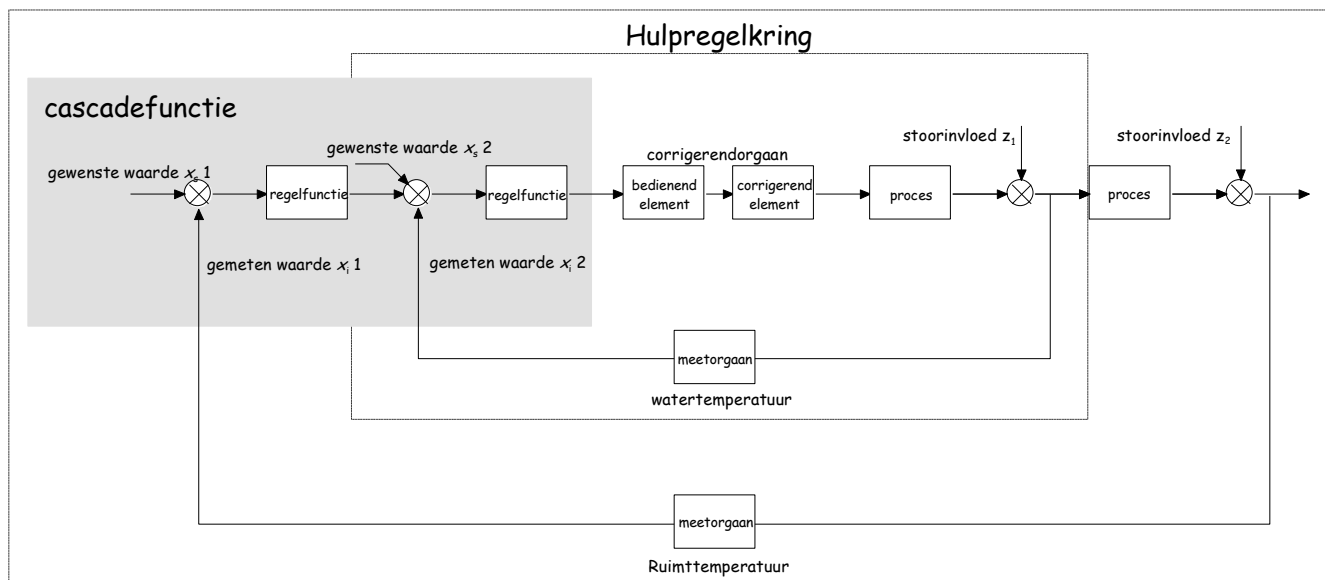
**Inleiding**

De regeling van een ruimtetemperatuur met behulp van radiatoren of convectoren is een veel aangehaald voorbeeld om aan te geven hoe een regelproces is opgebouwd. Echter het bepalen van het regelbereik voor de regeling van de ruimtetemperatuur is niet eenvoudig. In deze opgave is hiervoor een benaderingswijze gebruikt. Deze is niet met uitgebreide berekeningen onderbouwd maar is praktisch bruikbaar om de relatie tussen watertemperatuur en ruimtetemperatuur aan te geven.

**Gegevens van het regelproces**



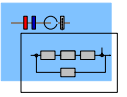
**Hoofdregelkring**



Het blokschema van de cascaderегeling

**Verklaring van het blokschema**

De cascadefunctie wordt gevormd door twee regelkringen; een hoofd- en een hulpregelkring. De hulpregelkring regelt de gewenste watertemperatuur door de stand van



het corrigerend orgaan te beïnvloeden en de hoofdregelkring regelt de gewenste ruimtetemperatuur door de gewenste waarde van de watertemperatuur te beïnvloeden.

### Het regelbereik van de processen

#### Hulpregelkring voor de watertemperatuur

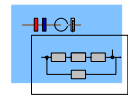
Hiervoor gelden dezelfde regels als bij de watertemperatuurregeling. Ook hier is het regelbereik 60K.

#### Hoofdregelbereik voor de ruimtetemperatuur

Het regelbereik voor de ruimtetemperatuur bij een radiatoren- of een convectorenverwarming bepalen is een complexe opgave. De stijging of daling van de ruimtetemperatuur is in tweeën te verdelen. Bij een verandering van de temperatuur neemt eerst de luchttemperatuur toe of af. Bij een verschil in temperatuur tussen de lucht en de accumulerend oppervlakken van wanden, vloer, plafond en meubilair gaan deze warmte opnemen of afstaan. De verandering van de luchttemperatuur is snel t.o.v. van de temperatuurverandering van wanden e.d. Beide veranderingen kunnen beschouwd worden als processen met een eigen vereffeningstijd (tijdconstante). Hierbij heeft de luchttemperatuur een relatieve korte vereffeningstijd die uit te drukken is in minuten en de wandtijdconstante is lang en uit te drukken in uren. De verandering van de luchttemperatuur is bepalend voor het regelbereik van de ruimte  $X_{\text{ruimte}}$ . Het verschil tussen de luchttemperatuur en de wandtemperatuur wordt bepaald door de grootte van het verwarmend oppervlak dat in de ruimte staat opgesteld. Bij een zwaar geïsoleerde ruimte is er maar weinig verwarmend oppervlak nodig om de ruimte bij een buitentemperatuur van  $-10^{\circ}\text{C}$  op  $20^{\circ}\text{C}$  te houden. Bij een licht geïsoleerde ruimte zal het VO groter moet zijn om bij een buitentemperatuur van  $-10^{\circ}\text{C}$  de ruimte op  $20^{\circ}\text{C}$  te houden. Bij een klein VO zullen de accumulerende oppervlakken de luchttemperatuurverandering beter kunnen volgen dan bij het grote VO.

Een benadering om het regelbereik vast te stellen is om de watertemperatuurverandering te koppelen aan de verandering van de luchttemperatuur. Bij een ruimte met een klein verwarmend oppervlak zal een verandering van de watertemperatuur minder invloed hebben op de luchttemperatuur. Dit kan uitgedrukt worden in de verhouding  $\frac{\Delta T_{\text{lucht}}}{\Delta T_{\text{water}}}$  ofwel hoeveel

moet het water in temperatuur veranderen om 1K luchttemperatuur te doen ontstaan. Bij een klein VO is de verhouding  $\Delta T_{\text{lucht}} : \Delta T_{\text{water}} = 1:5$  en bij een groot VO is de verhouding  $\Delta T_{\text{lucht}} : \Delta T_{\text{water}} = 1:3$ . Het regelbereik  $X_{\text{ruimte}}$  kan nu als volgt bepaald worden. De



gemiddelde oppervlakte temperatuur van radiatoren bij de nominale belasting is bij een systeem  $80 - 60^{\circ}\text{C}$  is  $140^{\circ}\text{C}/2 = 70^{\circ}\text{C}$  en als er geen warmte afgegeven wordt is de gemiddelde oppervlakte temperatuur  $20^{\circ}\text{C}$  (luchttemperatuur  $20^{\circ}\text{C}$ ). Het temperatuurverschil van het water tussen de regelafsluiter open en de regelafsluiter dicht is  $50\text{K}$ . Bij een klein VO wordt het regelbereik van de ruimte dan  $50\text{K} \cdot 1/5 = 10\text{K}$  en bij groot VO is het regelbereik dan  $50 \cdot 1/3 = 16,6\text{K}$ .

### De te kiezen regelfunctie voor dit proces

Een cascaderегeling heeft twee regelfuncties; een voor de watertemperatuurregeling en een voor de ruimtetemperatuurregeling. Voor de watertemperatuurregeling met een snel reagerend proces wordt gekozen voor een PI functie. De ruimtetemperatuurregeling is een traag verlopend proces waardoor het beste gekozen kan worden voor een P functie

### De moeilijkheidsgraad van dit proces $\lambda$

De moeilijkheidsgraad voor de watertemperatuur is hier ook  $0,35$  en voor de ruimte wordt deze aangenomen als zijnde  $0,2$

### In te stellen regelparameters

#### Watertemperatuurregeling

##### De gewenste waarde $x_s$

De minimaal gevraagde temperatuur is  $20^{\circ}\text{C}$

##### De proportionele band $X_p$

Deze wordt bepaald aan de hand van het vastgestelde regelbereik  $X_h$  en de toelaatbare versterkingsfactor  $V_{\text{otoel}}$ . Gekozen wordt voor de regelfunctie PI, en het regelbereik is,  $60\text{K}$ . De proportionele band wordt dus volgens de instelregels als volgt ingesteld;  $X_p = 1,1 \cdot X_h \cdot \lambda = 1,1 \cdot 60 \cdot 0,35 = 23,1\text{K}$

##### De integratietijd $\tau_i$

Deze wordt volgens de instelregels bepaald op  $3,3 \cdot \tau_w = 3,3 \cdot 15\text{s} = 50\text{sec}$

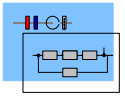
#### Ruimtetemperatuurregeling

##### De gewenste waarde $x_s$

De gevraagde temperatuur is  $20^{\circ}\text{C}$

##### De proportionele band $X_p$

Deze wordt bepaald aan de hand van het vastgestelde regelbereik  $X_h$  en de toelaatbare versterkingsfactor  $V_{\text{otoel}}$ . Gekozen wordt voor de regelfunctie P en voor bepalen van het

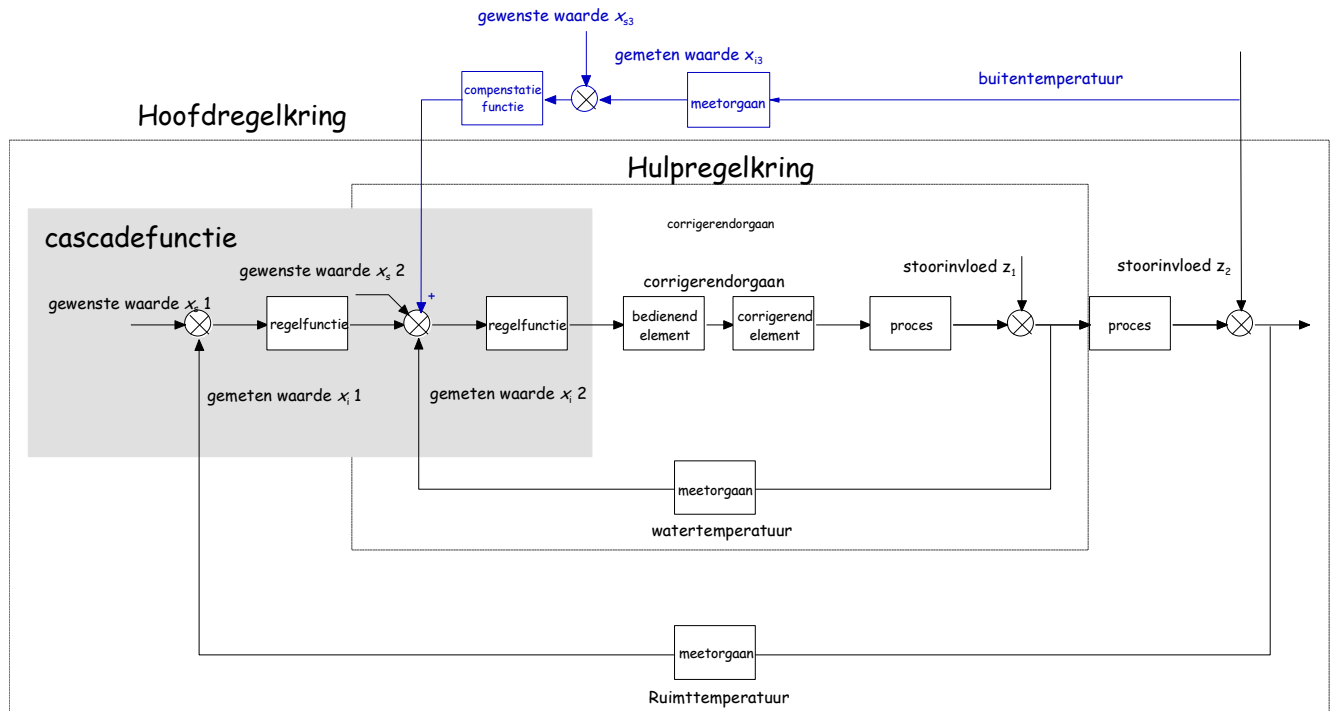


regelbereik  $X_h$  is gekozen voor een gemiddeld v.o., dus een  $X_h = 13$  K De proportionele band wordt dus volgens de instelregels als volgt ingesteld;  $X_p = X_h * \lambda = 13 * 0,2 = 2,6$  K.

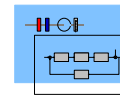
**Toepassing van buitentemperatuurcompensatie**

Een regelmatig toegepaste regeling is de hierboven beschreven cascaderегeling met automatische beïnvloeding van de instelling van de watertemperatuur door de buitentemperatuur. Men spreekt ook wel van een buitentemperatuurafhankelijke watertemperatuurregeling met ruimte compensatie. Dit is echter onjuist want het gaat hier juist om het zo nauwkeurig mogelijk regelen van de ruimtetemperatuur.

Door het instelpunt van de watertemperatuur te beïnvloeden behoeft ruimtetemperatuur niet meer de hele proportionele band te doorlopen, immers bij een veranderende buitentemperatuur wordt ook de watertemperatuur aangepast. Het gevolg hiervan is dat de ruimtetemperatuur binnen nauwkeurige grenzen geregeld wordt.



Het blokschema van de cascaderегeling met beïnvloeding door de buitentemperatuur. De buitentemperatuur is ook de belangrijkste stoorinvloed voor ruimte.



## Watertemperatuurregeling met behulp van een warmtewisselaar

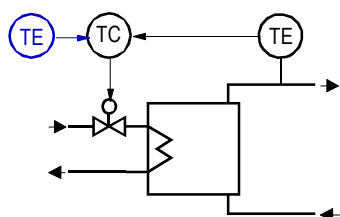
### Inleiding

Bij het regelen van een secundaire aanvoertemperatuur van een warmte wisselaar is de eerste vraag, wat zijn de stoorinvloeden die op het te regelen proces inwerken. Dat zijn er een aantal, maar de meeste invloed heeft de variatie in belasting aan de secundaire zijde. Bij toepassing in stadsverwarmingsprojecten is ook de drukverschilvariaties aan de primaire kant van de warmtewisselaar een belangrijke versturende invloed. Deze laatste speelt een belangrijke rol bij de keuze van de regelafsluiter en de regelbaarheid van het te regelen vermogen.

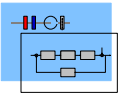
De belastingvariatie aan de secundaire zijde is meestal een variatie in de volumestroom over de warmtewisselaar; b.v. als de groepen achter de warmtewisselaar menggroepen zijn of met behulp van een tweewegregelafsluiter geregeld worden. Het verminderen van de volumestroom over de secundaire zijde van de warmtewisselaar beïnvloedt de moeilijkheidsgraad van het proces  $\lambda$  sterk. Indien de belasting van de afgaande groepen sterk door de buitentemperatuur bepaald wordt, dan verdient het aanbeveling om de gewenste waarde van de temperatuurregeling te laten beïnvloeden door de buitentemperatuur.

Bij stadsverwarming is de eis dat de primaire retourwatertemperatuur niet boven een bepaalde retourtemperatuur komt in dit voorbeeld  $70^{\circ}\text{C}$ . Hier verdient het dus aanbeveling om een lage primaire retourtemperatuur te krijgen de aanvoerwatertemperatuur buitentemperatuurafhankelijk te regelen en de hydraulische schakelingen van de afnemers zo te kiezen dat een lage secundaire retourtemperatuur ontstaat.

### Gegevens van het regelproces



- primair verwarmingswater aanvoertemperatuur  $110^{\circ}\text{C}$
- temperatuurverschil primair verwarmingswater bij nominale belasting 40 K

**Het regelbereik van het proces**

De overdrachtsfactor  $K_p$  van dit te regelen proces is het grootst als de belasting het kleinst en daardoor ook de secundaire volumestroom klein is. De overdrachtsfactor moet in de praktijk empirisch vastgesteld worden bij de laagst nog regelbare belastingen en kan daarbij een waarde van 100 K of meer krijgen

**De te kiezen regelfunctie voor dit proces**

Uit de tabel 1 blijkt dat het een snel proces is en dus gekozen kan worden voor de nauwkeurig regelende PI- functie. Bij afnemende volumestroom neemt de wachttijd van het proces toe. Het is daarom noodzakelijk dat de meetopnemer zo dicht mogelijk bij de warmtewisselaar wordt geplaatst. Met een wachttijd van één minuut kan gerekend worden.

**De moeilijkheidsgraad van dit proces  $\lambda$** 

De moeilijkheidsgraad ligt volgens tabel 1 tussen de 0,1 en 0,6 ligt. Omdat bij afnemende belasting de vereffeningstijd van het proces  $t_v$  afneemt en de wachttijd  $\tau_w$  toeneemt, is de moeilijkheidsgraad  $\lambda$  bij een lage belasting het grootst. Het is aan te bevelen om met een waarde 0,4 te rekenen

**In te stellen regelparameters****De gewenste waarde  $x_s$** 

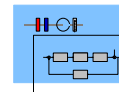
Een vastwaarde of afhankelijk van de buitentemperatuur en bepaald via een stooklijn

**De proportionele band  $X_p$** 

Deze wordt bepaald aan de hand van het vastgestelde regelbereik  $X_h$  en de toelaatbare versterkingsfactor  $V_{\text{toel}}$ . Gekozen wordt voor de regelfunctie PI, en het regelbereik  $X_h$  is vastgesteld op 100K. De proportionele band wordt dus volgens de instelregels als volgt ingesteld;  $X_p = 1,1 \cdot X_h \cdot \lambda = 1,1 \cdot 100 \cdot 0,4 = 44 \text{ K}$

**De integratietijd  $t_i$** 

Deze wordt volgens de instelregels bepaald op  $3,3 \cdot \tau_w = 3,3 \cdot 60 \text{ s} = 198 \text{ sec}$



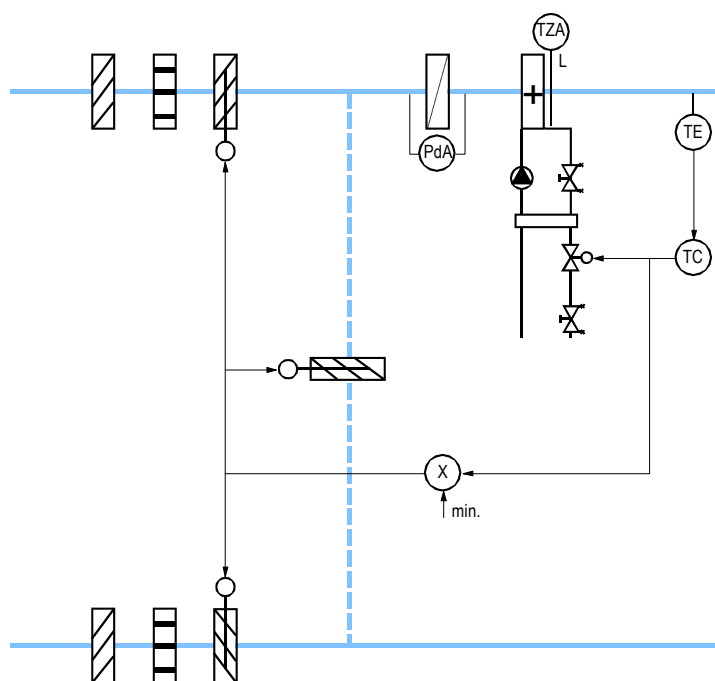
## Luchttemperatuurregeling met behulp van een warmtewisselaar en mengluchtkleppen

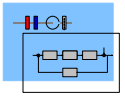
### Inleiding

Het regelen van een luchttemperatuur met behulp van luchtkleppen heeft een aantal bijzondere kenmerken. Net als bij regelafsluiters bepalen de grondkarakteristiek, deze is bepaald door de het aantal bladen en de constructie (parallel of tegengesteld draaiende bladen); de autoriteit en de temperatuur van de te mengen lucht het resultaat. De eerste twee kenmerken constructie en autoriteit worden bepaald door constructie van de luchtbehandelingskast en worden bij deze behandeling van het onderwerp als nagenoeg niet beïnvloedbaar buiten beschouwing gelaten. Hier wordt er van uitgegaan dat de menging van de luchthoeveelheid nagenoeg evenredig verloopt met de standverandering van de luchtkleppen.

In dit deel wordt de invloed van de temperatuur van de te mengen luchtstromen op het regelbereik beoordeeld. De toe te voeren lucht naar de gebruikers vervult twee taken: ten eerste, er moet voor gezorgd worden dat er voldoende ventilatielucht ter beschikking is en ten tweede, de lucht heeft de functie als energiedrager die er voor moet zorgen dat er voldoende warmte of koude wordt toegevoerd. Bij het vaststellen van het regelbereik komen deze twee aspecten aan de orde en daarom is het in verband met het opwarmen van de ventilatie lucht ook noodzakelijk om de functie van de luchtverwarmer in het geheel te betrekken.

### Gegevens van het regelproces





**Gegevens van het regelproces (vervolg)**

- minimum buitentemperatuur 10°C
- De toe te voeren lucht wordt geregeld op 16°C
- De minimum toe te voeren hoeveelheid ventilatielucht is 30%
- De temperatuur van de retourlucht is 22°C

**Het regelbereik van het proces**

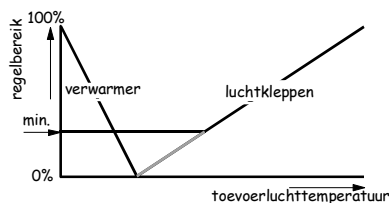
Het regelbereik van een regelingkring is het eenvoudigst te definiëren door de grootste verandering van de te regelen grootheid te bepalen bij één procent verandering van het corrigerend signaal  $y$ . Bij een stijgende gemeten temperatuur wordt de regelafsluiter van de luchtverwarmer dicht gestuurd en worden de luchtkleppen vanuit een ingestelde minimum stand open gestuurd. Het totale regelbereik wordt daarom bepaald door de som van het regelbereik van de verwarmers en van de luchtkleppen.

Regelbereik van de verwarmers

De luchtverwarmer moet er voor zorgen dat de mengluchttemperatuur bij een minimum hoeveelheid buitenlucht van 30% met een temperatuur van -10°C opgewarmd wordt naar 16°C. Hiervoor moet eerst de mengluchttemperatuur achter de luchtkleppen worden vastgesteld. Deze is 30% van -10°C plus 70% van 22°C = 100% van 12,4 °C. De verwarmers moet dus 16°C - 12,4°C = 3,6 K kunnen opwarmen. Ervan uitgaande dat ongeveer dezelfde voorwaarden, qua keuze van regelafsluiter, autoriteit en overdrachtsfactor, gelden als bij de toevoerluchtregeling moet de maximale overdrachtsfactor  $K_{pmax}$  vastgesteld worden op 0,43K/%.

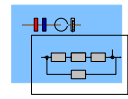
Regelbereik van de mengluchtkleppen

In het diagram is de volgorde regeling van verwarmers en luchtkleppen vastgelegd.



Het diagram geeft aan de luchtkleppen pas aan het regelproces deelnemen als, bij een gesloten regelafsluiter van de voorverwarmer, de temperatuur van toevoerlucht stijgt. Pas bij de buitentemperatuur waar dat het geval

is, spelen de luchtkleppen een rol in de regeling. Voor het bepalen van het regelbereik is het nu belangrijk om vast te stellen bij welke buitentemperatuur de regelafsluiter van de verwarmers dicht staat. Deze staat dicht als de mengluchttemperatuur voor de verwarmers, bij 30% openstand van de buitenluchtkleppen, gelijk is aan de gewenste waarde, in dit voorbeeld 16°C. Deze buitentemperatuur is als volgt te bepalen: 30% van de gezocht



buittemperatuur plus 70% van  $22^{\circ}\text{C}$  = 100% lucht van  $16^{\circ}\text{C}$ . In formulevorm

$$0,3 * \theta_{\text{buiten}} = 15 - 22 * 0,7 = -0,4\text{K} . \text{ Hieruit volgt } \theta_{\text{buiten}} = \frac{-0,4\text{K}}{0,3} = -1,33^{\circ}\text{C} . \text{ Dus bij een}$$

buitentemperatuur van  $-1,33^{\circ}\text{C}$  gaan de luchtkleppen pas regelen. Het regelbereik is bepaald door de maximale verandering van de geregelde grootte over 100% verandering van het corrigerend signaal. Als de mengluchtsectie volledig op recirculeren staat, is de mengluchttemperatuur  $22^{\circ}\text{C}$  en als deze op volledig buitenlucht staat is mengluchttemperatuur  $-1,3^{\circ}\text{C}$ . Het regelbereik wordt nu als volgt:  $0 - 100\% = 22^{\circ}\text{C} - (-1,3^{\circ}\text{C}) = 23,3 \text{ K}$ . Uit de grafiek blijkt dat minimum standbegrenzing van 30% heeft geen invloed op de hellingshoek van de overdrachtsfactor van het proces  $K_p$  dus ook niet op het regelbereik.

#### De te kiezen regelfunctie voor dit proces

Uit de tabel 1 blijkt dat het toevoerlucht-temperatuurproces snel is en dus gekozen kan worden voor de nauwkeurig regelende PI- functie. Voor dit proces wordt een wachttijd aangenomen van 60 s.

#### De moeilijkheidsgraad van dit proces $\lambda$

De moeilijkheidsgraad ligt volgens tabel 1 tussen de 0,2 en 0,6 ligt. Een gemiddelde waarde van 0,3 is een praktische waarde om de versterkingsfactor te bepalen.

#### In te stellen regelparameters

##### De gewenste waarde $x_s$

De gevraagde temperatuur is  $16^{\circ}\text{C}$

##### De proportionele band $X_p$

Deze wordt bepaald aan de hand van het vastgestelde regelbereik  $X_h$  en de toelaatbare versterkingsfactor  $V_{\text{toel}}$ . Gekozen wordt voor de regelfunctie PI, en het regelbereik is  $(100\% \cdot 0,43\text{K}/\%) 4,3 \text{ K} + 22,3 \text{ K} = 26,6 \text{ K}$ . De proportionele band wordt dus volgens de instelregels als volgt ingesteld;  $X_p = 1,1 * X_h * \lambda = 1,1 * 26,6 * 0,3 = 8,8\text{K}$

##### De integratietijd $t_i$

Deze wordt volgens de instelregels bepaald op  $3,3 * \tau_w = 3,3 * 60\text{s} = 198 \text{ sec}$