

Adaptive Temperature Control - Gebruikershandleiding (v1.4.0)

Deze handleiding legt uit hoe je de adaptieve temperatuurregeling van je Adlar warmtepomp gebruikt om automatisch een constante binnentemperatuur te behouden met optimale efficiëntie.

Inhoudsopgave

1. Wat is Adaptive Control?
 2. Hoe werkt het?
 3. Wat heb je nodig?
 4. Installatie & Configuratie
 5. Instellingen
 6. Flow Cards
 7. Praktische Voorbeelden
 8. Troubleshooting
 9. Expert Mode
-

Wat is Adaptive Control?

Adaptive Control is een intelligente temperatuurregeling die automatisch de doeltemperatuur van je warmtepomp aanpast om een **constante binnentemperatuur** te behouden. In plaats van een vaste setpoint werkt de warmtepomp samen met jouw kamerthermostaat of temperatuursensor.

Voordelen

Constante binnentemperatuur - Blijft binnen $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ van je gewenste temperatuur **Minder temperatuurschommelingen** - Geen koude/warme periodes meer **Hogere efficiëntie** - PI-algoritme voorkomt on/off cycling **Automatische aanpassing** - Reageert op veranderende omstandigheden **Energie besparing** - Tot 25% efficiëntieverbetering mogelijk

Wanneer gebruiken?

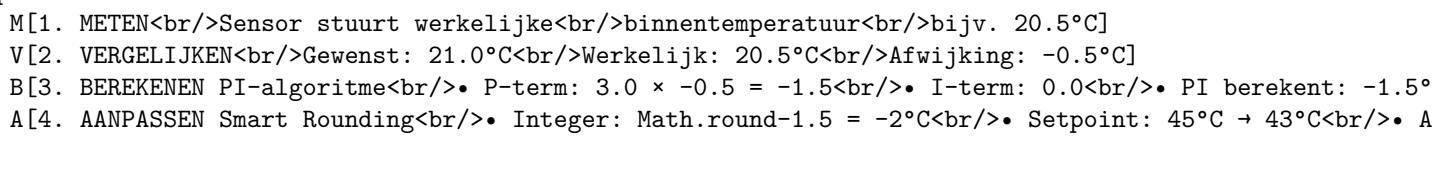
- Je hebt een thermostaat of temperatuursensor in de woonkamer
 - Je wilt een **exacte** binnentemperatuur (bijv. 21.0°C constant)
 - Je warmtepomp heeft vaak temperatuurschommelingen
 - Je wilt de efficiëntie optimaliseren
-

Hoe werkt het?

Adaptive Control gebruikt een **PI-regelsysteem** (Proportional-Integral controller) - dezelfde technologie die in professionele industriële systemen wordt gebruikt.

Proces in 4 stappen

graph TD



```
style M fill:#5b8db8,stroke:#333,stroke-width:2px,color:#fff
```

```

style V fill:#b88b3d,stroke:#333,stroke-width:2px,color:#fff
style B fill:#5db87a,stroke:#333,stroke-width:2px,color:#fff
style A fill:#b85b7a,stroke:#333,stroke-width:2px,color:#fff

linkStyle default stroke:#4a90e2,stroke-width:2px

```

Belangrijke kenmerken

Controle-interval: Elke 5 minuten evalueert het systeem de temperatuur **Anti-oscillatie:** Max 1 aanpassing per 20 minuten (voorkomt heen-en-weer regelen) **Deadband:** Geen actie binnen $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ tolerantie (voorkomt onnodige correcties) **Veiligheidsgrenzen:** Max $\pm 3^{\circ}\text{C}$ aanpassing per keer, absolute range $15\text{-}28^{\circ}\text{C}$ **Geheugen:** Houdt historie bij voor betere voorspellingen **Smart Accumulator:** Verzamelt fractional PI-berekeningen tot 0.5°C voor integer toepassing

Waarom hele graden? (Step:1 Rounding)

De warmtepomp setpoint (watertemperatuur) gebruikt **stappen van 1°C** - dit is normaal voor warmtepompen omdat:

- **Fysiek logisch:** Watertemperatuur van 45.3°C maakt geen praktisch verschil vs 45°C
- **Hardware standaard:** De meeste warmtepompen werken intern met hele graden
- **Eenvoudige bediening:** Handmatige setpoint-wijzigingen blijven overzichtelijk

Maar: De PI-controller berekent **fractional adjustments** (bijv. $+0.7^{\circ}\text{C}$) voor optimale kamertemperatuur regeling.

Oplossing: De **Smart Accumulator** verzamelt deze fractional adjustments totdat ze samen 0.5°C zijn:

Cyclus 1: PI berekent $+0.3^{\circ}\text{C}$ → Accumulator: $0.3 \rightarrow$ Wacht (< 0.5)

Cyclus 2: PI berekent $+0.4^{\circ}\text{C}$ → Accumulator: $0.7 \rightarrow$ Apply $+1^{\circ}\text{C}$, Remainder: -0.3

Cyclus 3: PI berekent $+0.2^{\circ}\text{C}$ → Accumulator: $-0.1 \rightarrow$ Wacht

Cyclus 4: PI berekent $+0.6^{\circ}\text{C}$ → Accumulator: $+0.5 \rightarrow$ Apply $+1^{\circ}\text{C}$, Remainder: -0.5

Voordeel: PI-precisie behouden, warmtepomp krijgt hele graden, transparante logging.

Wat heb je nodig?

Vereisten

1. **Homey Pro** met Adlar Heat Pump app versie 1.4.0 of nieuwere
2. **Werkende warmtepomp** met stabiele verbinding
3. **Temperatuursensor** - één van de volgende:
 - Homey thermostaat (bijv. Tado, Nest, Netatmo)
 - Homey temperatuursensor (bijv. Fibaro, Aeotec, Xiaomi)
 - Externe API met temperatuurdata

Niet vereist maar aanbevolen

- **Stabiele internetverbinding** - Voor logging en updates
 - **Homey insights** - Om resultaten te monitoren
 - **Expert mode kennis** - Alleen voor geavanceerde aanpassingen
-

Installatie & Configuratie

Stap 1: Temperatuurdata Flow aanmaken

Voordat je adaptive control kunt inschakelen, moet je een flow maken die de binnentemperatuur doorstuurt naar de warmtepomp.

Voorbeeld: Tado thermostaat

WHEN: Tado - Temperatuur is veranderd

THEN: Adlar Heat Pump - Stuur binnentemperatuur voor adaptieve regeling
Temperatuur (°C): {{Tado temperatuur}}

Voorbeeld: Fibaro sensor

WHEN: Fibaro Motion Sensor - Temperatuur is veranderd

THEN: Adlar Heat Pump - Stuur binnentemperatuur voor adaptieve regeling
Temperatuur (°C): {{Fibaro temperatuur}}

Voorbeeld: Meerdere sensoren (gemiddelde)

WHEN: Time is 09:00, 12:00, 15:00, 18:00, 21:00

THEN: Adlar Heat Pump - Stuur binnentemperatuur voor adaptieve regeling
Temperatuur (°C): {{(Sensor1 + Sensor2 + Sensor3) / 3}}

TIP: Stuur de temperatuur minimaal elke 10 minuten. Het systeem beschouwt data ouder dan 10 minuten als verouderd en pauzeert de regeling.

Stap 2: Adaptive Control inschakelen

1. Open de Adlar Heat Pump in Homey
2. Ga naar **Instellingen**
3. Scroll naar sectie "**Adaptive Temperature Control**"
4. Vink aan: "**Enable adaptive temperature control**"
5. Klik "**Opslaan**"

Het systeem start automatisch en voert de eerste controle direct uit.

Stap 3: Controleren of het werkt

Check de volgende punten:

Capability zichtbaar: Ga naar de heat pump → Bekijk "External Indoor Temperature" **Waarde actueel:** De temperatuur moet de laatste sensor-update tonen **Flow trigger actief:** Maak een test-flow met trigger "Target temperature adjusted" **Insights:** Bekijk de grafiek van "External Indoor Temperature" voor continuïteit

Instellingen

Simple Mode (Standaard gebruiker)

In de **device settings** vind je onder "Adaptive Temperature Control":

Enable adaptive temperature control

- **Type:** Checkbox (aan/uit)
- **Standaard:** Uit
- **Beschrijving:** Hoofdschakelaar voor adaptive control
- **Wanneer aanpassen:**
 - Aan: Je hebt een temperatuursensor gekoppeld via flow
 - Uit: Je wilt handmatig de warmtepomp regelen

BELANGRIJK: Als je adaptive control uitschakelt, keert de warmtepomp terug naar de handmatige setpoint. De flow voor temperatuurdata kan blijven draaien (wordt genegeerd).

Expert Mode (Geavanceerde gebruikers)

Alleen zichtbaar als "**Flow Expert Mode**" is ingeschakeld in de device settings.

PI Controller: Proportional Gain (K_p)

- **Type:** Nummer (0.5 - 10.0)
- **Standaard:** 3.0
- **Beschrijving:** Bepaalt de **directe reactie** op temperatuurafwijking
- **Effect:**
 - Hogere waarde (bijv. 5.0): **Snellere** reactie, meer **agressieve** correcties
 - Lagere waarde (bijv. 1.5): **Langzamere** reactie, meer **geleidelijke** correcties
- **Aanpassen wanneer:**
 - **Verhoog** als: Temperatuur reageert te traag op veranderingen
 - **Verlaag** als: Temperatuur overshoot (schiet voorbij doel)

PI Controller: Integral Gain (K_i)

- **Type:** Nummer (0.1 - 5.0)
- **Standaard:** 1.5
- **Beschrijving:** Corrigeert **structurele afwijkingen** over tijd
- **Effect:**
 - Hogere waarde (bijv. 2.5): **Sneller** wegwerken van blijvende afwijking
 - Lagere waarde (bijv. 0.5): **Langzamer** maar **stabiel** gedrag
- **Aanpassen wanneer:**
 - **Verhoog** als: Temperatuur blijft structureel 0.2-0.3°C te laag/hoog
 - **Verlaag** als: Temperatuur oscilleert (heen en weer rondom setpoint)

PI Controller: Deadband (°C)

- **Type:** Nummer (0.1 - 1.0)
- **Standaard:** 0.3°C
- **Beschrijving:** Tolerantie waarbinnen geen actie wordt ondernomen
- **Effect:**
 - Hogere waarde (bijv. 0.5°C): **Minder** aanpassingen, stabiel
 - Lagere waarde (bijv. 0.2°C): **Meer** aanpassingen, nauwkeuriger
- **Aanpassen wanneer:**
 - **Verhoog** als: Te veel kleine correcties (onrustig gedrag)
 - **Verlaag** als: Temperatuurafwijking groter dan gewenst

EXPERT TIP: De standaardwaarden ($K_p=3.0$, $K_i=1.5$, deadband=0.3°C) zijn geoptimaliseerd voor 99% van de installaties. Pas alleen aan als je meetbare problemen ervaart.

Flow Cards

Adaptive Control biedt 3 flow cards voor automatisering en monitoring.

1 Action: Stuur binnentemperatuur voor adaptieve regeling

ID: receive_external_indoor_temperature **Type:** Action Card **Wanneer gebruiken:** Om temperatuurdata van sensoren naar de warmtepomp te sturen

Parameters

Parameter	Type	Bereik	Voorbeeld
Temperatuur (°C)	Number	-10 tot +50°C	{{{Tado temperatuur}}}

Voorbeelden Simpele doorstuuring:

WHEN: Tado - Temperatuur is veranderd
 THEN: Stuur binnentemperatuur voor adaptieve regeling
 Temperatuur: {{Tado temperatuur}}

Meerdere sensoren met logica:

WHEN: Timer elke 5 minuten
 AND: Woonkamer sensor beschikbaar
 THEN: Stuur binnentemperatuur voor adaptieve regeling
 Temperatuur: {{Woonkamer sensor temperatuur}}
 ELSE: Stuur binnentemperatuur voor adaptieve regeling
 Temperatuur: {{Slaapkamer sensor temperatuur}}

2 Trigger: Target temperature adjusted

ID: target_temperature_adjusted Type: Trigger Card **Wanneer triggert:** Elke keer dat adaptive control de warmtepomp setpoint aanpast

Tokens

Token	Type	Beschrijving	Voorbeeld
old_temperature	Number	Vorige setpoint (°C)	45
new_temperature	Number	Nieuwe setpoint (°C)	43
adjustment	Number	PI-berekende adjustment (kan fractional zijn)	-1.5
reason	String	Uitleg van PI berekening	PI Control: Error=-0.5°C, P=-1.5°C, I=0.0°C
controller	String	Welke controller	heating

Let op: adjustment is de **PI-berekende waarde** (fractional), niet altijd gelijk aan new_temperature - old_temperature (integer). Voor de werkelijk toegepaste adjustment: bereken {{new_temperature}} - {{old_temperature}}.

Voorbeelden Notificatie bij grote aanpassing:

WHEN: Target temperature adjusted
 AND: old_temperature - new_temperature is groter dan 2
 THEN: Calculate: applied = {{new_temperature}} - {{old_temperature}}
 Send notification "Grote warmtepomp correctie: {{applied}}°C (PI berekende: {{adjustment}}°C)"

Logging naar spreadsheet:

WHEN: Target temperature adjusted
 THEN: Calculate: applied_adjustment = {{new_temperature}} - {{old_temperature}}
 Google Sheets - Add row
 Timestamp: {{time}}
 Old temp: {{old_temperature}}
 New temp: {{new_temperature}}
 Applied: {{applied_adjustment}}
 PI calculated: {{adjustment}}
 Reason: {{reason}}

Alarm bij veel aanpassingen:

WHEN: Target temperature adjusted (5x binnen 2 uur)
 THEN: Send notification "Adaptive control maakt veel aanpassingen - check systeem"

3 Trigger: Adaptive status change

ID: adaptive_status_change **Type:** Trigger Card **Wanneer triggert:** Wanneer adaptive control wordt ingeschakeld of uitgeschakeld

Tokens

Token	Type	Beschrijving	Voorbeeld
status	String	Nieuwe status	enabled of disabled
reason	String	Reden van wijziging	Adaptive temperature control enabled

Voorbeelden Bevestiging bij inschakelen:

WHEN: Adaptive status change

AND: Status is 'enabled'

THEN: Send notification " Adaptive control geactiveerd - constante temperatuur actief"

Waarschuwing bij uitschakelen:

WHEN: Adaptive status change

AND: Status is 'disabled'

THEN: Send notification " Adaptive control uitgeschakeld - handmatige modus actief"

Automatisch weer inschakelen na reboot:

WHEN: Homey is opgestart

AND: Adaptive control is uitgeschakeld

THEN: Wacht 60 seconden

AND: Schakel adaptive control weer in (via settings)

Praktische Voorbeelden

Voorbeeld 1: Basis Setup (Tado thermostaat)

Doel: Constante 21°C in de woonkamer met Tado thermostaat

Flow 1: Temperatuurdata

WHEN: Tado Woonkamer - Temperatuur is veranderd

THEN: Adlar Heat Pump - Stuur binnentemperatuur
Temperatuur: {{Tado temperatuur}}

Flow 2: Monitoring

WHEN: Adlar Heat Pump - Target temperature adjusted

THEN: Homey Log - Log entry
Bericht: "Warmtepomp aangepast: {{adjustment}}°C ({{reason}})"

Settings: - Enable adaptive temperature control - Tado setpoint: 21.0°C (dit is het doel) - Warmtepomp handmatige setpoint: Maakt niet uit (wordt overruled)

Verwacht gedrag: - Als Tado meet 20.5°C → Warmtepomp setpoint omhoog - Als Tado meet 21.3°C → Warmtepomp setpoint omlaag - Binnen 1-2 uur stabiliseert de temperatuur op 21.0°C ±0.3°C

Voorbeeld 2: Meerdere kamers (gemiddelde)

Doel: Constante temperatuur over 3 kamers (woonkamer, keuken, gang)

Flow: Temperatuur gemiddelde

WHEN: Timer - Elke 5 minuten

THEN:

1. Calculate logic variable:

```
avg_temp = {{Woonkamer temp}} + {{Keuken temp}} + {{Gang temp}}) / 3
```

2. Adlar Heat Pump - Stuur binnentemperatuur

Temperatuur: {{avg_temp}}

Voordeel: Voorkomt dat de warmtepomp te veel reageert op lokale schommelingen (bijv. zon op 1 sensor)

Voorbeeld 3: Nachtmodus met lagere temperatuur

Doel: 21°C overdag, 18°C 's nachts, adaptive control blijft actief

Flow 1: Dag/nacht schakelaar

WHEN: Time is 23:00

THEN: Logic variable 'Target temp' = 18.0

WHEN: Time is 07:00

THEN: Logic variable 'Target temp' = 21.0

Flow 2: Temperatuur + offset

WHEN: Sensor - Temperatuur is veranderd

THEN: Calculate:

```
error = {{Target temp}} - {{Sensor temperatuur}}
```

```
adjusted_temp = {{Sensor temperatuur}} + {{error}}
```

Adlar Heat Pump - Stuur binnentemperatuur

Temperatuur: {{adjusted_temp}}

Hoe het werkt: - 's Nachts: Sensor meet 19°C, doel 18°C → Stuurt 18°C door → Warmtepomp verlaagt - Overdag: Sensor meet 20°C, doel 21°C → Stuurt 20°C door → Warmtepomp verhoogt

Voorbeeld 4: Weersafhankelijke regeling

Doel: Hogere setpoint bij koud weer, adaptive control aanpassen

Flow: Weerscompensatie

WHEN: Buienradar - Buitentemperatuur is veranderd

THEN:

IF: Buitentemp < 0°C

THEN: Target offset = +1.0°C

IF: Buitentemp < -5°C

THEN: Target offset = +2.0°C

ELSE: Target offset = 0°C

Stuur binnentemperatuur voor adaptieve regeling

Temperatuur: {{Sensor temp}} + {{Target offset}}

Effect: Bij vrieskou compenseert adaptive control automatisch met hogere setpoint

Troubleshooting

Probleem: “Cannot start adaptive control: no external indoor temperature configured”

Oorzaak: Er is nog geen temperatuurdata ontvangen **Oplossing:** 1. Controleer of de temperatuur-flow correct is (zie **Stap 1**) 2. Trigger de flow handmatig om de eerste data te sturen 3. Check in device capabilities of “External Indoor Temperature” een waarde heeft 4. Probeer adaptive control opnieuw in te schakelen

Probleem: Adaptive control doet geen aanpassingen

Mogelijke oorzaken:

1. **Temperatuur binnen deadband (0.3°C)** - Check: Is de afwijking kleiner dan 0.3°C ? - Oplossing: Dit is normaal gedrag - binnen de deadband is geen actie nodig
 2. **Throttling actief (20 minuten wachttijd)** - Check: Bekijk logs voor bericht “Adjustment throttled (anti-oscillation)” - Oplossing: Wacht tot de 20 minuten voorbij zijn - dit voorkomt oscillatie
 3. **Temperatuurdata verouderd (>10 minuten)** - Check: Bekijk timestamp van “External Indoor Temperature” - Oplossing: Verhoog frequentie van temperatuur-flow naar minimaal elke 5 minuten
 4. **Adaptive control is uitgeschakeld** - Check: Device settings → “Enable adaptive temperature control” - Oplossing: Schakel in en sla op
-

Probleem: Temperatuur oscilleert (heen en weer)

Symptoom: Temperatuur schiet steeds voorbij het doel (bijv. $20.5^{\circ}\text{C} \rightarrow 21.5^{\circ}\text{C} \rightarrow 20.5^{\circ}\text{C}$)

Mogelijke oorzaken:

1. **K_p (Proportional Gain) te hoog** - Gevolg: Te agressieve reactie op kleine afwijkingen - Oplossing: Verlaag K_p van 3.0 naar 2.0 (expert mode)
2. **K_i (Integral Gain) te hoog** - Gevolg: Over-correctie van historische afwijking - Oplossing: Verlaag K_i van 1.5 naar 1.0 (expert mode)
3. **Deadband te klein** - Gevolg: Te veel kleine correcties - Oplossing: Verhoog deadband van 0.3°C naar 0.5°C (expert mode)
4. **Sensor te dicht bij warmtebron** - Gevolg: Sensor meet lokale temperatuurpieken - Oplossing: Verplaats sensor of gebruik gemiddelde van meerdere sensoren

Aanbevolen aanpak: 1. Start met K_p verlagen (grootste impact) 2. Monitor 24 uur 3. Pas K_i aan indien nodig
4. Als laatste: deadband verhogen

Probleem: Temperatuur reageert te traag

Symptoom: Het duurt uren voordat de temperatuur het doel bereikt

Mogelijke oorzaken:

1. **K_p (Proportional Gain) te laag** - Gevolg: Te voorzichtige reactie - Oplossing: Verhoog K_p van 3.0 naar 4.0 of 5.0 (expert mode)
2. **Throttling te streng (20 minuten)** - Gevolg: Systeem kan niet vaak genoeg bijsturen - Oplossing: Dit is een vaste waarde - kan niet worden aangepast (veiligheid)
3. **Warmtepomp setpoint range te beperkt** - Gevolg: Max aanpassing van 3°C is niet genoeg - Oplossing: Check of de handmatige setpoint niet te ver van optimaal staat

4. Gebouw heeft grote thermische massa - Gevolg: Opwarmen/afkoelen duurt lang - Oplossing: Verhoog Ki voor betere lange-termijn correctie

Probleem: “Adjustment throttled” verschijnt te vaak in logs

Symptoom: Elke 5 minuten zie je “Adjustment throttled” in de logs

Orzaak: Dit is **normaal gedrag** - het systeem evalueert elke 5 minuten maar past max 1x per 20 minuten aan

Wanneer probleem: - Als de temperatuur **niet** stabiel is (blijft afwijken) - Als de afwijking groter is dan de deadband ($>0.3^{\circ}\text{C}$)

Oplossing: 1. Check of de afwijking echt $>0.3^{\circ}\text{C}$ is (anders binnen deadband = normaal) 2. Controleer of de laatste **toegepaste** aanpassing effectief was (check oude logs) 3. Als na 20+ minuten nog steeds geen aanpassing: check PI parameters

Voorbeeld normale situatie:

15:00 - No action needed (within deadband)	← Afwijking 0.2°C
15:05 - No action needed (within deadband)	← Afwijking 0.1°C
15:10 - Adjustment throttled	← Afwijking 0.4°C maar laatste aanpassing was 15:10-20min=14:50
15:15 - Adjustment throttled	← Nog steeds binnen throttle window
15:20 - Adjustment throttled	← Nog steeds binnen throttle window
15:25 - Applying adjustment $+0.8^{\circ}\text{C}$	← 20 min voorbij, nu wel aanpassing

Probleem: Flow card “Target temperature adjusted” triggert niet

Mogelijke oorzaken:

1. **Adaptive control is uitgeschakeld** - Check: Device settings - Oplossing: Schakel in
 2. **Temperatuur binnen deadband** - Check: Afwijking is $<0.3^{\circ}\text{C}$? - Oplossing: Normaal gedrag - binnen deadband triggert niet
 3. **Throttling actief** - Check: Logs voor “Adjustment throttled” - Oplossing: Wacht 20 minuten na laatste aanpassing
 4. **Flow card niet correct geregistreerd** - Check: Herstart Homey app - Oplossing: Settings → Apps → Adlar Heat Pump → Restart
-

Expert Mode

Wanneer expert mode gebruiken?

Gebruik expert mode **alleen** als: - Je begrijpt PI-controllers en regeltheorie - Je meetbare problemen hebt met de standaardwaarden - Je Homey Insights gebruikt om effecten te monitoren - Je bereid bent om 24-48 uur te testen na elke aanpassing

Gebruik expert mode NIET als: - “Gewoon om te kijken wat er gebeurt” - Je geen probleem hebt met huidige prestaties - Je de impact niet kunt meten

PI-parameters begrijpen

K_p (Proportional Gain) - Directe reactie Wat doet het: Bepaalt hoe hard het systeem reageert op de huidige afwijking

Formule: P-term = K_p × error

Voorbeeld met $K_p=3.0$: - Error = -1.0°C (te koud) $\rightarrow P\text{-term} = 3.0 \times -1.0 = -3.0^\circ\text{C}$ aanpassing - Error = -0.5°C (te koud) $\rightarrow P\text{-term} = 3.0 \times -0.5 = -1.5^\circ\text{C}$ aanpassing - Error = -0.2°C (te koud) $\rightarrow P\text{-term} = 3.0 \times -0.2 = -0.6^\circ\text{C}$ aanpassing

Tuning tips: - Te laag (bijv. 1.0): Traag, kan niet bijbenen bij grote afwijkingen - Te hoog (bijv. 8.0): Agressief, overshoot, oscillatie - **Sweet spot:** 2.5 - 4.0 voor de meeste installaties

Ki (Integral Gain) - Structurele correctie **Wat doet het:** Corrigeert **langdurige afwijkingen** die de P-term niet oplost

Formule: I-term = $K_i \times (\text{gemiddelde error over laatste 2 uur})$

Voorbeeld met $K_i=1.5$: - Gemiddelde error = -0.3°C (blijft structureel te koud) $\rightarrow I\text{-term} = 1.5 \times -0.3 = -0.45^\circ\text{C}$ extra - Gemiddelde error = -0.1°C (bijna op temperatuur) $\rightarrow I\text{-term} = 1.5 \times -0.1 = -0.15^\circ\text{C}$ extra

Waarom belangrijk: - Zonder I-term kan een structurele offset (bijv. slecht geïsoleerde ruimte) niet worden gecorrigeerd - De P-term reageert alleen op de **huidige** error, niet op **persistente** error

Tuning tips: - Te laag (bijv. 0.5): Structurele afwijking blijft bestaan - Te hoog (bijv. 3.0): Overcompensatie, traag systeem oscilleert - **Sweet spot:** 1.0 - 2.0 voor de meeste installaties

Deadband - Tolerantie zone **Wat doet het:** Definieert de zone waarbinnen **geen actie** wordt ondernomen

Voorbeeld met $\text{deadband}=0.3^\circ\text{C}$ en $\text{doel}=21.0^\circ\text{C}$: - 20.6°C : Binnen deadband ($21.0 - 0.3 = 20.7$) \rightarrow **Geen actie** - 20.8°C : Binnen deadband \rightarrow **Geen actie** - 21.2°C : Binnen deadband ($21.0 + 0.3 = 21.3$) \rightarrow **Geen actie** - 21.4°C : Buiten deadband \rightarrow **Actie ondernemen**

Waarom belangrijk: - Voorkomt onnodige correcties bij kleine schommelingen - Vermindert slijtage van de warmtepomp (minder start/stop cycli) - Verhoogt energie-efficiëntie

Tuning tips: - Te klein (bijv. 0.1°C): Veel onnodige aanpassingen, onrustig systeem - Te groot (bijv. 1.0°C): Te veel temperatuurschommelingen - **Sweet spot:** $0.2 - 0.4^\circ\text{C}$ voor comfort, $0.4 - 0.6^\circ\text{C}$ voor efficiëntie

Smart Accumulator - Van fractional naar integer **Probleem:** PI-controller berekent fractional adjustments (bijv. -0.7°C), maar warmtepomp accepteert alleen hele graden (step:1).

Oplossing: Smart Accumulator verzamelt fractional berekeningen totdat 0.5°C voor integer toepassing.

Voorbeeld scenario:

Cyclus	Error	$K_p \times \text{error}$	$K_i \times \text{avg}$	PI Calc	Accumulated	Integer	Apply?	Setpoint	Remainder
1	-0.2°C	-0.6	0.0	-0.6	-0.6	-1		$45 \rightarrow 44$	+0.4
2	-0.1°C	-0.3	-0.1	-0.4	0.0	0	Wacht	44	0.0
3	0.0°C	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	0	Wacht	44	-0.1
4	$+0.2^\circ\text{C}$	+0.6	0.0	+0.6	+0.5	+1		$44 \rightarrow 45$	-0.5

Voordelen:

- **PI-precisie behouden:** Geen verlies van kleine correcties over tijd
- **Warmtepomp compatibel:** Alleen integer adjustments (step:1)
- **Transparant:** Logs tonen zowel PI-berekening als toegepaste waarde
- **Persistent:** Accumulator survives app restarts (opgeslagen in device store)

Loggen:

```
[15:00] PI adjustment calculated: -0.60°C, accumulated: -0.60°C
[15:00] Applying integer adjustment: -1°C (accumulated: -0.60°C → remainder: +0.40°C)
[15:05] PI adjustment calculated: -0.40°C, accumulated: 0.00°C
[15:05] Accumulating adjustment (waiting for 0.5°C): 0.00°C
```

Tuning strategie (stap-voor-stap)

Fase 1: Baseline meten (week 1)

1. Gebruik standaardwaarden ($K_p=3.0$, $K_i=1.5$, deadband= $0.3^\circ C$)
2. Laat systeem 7 dagen draaien zonder aanpassingen
3. Monitor via Homey Insights:
 - External Indoor Temperature (doelwaarde vs werkelijk)
 - Target Temperature Adjusted events (frequentie)
 - COP/efficiency (heeft tuning neveneffecten?)
4. Noteer problemen:
 - Oscillatie? (heen en weer)
 - Te traag? (bereikt doel niet binnen 2 uur)
 - Te agressief? (overshoot)

Fase 2: K_p aanpassen (week 2) Als oscillatie/overshoot: - Verlaag K_p met 20% (bijv. $3.0 \rightarrow 2.4$) - Test 3 dagen - Herhaal indien nodig (tot minimaal 1.5)

Als te traag: - Verhoog K_p met 30% (bijv. $3.0 \rightarrow 3.9$) - Test 3 dagen - Herhaal indien nodig (tot maximaal 6.0)

Fase 3: K_i aanpassen (week 3) Alleen aanpassen als: - K_p is gestabiliseerd EN - Er is een structurele afwijking (gemiddeld $>0.2^\circ C$ over 24 uur)

Als structureel te koud/warm: - Verhoog K_i met 20% (bijv. $1.5 \rightarrow 1.8$) - Test 5 dagen (I-term heeft tijd nodig)

Als trage oscillatie (periode >6 uur): - Verlaag K_i met 30% (bijv. $1.5 \rightarrow 1.05$) - Test 5 dagen

Fase 4: Deadband finetunen (week 4) Als te veel kleine aanpassingen ($<0.5^\circ C$): - Verhoog deadband met $0.1^\circ C$ (bijv. $0.3 \rightarrow 0.4$)

Als te grote schommelingen: - Verlaag deadband met $0.1^\circ C$ (bijv. $0.3 \rightarrow 0.2$)

Geavanceerde troubleshooting

Probleem: “Hunting behavior” (jacht gedrag) **Symptoom:** Temperatuur oscilleert met periode van 1-3 uur

Diagnose:

19:00 → $20.5^\circ C$ (te koud) → $+2.0^\circ C$ aanpassing
20:00 → $21.5^\circ C$ (te warm) → $-1.5^\circ C$ aanpassing
21:00 → $20.7^\circ C$ (te koud) → $+1.0^\circ C$ aanpassing
22:00 → $21.3^\circ C$ (te warm) → $-0.8^\circ C$ aanpassing
... blijft oscilleren

Oplossing: 1. Verlaag K_p met 30% (te agressieve P-term) 2. Verhoog deadband naar $0.4-0.5^\circ C$ (geef meer ruimte)
3. Check K_i - mogelijk ook te hoog (verlaag met 20%)

Probleem: "Integral windup" **Symptoom:** Na een lange periode van afwijking maakt het systeem een enorme overcorrectie

Diagnose:

10:00-18:00 → Consistent 20.2°C (doel: 21.0°C, error: -0.8°C)
→ I-term accumuleert: $-0.8 \times 8 \text{ uur} = \text{grote negatieve waarde}$
18:00 → Enorme aanpassing van +5°C
19:00 → Nu 22.5°C (te warm door overcompensatie)

Oplossing: 1. Verlaag Ki met 40% (te agressieve integratie) 2. Check of er externe factoren zijn (bijv. zon op sensor, raam open) 3. Overweeg history reset: Schakel adaptive control uit/aan om I-term te resetten

Probleem: Systeem reageert verschillend overdag vs 's nachts **Symptoom:** Overdag stabiel, 's nachts oscillatie (of andersom)

Mogelijke oorzaken: 1. **Thermische massa verschil:** Overdag zonwarmte, 's nachts alleen verwarming 2. **Luchtstroom:** Overdag ramen open, 's nachts dicht 3. **Sensor locatie:** Sensor beïnvloed door zon/draft

Oplossing: - Gebruik **twee sets parameters** via geavanceerde flow: “ WHEN: Time is 22:00 (nachtmodus) THEN: Set Kp = 2.0, Ki = 1.0, deadband = 0.4

WHEN: Time is 07:00 (dagmodus) THEN: Set Kp = 3.5, Ki = 1.5, deadband = 0.3 “ - Of: Gebruik gemiddelde van meerdere sensoren - Of: Verplaats sensor naar stabielere locatie

Veelgestelde vragen (FAQ)

Algemeen

Q: Moet ik adaptive control 24/7 aan laten staan? A: Ja, voor beste resultaten. Het systeem leert van de geschiedenis en presteert beter naarmate het langer draait. Je kunt het uitzetten voor onderhoud, maar schakel daarna weer in.

Q: Kan ik adaptive control combineren met weerscompensatie? A: Ja! Zie [Voorbeeld 4](#). Je past de doorgestuurde binnentemperatuur aan op basis van buitentemperatuur.

Q: Werkt het met vloerverwarming? A: Ja, maar verwacht langzamere respons (6-12 uur stabilisatie) door grote thermische massa. Overweeg hogere Ki en lagere Kp.

Q: Werkt het met radiatoren? A: Ja, snellere respons (1-3 uur stabilisatie). Standaardwaarden zijn geoptimaliseerd voor radiatoren.

Q: Kan ik meerdere zones regelen? A: Eén adaptive control per warmtepomp. Voor meerdere zones: gebruik gemiddelde van sensoren of aparte warmtepompen.

Technisch

Q: Wat gebeurt er bij een Homey herstart? A: Adaptive control herstart automatisch met opgeslagen historie (PI error history blijft bewaard). Eerste controle binnen 5 minuten na opstart.

Q: Wat als de temperatuursensor uitvalt? A: Na 10 minuten zonder data pauzeert adaptive control automatisch. De warmtepomp keert terug naar handmatige setpoint. Bij herstel hervat het systeem.

Q: Hoeveel data wordt opgeslagen? A: Laatste 24 datapunten (2 uur geschiedenis bij 5-minuten interval). Ongeveer 1KB per device.

Q: Kan ik de 20-minuten throttling aanpassen? A: Nee, dit is een vaste veiligheidswaarde om oscillatie te voorkomen. Expert gebruikers kunnen eventueel de code aanpassen (niet aanbevolen).

Privacy & Veiligheid

Q: Wordt mijn temperatuurdata naar de cloud gestuurd? A: Nee, alle berekeningen gebeuren lokaal op Homey. Geen data verlaat je netwerk (tenzij je zelf flows maakt die loggen naar cloud services).

Q: Wat is de minimale/maximale setpoint? A: Absolute grenzen: 15°C - 28°C. Max aanpassing per keer: ±3°C. Deze zijn hardcoded voor veiligheid.

Q: Kan adaptive control mijn warmtepomp beschadigen? A: Nee, de 20-minuten throttling voorkomt overmatige start/stop cycli. Het systeem is conservatiever dan handmatige bediening.

Changelog

v1.4.0 (2024-12-18)

- Eerste release van Adaptive Temperature Control (Fase 1 MVP)
 - PI-controller met persistence
 - Flow cards: receive_external_indoor_temperature, target_temperature_adjusted, adaptive_status_change
 - Simple mode (enable/disable) en Expert mode (PI parameters)
 - Anti-oscillatie throttling (20 minuten minimum tussen aanpassingen)
 - Data health monitoring (10 minuten max age)
 - Safety limits (±3°C, 15-28°C range, 0.3°C deadband)
-

© 2024 Adlar Heat Pump App - Adaptive Temperature Control Versie: 1.4.0 Laatst bijgewerkt: 18 december 2024