

Permanente- of voortgaande commissioning

In het TVVL Magazine themanummer "Gebouwbeheer" van december 2007 is een artikel gewijd aan "Intelligent diagnostice- ren van gebouwinstallaties" [1]. In dat artikel is een toelichting gegeven van een diagnosticerende tool. De software tool i-BIG is gereedschap dat datastromen analyseert uit een GBS en daarmee een diagnose stelt van de werking van de installatie. In [2] is ook een voorbeeld gegeven van diagnosticeren met meetgegevens op basis van kennisregels.

- door H.C. Peitsman B.Sc. en ing. A. Kooijman***



H.C. Peitsman B.Sc.

Dit artikel gaat in op de beno- digde informatie om perma- nente commissioning (Per- manenteCx) praktische handen en voeten te geven. Als voorbeeld worden een aantal resultaten gepresenteerd bij het toepassen van PermanenteCx in het Flevo-ziekenhuis te Almere. Ter ondersteuning van het PermanenteCx-proces is gebruik gemaakt van de diag- nosticerende software tool i-BIG.

Permanente- of voortgaande Com- missioning is een commissioning die altijd doorgaat ten behoeve van (i) onderhoud, (ii) verbetering en (iii) prestatieoptimalisatie van de instal- laties. Permanente commissioning start nadat de Ingebruikname- en Beheerfase is aangebroken.

COMMISSIONINGTYPEN

Eén van de artikelen in dit nummer gaat in op het Commissioningproces (CxP) [3]. Permanente- of voortgaan- de commissioning (PermanenteCx) is één van de vier commissioningtypen. Uit [3] is uit de figuur "Commissio- ningproces en documentenstroom" het onderdeel Cx gehaald en in figuur

1 weergegeven. PermanenteCx start nadat de Ingebruikname- en Beheerfa- se is aangebroken. In de Nazorgstap van de Ingebruikname en Beheerfase zitten we in de afronding van "1", de initiëleCx (I-Cx). De overgang van I-Cx naar PermanenteCx is weergegeven door "4". Bestaande gebouwen waar voor het eerst Cx wordt toegepast is door "2" weergegeven. Dit wordt "Retro-Cx" of ook wel "Achteraf Cx" genoemd. Nadat Retro-Cx is uitge- voerd kan worden overgestapt naar "4", de PermanenteCx.

Een Her-commissioning (Her-Cx) is een oorspronkelijke Cx die opnieuw, al of niet gedeeltelijk, wordt uitge- voerd na de I-Cx of na de Retro-Cx omdat de opdrachtgever/eigenaar de systeemprestaties hoopt te kunnen verifiëren, verbeteren of documente- ren. De redenen hiervoor kunnen uiteenlopen. Het kan een modificatie zijn van de gebruikersbehoeften, de ont- dekking van een tekortkoming in de prestatie of de wens problemen te ver- helpen die tijdens de I-Cx zijn gesig- naleerd, enz. Periodieke Her-Cx zorgt ervoor dat het oorspronkelijke presta- tieniveau gehandhaafd blijft.

PRESTATIEBEOORDELING INSTALLATIE

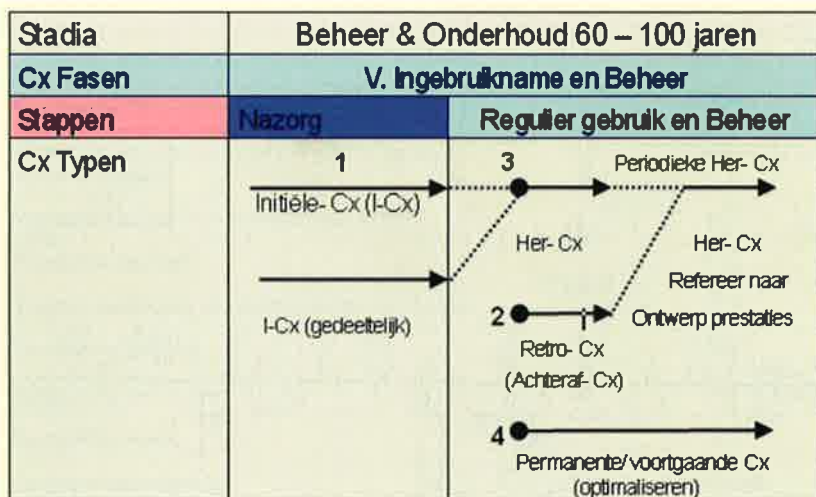
Een heldere functionele beschrijving van de regelingen en automatisering van de installaties in de éne hand en de meetgegevens van bijvoorbeeld het Gebouwbeheersysteem (GBS) in de andere hand, is de basis om een pres- tatiebeoordeling van de installatie te kunnen geven. De publicatie ISSO 69 [4] geeft weer welke elementen in een functionele beschrijving aan de orde moeten komen.

Een functionele beschrijving van het HVAC-proces geeft in een beschrij- vende vorm weer hoe een installatie volgens ontwerp zou moeten werken. Deze informatie is de basis om kennis- regels af te leiden die kunnen worden gebruikt om bij PermanenteCx de werking van de installatie op een auto- matische manier te kunnen beoordelen.

Om de prestatie van een installatie te kunnen beoordelen is minimaal het

* TNO, Bouw & Ondergrond, Business unit Buildings and Systems, Delft.

** Akotech, Abcoude.



De vier te onderscheiden commissioningtypen.

- FIGUUR 1 -

volgende uit de functionele beschrijving nodig:

1. een beschrijving van de regelingen en automatisering van de installaties;
2. een principeschema van de installatie;
3. instelpunten (setpoints) van regelaars etc.;
4. informatie over de bedrijfsvoering (kloktijden);
5. te onderkennen bedrijfssituaties van de klimaatregelininstallatie;
6. overzicht beschikbare GBS-meetpunten van de betreffende installatie waarvan de prestatie moet worden beoordeeld.

Om te kunnen aantonen dat de functionele prestatie van een installatie kan worden beoordeeld op basis van het beschikbaar hebben van de hiervoor genoemde informatie is op zoek gegaan naar een organisatie die het technisch beheer verzorgt en ook in staat was de gevraagde informatie te kunnen leveren. De vraag is aan diverse beheerders voorgelegd en het verzoek werd al gauw met ja beantwoord. Bestudering van het beschikbaar gestelde materiaal bleek toch onvoldoende informatie te bevatten. Uiteindelijk bleek het Flevo-ziekenhuis te Almere wel over de informatie te beschikken. De technische beheerder kon de gevraagde informatie direct leveren. Het GBS in het Flevo-ziekenhuis beschikte over voldoende meetpunten. Software-aanpassingen waren niet nodig om alle gevraagde data voor permanente commissioning te leveren. De enige beperking was, dat er om

veiligheidsredenen door derden niet op het netwerk van het ziekenhuis mocht worden ingebeld. Om die reden werden de GBS-data door de adviseur van het ziekenhuis [5] verzameld en per e-mail opgestuurd. Voor de pilot heeft de technisch beheerder gekozen voor een centrale luchtbehandelingskast (LBK) van het beddenhuis. De gehele functionele beschrijving bestaat in dit concrete geval uit acht A4'tjes inclusief principeschema installatie en tabellen, het overzicht dus van de hiervoor aangegeven zes punten.

1. EEN BESCHRIJVING VAN DE REGELINGEN EN AUTOMATISERING VAN DE INSTALLATIES

De belangrijkste punten uit de beschrijving van de regelingen en automatisering van de installatie:

1.1 ALGEMEEN

1.1.1 Bedrijfsituaties

Het Flevo-ziekenhuis is een object waar de bedrijfsvoering in twee processen kan worden opgesplitst. Ten eerste de afdelingen met een continu proces, zoals verpleegafdelingen en ten tweede de ondersteunende diensten en poliklinieken. De installaties voor de klimaatbeheersing in deze verzorgingsgebieden staan onder besturing van een klokprogramma.

1.1.2 Vakantiële/speciale dagen

Vakantie en speciale dagen zijn alleen van toepassing op de installatie met een klokprogramma.

1.1.3 – 1.1.8 geen prioriteit voor dit doel

1.1.9 Optimalisatie

Het aanwarmprogramma zorgt ervoor dat bij de aanvang van de bedrijfstijd de gewenste ruimtetemperatuur bereikt is door het vervroegd opstarten van de installaties. Het programma is adaptief. Dit wil zeggen dat door het programma zelf, dagelijks het optimale tijdstip wordt bijgesteld aan de hand van eerder verzamelde meetgegevens.

1.2 PROCES LBK 1 BOUWDELEN A, D en F

1.2.1 Opbouw LBK

De luchtbehandelingkast is regeltechnisch gezien als volgt opgebouwd:

- aanzuigluchtklep;
- aanzuig luchtfilter met bijbehorende drukverschilschakelaar;
- twin-coil systeem met bijbehorende regelafsluiter, temperatuuropmeter, druksignalering en circulatiepomp;
- verwarmingsbatterij met bijbehorende regelafsluiter en circulatiepomp, vorstbeveiliging-thermostaat, retourtemperatuuropmeter;
- koelbatterij met bijbehorende regelafsluiter;
- inblaas luchtfilter met bijbehorende drukverschilschakelaar;
- toevoerventilator HOOG/LAAG;
- snaarbreuksignalering via drukverschilmetering over toevoerventilator;
- onder- en overdruksignalering;
- stoombevochtiger;
- inblaasluucht temperatuuropmeter;
- inblaasluucht RV-opnemer;
- maximaal hygrostaat inblaasluucht;
- retourluucht temperatuuropmeter per bouwdeel;
- retourluucht RV-opnemer per bouwdeel;
- retourluuchtfilter met bijbehorende drukverschilschakelaar;
- afzuigventilator HOOG/LAAG;
- snaarbreuksignalering via drukverschilmetering over afzuigventilator;
- retourluuchtklep.

1.2.2 Bedrijfsituaties LBK

De installatie kan zich in de volgende bedrijfssituaties bevinden:

- UIT : stilstand, algemene storing LBK;
- Dagbedrijf : hoogtoeren;
- Nachtbedrijf : laagtoeren;
- Opstartschakeling : bij het opstarten van de LBK;
- Brandbedrijf : bij een brandmelding.

Dagbedrijf (Hoogtoerenbedrijf)

De LBK is in hoogtoerenbedrijf tijdens de ingestelde kloktijd.

Overwerk is niet van toepassing.

Tijdens hoogtoerenbedrijf wordt:

- de toevoerventilator op hoogtoeren ingeschakeld;
- de afzuigventilator op hoogtoeren ingeschakeld;
- de inblaastemperatuurregeling vrijgegeven;
- de inblaas RV-regeling vrijgegeven.

Nachtbedrijf (Laagtoerenbedrijf)

De LBK is 's nachts in laagtoerenbedrijf.

Overwerk is niet van toepassing.

Tijdens laagtoerenbedrijf wordt:

- de toevoerventilator op laagtoeren ingeschakeld;
- de afzuigventilator op laagtoeren ingeschakeld;
- de inblaastemperatuurregeling vrijgegeven;
- de inblaas RV-regeling vrijgegeven.

LBK in stilstand (algemene storing LBK)

De LBK is alleen in stilstand tijdens de "Algemene Storing LBK".

De "Algemene Storing LBK" treedt op bij:

- aanspreken van één van de volgende beveiligingen;
- vorstbeveiliging;
- snaarbreek ventilator;
- onder- overdruk toevoerkanaal.
- bij thermische storing van de toevoer- of afzuigventilator.

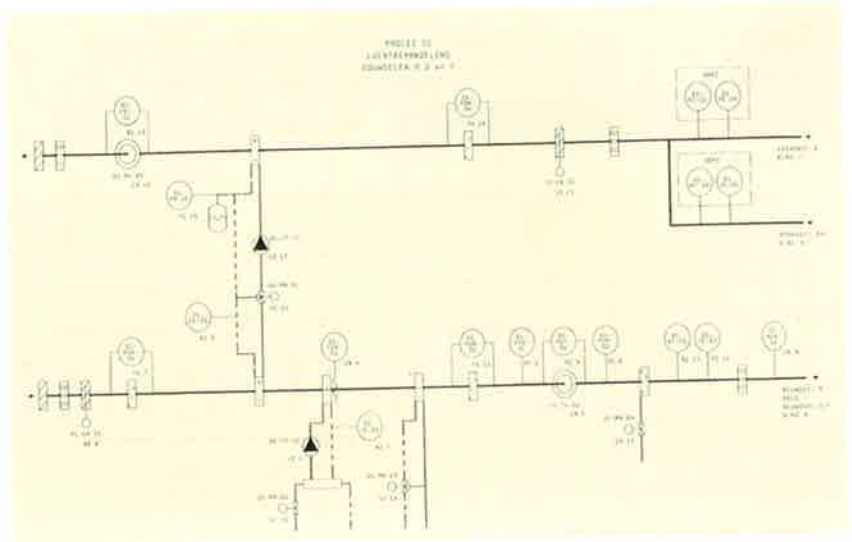
Opstartschakeling

Onder de ingestelde vorstgrens opent de opstartschakeling eerst de regelafsluiter van de verwarmer en schakelt de circulatiepomp in. De retourtemperatuur van de verwarmer wordt gemeten. Is de grenswaarde van de retourtemperatuur bereikt dan wordt de LBK vrijgegeven.

De luchtkleppen worden geopend, de ventilatoren worden gestart in laagtoeren en de temperatuurregeling wordt vrijgegeven.

Bij het opstarten van de LBK wordt altijd eerst gedurende vijf minuten in laagtoerenbedrijf gedraaid. In geval van dagbedrijf worden daarna de ventilatoren in hoogtoerenbedrijf geschakeld.

1.2.3 Temperatuurregeling inblaaslucht Afhankelijk van de gewenste waarde



Principeschema van de LBK.

- FIGUUR 2 -

van de inblaastemperatuur en de afwijking daarvan, worden de regelafsluiters van de twin-coil, de verwarmer en de koeler in volgorde modulerend aangestuurd. De twin-coil functioneert zowel in verwarmings- als in koelbedrijf van de LBK.

Circulatiepomp verwarmingsbatterij

De circulatiepomp wordt vrijgegeven als:

- de bijbehorende regelafsluiter open is of;
 - bij een buitentemperatuur onder de vorstgrens of;
 - de vorstthermostaat is aangesproken of tijdens de periodieke pompstart.
- De pomp heeft een nadraaitijd van vijf minuten na beëindiging van de warmtevraag.

1.2.4 Twin-coil systeem

In het twin-coil systeem is een minimum drukschakelaar opgenomen. Bij het aanspreken wordt de twin-coil pomp uitgeschakeld en een urgente storing gegenereerd.

Circulatiepomp twin-coil

De circulatiepomp wordt vrijgegeven als:

- de bijbehorende regelafsluiter open is of;
- bij een buitentemperatuur onder de vorstgrens of;
- tijdens de periodieke pompstart.

De pomp heeft een nadraaitijd van vijf minuten.

1.2.5 Vochtregeling inblaaslucht

De vochtregeling inblaaslucht wordt vrijgegeven met een tijdsvertraging

van tien minuten na het opstarten van de LBK.

Afhankelijk van de gewenste waarde van het absolute vochtgehalte van de retourlucht en de afwijking daarvan, wordt het instelpunt van het gewenste absolute vochtgehalte van de inblaaslucht versteld (cascade regeling met $EF = 2$). Op basis van de afwijking tussen de gewenste en gemeten waarde van het absolute vochtgehalte van de inblaaslucht wordt de stoomafsluiter modulerend aangestuurd.

Er vindt geen ontvochtiging plaats.

Maximaal hygrostaat inblaaslucht

Bij aanspreken van de maximaal hygrostaat tijdens het bevochtigingsproces wordt:

- hardwarematig de stoomafsluiter dichtgestuurd;
- softwarematig de stoomafsluiter dichtgestuurd.

De maximaal hygrostaat is ingesteld op 85 % RV.

Het aanspreken wordt in de regelkast hardwarematig vergrendeld en als urgente storing doorgemeld. De ontgrendeling kan plaatsvinden via de "Reset drukknop" op de deur van de regelkast.

2. EEN PRINCIPESHEMA VAN DE INSTALLATIE

Het principeschema van de LBK-installatie is in figuur 2 weergegeven. De LBK 1 voorziet de bouwdelen A, D en F van het ziekenhuis van 100 % verse buitenlucht die afhankelijk van

Instelpunten	Instelling
Gewenste inblaastemperatuur bij retourtemperatuur < 22 °C	20 °C
Gewenste inblaastemperatuur bij retourtemperatuur > 26 °C	16 °C
Gewenste retourtemperatuur verwarmers tijdens opstartschakeling	30 °C
Vorstgrens bij een buitentemperatuur onder	5 °C
Vorstgrens twin-coil	8 °C
Vrijgave koeling bij een buitentemperatuur boven	15 °C
Xp-regeling twin-coil	10
Xp-regeling verwarmers	10
Xp-regeling koeler	10
Tn-temperatuurregeling	3 minuten
Vrijgave bevochtiger (LBK start) na	10 minuten
Vrijgave bevochtiger bij een temperatuur onder	15 °C
Gewenst vochtgehalte retourlucht	6.2 gr/kg d.a.
Xp-regeling stoombevochtiger	10
Xn-regeling stoombevochtiger	3 minuten
Maximale aansturing stoomafsluiter	50 %
Maximale vochtinhoud inblaaslucht	9.0 gr/kg d.a.
Minimum drukverschil snaarbreekbewaking (na 2 minuten)	20 Pa
Drukverschil over retourventilator laag toeren ($P_{\text{Retourfan, laag}}$)	ca. 30 Pa
Drukverschil over toevoerventilator laag toeren ($P_{\text{Toevoervan, laag}}$)	ca. 30 Pa
Drukverschil over retourventilator hoog toeren ($P_{\text{Retourfan, hoog}}$)	ca. 360 Pa
Drukverschil over toevoerventilator hoog toeren ($P_{\text{Toevoervan, hoog}}$)	ca. 330 Pa

De instelpunten en instellingen van de regelaars LBK 1.

- TABEL 1 -

Kloktijden	Instelling
Bedrijfstijd LBK 1 (laagtoeren)	Continue + feestdagen
Bedrijfstijd LBK 1 (hoogtoeren)	Ma t/m vr 8:00 tot 22:00

De bedrijfsvoering van LBK 1.

- TABEL 2 -

de retouurluchttemperatuur wordt opgewarmd tot maximaal 20 °C. Als de retouurluchttemperatuur oploopt boven de 21 °C wordt de inblaastemperatuur voor elke oplopende °C verlaagd met 1 °C minimaal tot 15 °C. ($T_{\text{retour}} < 20$ °C, $T_{\text{inblaas}} = 21$ °C; $T_{\text{retour}} > 26$ °C, $T_{\text{inblaas}} = 15$ °C).

In figuur 2 zijn ook de meetpunten weergegeven die op het GBS zijn aangesloten.

3. INSTELPUNTEN (SETPOINTS) VAN REGELAARS ETC.

De instelpunten en instellingen van de regelaars zijn weergegeven in tabel 1.

Tevens zijn een aantal gegevens uit een opleverprotocol overgenomen van LBK 1. Deze instellingen worden gebruikt om de prestatie van de installatie te kunnen beoordelen.

4. INFORMATIE OVER DE BEDRIJFSVOERING (KLOKTIJDEN)

Informatie over de bedrijfsvoering is noodzakelijk om mee te nemen in de beoordeling. Maar als te vaak komen de instellingen niet overeen met wat er werkelijk gebeurt, de klok is dan met de 'hand' overbrugd.

5. TE ONDERKENNEN BEDRIJFSSITUATIES VAN DE KLIMAATREGELINSTALLATIE

Het onderkennen van de verschillende bedrijfssituaties is een belangrijk gegeven. In tabel 3 zijn de verschillende bedrijfssituaties weergegeven.

6. OVERZICHT BESCHIKBARE GBS- MEETPUNTEN VAN DE DESBETREFFENDE INSTALLATIE

In het prinsipschema van de LBK 1, weergegeven in figuur 2, zijn alle beschikbare GBS-meetpunten weergegeven. In tabel 4 zijn de GBS-meetpunten weergegeven alsmede het weerstation en de temperaturen van de heetwateropwekking en de gekoeld watertemperaturen van de koelmachines.

HET DIAGNOSTICEREN

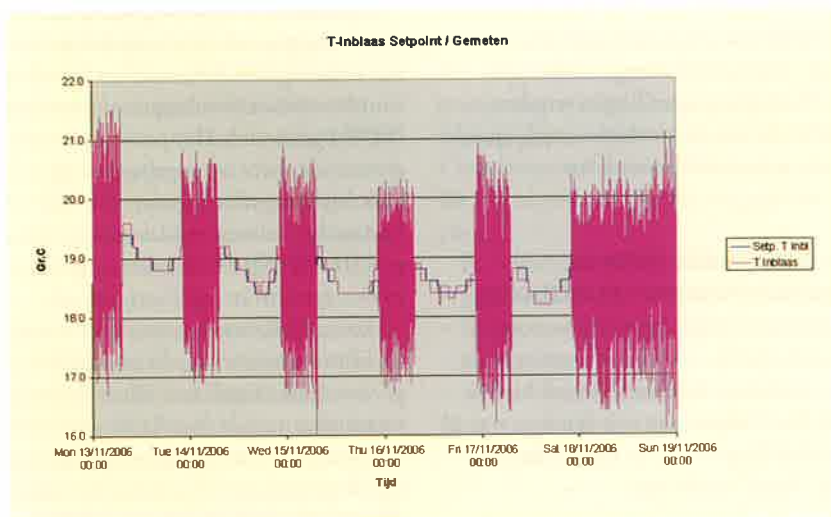
Voor het diagnosticeren is gebruik gemaakt van de software tool i-BIG van TNO Bouw en Ondergrond. Deze software analyseert datastromen uit een GBS en stelt daarmee een diagnose van de werking van de installatie. Hierbij gaat de software verder dan de alarmmeldingen van het GBS zelf, die meestal zijn gebaseerd op enkelvoudige datapunten. De software bevat kennis van de principiële werking van het systeem en toetst de werking van het werkelijke systeem aan deze interne referentie, op basis van combinaties van de waarden van verschillende datapunten. Wanneer de software een fout in het systeem detecteert, kan het in veel gevallen de fout ook diagnosticeren. Dat houdt in dat mogelijke oorzaken worden weergegeven evenals een oplossingsrichting wordt aangegeven om optredende fouten te corrigeren. Dit wordt ook wel foutdetectie en foutdiagnose software (FDD) genoemd. Het principe van de genoemde software is gebaseerd op kennisgebaseerde diagnose. Hierbij bestaat het interne model uit kennisregels (IF-THEN-ELSE) die aangeven of een systeem in een fouttoestand verkeert. Ook hier is ontwerp-informatie of meetdata nodig. Er bestaat het gevaar dat de regels niet alle bedrijfstoestanden van de installatie afdekken. Een voordeel van deze benadering is dat diagnostische informatie eenvoudig aan een regel of aan een combinatie van regels kan worden toegevoegd.

LBK1 bouwdeel A, D en F	Bedrijfssituatie							
Installatieonderdeel	1	2	3	4	5	6	7	8
Aanzuigluchtklep	Di	Op	Op		Op	Di		
Circulatiepomp twin-coil	Aut	Aut	Aut		Aut	Aut	In	
Regelafsluiter twin-coil	0	Co	Co		Co	0		
Circulatiepomp verwarmer	Aut	Aut	Aut		Aut	IN	In	In
Regelafsluiter verwarmer	0	Co	Co		Co	100	Co	Co
Regelafsluiter koeler	0	Co	Co		Co	0		
Toevoerventilator LAAG	Uit	Uit	In		Uit	Uit		
Toevoerventilator HOOG	Uit	In	Uit		In	Uit		
Stoomafsluiter	0	Co	Co		Co	0		
Afzuigventilator LAAG	Uit	Uit	In		Uit	Uit		
Afzuigventilator HOOG	Uit	In	Uit		In	Uit		
Afzuigluchtklep	Di	Op	Op		Op	Di		
Regeling								
Inblaas temperatuur regeling	Uit	Co	Co		Co	Uit		
Inblaas vochtregeling	Uit	Co	Co		Co	Uit		
Retourtemperatuur verwarmer	Uit						Co	Co

Verklaring bedrijfstoestand		Bedrijfssituaties		Bijzondere bedrijfssituaties	
Uit	uitgeschakeld	1	UIT	5	BRAND
In	ingeschakeld	2	IN DAG bedrijf	6	VORSTTHERMOST.
Di	dichtgestuurd	3	IN NACHT bedrijf	7	$T_{bu} < \text{vorstgrens}$
Op	opengestuurd	4		8	Opstart LBK
Co	regelend via DDC				
Aut.	uit/in via DDC				
Aut.	dicht/open via DDC				
L	laag				
H	hoog				

Te onderkennen bedrijfssituaties van LBK 1.

- TABEL 3 -



Instabiel regelgedrag gedurende 'nachtbedrijf'.

- FIGUUR 3 -

Om de prestaties van de LBK op basis van foutdetectie en foutdiagnose (FDD) te kunnen beoordelen zijn voor de LBK totaal zestien kennisregels afgeleid. In tabel 5 zijn een aantal van de zestien kennisregels weergegeven.

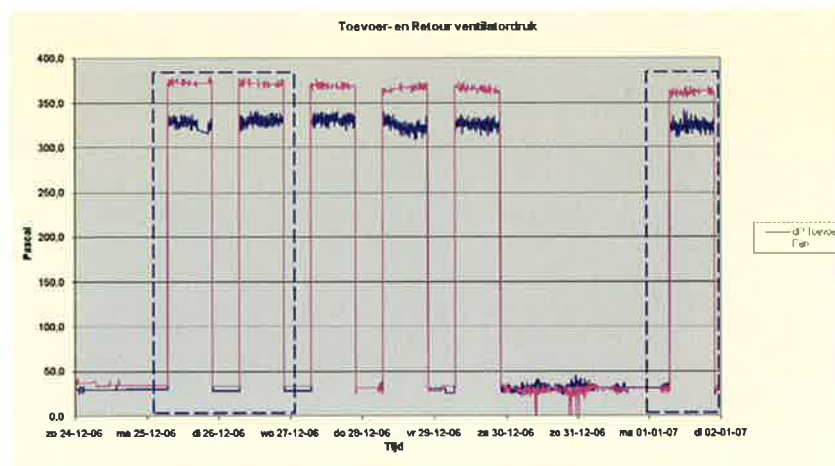
DATA FILTERING

De weergegeven kennisregels zijn gebaseerd op basis van "Steady-state" condities. In de tijd gezien hebben we met veranderende data te maken. Datafiltering is daarom noodzakelijk om vals alarm zoveel mogelijk te voorkomen.

	Code	Meetpunten	Eenheid
Weerstation		Temperatuur buitenlucht	°C
		Relatieve vochtigheid buitenlucht	%
Binnen-condities	01-MT-02	RV retourlucht bouwdeel A	°C
	01-TE-04	Temperatuur retourlucht bouwdeel A	%
	01-MT-03	RV retourlucht bouwdeel D+F	°C
	01-TE-05	Temperatuur retourlucht bouwdeel D+F	%
Opwekking	Koelmachine	Uittree gekoeld watertemperatuur KM 1	°C
		Uittree gekoeld watertemperatuur KM 2	°C
	Heet water	Aanvoertemperatuur CV voor verwarmen	°C
LBK 1		Gewenste waarde inblaas absoluut vocht	g/kg
		Gewenste waarde retour absoluut vocht	g/kg
	01-CP-01	In-Uit bedrijf Circulatiepomp twin-coil	1/0
	01-CP-02	In-Uit bedrijf Circulatiepomp verwarmers	1/0
	01-AV-01	Laag-Hoog bedrijf afvoerventilator	1/0
	01-TV-01	Laag-Hoog bedrijf toevoerventilator	1/0
	01-TZA-01	Vorstbeveiligingsthermostaat	1/0
	01-MT-01	Relatieve vochtigheid inblaas	% RH
		Laagst gemeten buitentemperatuur	°C
		Gewenste waarde inblaastemp. LBK	°C
	01-TE-03	Inblaastemperatuur	°C
	01-TE-02	Retourtemperatuur verwarmers	°C
	01-TE-01	Inrede temperatuur twin-coil aanzuigdeel	°C
	01-RA-03	Regelafsluiter koeler	%
	01-RA-04	Regelafsluiter bevochtiger	%
	01-RA-02	Regelafsluiter verwarmers	%
	01-RA-01	Regelafsluiter twin-coil	%
	01-PT-01	Drukverschil over retourventilator	Pa
	01-PT-02	Drukverschil over toevoerventilator	Pa

De aangesloten meetpunten op het GBS t.b.v. LBK 1.

- Tabel 4 -



Bedrijfsvoering in GBS niet aangepast voor feestdagen.

- FIGUUR 4 -

DIAGNOSE RESULTATEN

De diagnoseresultaten zijn gebaseerd op een GBS datacollectie periode van 12 november 2006 t/m 2 februari 2007. Totaal zijn, m.b.v. het software-programma i-BIG, op 19.000 punten vijf minuten metingen gediagnosticeerd.

Samengevat de belangrijkste resultaten:

- de prestatie van de LBK is gedurende de 66 dagen permanent getest m.b.v. zestien kennisregels. De kennisregels zijn afgeleid rondom informatie over de bedrijfsvoering (tabel 2) en instelpunten en instellingen

van regelaars (tabel 1) en te onderkennen bedrijfssituaties (tabel 3);

- op de meeste kennisregels werd geen afwijking of fout geconstateerd.

Ondanks dat er geen klachten waren over de installatie heeft PermanenteCx het volgende toch nog opgeleverd:

- de warmtewisselaar springt te snel bij, terwijl de twin-coil nog voldoende warmte heeft om aan de toevoerlucht af te staan;
- de pomp van de warmtewisselaar wordt te vaak in- en uitgeschakeld. Dit draagt bij aan een instabiel

regelgedrag van de LBK;

- in dagbedrijf (hoog toeren) blijkt de regeling stabiel te zijn en het gewenste setpoint wordt goed benaderd. In nachtbedrijf (laag toeren) is de regeling instabiel. Het gewenste setpoint wordt nooit gehaald en wordt zowel onderschreden al overschreden, zie figuur 3;
- in korte periodes dat incidenteel koelvermogen wordt gevraagd leveren beide koelmachines koeling. Onduidelijk is waarom twee koelmachines gelijktijdig worden ingeschakeld;
- in het GBS is vergeten de bedrijfsvoering aan te passen voor feestdagen (nachtbedrijf i.p.v. dagbedrijf), zie figuur 4.

CONCLUSIES

- Het uitvoeren van een permanente commissioning voor deze pilot was mogelijk omdat de technisch beheerder de noodzakelijke ondersteunende informatie om kennisregels te kunnen afleiden met minimale inspanning beschikbaar had.
- Ontwerp- en revisiegegevens, lucht- en waterzijdige rapporten samen met een functionele beschrijving is van belang voor het functioneel beoordelen van de installatie.
- Permanente commissioning door "een vreemde partij" of een ondersteunende software tool zoals hier genoemd levert het beste resultaat.
- Uitgangspunt bij het toepassen van Permanente commissioning is, dat de basiskwaliteit, waarvan in deze pilot ook sprake is, van de installatie goed moet zijn. Is dit niet het geval dan zal eerst een Her-commissioning, ook wel Re-commissioning-actie moeten worden uitgevoerd;
- Ondanks een goedwerkende installatie kunnen met een diagnostice-rende tool nog onvolkomenheden uit een installatie worden gehaald, die bij een normaal gebruik van een GBS nooit boven tafel komen.
- Permanente commissioning is noodzakelijk om de werking van de installatie te kunnen bewaken gedurende de hele levenscyclus. Er wordt voorkomen dat achter de feiten wordt aangelopen!
- Diagnostice-rende instrumenten geven ondersteuning aan het permanente commissioningproces. Het

Fout	Kennisregel	Omschrijving
1	IF mode=1: $T_{sa} - T_{sa,s} \geq \varepsilon_i$ Met: T_{sa} = Gemeten toevoerluchttemperatuur $T_{sa,s}$ = Setpoint toevoerluchttemperatuur ε_i = Drempelwaarde (dode band) voor het bepalen van fouten in temperatuur metingen Mode= 1, Installatie in dagbedrijf	Toevoerlucht- temperatuur van LBK 1 haalt niet de gewenste waarde. Mogelijke oorzaak: - regelaar is niet goed ingesteld; - capaciteit van de warmtewisselaar is niet toereikend; - toevoerwatertemperatuur naar de warmtewisselaar is te laag; - capaciteit koudwaterbatterij is niet toereikend; - toevoerwatertemperatuur naar de koudwaterbatterij is te hoog; - koelmachine staat uit.
2	IF Mode = 0: LBK = 1 Mode = 0, Installatie in nachtbedrijf.	De LBK draait in dagbedrijf (LBK=1), maar volgens de bedrijfsvoering moet LBK in nachtbedrijf draaien (mode = 0) Mogelijke oorzaak: - schakelaar LBK is van "automatisch" naar "hand" gezet; - geen rekening gehouden met zomer-wintertijd; - geen rekening gehouden met feestdagen. Suggesties voor acties: - controleer de schakelaar van de LBK of die in de juiste stand staat; - controleer of in de software rekening is gehouden met zomer-wintertijd; - controleer of in de software feestdagen zijn ingevoerd.
3	IF mode = 1: $T_{sa} - T_{sa,max} \geq \varepsilon_i$ Met: $T_{sa,max}$ = 20,0 °C, maximum toegestane toevoerluchttemperatuur	De toevoerluchttemperatuur overschrijdt de maximum waarde van 20,0 °C
4	IF mode = 1: $T_{ra} - T_{ra,s,max} \geq \varepsilon_i$ Met: T_{ra} = Gemeten retourluchttemperatuur $T_{ra,s,max}$ = 21,0 °C, maximum toegestane retourluchttemperatuur	De retourluchttemperatuur overschrijdt de maximum waarde van 21,0 °C
5	IF Mode {0,1}: pomp twin-coil=0, pomp warmtewisselaar = 1	Het is niet toegestaan dat de twin-coil pomp is UITgeschakeld en de pomp van de warmtewisselaar is INgeschakeld.
6	IF Mode {0,1}: aantal keren schakelen pomp warmtewisselaar $\geq S_{max}$	Check op instabiel regelgedrag: Er is een fout opgetreden als de pomp van de warmtewisselaar gedurende een bepaalde tijdseenheid het maximum aantal keren (S_{max}) in- en uitschakelen heeft overschreden.

Algoritmen kennisregels.

- TABEL 5 -

bespaart op onderhoudskosten, een langere levensduur van installatie-componenten en bespaart energie.

- Bij het aangaan van onderhoudsprestatiecontracten zijn diagnosticerende instrumenten een belangrijk hulpmiddel om de geleverde prestaties van de installatie aan te tonen.

De ervaring tot nu toe is dat na de formele oplevering van gebouw en installatie geen geld wordt vrijgemaakt om permanente commissioning te kunnen uitvoeren.

Bij het aanbesteden van onderhouds-

contracten wordt nagenoeg nooit om permanente commissioning gevraagd.

LITERATUUR

1. "Intelligent diagnosticeren van gebouwinstallaties", L.L. Soethout en H.C. Peitsman TNO Bouw en Ondergrond, TVVL Magazine 12/2007.
2. "Intelligent beheer van installaties in gebouwen", H.C. Peitsman, L.L. Soethout, TNO Bouw en Ondergrond, VV+, mei 2006, pag. 780-785.
3. "Het commissioningproces en bijbehorende Documentenstroom in één overzicht", H.C. Peitsman TNO Bouw en Ondergrond, TVVL Magazine 12/2008
4. ISSO publicatie 69 "Model voor de beschrijving van de werking van een klimaatinstallatie".
5. "AKOtech", A. Kooijman, Abcoude.