

Einzigartiges Konzept zur Abtauung bewährt sich

Intelligent enteist

Henrik Gedde Moos, Nordborg



Neue intelligente Verdampfersteuerung AK2 ohne Einsatz von Verdampfer-Temperaturfühlern mit allen dazu erforderlichen Steuerungs- und Regelkomponenten

Sommerhitze, ein Geschenk für jeden Supermarktleiter mit Eiskreme im Angebot. Doch ein Albtraum, wenn die Temperatur in der Tiefkühltruhe plötzlich steigt und das Eis verdirbt. Dagegen kann ein neues System von Danfoss installiert werden, das automatisch bestimmt, wann der Verdampfer abgetaut werden muss, um eine effektive Kühlung aufrecht zu erhalten. Durch die permanente Messung von Temperatur und Druck im Kühlsystem wird sichergestellt, dass eine Enteistung nur bei Bedarf erfolgt. Hohe Servicerechnungen (vielleicht sogar mit Nachtzuschlag) werden so vermieden und Stromrechnungen gesenkt.

Gesucht: Neuer Weg zur Fehlerermittlung in Kühlsystemen

Fehlerfindung in einem Kühlsystem lautete die Aufgabenstellung für einige Ingenieure der Danfoss Refrigeration & Air Conditioning Division. Defekte frühzeitig aufzuspüren, soll das Vereisen einer Kühlanlage vermeiden. Das Enteisen von Verdampfern erfordert viel Energie, die man sich sparen kann, wenn Abtauen unnötig wird.

Dr. Claus Thybo war der Projektleiter. Er führte über Jahre Untersuchungen in den Bereichen fehlertolerante Steuerung und analytische Redundanz durch, deren Ergebnisse zu Systemen führen, die intel-

ligent genug sind, Fehler innerhalb zweier Toleranzmarken zu finden. Er übernahm die Aufgabe, ohne überhaupt etwas über Kühlung und Thermodynamik zu wissen.

„Es machte Spaß, einen Bereich zu erforschen, der für mich völlig neu war. Im Verlauf der Arbeit verblüffte das Team führende dänische Experten dieser Disziplin“, sagte Claus Thybo. Er ist in der zentralen Forschungs- und Entwicklungsabteilung der Danfoss Refrigeration & Air Conditioning Division in Nordborg (Dänemark) beschäftigt und hat engen Kontakt zu dänischen Universitäten. Die Abteilung sammelt das technische Wissen dieser Institutionen und verknüpft es mit den prak-

zum Autor

Henrik Gedde Moos,
Corporate
Communications &
Reputation
Management,
Danfoss A/S,
Nordborg



tischen Erfahrungen von Danfoss. Diese Arbeit mündete dann in ein einzigartiges Konzept zum Abtauen von zum Beispiel Kühlräumen und Verkaufsvitrinen.

Experten verblüfft

Danfoss Refrigeration & Air Conditioning sucht seit geraumer Zeit nach Methoden, die das Problem der Vereisung lösen. Wunsch ist es, ein System zu finden, das in der Lage ist, Fehler zu finden und zu korrigieren und nicht falsche Signale meldet, denen nicht notwendigerweise nachgegangen werden muss. Zudem sollte nach Möglichkeit auch auf den Einsatz von Temperaturfühlern verzichtet werden.

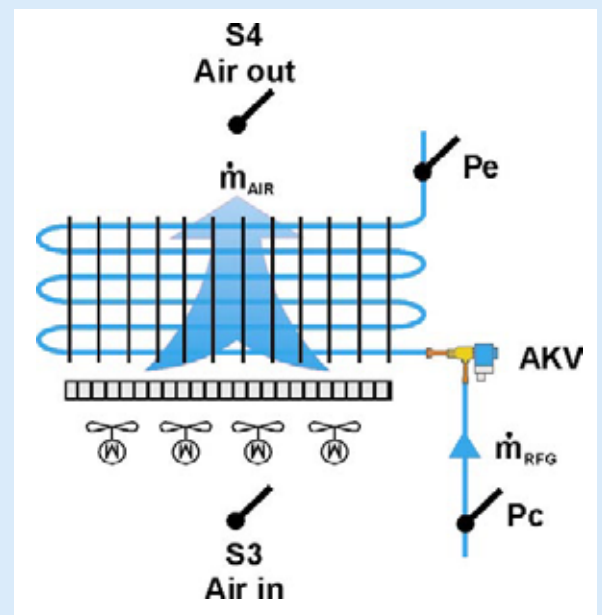
Durch die zielorientierte Zusammenarbeit von Kältetechnikern und Fachfremden fand das Team die Lösung. „Einige von uns hatten einen anderen theoretischen Hintergrund, was zu einer unkonventionellen Herangehensweise an das Projekt führte. Das nutzten wir und unsere Ergebnisse waren eine große Überraschung für führende Thermodynamikspezialisten“, sagte Dr. Claus Thybo. Er ließ sich unter anderem von Seismografen-Filtern inspirieren, die Signale ausfiltern und Gerä-



Adaptiver Enteisungstest am Verdampfer im Zentrallabor von Danfoss in Nordborg



Adaptiver Enteisungstest an einer Tiefkühltruhe im Zentrallabor von Danfoss in Nordborg



Die druckabhängige Wirkungsweise der Verdampfer-Abtau-steuerung AK2-CC303A wird hier in einem Funktionsschema in Verbindung mit einem elektronischen Expansionsventil AKV dargestellt

sche reduzieren können. Nach nur drei Monaten war das Projekt abgeschlossen, einschließlich der Analysen und Feldtests.

Die Grundidee einer bedarfsbezogenen Enteisung, bei der auf die Verwendung von Temperaturfühlern im Verdampfer verzichtet werden kann, war geboren. Das von Projektleiter Dr. Claus Thybo vorgeschlagene Erkennungssystem benutzt als Ansatz eine nicht lineare Paritätsgleichung (beschrieben von Gertler [2]), die die Wärmeübertragungsrate auf das Kältemittel mit der Wärmeübertragungsrate aus der Luft vergleicht. Durch Nutzung der in den meisten Anlagen mit elektronischen Expansionsventilen zur Verfügung stehenden Informationen lässt sich der Luftstrom veranschlagen. Weicht der veranschlagte Luftstrom vom Luftstrom bei störungsfreiem Bedingungen ab, wird mittels Paritätsgleichung ein Fehler angezeigt. Eine weitere Analyse der Abweichung zwischen dem veranschlagten Luftstrom und dem bei störungsfreiem Betrieb kann bei der Diagnose des Fehlertyps benutzt werden. Näheres hierzu ist dem DKV-Tagungsbericht 2002 (Deutsche Kälte-Klima-Tagung vom 20.–22. November, Magdeburg) der Arbeitsabteilung II.2 [1] auf den Seiten 185–193 zu entnehmen.

Wie Kühlsysteme arbeiten; hierzu Fakten

In allen Verkaufstiefkühltruhen und Kühlräumen bildet sich Eis auf dem Verdampfer. Dieses Eis wird mittels Elektroheizungen in regelmäßigen Abständen abgetaut. Die Anzahl der turnusmäßigen Enteisungen ist normalerweise auf hohe Sommertemperaturen mit hoher Luftfeuchtigkeit ausgelegt. Das bedeutet, dass das System den Rest des Jahres über zu häufig abgetaut wird und der Energieverbrauch zu hoch ist. Umgekehrt kann die Zahl der Enteisungszyklen zu niedrig programmiert sein. Dadurch kann das Kühlsystem steigenden Temperaturen und erhöhter Luftfeuchtigkeit nicht mehr folgen. Eis bildet sich auf dem Verdampfer und hindert die Luft am Zirkulieren. Im Ergebnis sind die Lebensmittel dieser Kühltruhe zu hohen Temperaturen ausgesetzt. Auch teurer Service ist die Folge. Mit der neuen, bedarfsbezogenen Enteisungsfunktion von Danfoss ADAP-KOOL arbeiten Kühlsysteme jetzt effizienter.

Bemerkenswerte Ergebnisse eines Feldtests mit Kühltruhen eines Supermarkts und an einem Kühlraum

Zur Überprüfung der bedarfsgerechten Abtaufunktion wurde eine Anzahl von Feldtests in einer Supermarktanwendung und im Kühlraum eines kleinen Distributionszentrums durchgeführt.

Literatur

- [1] Claus Thybo, „Erkennen von Verdampfervereisung bei elektronisch geregelten Kälteanlagen“, DKV-Tagungsbericht 2002 der Arbeitsabteilung II.2, S. 185–193.
- [2] J. J. Gertler, „Analytical redundancy methods in failure detection and isolation“, Control Theory and Advances Technology, Seiten 259–285, 1993-9

Ein Supermarkt in Dänemark

In das ADAP-KOOL® System wurden Verdampfersteuerungen des Typs AK2-CC303A eingebaut, um drei Niedrigtemperaturkühltruhen mit individueller Produkttemperatursteuerung zu regulieren, sowie eine bedarfsgerechte Überhitzungsregelung mittels eines elektronischen Einspritzventils vom Typ AKV und Abtauheizung zu regulieren.

Zu Beginn wurde die bedarfsorientierte Abtaufunktion ausgeschaltet – lahm gelegt – und die herkömmliche Abtaufunktion aktiviert. Zur Beendigung der Abtauung wurde ein entsprechender Sensor (Bezeichnung bei Danfoss für den Weltmarkt: „Adaptive Defrost“) genutzt. Die Niedrigtemperatur-Kühltruhen wurden einmal pro Tag abgetaut, ein Vorgang, der üblicherweise eine halbe Stunde in Anspruch nimmt.

Nach zwei Wochen wurde die bedarfsgerechte Abtauung angelegt und die Standardfunktion stillgelegt. Das Ergebnis war erstaunlich: **Die Zahl der Abtauung reduzierte sich im Schnitt auf eine pro Woche mit einer Dauer von einer drei viertel Stunde! Es wurden also sechs von sieben Abtauvorgängen eingespart!**

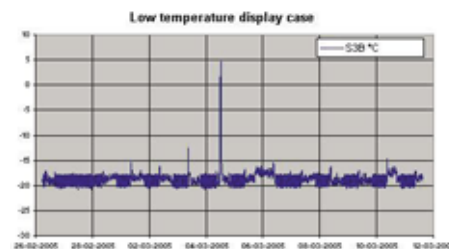
Wenn man weiß, dass die Luftfeuchtigkeit im Winter normalerweise niedrig ist, mit einer folglich geringeren Eisbildung auf dem Verdampfer als im Sommer, wo die Luftfeuchtigkeit höher sein kann, so ist dies ein vielversprechendes Resultat. Wenn man annimmt, dass ein Drittel der Abtauvorgänge innerhalb eines Jahres eingespart werden können, so spart dies Energie für die 3 kW Abtauheizelemente. Das bedeutet für eine typische Kühltruhesektion eine Einsparung von ungefähr 1000 kWh pro Jahr und das Ergebnis ist eine wesentlich verbesserte Lebensmittelqualität.

Tiefkühlraum von BE-Kager in Røddekro, Dänemark

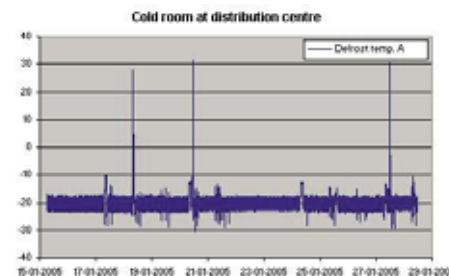
Eine ADAP-KOOL® Verdampfersteuerung des Typs AK2-CC303A wurde in einem Tiefkühlraum eines kleinen Distributionszentrums eingebaut, um die Regulierung der Raumtemperatur und der bedarfsgerechten Überhitzung mittels eines elektronischen Expansionsventils vom Typ AKV und der elektrischen Abtauung zu übernehmen.

Vor der Installation des AK2-CC303A wurde täglich eine Abtauung mit einer durchschnittlichen Dauer von 30 Minuten durchgeführt. Die Erfahrungen mit dieser Anlage besagten, dass das System einmal täglich abgetaut werden sollte, um eine Vereisung des Verdampfers zu vermeiden. Die bedarfsgerechte Abtauung im AK2-CC

Danfoss-Feldtest an Tiefkühlverkaufstruhen in einem Supermarkt in Dänemark, dessen Namen auf Wunsch des Eigentümers nicht genannt werden soll



Feldtest-Temperaturverlauf in einer Supermarkt-Tiefkühlverkaufstruhe in Dänemark mit sehr kurzen Abtau-Peaks über einen Zeitraum von 14 Tagen (26.2. bis 12.3.2005)



Feldtest-Temperaturverlauf in einem Verteiler-Kühlraum bei BE-Kager in Røddekro (Dänemark) mit kurzen Abtau-Peaks über einen Zeitraum von 14 Tagen (26.2. bis 12.3.2005)



Danfoss-Feldtest an einem Tiefkühlraum in Røddekro (Dänemark)

wurde nun eingeschaltet und führte zu erstaunlichen Ergebnissen: in 12 Tagen wurde die Anlage nur dreimal abgetaut und somit 9 Abtauvorgänge eingespart!

Unter derselben Annahme wie im getesteten Supermarkt ist die Energieeinsparung hier 2200 kWh pro Jahr oder 270 eingesparte Abtauungen und dem Ergebnis einer wesentlich verbesserten Lebensmittelqualität.

Resümee

„Wir haben nunmehr ein einzigartiges Regulierungssystem, das durch ständige Kontrolle weiß, wann abgetaut werden muss. Das ist nicht mehr Sache des Supermarktperso-

nals“, stellte Ejnar Luckmann, Direktor des Produktmanagements im Bereich elektronische Kältesteuern der Danfoss Refrigeration & Air Conditioning Division, fest.

Die AK2-Steuerung arbeitet mit einer intelligenten Software, und das ADAP-KOOL®-System mit bedarfsgerechter Enteisungsfunktion ermittelt dabei automatisch eine Vereisung und taut den Verdampfer ab. Diese Funktion hilft Energie zu sparen und reduziert die Abtauzyklen. Durch Ermitteln und Erhalt einer Balance zwischen der Temperatur in der Kühltruhe und der Luftzirkulation im System werden für den Verdampfer somit optimale Bedingungen und eine effektiv arbeitende Kühlung erreicht. ■