(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 1 400 696 B1

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
08.03.2006 Patentblatt 2006/10

(51) Int Cl.:
F04C 28/06 *(2006.01)* ***F25B 49/02*** *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **03019248.8**

(22) Anmeldetag: **26.08.2003**

(54) **Verfahren zum Regeln eines Verdichter- und/oder Lüftersatzes**

Method for controlling a set of compressors and/or ventilators

Procédé de commande d'un ensemble de compresseurs et/ou de ventilateurs

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR

(30) Priorität: **20.09.2002 DE 10243854**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
24.03.2004 Patentblatt 2004/13

(73) Patentinhaber: **Linde Kältetechnik GmbH & Co.KG**
50999 Köln (DE)

(72) Erfinder: **Gassen, Heinz**
53489 Sinzig (DE)

(74) Vertreter: **Klunker . Schmitt-Nilson . Hirsch**
Winzererstrasse 106
80797 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 593 225
DE-A- 3 500 636
DE-A- 3 543 707
US-A- 5 231 846
US-B1- 6 419 454

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 013, no. 250 (P-882), 12. Juni 1989 (1989-06-12) & JP 01 050102 A (SHINKO ELECTRIC CO LTD), 27. Februar 1989 (1989-02-27)**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 1 400 696 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Regeln eines Verdichtersatzes oder eines Lüftersatzes, aufweisend einen oder mehrere Verdichter bzw. einen oder mehrere Lüfter.

[0002] Bei gattungsgemäßen Verfahren, die in Kälteanlagen bzw. -maschinen zur Anwendung kommen, erfolgt die Regelung des Saugdruckes durch Zu- bzw. Abschalten eines oder mehrerer Verdichter. Die Regelung des Hochdruckes erfolgt durch Zu- bzw. Abschalten einer oder mehrerer Lüfterstufen.

[0003] Zur Erzielung der geforderten Leistung und zur Vermeidung einer zu hohen Schalthäufigkeit - diese würde die Verdichter bzw. die Lüfter unverhältnismäßig belasten -, werden die einzelnen Leistungsstufen zeitverzögert zu- und abgeschaltet. Hierbei setzt sich die Zeitverzögerung t_g aus einer Basiseinschaltzeit t_b - die als konstant angenommen wird - und eine von der Regelabweichung abhängigen variablen Schaltzeit t_v zusammen.

[0004] Die Ermittlung der Zeitverzögerung t_g erfolgt nach folgender Formel:

$$t_g = t_b + t_v$$

wobei für t_v gilt:

$$t_v = t_{v_max} - (t_{v_max} * dt) / dt_{max}$$

Hierbei sind:

t_v = variable Schaltzeit
t_{v_max} = maximale variable Schaltzeit
dt = Regelabweichung
dt_{max} = maximale Regelabweichung
wobei sofern $dt > dt_{max}$, dann gilt $dt = dt_{max}$.

[0005] Aus der obigen Formel ist ersichtlich, dass sich die Zeitverzögerung t_g umgekehrt proportional zu der Regelabweichung dt verhält.

[0006] Zu lange Schaltzeiten führen zu vergleichsweise hohen Regelabweichungen. Zu kurze Schaltzeiten hingegen bewirken ein Überschreiten der zulässigen Schalthäufigkeit der Verdichter bzw. Lüfter. Zwar werden zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme einer Kälteanlage bzw. -maschine die Schaltzeiten eingestellt, jedoch sind diese nur für den bei der Inbetriebnahme herrschenden Anlagenzustand als optimal anzusehen.

[0007] Ändert sich der Leistungsbedarf - bspw. im Nachtbetrieb, wenn der oder einzelne Verbraucher abgedeckt und/oder abgeschaltet werden - und/oder variieren die Umgebungsbedingungen der Anlage - bspw. bei Änderungen der Außentemperatur und/oder der Temperatur im Verkaufsraum -, so weichen die aktuellen Schaltzeiten von den zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme eingestellten Optimalwerten ab.

[0008] In DE 35 00 636 A1 ist ein Verfahren zur Steuerung des Betriebs einer Anzahl von Kompressoren beschrieben, von denen jeder mit einem Leistungsregler ausgestattet ist, der die Abgabeleistung des Kompressors stufenweise derart ändern kann, dass eine gesamte Abgabeleistung bereit gestellt wird, die den Leistungsbedarf erfüllt, der sich momentan ändert. Bei diesem Verfahren ist das Steuersystem in eine Leistungssteuerschleife zum Reagieren auf eine verhältnismäßig kleine Laständerung und eine Kompressorsteuerschleife zum Reagieren auf eine verhältnismäßig große Laständerung aufgeteilt. Die Kompressoren und die Leistungsregler werden sequentiell in Betrieb gesetzt, wobei die Zeitdauern des Betriebes der Kompressoren und der Leistungsregler gemessen werden. Die Leistungssteuerschleife ist weiterhin in eine Unterschleife für Leistungsregler eines Kompressors aufgeteilt, der am längsten gearbeitet hat und der zuerst anzuhalten ist, und in eine Unterschleife für die Leistungsregler der anderen Kompressoren. Der lastlose Betrieb beginnt vorzugsweise bei der Unterschleife für die Leistungsregler des zuerst anzuhaltenden Kompressors, während der Belastungsbetrieb zuerst bei der Unterschleife für die Leistungsregler der anderen Kompressoren ausgeführt wird.

[0009] In US 5 231 846 A ist ein Verfahren zum stufenweisen Betreiben von Kompressoren für ein Kältesystem mit mehreren Kompressoren beschrieben, wobei bei dem Verfahren folgende Stufen vorgesehen sind: es wird ein erster Betriebszustand für jeden Kompressor aufgerechnet, sowie ein zweiter Betriebszustand für jeden Kompressor. Weiterhin wird der Status eines jeden Kompressors bestimmt, wobei davon eine erste Liste von Schaltungen mit Kompressoren erstellt wird, die verfügbar sind, eingeschaltet zu werden, und eine zweite Liste von Schaltungen mit Kompressoren erstellt wird, die verfügbar sind, um abgeschaltet zu werden. Für die Steuerung der Kompressoren mit Hilfe der erstellten

Listen wird danach unterschieden, ob die Kälteleistung gesteigert werden soll oder demgegenüber reduziert werden soll.

[0010] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein gattungsgemäßes Verfahren anzugeben, das es ermöglicht, die Schaltzeiten der Verdichter bzw. Lüfter an die jeweils aktuellen Umgebungsbedingungen und/oder an den jeweils erforderlichen Leistungsbedarf anzupassen.

[0011] Dies wird erfindungsgemäß durch eine Verfahrensweise gemäß dem kennzeichnenden Teil des Patentanspruches 1 gelöst.

[0012] Erfindungsgemäß wird nunmehr zur Begrenzung der Schalthäufigkeit der Verdichter bzw. Lüfter zunächst die maximale Anzahl der Schaltungen je Stunde je Verdichter bzw. je Lüfter vorgegeben. Mittels dieses Parameters wird festgelegt, in welchen minimalen Zeitabständen ein Verdichter bzw. Lüfter eingeschaltet werden kann bzw. darf.

[0013] Beträgt bspw. die maximale Schalthäufigkeit 10 Schaltungen pro Stunde, kann ein Verdichter bzw. Lüfter folglich frühestens alle 6 Minuten erneut eingeschaltet werden; Voraussetzung hierfür ist selbstverständlich, dass der Verdichter bzw. Lüfter zuvor ausgeschaltet wurde.

[0014] Bei Kälte- bzw. Wärmebedarf erfolgt das Zu- und Abschalten von Verdichtern bzw. Lüftern in Abhängigkeit von der Abweichung von einem voreingestellten Sollwert. Hieraus ergibt sich eine Bedarfszykluszeit t_{az}; diese ist definiert als Zeitintervall zwischen dem Einschalten eines Verdichters bzw. Lüfters und dem nächstfolgenden Zeitpunkt, zu dem erneut ein Kälte- bzw. Wärmebedarf besteht und zeitverzögert ein Verdichter bzw. Lüfter zugeschaltet wird.

[0015] Das Zuschalten eines oder mehrerer Verdichter bzw. Lüfter erfolgt nach einer Verzögerungszeit t_{V_EIN}, das Abschalten eines oder mehrerer Verdichter bzw. Lüfter nach einer Verzögerungszeit t_{V_AUS}.

[0016] Zur Einhaltung der geforderten maximalen Schalthäufigkeit ist ein erneutes Zuschalten eines oder mehrerer Verdichter bzw. Lüfter erst nach Ablauf der Einschaltverzögerungszeit t_E möglich. Die Einschaltverzögerungszeit t_E wird mittels der maximal vorgegebenen Schaltungen pro Stunde berechnet; somit gilt:

t_E = 60 Minuten / maximale Anzahl der Schaltungen pro Stunde

[0017] Durch die Einschaltverzögerungszeit t_E ergibt sich je Verdichter bzw. Lüfter eine Einschaltsperrzeit t_{S_EIN}. Diese Einschaltsperrzeit wird wie folgt berechnet:

$$t_{S_EIN} = t_E - t_{BZ} - t_{V_EIN}$$

[0018] Bei zu langen Ein- und Ausschaltverzögerungszeiten ist das Ergebnis negativ, bei zu kurzen Zeiten positiv. Bei mehreren Verdichtern bzw. Lüftern ergeben sich im Regelfall unterschiedliche Einschaltsperrzeiten; bei der nachfolgenden Berechnung wird lediglich die kürzeste Einschaltsperrzeit herangezogen.

[0019] Zur Vermeidung der Einschaltsperrzeit werden die Ein- und Ausschaltverzögerungszeiten t_{V_EIN} und t_{V_AUS} je Verdichter bzw. Lüfter jeweils für den nächsten Bedarfszyklus neu berechnet.

[0020] Wie oben beschrieben, setzen sich die Ein- und Ausschaltverzögerungszeiten aus einer Basiseinschaltzeit t_b und einer variablen Schaltverzögerung bzw. Schaltzeit t_v zusammen. Die (kürzeste) Einschaltsperrzeit t_{S_EIN} wird prozentual auf beide Verzögerungszeiten verteilt.

P_{V_EIN} = Prozentualer Anteil auf die variable Einschaltverzögerung
(z. 8. 0,8 = 80 % der Abweichung auf Einschaltverzögerung, 20 % auf Ausschaltverzögerung)

P_{B_EIN} = Prozentualer Anteil auf die Basiseinschaltverzögerung
(z. B. 0,5 = 50 % der Abweichung auf Basiseinschaltverzögerung, 50 % auf variable)

[0021] Berechnung der neuen Basiseinschaltzeit $t_{V_EIN_B}$:

$$t_{V_EIN_B} = t_{V_Ein_B} + (t_{S_EIN} * P_{V_EIN} * P_{B_EIN}) * P$$

wobei P ein Proportionalitätsfaktor ist, mittels dessen eine Verstärkung oder Dämpfung des Reglers erfolgen kann.

[0022] Berechnung der neuen variablen Einschaltzeit $t_{V_EIN_V}$.

$$t_{V_EIN_V} = t_{V_Ein_V} + (t_{S_EIN} * P_{V_EIN} * (1-P_{B_EIN})) * P$$

[0023] Berechnung der neuen Basisausschaltzeit $t_{V_AUS_B}$:

$$t_{V_AUS_B} = t_{V_AUS_B} + (t_{S_EIN} * (1-P_{V_EIN}) * P_{B_EIN}) * P$$

[0024] Berechnung der neuen variablen Ausschaltzeit $t_{V_AUS_V}$:

$$t_{V_AUS_V} = t_{V_AUS_V} + (t_{S_EIN} * (1-P_{V_EIN}) * (1-P_{B_EIN})) * P$$

[0025] Die vier angeführten Formeln gelten jedoch nur dann, wenn lediglich ein Verdichter bzw. Lüfter vorgesehen ist. Kommen mehrere Verdichter bzw. Lüfter zur Anwendung, so sind die in den Klammem angeführten Produkte durch einen Faktor N zu teilen, wobei N für die Anzahl der Verdichter bzw. Lüfter, die während einer Bedarfszykluszeit eingeschaltet sind, steht. Die vier vorgenannten Formeln lauten dann:

$$t_{V_EIN_B} = t_{V_Ein_B} + (t_{S_EIN} * P_{V_EIN} * P_{B_EIN} / N) * P$$

$$t_{V_EIN_V} = t_{V_Ein_V} + (t_{S_EIN} * P_{V_EIN} * (1-P_{B_EIN}) / N) * P$$

$$t_{V_AUS_B} = t_{V_AUS_B} + (t_{S_EIN} * (1-P_{V_EIN}) * P_{B_EIN} / N) * P$$

$$t_{V_AUS_V} = t_{V_AUS_V} + (t_{S_EIN} * (1-P_{V_EIN}) * (1-P_{B_EIN}) / N) * P$$

[0026] Nach der bereits angeführten Formel $t_g = t_b + t_v$ für die Zeitverzögerung kann nunmehr die Zeitverzögerung t_{g_EIN}, mit der ein Verdichter bzw. Lüfter zugeschaltet wird, nach folgender Formel ermittelt werden: $t_{g_EIN} = t_{V_EIN_B} + t_{V_EIN_V}$.

[0027] Die Zeitverzögerung t_{g_AUS}, mit der ein Verdichter bzw. Lüfter abgeschaltet wird, berechnet sich nach folgender Formel: $t_{g_AUS} = t_{V_AUS_B} + t_{V_AUS_V}$

[0028] Das erfindungsgemäße Verfahren zum Regeln eines Verdichtersatzes oder eines Lüftersatzes ermöglicht eine Optimierung der Schaltzeiten der Verdichter und Lüfter eines Verdichter- bzw. Lüftersatzes. Eine manuelle Optimierung der Schaltzeiten - wie sie bisher vorgenommen wird - erübrigt sich dank des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0029] Die Optimierung der Schaltzeiten der Verdichter und Lüfter eines Verdichter- bzw. Lüftersatzes hat zur Folge, dass sich die Lebensdauer der Verdichter und Lüfter erhöht.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Regeln eines Verdichtersatzes oder eines Lüftersatzes, aufweisend einen oder mehrere Verdichter bzw, einen oder mehrere Lüfter, **dadurch gekennzeichnet, dass**

   a) den Verdichtern bzw. Lüftern die maximale Anzahl der Schaltungen pro Stunde vorgegeben und daraus die Einschaltverzögerungszeit t_E errechnet wird, wobei gilt: t_E = 60 Minuten / maximale Anzahl der Schaltungen pro Stunde,
   b) die Bedarfszykluszeit t_{BZ}, die als Zeitintervall zwischen dem Einschalten eines Verdichters bzw. Lüfters und dem nächstfolgenden Zeitpunkt, zu dem erneut ein Kälte- bzw. Wärmebedarf besteht und zeitverzögert ein Verdichter bzw. Lüfter zugeschaltet wird, definiert ist, ermittelt wird,
   c) eine Einschaltsperrzeit t_{S_EIN} je Verdichter bzw. Lüfter ermittelt wird, wobei gilt: $t_{S_EIN} = t_E - t_{BZ} - t_{V_EIN}$ und die Verzögerungszeit t_{V_EIN}, mit der ein Verdichter bzw. Lüfter zugeschaltet wird, vorgegeben wird,
   d) eine neue Basiseinschaltzeit $t_{V_EIN_B}$ ermittelt wird, wobei gilt:

$$t_{V_EIN_B} = t_{V_Ein_B} + (t_{S_EIN} * P_{V_EIN} * P_{B_EIN} / N) * P,$$

wobei P ein Proportionalitätsfaktor ist, mittels dessen eine Verstärkung oder Dämpfung des Reglers erfolgen kann, N für die Anzahl der Verdichter bzw. Lüfter, die während einer Bedarfszykluszeit eingeschaltet sind, steht und die ermittelte Einschaltsperrzeit t_{S_EIN} prozentual auf die Basiseinschaltverzögerung und die variable Einschaltverzögerung verteilt wird, wobei P_{V_EIN} ein prozentualer Anteil auf die variable Einschaltverzögerung und P_{B_EIN} ein prozentualer Anteil auf die Basiseinschaltverzögerung ist
e) eine neue variable Einschaltzeit $t_{V_EIN_V}$ ermittelt wird, wobei gilt:

$$t_{V_EIN_V} = t_{V_Ein_V} + (t_{S_EIN} * P_{V_EIN} * (1-P_{B_EIN}) / N) * P$$

f) eine neue Basisausschaltzeit $t_{V_AUS_B}$ ermittelt wird, wobei gilt:

$$t_{V_AUS_B} = t_{V_AUS_B} + (t_{S_EIN} * (1-P_{V_EIN}) * P_{B_EIN} / N) * P$$

g) eine neue variable Ausschaltzeit $t_{V_AUS_V}$ ermittelt wird, wobei gilt:

$$t_{V_AUS_V} = t_{V_AUS_V} + (t_{S_EIN} * (1-P_{V_EIN}) * (1-P_{B_EIN}) / N) * P$$

h) die Zeitverzögerung t_{g_EIN}, mit der ein Verdichter bzw. Lüfter zugeschaltet wird, nach folgender Formel ermittelt wird: $t_{g_EIN} = t_{V_EIN_B} + t_{V_EIN_V}$ und
i) die Zeitverzögerung t_{g_AUS}, mit der ein Verdichter bzw. Lüfter abgeschaltet wird, nach folgender Formel ermittelt wird: $t_{g_AUS} = t_{V_AUS_B} + t_{V_AUS_V}$

Claims

1. A method for controlling a set of compressors or blowers comprising one or a plurality of compressors or one or a plurality of blowers, respectively, **characterised in that**,

a) the maximum number of switching operations per hour for the compressors or blowers, respectively, is given and the switch-on delay time is calculated therefrom, wherein: t_E = 60 minutes / maximum number of switching operations per hour;
b) the demand cycle time t_{BZ}, is determined which is defined as time interval between switching on a compressor or blower, respectively, and the following point in time at which there is a new demand for refrigeration or heating and a compressor or blower, respectively, is additionally switched on with time delay;
c) a switch-on blocking time t_{S_ON} is calculated for each compressor or blower, respectively, wherein: $t_{S_ON} = t_E - t_{BZ} - t_{V_ON}$ and the delay time t_{V_ON} with which a compressor or blower, respectively, is additionally switched on is given;
d) a new basal switch-on time $t_{V_ON_B}$ is calculated, wherein:

$$t_{V_ON_B} = t_{V_ON_B} + (t_{S_ON} * P_{V_ON} * P_{B_ON} / N) * P,$$

wherein P is a proportionality factor with which an amplification or attenuation of the controller can be achieved, N represents the number of compressors or blowers, respectively, which can be switched on during a demand cycle time, and the calculated switch-on blocking time t_{S_ON} is distributed proportionally to the basal switch-on delay and the variable switch-on delay, wherein P_{V_ON} is a percentage of the variable switch-on delay and P_{B_ON} is a percentage of the basal switch-on delay;
e) a new variable switch-on time $t_{V_ON_V}$ is calculated, wherein:

$$t_{V_ON_V} = t_{V_ON_V} + (t_{S_ON} * P_{V_ON} * (1-P_{B_ON}) / N) * P$$

f) a new basal switch-off time $t_{V_OFF_B}$ is calculated, wherein:

$$t_{V_OFF_B} = t_{V_OFF_B} + (t_{S_ON} * (1-P_{V_ON}) * P_{B_ON} / N) * P$$

g) a new variable switch-off time $t_{V_OFF_V}$ is calculated, wherein:

$$t_{V_OFF_V} = t_{V_OFF_V} + (t_{S_ON} * (1-P_{V_ON}) * (1-P_{B_ON}) / N) * P$$

h) the time delay t_{g_ON}, with which a compressor or blower, respectively, is additionally switched on, is calculated according to the following formula: $t_{g_ON} = t_{V_ON_B} + t_{V_ON_V}$ and
i) the time delay t_{g_OFF}, with which a compressor or blower, respectively, is switched off, is calculated according to the following formula: $t_{g_OFF} = T_{V_OFF_B} + t_{V_OFF_V}$

Revendications

1. Procédé de régulation d'un ensemble de compresseurs ou d'un ensemble de ventilateurs, comportant un ou plusieurs compresseurs ou un ou plusieurs ventilateurs, **caractérisé en ce que**

a) on prédéfinit pour les compresseurs ou ventilateurs le nombre maximal de commutations par heure et on calcule à partir de ceci la temporisation à la mise en marche t_E, t_E étant égal à 60 minutes/nombre maximal de commutations par heure,
b) on détermine le temps de cycle des besoins t_{BZ} qui est défini comme l'intervalle de temps entre la mise en marche d'un compresseur ou ventilateur et l'instant suivant auquel on a à nouveau besoin de froid ou de chaleur, et auquel un compresseur ou ventilateur est mis en circuit de manière temporisée,
c) on détermine un temps de blocage de mise en marche t_{S_EIN} par compresseur ou ventilateur, $t_{S_EIN} = t_E - t_{BZ} - t_{V_EIN}$ et la temporisation t_{V_EIN} avec laquelle un compresseur ou ventilateur est mis en service, étant prédéfinie,
d) on détermine un nouveau de temps de base de mise en marche $t_{V_EIN_B}$, pour lequel on a :

$$t_{V\text{-}EIN_B} = t_{V_EIN_B} + (t_{S_EIN} * P_{V\text{-}EIN} * P_{B_EIN}/N)*P,$$

P étant un facteur de proportionnalité au moyen duquel peut s'effectuer une amplification ou un amortissement du régulateur, N étant le nombre de compresseurs ou de ventilateurs qui sont mis en marche pendant un temps de cycle des besoins, et le temps de blocage de mise en marche t_{S_EIN} déterminé étant réparti en pourcentage entre la temporisation de base de mise en marche et la temporisation variable de mise en marche, P_{V_EIN} étant un pourcentage de la temporisation variable de mise en marche et P_{B_EIN} un pourcentage de la temporisation de base de mise en marche,
e) on détermine un nouveau temps variable de mise en marche $t_{V_EIN_V}$, pour lequel on a :

$$t_{V_EIN_V} = t_{V_EIN_V} + (t_{S_EIN} * P_{V_EIN} * (1-P_{S_EIN})/N) * P$$

f) on détermine un nouveau temps de base de mise à l'arrêt $t_{V_AUS_B}$, pour lequel on a :

$$t_{V_AUS_B} = t_{V_AUS_B} + (t_{S_EIN} * (1-P_{V_EIN}) * P_{B_EIN}/N) * P$$

g) on détermine un nouveau temps variable de mise à l'arrêt $t_{V_AUS_V}$, pour lequel on a :

$$t_{V_AUS_V} = t_{V_AUS_V} + (t_{S_EIN} * (1\text{-}P_{V_EIN}) * (1\text{-}P_{B_EIN})/N * P$$

h) on détermine la temporisation t_{g_EIN} avec laquelle un compresseur ou un ventilateur est mis en circuit, selon la formule suivante : $t_{g_EIN} = t_{V_EIN_B} + t_{V_EIN_B} + t_{V_EIN_V}$, et
i) on détermine la temporisation t_{g_AUS} avec laquelle un compresseur ou ventilateur est mis à l'arrêt, selon la formule suivante : $t_{g_AUS} = t_{V_AUS_S} + t_{V_AUS_V}$.