



(11) **EP 3 054 158 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
10.08.2016 Patentblatt 2016/32

(51) Int Cl.:
F04B 35/04 (2006.01) **F04B 39/00** (2006.01)
F04B 49/02 (2006.01) **F04B 49/06** (2006.01)
F04B 49/10 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **15154373.3**

(22) Anmeldetag: **09.02.2015**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

- **Brune, Fabian**
24937 Flensburg (DE)
- **Petersen, Per Tranekjer**
6300 Graasten (DK)

(71) Anmelder: **Secop GmbH**
24939 Flensburg (DE)

(74) Vertreter: **KLIMENT & HENHAPEL**
Patentanwälte OG
Singerstrasse 8/3/9
1010 Wien (AT)

(72) Erfinder:
• **Gries, Ulrich, Dr.**
22765 Hamburg (DE)

(54) **VERFAHREN ZUM ANHALTEN EINES HERMETISCH GEKAPSELTEN KÄTEMITTELVERDICHTERS UND STEUERUNGSSYSTEM FÜR DIESEN**

(57) Verfahren zum Anhalten eines hermetisch gekapselten Kältemittelverdichters (1) mit einem hermetisch dichten Gehäuse (7), darin angeordnet eine eine Kurbelwelle (3) umfassende Hubkolben-Zylinder-Einheit (2) und ein die Kurbelwelle (3) antreibender Elektromotor (4), sowie eine den Elektromotor (4) steuernde Steuereinheit (5), wobei die Steuereinheit (5) den Elektromotor (4) bei Vorliegen eines Betriebssignals vorzugsweise ei-

nes Frequenzsignals, betreibt und das Erlöschen des Betriebssignals detektiert. Es ist vorgesehen, dass nach der Detektion des Erlöschens des Betriebssignals über eine Zeitdauer (τ) hinweg eine Drehzahl (v) der Kurbelwelle (3) mittels des Elektromotors (4) mit einer Verringerungsrate verringert wird, wobei die Zeitdauer (τ) in Abhängigkeit des letzten Betriebssignals vor dessen Erlöschen bestimmt wird.

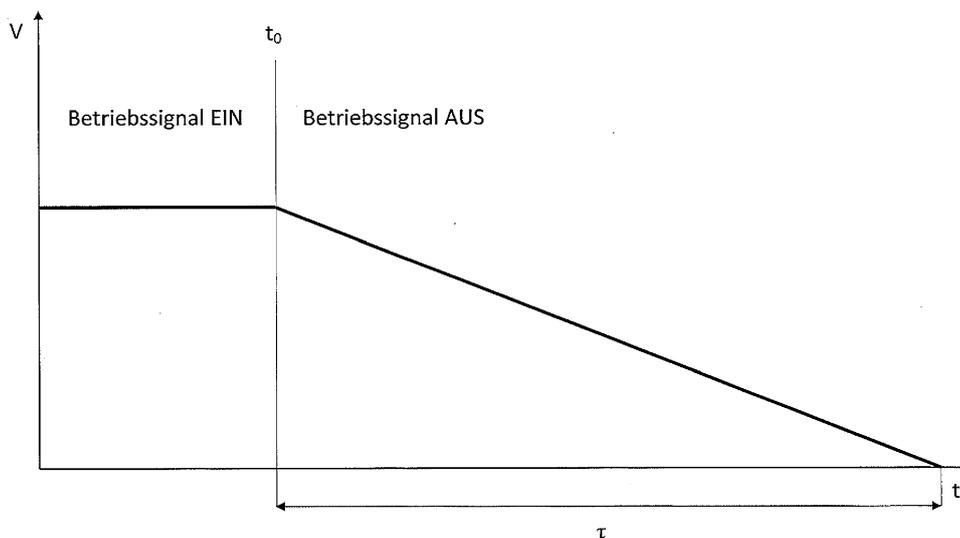


Fig. 2

EP 3 054 158 A1

Beschreibung

GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft Verfahren zum Anhalten eines hermetisch gekapselten Kältemittelverdichters mit einem hermetisch dichten Gehäuse, darin angeordnet eine Kurbelwelle umfassende Hubkolben-Zylinder-Einheit und ein die Kurbelwelle antreibender Elektromotor, sowie eine den Elektromotor steuernde Steuereinheit, wobei die Steuereinheit den Elektromotor bei Vorliegen eines Betriebssignals, vorzugsweise eines Frequenzsignals, betreibt und das Erlöschen des Betriebssignals detektiert.

[0002] Weiters betrifft die vorliegende Erfindung ein Steuerungssystem für einen hermetisch gekapselten Kältemittelverdichter mit einem hermetisch dichten Gehäuse, darin angeordnet eine Hubkolben-Zylinder-Einheit mit einer Kurbelwelle sowie ein Elektromotor zum Antrieb der Kurbelwelle, das Steuerungssystem umfassend eine elektronische Steuereinheit zum Betreiben des Elektromotors bei Vorliegen eines Betriebssignals, vorzugsweise eines Frequenzsignals, sowie zum Detektieren des Erlöschens des Betriebssignals.

STAND DER TECHNIK

[0003] Hermetisch gekapselte Kältemittelverdichter, die in Kühlkreisläufen diverser Anlagen und Geräte, insbesondere in Haushaltsgeräten wie Kühlschränken zum Einsatz kommen und mittels einer Hubkolben-Zylinder-Einheit Kältemittel verdichten, sind bekannt. Üblicherweise umfasst die Hubkolben-Zylinder-Einheit eine Kurbelwelle, die mittels eines Elektromotors angetrieben wird, um periodisch gasförmiges Kältemittel in einen Zylinder der Hubkolben-Zylinder-Einheit einzusaugen, mittels eines Hubkolbens der Hubkolben-Zylinder-Einheit zu komprimieren und wieder aus dem Zylinder ausstoßen. Aufgrund der periodischen Kompressionsvorgänge kommt es zu einem Reaktionsdrehmoment der Hubkolben-Zylinder-Einheit, welches entsprechend der maximal auftretenden Kompressionen Spitzen aufweist. Entsprechend einher gehen mechanische Vibrationen und eine Geräuschentwicklung, welche typischerweise durch eine Aufhängung der Hubkolben-Zylinder-Einheit an Federn in einem (hermetisch dichten) Gehäuse des Kältemittelverdichters gedämpft werden sollen.

[0004] Grundsätzlich zu unterscheiden ist zwischen Kältemittelverdichtern, die mit fixer Drehzahl arbeiten und jenen, die mit variabler Drehzahl betrieben werden können.

[0005] Während die erste Gruppe bei Erreichen einer Auslösetemperatur im zu kühlenden Volumen (beispielsweise der Kühlraum eines Kühlschranks) eingeschaltet und bei Erreichen der gewünschten Zieltemperatur wieder ausgeschaltet werden, ist bei der zweiten Gruppe eine bessere Regelung möglich, da aufgrund der unterschiedlichen Drehzahlen verschiedene Kühlleistungen

zur Verfügung gestellt werden können.

[0006] Dabei ist es in der Praxis vorgesehen, dass derartige Kältemittelverdichter mit variabler Drehzahl mittels einer elektronischen Steuereinheit betrieben werden, die in Abhängigkeit eines Betriebssignals den Kältemittelverdichter, konkret den Elektromotor, steuert. Das Betriebssignal wird in der Regel von einem Gerät generiert, das in Wirkverbindung mit dem Kältemittelverdichter steht, beispielsweise von einem Kühlschrank oder einer Gefriertruhe. Es kann sich dabei grundsätzlich um ein beliebiges Signal handeln, wobei in der Praxis sehr oft ein Frequenzsignal zum Einsatz kommt. Die Existenz des Betriebssignals dient dazu der elektronischen Steuereinheit zu signalisieren, dass Kälteleistung angefordert wird, der Elektromotor des Kältemittelverdichters aktiviert werden muss. Die Höhe der Frequenz dient als Maß für die geforderte Drehzahl. Sie stellt sozusagen einen Sollwert für die Drehzahl dar, der in Abhängigkeit von der Zieltemperatur generiert wird. Das Betriebssignal wird von der elektronischen Steuereinheit detektiert, die den Elektromotor entsprechend dieser Vorgabe steuert.

[0007] Problematisch bei derartigen Kältemittelverdichtern mit variabler Drehzahl ist in der Regel der Anhaltevorgang. Ein solcher wird beispielsweise dann eingeleitet, wenn das zu kühlende Volumen seine Zieltemperatur erreicht hat. Er wird eingeleitet indem zunächst vom Gerät kein Betriebssignal mehr generiert wird, dh. das bestehende Betriebssignal erlischt. Dieser Vorgang wird von der elektronischen Steuereinheit erkannt und der Anhaltevorgang eingeleitet, mit dem Ziel, den Kältemittelverdichter anzuhalten, dh. die Kurbelwelle zum Stillstand zu bringen.

[0008] Der Anhaltevorgang ist jedoch ein kritischer Vorgang hinsichtlich Geräuschentwicklung und mechanischer Beschädigung des Kompressors.

[0009] Grundsätzlich sind die Hubkolben-Zylinder-Einheiten samt Kurbelwelle und Elektromotor innerhalb des hermetisch dichten Gehäuses mittels Federn gelagert, wie dies bereits weiter oben beschrieben wurde, um während des Betriebs auftretende Vibrationen ausgleichen zu können. Das sich aus diesem Umstand ergebende, schwingende System ist so ausgelegt, dass im Normalbetrieb überkritisch gefahren wird, dh. die Eigenfrequenz des Systems, bei welcher es zu bis zur Zerstörung des Kältemittelverdichters führenden Vibrationen kommen kann, muss sowohl beim Hochfahren, insbesondere aber auch beim Anhalten durchfahren werden.

[0010] Schaltet man den Elektromotor beim Anhalten einfach ab, läuft die Hubkolben-Zylinder-Einheit aufgrund der Massenträgheit und der vorhandenen kinetischen Energie noch eine Zeitlang weiter, wobei es in der Regel weiterhin zu Kompressionsvorgängen kommt, welche maßgeblich zur sukzessiven Reduktion der kinetischen Energie beitragen. Entsprechend nehmen die Drehzahl und damit auch die Frequenz der Kompressionsvorgänge ab, womit wiederum besonders große Auslenkungen der Hubkolben-Zylinder-Einheit im Gehäuse

verbunden sein können, die sogar zu einem Anschlagen der Hubkolben-Zylinder-Einheit am Gehäuse führen können. Auch führt das Auslaufenlassen schließlich dazu, dass irgendwann nicht mehr genug kinetische Energie vorhanden ist, um den Kompressionsvorgang vollständig auszuführen. Durch den Druck des im Zylinder komprimierten Gases kommt es dann zu einer ruckartigen Umkehrung der Drehbewegung der Kurbelwelle, was mit einer besonders starken Auslenkung der Kolben-Zylinder-Einheit im Gehäuse verbunden ist und ebenfalls zum Anschlagen der Kolben-Zylinder-Einheit am Gehäuse führen kann. Insgesamt ergibt sich dadurch eine besonders große Geräuschentwicklung, wobei sogar mechanische Schäden auftreten können.

[0011] Um dies zu verhindern, kann die Hubkolben-Zylinder-Einheit gezielt abgebremst werden, indem die Kurbelwelle einem Bremsmoment ausgesetzt wird. Dabei sind unterschiedliche Verfahren bekannt.

[0012] Aus der EP 2669519 A1 ist es beispielsweise bekannt, das Bremsmoment nicht sofort, d.h. nach dem den Anhaltvorgang einleitenden Erlöschen des Betriebssignals anzulegen, sondern zunächst lediglich das Antriebsmoment des Elektromotors wegzuschalten, so dass die Kurbelwelle alleine, aufgrund der gespeicherten kinetischen Energie so lange weiterdreht, bis sich die Drehgeschwindigkeit der Hubkolben-Zylinder-Einheit bzw. der Kurbelwelle unter einen vorgegebenen Drehgeschwindigkeitswert reduziert hat. Erst wenn dieser Wert unterschritten ist, wird das Bremsmoment mittels des Elektromotors an die Kurbelwelle angelegt und der Anhaltvorgang abgeschlossen.

[0013] Entsprechend muss während des Anhaltens laufend die Drehgeschwindigkeit der Kurbelwelle gemessen und ausgewertet, i.e. mit einem vorgegebenen Wert verglichen werden. Da die Drehzahlmessung system- und kostenbedingt nur mit einer relativ ungenauen Auflösung erfolgen kann (abhängig von der Polzahl des Elektromotors), ist eine exakte Abstimmung des Systems mit dieser Lösung nicht möglich. Darüberhinaus ermöglicht es das dort beschriebene Verfahren nicht, auch andere Parameter zu berücksichtigen, die für den Zeitpunkt des Anlegens des Bremsmomentes relevant sein können.

AUFGABE DER ERFINDUNG

[0014] Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein alternatives, vereinfachtes Verfahren zum Anhalten von hermetisch gekapselten Kältemittelverdichtern sowie ein Steuerungssystem für diese zur Verfügung zu stellen, welche weniger fehleranfällig sind und darüberhinaus auch die Möglichkeit schaffen, den Anhaltvorgang geräusch- und verschleißtechnisch zu optimieren, in dem auch verschiedenste Betriebsparameter berücksichtigt werden können.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0015] Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren zum Anhalten eines hermetisch gekapselten Kältemittelverdichters mit einem hermetisch dichten Gehäuse, darin angeordnet eine eine Kurbelwelle umfassende Hubkolben-Zylinder-Einheit und ein die Kurbelwelle antreibender Elektromotor, sowie eine den Elektromotor steuernde Steuereinheit, wobei die Steuereinheit den Elektromotor bei Vorliegen eines Betriebssignals vorzugsweise eines Frequenzsignals, betreibt und das Erlöschen des Betriebssignals detektiert, dadurch gelöst, das nach der Detektion des Erlöschens des Betriebssignals über eine Zeitdauer hinweg eine Drehzahl der Kurbelwelle mittels des Elektromotors mit einer, vorzugsweisen konstanten, Verringerungsrate verringert wird, wobei die Zeitdauer in Abhängigkeit des letzten Betriebssignals vor dessen Erlöschen bestimmt wird.

[0016] Die Drehzahl der Kurbelwelle während des Anhaltvorgangs ist somit für den Anhaltvorgang selbst kein relevanter Parameter mehr. Vielmehr wird der Kältemittelverdichter, konkret, die Hubkolben-Zylinder-Einheit während der Zeitdauer aktiv gesteuert, somit vom Elektromotor angetrieben und kann daher die Zeitdauer und die Verringerungsrate derart gewählt werden, dass es beim Durchfahren der kritischen Drehzahlen nicht zu einem Aufschaukeln des Kältemittelverdichters und den damit verbundenen geräusch- und verschleißtechnischen Nachteilen kommt.

[0017] Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung ist es vorgesehen, dass es sich bei dem Betriebssignal um einen Sollwert für die Drehzahl der Kurbelwelle handelt bzw. dass aus dem Betriebssignal ein Sollwert für die Drehzahl der Kurbelwelle generiert werden kann bzw. wird. Die Drehzahl der Kurbelwelle ist aufgrund des letzten Betriebssignals vor dem Einleiten des Anhaltvorgangs bekannt bzw. wird angenommen, dass die elektronische Steuereinheit den Elektromotor entsprechend dieses Sollwertes steuert, so dass eine weiterführende Messung der Drehzahl der Kurbelwelle während des Anhaltvorgangs erfindungsgemäß nicht mehr notwendig ist. Die Zeitdauer kann daher im Falle dieser bevorzugten Ausführungsvariante in Abhängigkeit der letzten bekannten Solldrehzahl vor dem Anhaltvorgang gewählt werden.

[0018] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung ist es vorgesehen, dass die Bestimmung der Zeitdauer entweder durch Berechnung erfolgt oder durch Auswahl aus zumindest einer, vorzugsweise in einem Speicher der Steuereinheit hinterlegten, Tabelle. Dadurch kann die elektronische Steuereinheit durch Anwendung eines auf den jeweiligen Kältemittelverdichtertyp angepassten Algorithmus, eine optimale Zeitdauer berechnen bzw. auf bereits im Vorfeld, beispielsweise im Labor bestimmte Werte zugreifen.

[0019] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung kann es dabei vorgesehen sein, dass bei der Berechnung der Zeitdauer zumindest

ein weiterer Betriebsparameter berücksichtigt wird bzw. dass die zumindest eine Tabelle, aus welcher die Auswahl der Zeitdauer erfolgt, Werte enthält, bei deren Erstellung zumindest ein weiterer Betriebsparameter berücksichtigt wurde. Konkret kann es sich bei dem zumindest einen weiteren Betriebsparameter beispielsweise um die Temperatur des Kältemittelverdichters im Inneren des Gehäuses handeln und/oder um den Gasdruck des Kältemittels saugseitig und/oder druckseitig und/oder die Außentemperatur und/oder die Gesamtbetriebsstunden des Kältemittelverdichters. Durch Berücksichtigung weiterer Betriebsparameter kann die Zeitdauer noch exakter bestimmt werden und der Anhaltevorgang geräusch- und verschleißtechnisch optimiert werden. Neben den üblichen physikalischen Messgrößen können dabei auch die Gesamtbetriebsstunden berücksichtigt werden, wodurch auch Alterungsprozesse der Federn und damit einhergehende Veränderungen der Federkonstanten die Zeitdauer beeinflussen können.

[0020] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist es vorgesehen, dass nach Ablauf der Zeitdauer zusätzlich ein Bremsmoment an die Kurbelwelle angelegt wird. Unabhängig von der Drehzahl wird damit die seit des Erlöschens des Betriebssignals vergangene Zeit als auslösendes Ereignis für das Anlegen des Bremsmomentes an die Kurbelwelle herangezogen. In Kombination mit den zuvor beschriebenen Vorteilen, kann dadurch eine weitere geräusch- und verschleißtechnische Optimierung des Anhaltevorgangs vorgenommen werden.

[0021] Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung ist es vorgesehen, dass die Position des Hubkolbens detektiert wird und das Bremsmoment in Abhängigkeit der Position des Hubkolbens der Hubkolben-Zylinder-Einheit an die Kurbelwelle angelegt wird. Gemäß dieser besonders bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung erfolgt das Anlegen des Bremsmomentes nicht (nur) in Abhängigkeit der Zeitdauer sondern in Abhängigkeit der Kolbenposition nach Ablauf der Zeitdauer. Dadurch ist eine weitere geräusch- und verschleißtechnische Optimierung des Anhaltevorgangs möglich. Herauszustreichen ist an dieser Stelle, dass jene Kolbenposition, die zum Zeitpunkt des Anlegens des Bremsmomentes von Hubkolben eingenommen wird, einen ganz wesentlichen Einfluss auf die Geräusch- und Verschleißentwicklung des Kältemittelverdichters hat und das Anlegen des Bremsmomentes in Abhängigkeit der Hubkolbenposition unabhängig von den anderen in dieser Anmeldung beschriebenen Verfahrensschritten, insbesondere das Anlegen des Bremsmomentes in Abhängigkeit von am Gehäuse gemessenen Beschleunigungswerten bzw. minimalen Kolbengeschwindigkeiten, wie weiter unten im Detail beschrieben, eine wesentliche Verbesserung gegenüber den aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren mit sich bringt.

[0022] Erfindungsgemäß ist es dabei gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante vorgesehen, dass es sich bei der Position des Hubkolbens, bei wel-

cher das Bremsmoment angelegt wird, um jene Position handelt, bei welcher das Gehäuse im Zuge des weiteren Anhaltevorgangs im Vergleich zu anderen Hubkolbenpositionen einer vollständigen Umdrehung der Kurbelwelle die geringsten Beschleunigungswerte erfährt.

[0023] Versuche unter standardisierten, reproduzierbaren Bedingungen haben gezeigt, dass jene Hubkolbenposition, bei welcher das Bremsmoment angelegt wird, ganz wesentlichen Einfluss auf die Geräuschentwicklung während des Anhaltevorgangs hat. Je nach Hubkolbenposition kommt es zu unterschiedlichen Beschleunigungen des Gehäuses und damit einhergehend, Auslenkungen des Gehäuses und damit wiederum einhergehend zu stärkerer bzw. geringerer Geräuschentwicklung. Es wurde weiters festgestellt, dass sich für jeden Kältemittelverdichtertyp eine Hubkolbenposition (optimale Hubkolbenposition) bestimmen lässt, bei welcher im Vergleich zu anderen Hubkolbenpositionen einer kompletten Umdrehung, während des angelegten Bremsmomentes die geringste Beschleunigung/Auslenkung des Gehäuses auftritt. In Folge konnte daher die Geräuschentwicklung bzw. das Verschleißverhalten nochmals verbessert werden, in dem zusätzlich zum Ablauf der Zeitdauer, das Bremsmoment erst dann an die Kurbelwelle angelegt wird, wenn sich der Hubkolben in genau jener Position befindet, bei welcher durch Versuche herausgefunden wurde, dass die Beschleunigungen/Auslenkungen des Gehäuses während des weiteren Anhaltevorgangs, während welchem das Bremsmoment angelegt ist, ein Minimum sind.

[0024] Alternativ dazu ist es gemäß einer bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung vorgesehen, dass es sich bei der Position des Hubkolbens, bei welcher das Bremsmoment angelegt wird, um eine jener Positionen handelt, in welchen das Gehäuse im Zuge des weiteren Anhaltevorgangs im Vergleich zu anderen Hubkolbenpositionen einer kompletten Umdrehung der Kurbelwelle nicht mehr als 120% der geringsten Beschleunigungswerte erfährt. Die durchgeführten Versuche haben ergeben, dass bei geringen Abweichungen um die optimale Hubkolbenposition, dennoch im Vergleich zu den verbleibenden Hubkolbenpositionen eine deutlich merkbare geräuschtechnische Verbesserung während des Anhaltevorgangs erzielbar ist.

[0025] Anzumerken ist an dieser Stelle, dass in den Versuchen die Beschleunigungswerte des Gehäuses parallel und senkrecht zur Kurbelwellenachse als besonderen Einfluss auf die Geräuschentwicklung und den mechanischen Verschleiß habend, erkannt wurden.

[0026] Gemäß einer alternativen, besonders bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung ist es vorgesehen, dass es sich bei der Position des Hubkolbens, bei welcher das Bremsmoment angelegt wird, um jene Position handelt, bei welcher der Hubkolben die geringste Geschwindigkeit bezogen auf eine komplette Umdrehung der Kurbelwelle aufweist. Unter der geringsten Geschwindigkeit wird in Abhängigkeit der Messmethode die geringste messbare Geschwindigkeit verstanden. Da die

Kolbengeschwindigkeit unmittelbar mit der Drehzahl der Kurbelwelle zusammenhängt, wird in den meisten Fällen die Drehzahl der Kurbelwelle gemessen werden, um jene Position zu ermitteln, bei welcher der Hubkolben die geringste Geschwindigkeit bezogen auf eine komplette Umdrehung der Kurbelwelle aufweist. Darüberhinaus bietet sich bei Kältemittelverdichtern mit variabler Geschwindigkeit als Geschwindigkeitsmessung die in den Polen des Stators des Elektromotors durch die Umdrehung des mit der Kurbelwelle verbundenen Rotors induzierten Spannungen an. Es versteht sich, dass die Genauigkeit der Geschwindigkeitsmessung in diesem Fall durch die Polzahl limitiert ist. In diesem Fall kann erfindungsgemäß eben die kleinste messbare Drehzahl (entspricht der kleinsten messbaren Hubkolbengeschwindigkeit) bezogen auf eine komplette Umdrehung der Kurbelwelle als Auslösezeitpunkt für das Anlegen des Bremsmomentes herangezogen werden.

[0027] Anstelle der Position mit der geringsten Geschwindigkeit kann die Position, bei welcher das Bremsmoment angelegt wird, auch in einem Bereich liegen, der sich innerhalb eines Kurbelwellendrehwinkels von $\pm 25^\circ$ befindet, gemessen ab jener Position, bei welcher der Hubkolben die geringste Geschwindigkeit bezogen auf eine komplette Umdrehung der Kurbelwelle aufweist.

[0028] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung ist es vorgesehen, dass die Kurbelwelle dem Bremsmoment eine bestimmte Zeitspanne ausgesetzt wird, die vorzugsweise zwischen 0,15 s und 0,45 s lang ist. Damit kann sichergestellt werden, dass der Anhaltvorgang sicher beendet werden kann bzw. die kritischen Drehzahlen gebremst durchfahren werden können.

[0029] Die Zeitspanne kann gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung aus einer, vorzugsweise im Speicher der Steuereinheit hinterlegten Tabelle gewählt werden. Auch hier können bei den hinterlegten Werten für die Zeitspanne verschiedenste Parameter, insbesondere Betriebsparameter wie oben beschrieben, berücksichtigt werden und so der Anhaltvorgang optimiert werden.

[0030] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung ist es vorgesehen, dass die Kurbelwelle dem Bremsmoment länger ausgesetzt ist, als die Kurbelwelle zum Zeitpunkt der Auslösung des Bremsmomentes für eine Umdrehung benötigen würde. Damit kann, je nach Beginn des Bremsvorganges, sichergestellt werden, dass der Bremsvorgang nicht in einem Kompressionszyklus endet, wo das Reaktionsdrehmoment ein Maximum haben kann.

[0031] Zur Erzeugung des Bremsmomentes kann dabei in an sich bekannter Weise der Elektromotor verwendet werden. Beispielsweise kann die Stromrichtung durch Windungen des Elektromotors im Vergleich zum normalen Betrieb umgekehrt werden. Oder es können die Windungen kurzgeschlossen werden, sodass der Strom, der aufgrund der Drehbewegung des Elektromotors erzeugt bzw. induziert wird, ein der vorherrschenden Drehbewe-

gung entgegengesetztes Drehmoment erzeugt. Letzteres Verfahren wird manchmal auch als "zero vector braking" bezeichnet und erzeugt ein von der Drehzahl abhängiges Bremsmoment.

[0032] Bei Einsatz des Elektromotors zwecks Anlegen des Bremsmomentes kann es durch die oben beschriebenen, erfindungsgemäßen Maßnahmen auch sichergestellt werden, dass die beim Erzeugen des Bremsmomentes auftretenden Ströme und Magnetfelder nicht zu einer unerwünschten Entmagnetisierung des Elektromotors bzw. von dessen Teilen führen, da zum Zeitpunkt des Anlegens des Bremsmomentes der Kältemittelverdichter bereits kontrolliert mit einer entsprechend geringen Drehzahl betrieben wird.

[0033] Analog zu den obigen Ausführungen wird die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe auch durch ein entsprechendes Steuerungssystem gelöst, welches in der Lage ist, das beschriebene Verfahren durchzuführen.

KURZE BESCHREIBUNG DER FIGUREN

[0034] Die Erfindung wird nun anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Die Zeichnungen sind beispielhaft und sollen den Erfindungsgedanken zwar darlegen, ihn aber keinesfalls einengen oder gar abschließend wiedergeben.

[0035] Dabei zeigt:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines hermetisch gekapselten Kältemittelverdichters

Fig. 2 ein Diagramm Kurbelwellendrehzahl vs. Zeit gemäß einer Ausführungsvariante der Erfindung

Fig. 3 ein Diagramm Kurbelwellendrehzahl vs. Zeit gemäß einer alternativen Ausführungsvariante der Erfindung

Fig. 4 ein Diagramm Kurbelwellendrehzahl vs. Zeit gemäß einer weiteren alternativen Ausführungsvariante der Erfindung

Fig. 5 ein Diagramm eines Reaktionsdrehmoments einer Hubkolben-Zylinder-Einheit vs. Drehwinkel

WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

[0036] Fig. 1 zeigt schematisch einen hermetisch gekapselten Kältemittelverdichter 1, wie er beispielsweise auch in Haushaltsgeräten, z.B. Kühlschränken, zum Einsatz kommt. Der Kältemittelverdichter 1 umfasst eine Hubkolben-Zylinder-Einheit 2 mit einem Hubkolben 9, der sich in einem Zylinder (nicht dargestellt) auf und ab bewegen kann. Der Hubkolben 9 wird dabei über eine Kurbelwelle 3 bewegt, die mittels eines Elektromotors 4

angetrieben wird.

[0037] Mittels der Hubkolben-Zylinder-Einheit 2 wird gasförmiges Kältemittel in den Zylinder gesaugt, dort mittels des Hubkolbens 9 komprimiert und wieder aus dem Zylinder ausgestoßen. Der Einlass und Auslass des Kältemittels wird dabei üblicherweise mittels einer an einem Zylinderkopf des Zylinders montierten Ventilplatte mit Ventilen für den Einlass und den Auslass (nicht dargestellt) gesteuert.

[0038] Der Elektromotor 4 wird mittels einer, vorzugsweise elektronischen Steuereinheit 5 angesteuert, die einen Teil eines Steuerungssystems für den Kältemittelverdichter 1 bildet. Üblicherweise erhält die elektronische Steuereinheit 5 vom Gerät (z.B. ein Kühlschrank), in welchem der Kältemittelverdichter 2 zum Einsatz kommt, Informationen über die aktuell gewünschte Kühlleistung. Vorzugsweise sendet hierzu das Gerät an die elektronische Steuereinheit 5 ein Betriebssignal, besonders bevorzugt in Form eines Frequenzsignals, wobei in letzterem Fall die geforderte Kühlleistung proportional zur Frequenz ist. Ist keine Kühlleistung erforderlich, weil beispielsweise eine Zieltemperatur in einem zu kühlenden Volumen erreicht ist, wird kein Betriebssignal generiert. Das Fehlen eines Betriebssignals wird von der elektronischen Steuereinheit 5 detektiert, worauf diese den Anhaltvorgang einleitet.

[0039] Im in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Steuereinheit 5 mit einer Stromversorgung 6 verbunden, und versorgt den Elektromotor 4 mit elektrischer Energie. Bei der Stromversorgung 6 handelt es sich üblicherweise um das Niederspannungsnetz, an welches das Gerät, vorzugsweise Haushaltsgerät angeschlossen wird, in welchem Gerät der Kältemittelverdichter 1 Verwendung findet.

[0040] Die Hubkolben-Zylinder-Einheit 2 ist in einem hermetisch dichten Gehäuse 7 des Kältemittelverdichters 1 angeordnet und in diesem mittels Federn 8 gelagert. Die Federn 8 dienen dazu, Vibrationen bzw. Auslenkungen der Hubkolben-Zylinder-Einheit 2 zu dämpfen und somit eine Geräusentwicklung möglichst gering zu halten und mechanische Beschädigung zu vermeiden. Die Vibrationen werden insbesondere durch die sich wiederholenden Kompressionsvorgänge verursacht. Aufgrund der periodischen Kompressionsvorgänge kommt es zu einem Reaktionsdrehmoment M_R der Hubkolben-Zylinder-Einheit 2, welches entsprechend der maximal auftretenden Kompressionen Spitzen aufweist.

[0041] Ein solcher Verlauf des Reaktionsdrehmoments M_R während des Betriebs ist in Fig.5 gegen den Drehwinkel α der Kurbelwelle 3 aufgetragen. Der Drehwinkel $\alpha=0^\circ$ wird dabei durch die Position des Hubkolbens 9 in einem unteren Totpunkt definiert. Die maximale Kompression des gasförmigen Kältemittels und damit einhergehend eine Spitze im Verlauf des Reaktionsdrehmoments M_R der Hubkolben-Zylinder-Einheit 2 liegen entsprechend bei einem Drehwinkel α von ca. 180° bzw. knapp davor.

[0042] Wie weiter oben bereits ausführlich beschrie-

ben wurde, kann es insbesondere beim Herunterfahren bzw. Anhalten des Kältemittelverdichters 1 zu einer besonders hohen Geräusentwicklung bzw. auch zu mechanischen Schäden kommen. Um dies zu verhindern wird nach dem Detektieren des Erlöschens des Betriebssignals durch die elektronische Steuereinheit 5 über eine Zeitdauer τ hinweg eine Drehzahl v der Kurbelwelle 3 mittels des Elektromotors 4 mit einer Verringerungsrate verringert, wobei die Zeitdauer τ in Abhängigkeit des Wertes des letzten Betriebssignals vor dessen Erlöschen bestimmt wird. Mit anderen Worten wird durch den Elektromotor 4 die Drehzahl V der Kurbelwelle 3 kontrolliert verringert und zwar über die Zeitdauer τ . Die Verringerungsrate wird durch eine an sich bekannte Ansteuerung des Elektromotors 4 erzielt, beispielsweise indem mittels der Steuereinheit 5 die Versorgungsspannung des Elektromotors 4 mittels eines Pulsweiten-Modulations-Verfahrens reduziert wird.

[0043] Dabei wird vom letzten Betriebssignal, konkret aus dem Wert des letzten Betriebssignals, auf den Betriebszustand des Kältemittelverdichters bei Einleitung des Anhaltvorgangs geschlossen, insbesondere wird dabei auf die aktuelle Drehzahl des Kältemittelverdichters zum Zeitpunkt des Erlöschens des Betriebssignals geschlossen, i.e. bei Einleitung des Anhaltvorgangs geschlossen, ohne diese Drehzahl messen zu müssen.

[0044] Die Zeitdauer τ innerhalb welcher der Kältemittelverdichter kontrolliert mittels des Elektromotors 4 mit einer vorgegebenen Verringerungsrate, die bevorzugt konstant ist, grundsätzlich aber auch über die Zeitdauer τ variieren kann, heruntergefahren wird, kann dabei entweder bei jedem Anhaltvorgang in Abhängigkeit der Zeitdauer τ neu berechnet werden, wird aber besonders bevorzugt in Abhängigkeit der Zeitdauer τ aus einer Tabelle ausgelesen, die in einem Speicher der elektronischen Steuereinheit hinterlegt ist.

[0045] In beiden Fällen können dabei Betriebsparameter wie beispielsweise die Temperatur des Kältemittelverdichters im Inneren des Gehäuses und/oder der Gasdruck des Kältemittels saugseitig und/oder druckseitig und/oder die Außentemperatur und/oder die Gesamtbetriebsstunden des Kältemittelverdichters zusätzlich berücksichtigt werden, um eine geräusch- und verschleißtechnische Optimierung des Anhaltvorgangs zu erzielen. Dabei können zuvor, in Versuchen, mittels standardisierter Messmethoden Werte für die Zeitdauer τ ermittelt werden, die dann in der Tabelle hinterlegt werden.

[0046] Eine weitere Optimierung des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Anhalten eines hermetisch dichten Kältemittelverdichters kann durch Anlegen eines Bremsmomentes erfolgen, nachdem die Zeitdauer τ abgelaufen ist und eine definierte Position des Hubkolbens 9 detektiert wird. Mit anderen Worten ist in diesem Fall nicht (nur) die abgelaufene Zeitdauer τ für den Zeitpunkt des Anlegens des Bremsmomentes relevant sondern eine bestimmte, für die geräusch- und verschleißtechnische Verbesserung optimale Hubkolbenposition.

[0047] Diese bestimmt sich besonders bevorzugt nach der Auslenkung des Gehäuses 7 des Kältemittelverdichters. Konkret handelt es sich bei der Position des Hubkolbens 9, bei welcher das Bremsmoment angelegt wird, um jene Position, bei welcher das Gehäuse 7 im Zuge des weiteren Anhaltevorgangs im Vergleich zu anderen Hubkolbenpositionen einer kompletten Umdrehung der Kurbelwelle 3 die geringsten Beschleunigungswerte erfährt, wobei insbesondere die Beschleunigungswerte parallel und senkrecht zur Kurbelwellenachse für den Rückschluss auf die optimale Hubkolbenposition sind. Geringe Beschleunigungswerte des Gehäuses während des weiteren Anhaltevorgangs bewirken an dieser Stelle eine geringe Auslenkung desselben während des weiteren Anhaltevorgangs. Diese optimale Position des Hubkolbens 9 ist im Vorfeld, beispielsweise an einem Prototypen eines bestimmten Kältemittelverdichtertyps mittels standardisierter Messmethoden ermittelbar, in dem die Beschleunigung und Auslenkung des Gehäuses, vorzugsweise parallel und senkrecht zur Kurbelwellenachse vom Zeitpunkt des Anlegen des Bremsmomentes bis zum Stillstand der Kurbelwelle ausgehend von unterschiedlichen Hubkolbenpositionen einer kompletten Kurbelwellenumdrehung gemessen wird. Es ist anzumerken, dass diese optimale Position kältemittelverdichtertypspezifisch ist und von einer Vielzahl an Betriebsparametern abhängen kann, jedenfalls am besten gemäß der Erfindung empirisch ermittelt werden kann. Die aus den Versuchen ermittelte optimale Position des Hubkolbens 9 kann in einem Speicher der elektronischen Steuereinheit 5 hinterlegt werden und das Erreichen dieser Position im Betrieb als auslösendes Ereignis für das Anlegen des Bremsmomentes herhalten. Anzumerken ist an dieser Stelle, dass die Positionsbestimmung des Kolbens bei Kältemittelverdichtern mit variabler Drehzahl aufgrund des Aufbaus des Elektromotors 4 möglich ist, aufgrund der durch die Drehung des Rotors in den einzelnen Polen des Stators induzierten Spannungen. Grundsätzlich eignen sich aber auch andere Methoden zur Bestimmung der Position des Hubkolbens 9 im Zylinder.

[0048] Messungen haben ergeben, dass auch Hubkolbenpositionen in der unmittelbaren Umgebung dieser optimalen Hubkolbenposition, etwa im Bereich +/- 25° immer noch einen geräusch- und verschleißtechnisch gegenüber herkömmlichen Kältemittelverdichtern optimierten Anhaltevorgang ermöglichen, so dass es sich bei der Position des Hubkolbens 9, bei welcher das Bremsmoment angelegt wird, auch um eine jener Positionen handeln kann, in welchen das Gehäuse 7 im Zuge des weiteren Anhaltevorgangs im Vergleich zu anderen Hubkolbenpositionen einer kompletten Umdrehung der Kurbelwelle 3 nicht mehr als 120% der geringsten Beschleunigungswerte erfährt.

[0049] Alternativ dazu entspricht die optimale Hubkolbenposition auch jener Position des Hubkolbens 9, bei welcher der Hubkolben 9 die geringste Geschwindigkeit bezogen auf eine komplette Umdrehung der Kurbelwelle 3 aufweist bzw 25° vor oder nach dieser Position. Diese

Ausführungsvariante hat den Vorteil, dass die Geschwindigkeit des Hubkolbens 9 über die Drehzahl der Kurbelwelle 3 auch während des normalen Betriebs bestimmt werden kann und dadurch jene Position, bei welcher der Hubkolben 9 die geringste Geschwindigkeit bezogen auf eine komplette Umdrehung der Kurbelwelle 3 aufweist jederzeit bestimmt werden kann.

[0050] Fig. 2 zeigt beispielhaft einen zeitlichen Verlauf der Drehzahl v der Kurbelwelle 3 bei Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Anhalten des Kältemittelverdichters 1. Zunächst befindet sich die Drehzahl v auf einem durch das Betriebssignal, korrespondierend zu einer geforderten Kühlleistung, vorgegebenen Wert v_1 (z.B. 4000 min^{-1}), der einem gewissen Betriebszustand des Kältemittelverdichters 1, entspricht. Eine tatsächliche Bestimmung der Drehzahl V ist nicht erforderlich.

[0051] Zum Zeitpunkt t_0 erlischt das Betriebssignal. Die Detektion des Erlöschens des Betriebssignals leitet nun das Anhalten des Kältemittelverdichters 1 ein. Es sei bemerkt, dass zwar im gezeigten Ausführungsbeispiel die Drehzahl v vor dem Zeitpunkt t_0 als konstant dargestellt ist, jedoch selbstverständlich auch eine variierende Drehzahl v - entsprechend einer variierenden Kühlleistungsanforderung - möglich ist.

[0052] Ab dem Zeitpunkt t_0 nimmt die Drehzahl V über die gesamte Zeitdauer τ ab. Im gezeigten Ausführungsbeispiel liegt während der Zeitdauer τ eine lineare Drehzahlabnahme vor - entsprechend einer konstanten Verringerungsrate. Die Zeitdauer τ wird vorzugsweise aus hinterlegten Tabellen ausgewählt, um dem bis unmittelbar vor dem Zeitpunkt t_0 vorliegenden Betriebszustand Rechnung zu tragen.

[0053] Auch die Verringerungsrate wird bevorzugt aus hinterlegten Tabellen entnommen, welche analog zu den Tabellen für τ gewonnen worden sind, wobei die Verringerungsrate über der Zeitdauer τ auch variieren kann.

[0054] Zeitdauer τ und die Verringerungsrate sind jedenfalls so aufeinander abgestimmt, dass ein geräusch- und verschleißtechnisch optimaler Anhaltevorgang gefahren werden kann.

[0055] Alternativ dazu kann, wie in Fig.3 dargestellt, vorgesehen sein, den Kompressor durch das zusätzliche Anlegen eines Bremsmomentes anzuhalten. Zeitdauer τ und Verringerungsrate sind dann so aufeinander abzustimmen, dass sichergestellt wird, dass das Anlegen des Bremsmomentes zu einem Zeitpunkt erfolgt, in welchem der Kompressor immer noch in einem überkritischen Zustand betrieben wird. Die darauf Einfluss habenden Betriebsparameter können in die Zeitdauer τ und/oder in die Verringerungsrate einfließen, ebenso wie durch die Wahl der Zeitdauer τ und/oder der Verringerungsrate bzw. Abstimmung derselben aufeinander geräusch- und verschleißtechnische Optimierung erfolgen kann.

[0056] Das Anlegen des Bremsmomentes erfolgt durch Ansteuerung des Elektromotors 4 durch die elektronische Steuereinheit 5 in an sich bekannter Weise, sodass dieser nach Ablauf der Zeitdauer τ ein Brems-

moment erzeugt, welchem die Kurbelwelle 3 ausgesetzt wird.

[0057] Um vorzugsweise sicherzustellen, dass die Hubkolben-Zylinder-Einheit 2 bzw. die Kurbelwelle 3 hierdurch tatsächlich zum Stillstand kommt, ohne ständig die aktuelle Drehzahl V zu messen, wird das Bremsmoment über eine bestimmte Zeitspanne Δt angelegt. Vorzugsweise wird die Zeitspanne Δt ebenfalls aus hinterlegten Tabellen ausgewählt, um den unterschiedlichsten Betriebsituationen Rechnung zu tragen. Indem die Zeitspanne Δt hinreichend lang ist, kann also garantiert werden, dass sich nach Ablauf der Zeitspanne Δt die Kurbelwelle 3 nicht mehr dreht. Typischerweise liegt die Zeitspanne Δt hierfür in einem Bereich von 0,15 s bis 0,45 s.

[0058] Fig.4 zeigt jene besonders bevorzugte Variante der Erfindung, gemäß welcher nach Ablauf der Zeitdauer τ und vor Anlegen des Bremsmomentes innerhalb einer Zeitspanne τ_1 noch die optimale Kolbenposition detektiert wird. Die Dauer dieser Zeitspanne richtet sich nach der Hubkolbenposition nach Ablauf der Zeitdauer τ und dem erforderlichen Drehwinkel der Kurbelwelle 3 bis zum Erreichen der optimalen Kolbenposition.

[0059] In Fig.2 zeigt die über der Zeitspanne Δt eingezeichnete durchgezogene Linie den Fall, dass die Kurbelwelle 3 genau mit Ablauf der Zeitspanne Δt zum Stillstand kommt. Die über der Zeitspanne Δt strichliert eingezeichnete Linie illustriert den Fall, dass die Kurbelwelle 3 bereits vor Ablauf der Zeitspanne Δt sich nicht mehr dreht. Die strichpunktierte Linie in Fig. 2 dient zur Veranschaulichung jenes - durch geeignete Wahl von Δt vermeidbaren - Falls, dass sich die Kurbelwelle 3 auch nach Ablauf der Zeitspanne Δt noch kurz weiter dreht.

[0060] Steuerungssystem für einen hermetisch gekapselten Kältemittelverdichter (1) mit einem hermetisch dichten Gehäuse (7), darin angeordnet eine Hubkolben-Zylinder-Einheit (2) mit einer Kurbelwelle (3) sowie ein Elektromotor (4) zum Antrieb der Kurbelwelle (3), das Steuerungssystem umfassend eine elektronische Steuereinheit (5) zum Betreiben des Elektromotors (4) bei Vorliegen eines Betriebssignals, vorzugsweise eines Frequenzsignals, sowie zum Detektieren des Erlöschens des Betriebssignals **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektronische Steuereinheit (5) dazu ausgelegt ist, nach der Detektion des Erlöschens des Betriebssignals über eine Zeitdauer (τ) hinweg eine Drehzahl (v) der Kurbelwelle (3) mittels des Elektromotors (4) mit einer Verringerungsrate zu verringern, wobei die Zeitdauer (τ) in Abhängigkeit des letzten Betriebssignals vor dessen Erlöschen bestimmt ist.

[0061] Steuerungssystem nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektronische Steuereinheit (5) dazu ausgelegt ist, die Bestimmung der Zeitdauer entweder durch Berechnung vorzunehmen oder durch Auswahl aus zumindest einer, vorzugsweise in einem Speicher der Steuereinheit (4) hinterlegten, Tabelle.

[0062] Steuerungssystem nach Anspruch 19 oder 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektronische Steuereinheit (5) dazu ausgelegt ist, das Betriebssignal als

Sollwert für die Drehzahl der Kurbelwelle (3) zu verarbeiten.

[0063] Steuerungssystem nach einem der Ansprüche 19 bis 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektronische Steuereinheit (5) dazu ausgelegt ist, bei der Berechnung der Zeitdauer (τ) zumindest einen weiteren Betriebsparameter zu berücksichtigen.

[0064] Steuerungssystem nach einem der Ansprüche 20 bis 22, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zumindest eine Tabelle, aus welcher die Auswahl der Zeitdauer (τ) erfolgt, Werte enthält, bei deren Erstellung zumindest ein weiterer Betriebsparameter berücksichtigt wurde.

[0065] Steuerungssystem, **dadurch gekennzeichnet, dass** es sich bei dem zumindest einen weiteren Betriebsparameter um die Temperatur des Kältemittelverdichters im Inneren des Gehäuses handelt oder um den Gasdruck des Kältemittels saugseitig oder druckseitig oder die Außentemperatur oder die Gesamtbetriebsstunden des Kältemittelverdichters.

[0066] Steuerungssystem, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektronische Steuereinheit (5) dazu ausgelegt ist, nach Ablauf der Zeitdauer (τ), vorzugsweise über den Elektromotor (4), ein auf die Kurbelwelle (3) wirkendes Bremsmoment anzulegen.

[0067] Steuerungssystem, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektronische Steuereinheit (5) dazu ausgelegt ist, die Position des Hubkolbens zu detektieren und das Bremsmoment in Abhängigkeit der Position des Hubkolbens der Hubkolben-Zylinder-Einheit (2) an die Kurbelwelle (3) anzulegen.

[0068] Steuerungssystem, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektronische Steuereinheit (5) dazu ausgelegt ist, das Bremsmoment bei einer Position des Hubkolbens (9) anzulegen, bei welcher Position das Gehäuse (7) im Zuge des weiteren Anhaltevorgangs im Vergleich zu anderen Hubkolbenpositionen einer vollständigen Umdrehung der Kurbelwelle (3) die geringsten Beschleunigungswerte, vorzugsweise parallel und senkrecht zur Kurbelwellenachse, erfährt.

[0069] Steuerungssystem, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektronische Steuereinheit (5) dazu ausgelegt ist, das Bremsmoment bei einer Position des Hubkolbens (9) anzulegen, bei welcher Position das Gehäuse (7) im Zuge des weiteren Anhaltevorgangs im Vergleich zu anderen Hubkolbenpositionen einer vollständigen Umdrehung der Kurbelwelle (3) nicht mehr als 120% der geringsten Beschleunigungswerte, vorzugsweise parallel und senkrecht zur Kurbelwellenachse, erfährt.

[0070] Steuerungssystem, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektronische Steuereinheit (5) dazu ausgelegt ist, das Bremsmoment bei einer Position des Hubkolbens (9) anzulegen, bei welcher Position der Hubkolben (9) die geringste Geschwindigkeit, bezogen auf eine komplette Umdrehung der Kurbelwelle (3) aufweist.

[0071] Steuerungssystem, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektronische Steuereinheit (5) dazu ausgelegt ist, das Bremsmoment bei einer Position des Hubkolbens (9) anzulegen, die innerhalb eines Kurbelwel-

lendrehwinkels von $\pm 25^\circ$ liegt, gemessen ab jener Position, bei welcher der Hubkolben (9) die geringste Geschwindigkeit, bezogen auf eine komplette Umdrehung der Kurbelwelle (3) aufweist.

[0072] Steuerungssystem, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektronische Steuereinheit (5) dazu ausgelegt ist, das Bremsmoment nur eine bestimmte Zeitspanne (Δt) anzulegen, die vorzugsweise zwischen 0,15 s und 0,45 s lang ist.

[0073] Steuerungssystem, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektronische Steuereinheit (5) dazu ausgelegt ist, das Bremsmoment länger anzulegen, als die Kurbelwelle (3) zum Zeitpunkt der Auslösung des Bremsmomentes für eine Umdrehung benötigen würde.

[0074] Steuerungssystem, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektronische Steuereinheit (5) dazu ausgelegt ist, die Verringerungsrate über die Zeitdauer (τ) konstant zu halten.

BEZUGSZEICHENLISTE

[0075]

| | |
|------------|---|
| 1 | Kältemittelverdichter |
| 2 | Hubkolben-Zylinder-Einheit |
| 3 | Kurbelwelle |
| 4 | Elektromotor |
| 5 | Steuereinheit |
| 6 | Stromversorgung |
| 7 | Gehäuse |
| 8 | Feder |
| 9 | Hubkolben |
| v | Drehzahl der Kurbelwelle |
| τ | Zeitdauer für Verringerungsrate |
| τ_1 | Zeitdauer zur Bestimmung der optimalen Kolbenposition |
| Δt | Zeitspanne für Wirken des Bremsmoments |
| α | Drehwinkel der Kurbelwelle |
| M_R | Reaktionsdrehmoment der Hubkolben-Zylinder-Einheit |
| t_0 | Zeitpunkt des Erlöschens eines Betriebssignals |

Patentansprüche

1. Verfahren zum Anhalten eines hermetisch gekapselten Kältemittelverdichters (1) mit einem hermetisch dichten Gehäuse (7), darin angeordnet eine eine Kurbelwelle (3) umfassende Hubkolben-Zylinder-Einheit (2) und ein die Kurbelwelle (3) antreibender Elektromotor (4), sowie eine den Elektromotor (4) steuernde Steuereinheit (5), wobei die Steuereinheit (5) den Elektromotor (4) bei Vorliegen eines Betriebssignals vorzugsweise eines Frequenzsignals, betreibt und das Erlöschen des Betriebssignals detektiert, **dadurch gekennzeichnet, dass** nach der Detektion des Erlöschens des Betriebssignals über eine Zeitdauer (τ) hinweg eine Drehzahl der Kurbel-

welle mittels des Elektromotors mit einer Verringerungsrate verringert wird, wobei die Zeitdauer (τ) in Abhängigkeit des letzten Betriebssignals vor dessen Erlöschen bestimmt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bestimmung der Zeitdauer (τ) entweder durch Berechnung erfolgt oder durch Auswahl aus zumindest einer, vorzugsweise in einem Speicher der Steuereinheit (4) hinterlegten, Tabelle.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** es sich bei dem Betriebssignal um einen Sollwert für die Drehzahl der Kurbelwelle handelt bzw. dass aus dem Betriebssignal ein Sollwert für die Drehzahl der Kurbelwelle generiert werden kann.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei der Berechnung der Zeitdauer (τ) zumindest ein weiterer Betriebsparameter berücksichtigt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zumindest eine Tabelle, aus welcher die Auswahl der Zeitdauer (τ) erfolgt, Werte enthält, bei deren Erstellung zumindest ein weiterer Betriebsparameter berücksichtigt wurde.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** es sich bei dem zumindest einen weiteren Betriebsparameter um die Temperatur des Kältemittelverdichters im Inneren des Gehäuses handelt und/oder um den Gasdruck des Kältemittels saugseitig und/oder druckseitig und/oder die Außentemperatur und/oder die Gesamtbetriebsstunden des Kältemittelverdichters.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** nach Ablauf der Zeitdauer (τ) ein Bremsmoment an die Kurbelwelle (3) angelegt wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Position des Hubkolbens detektiert wird und das Bremsmoment in Abhängigkeit der Position des Hubkolbens der Hubkolben-Zylinder-Einheit (2) an die Kurbelwelle (3) angelegt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** es sich bei der Position des Hubkolbens (9), bei welcher das Bremsmoment angelegt wird, um jene Position handelt, bei welcher das Gehäuse (7) im Zuge des weiteren Anhaltevorgangs im Vergleich zu anderen Hubkolbenpositionen einer kompletten Umdrehung der Kurbelwelle (3) die geringsten Beschleunigungswerte, vorzugsweise par-

- allel und senkrecht zur Kurbelwellenachse, erfährt.
10. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** es sich bei der Position des Hubkolbens, bei welcher das Bremsmoment angelegt wird, um eine jener Positionen handelt, in welchen das Gehäuse (7) im Zuge des weiteren Anhaltevorgangs im Vergleich zu anderen Hubkolbenpositionen einer vollständigen Umdrehung der Kurbelwelle (3) nicht mehr als 120% der geringsten Beschleunigungswerte, vorzugsweise parallel und senkrecht zur Kurbelwellenachse, erfährt.
11. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** es sich bei der Position des Hubkolbens (9), bei welcher das Bremsmoment angelegt wird, um jene Position handelt, bei welcher der Hubkolben (9) die geringste Geschwindigkeit, bezogen auf eine komplette Umdrehung der Kurbelwelle (3) aufweist.
12. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** es sich bei der Position des Hubkolbens (9), bei welcher das Bremsmoment angelegt wird, um einen Bereich innerhalb eines Kurbelwellendrehwinkels von $\pm 25^\circ$ gemessen ab jener Position handelt, bei welcher der Hubkolben (9) die geringste Geschwindigkeit, bezogen auf eine komplette Umdrehung der Kurbelwelle (3) aufweist.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kurbelwelle (3) dem Bremsmoment eine bestimmte Zeitspanne (Δt) ausgesetzt wird, die vorzugsweise zwischen 0,15 s und 0,45 s lang ist.
14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zeitspanne (Δt) aus, vorzugsweise im Speicher der Steuereinheit hinterlegten Tabellen gewählt wird.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kurbelwelle (3) dem Bremsmoment länger ausgesetzt ist, als die Kurbelwelle (3) zum Zeitpunkt der Auslösung des Bremsmomentes für eine Umdrehung benötigen würde.
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Bremsmoment mittels des Elektromotors (4) erzeugt wird.
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verringerungsrate über die Zeitdauer (τ) konstant ist.
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Betriebssignal
- von einem Gerät, vorzugsweise Haushaltsgerät generiert wird, welches mit dem Kältemittelverdichter in Wirkverbindung steht.
19. Steuerungssystem für einen hermetisch gekapselten Kältemittelverdichter mit einer elektronischen Steuereinheit (5), die ausgelegt ist, zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 18.
20. Hermetisch gekapselter Kältemittelverdichter mit einem Steuerungssystem nach Anspruch 19.
21. Gerät, vorzugsweise Haushaltsgerät, vorzugsweise Kühl- oder Gefrierschrank umfassend einen hermetisch gekapselten Kältemittelverdichter (1) nach Anspruch 20.

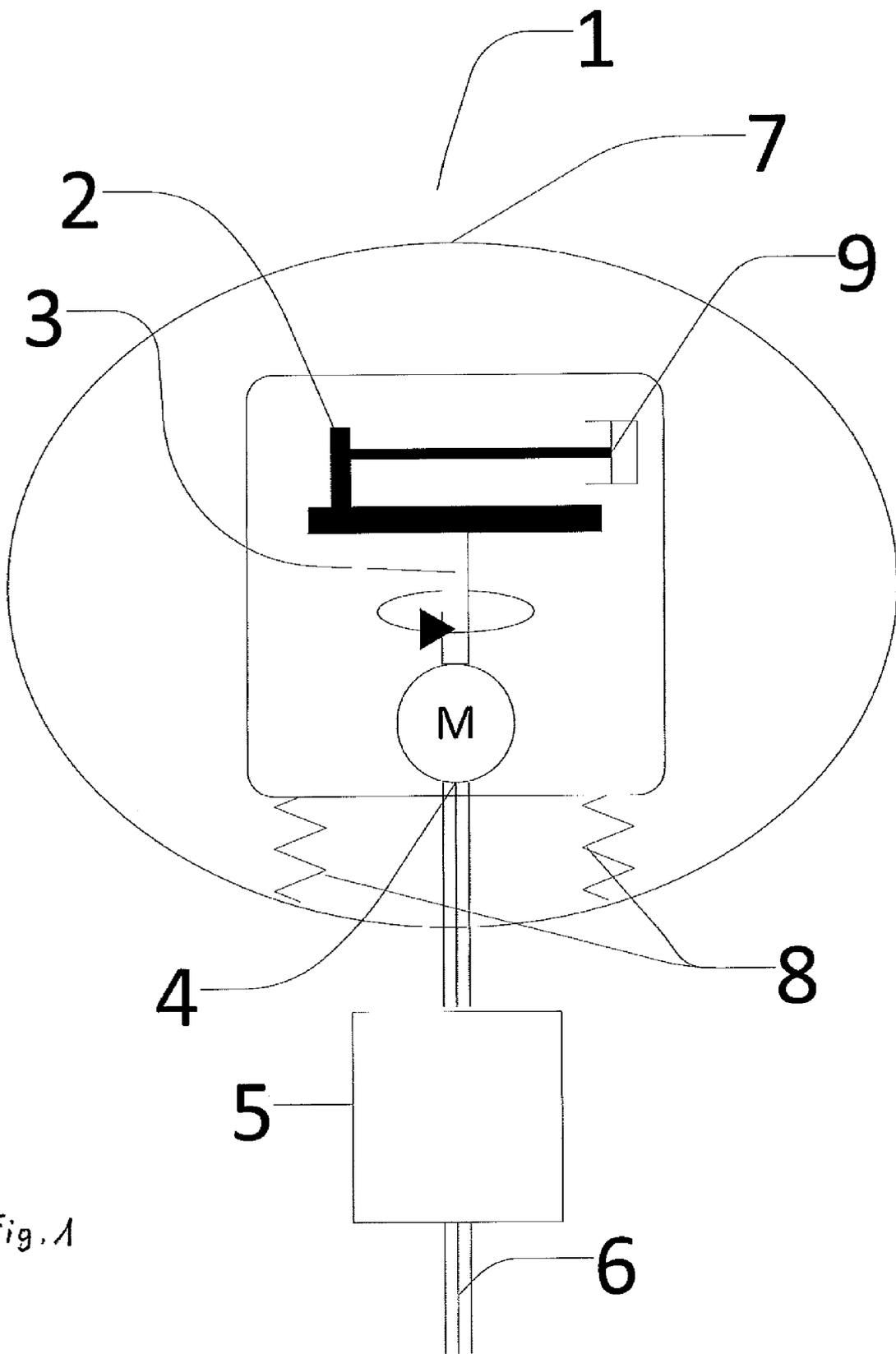


Fig. 1

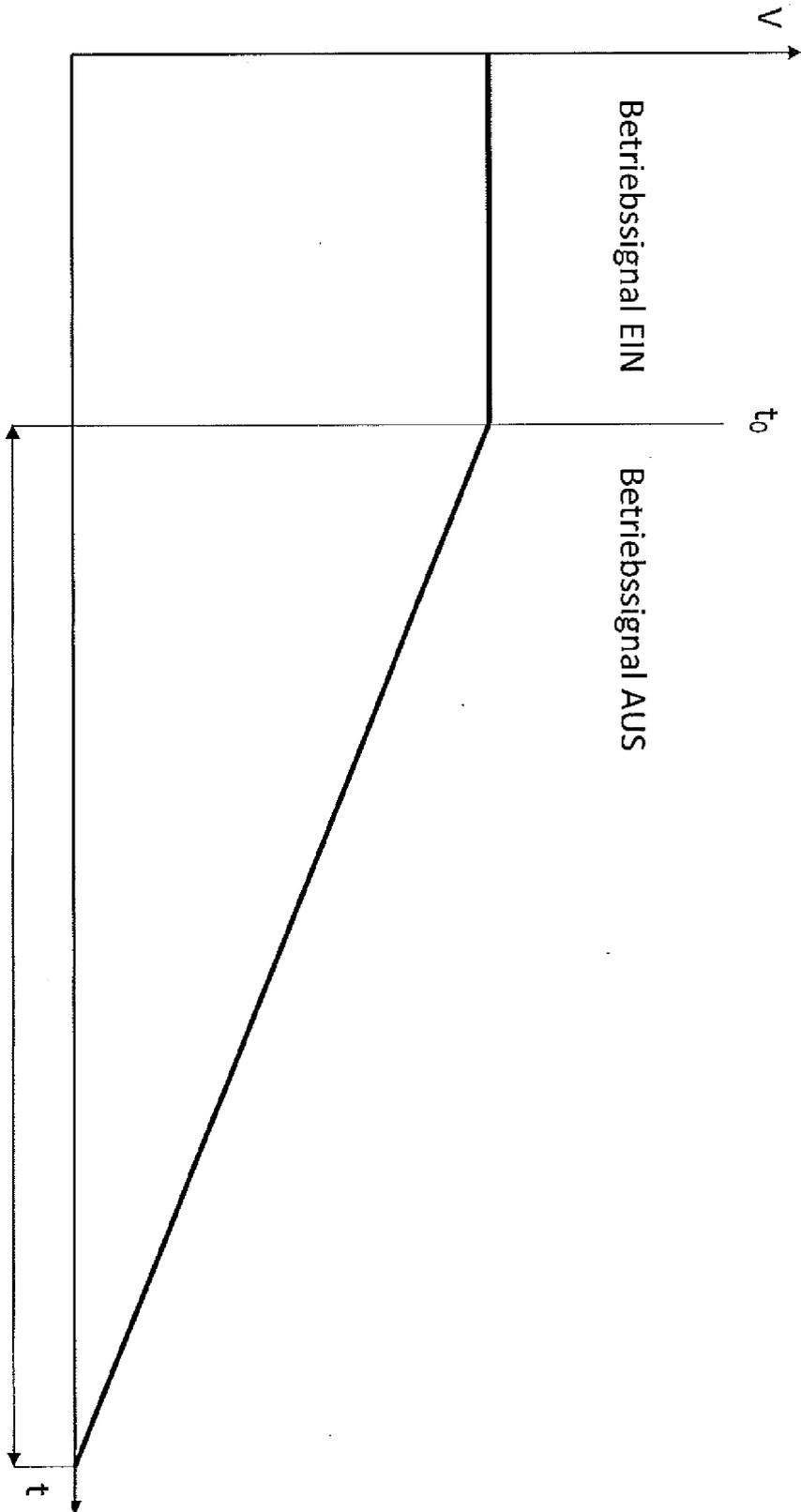


Fig. 2

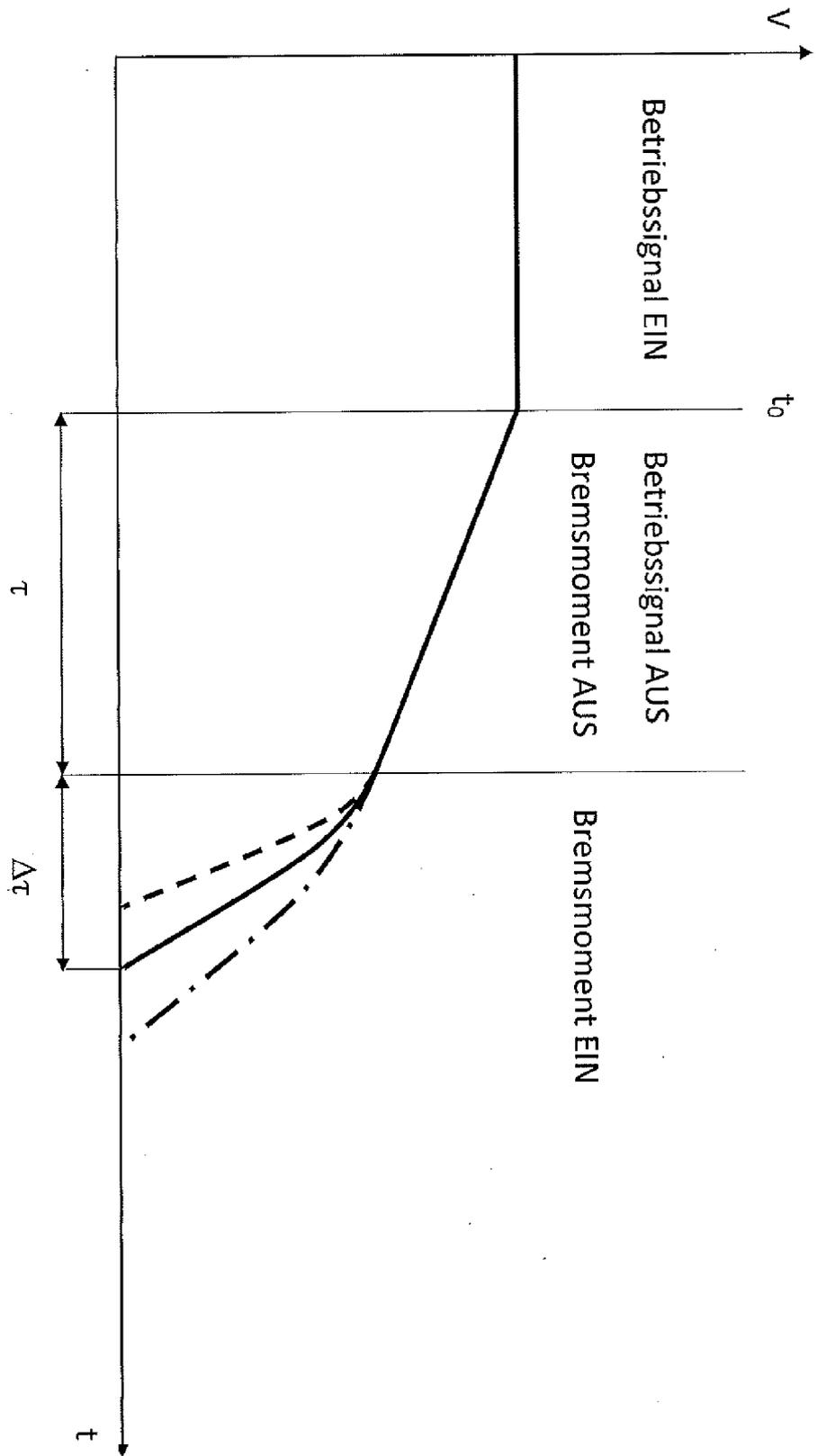


Fig. 3

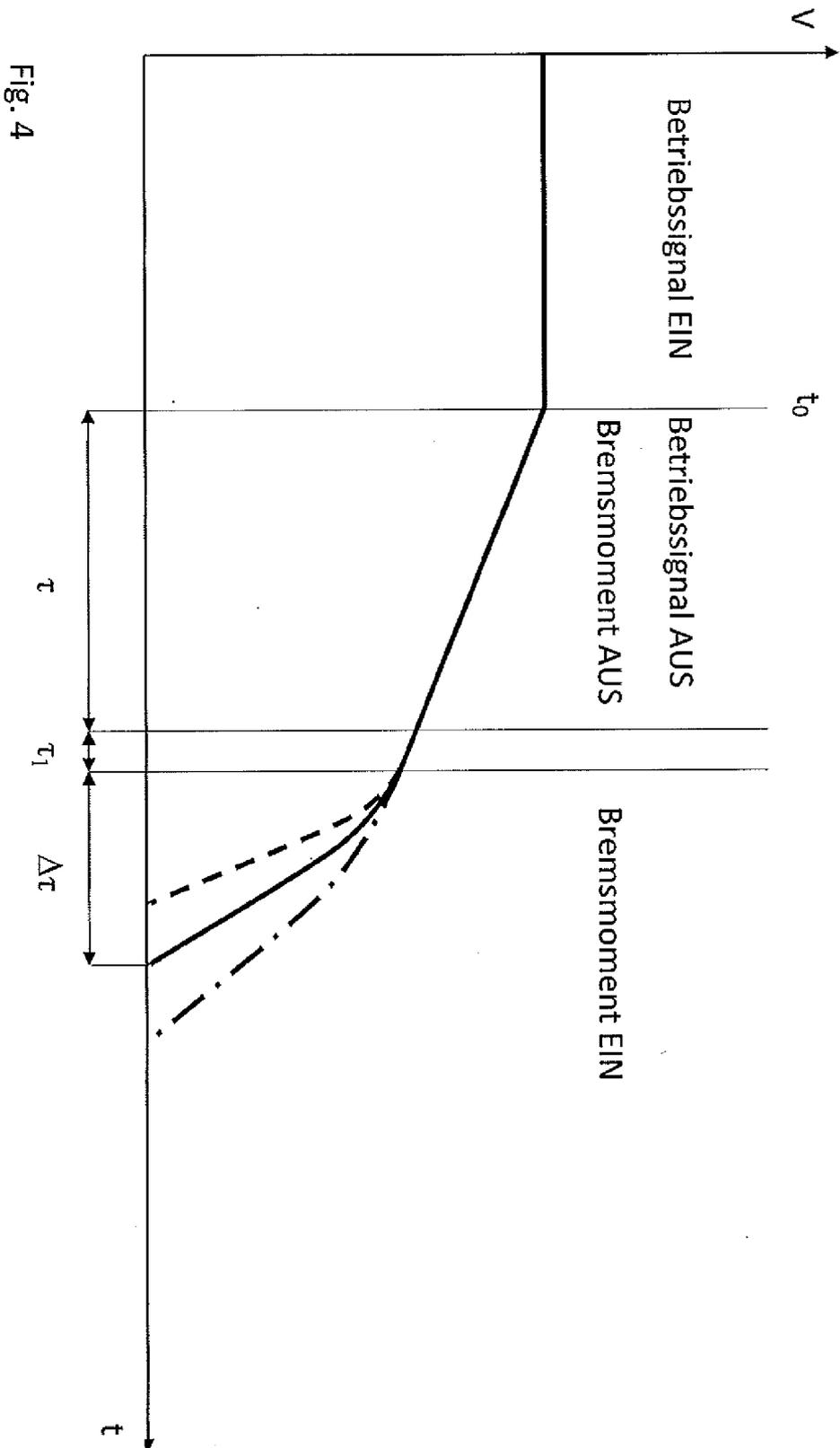
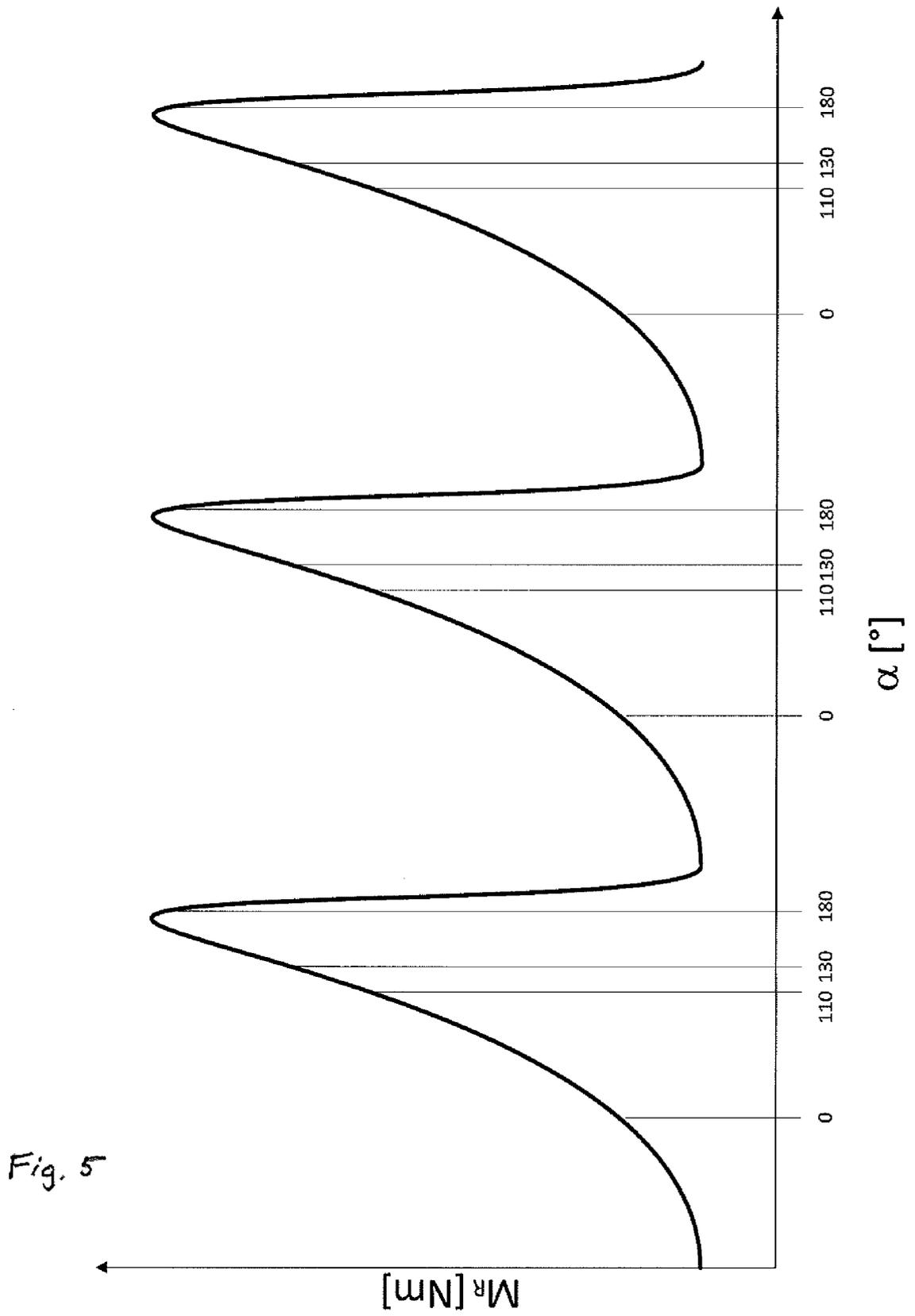


Fig. 4





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 15 15 4373

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE | | | |
|---|--|---|---|
| Kategorie | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile | Betrifft Anspruch | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC) |
| X A | US 2014/072451 A1 (WHIRLPOOL SA [BR]) 13. März 2014 (2014-03-13) * Abbildung 6 * * Absatz [0030] - Absatz [0036] * * Anspruch 1 * | 1,2,4, 18-21 3,5-17 | INV. F04B35/04 F04B39/00 F04B49/02 F04B49/06 F04B49/10 |
| A | EP 2 759 788 A1 (LG ELECTRONICS, INC. [KR]) 30. Juli 2014 (2014-07-30) * Absatz [0039] - Absatz [0055] * * Absatz [0065] - Absatz [0074] * * Ansprüche 10-12 * | 1-21 | |
| A | US 6 051 952 A (WHIRLPOOL CORPORATION [US]) 18. April 2000 (2000-04-18) * Spalte 12, Zeile 17 - Spalte 13, Zeile 12 * * Abbildungen 1-3, 9 * | 1-21 | |
| | | | RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) |
| | | | F04B |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt | | | |
| Recherchenort München | | Abschlussdatum der Recherche 23. Juli 2015 | Prüfer Grüchtel, Frank |
| KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur | | T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument | |

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 15 15 4373

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

23-07-2015

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument | Datum der Veröffentlichung | Mitglied(er) der Patentfamilie | Datum der Veröffentlichung |
|--|-------------------------------|---|--|
| US 2014072451 A1 | 13-03-2014 | KEINE | |
| EP 2759788 A1 | 30-07-2014 | CN 103967764 A EP 2759788 A1 KR 20140096871 A US 2014212266 A1 | 06-08-2014 30-07-2014 06-08-2014 31-07-2014 |
| US 6051952 A | 18-04-2000 | BR 9804758 A CN 1219018 A CN 1808888 A US 6051952 A | 09-11-1999 09-06-1999 26-07-2006 18-04-2000 |

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 2669519 A1 [0012]