

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
02. November 2017 (02.11.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2017/186259 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H02P 27/04 (2016.01) H02P 29/024 (2016.01)  
F25B 31/00 (2006.01) H02P 23/00 (2016.01)  
G06Q 50/00 (2012.01) H02P 29/032 (2016.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/059168

(22) Internationales Anmeldedatum:  
25. April 2016 (25.04.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(71) Anmelder: BITZER KÜHLMASCHINENBAU GMBH  
[DE/DE]; Eschenbrünnlestrasse 15, 71065 Sindelfingen  
(DE).

(72) Erfinder: GIBSON, John; Hüttendorfer Weg 60, 90768  
Fürth (DE). HIEBLE, Tobias; Im Vogelsang 5, 71116  
Gärtringen (DE). PFAFFL, Julian; Schwärzlocherstrasse  
44, 72070 Tübingen (DE). NILL, Jürgen; Wilhelm-Röntgen-  
Str. 18, 72116 Mössingen (DE). BREITHUTH, Fer-  
dinand; Haydnweg 2, 72076 Tübingen (DE).

(74) Anwalt: HOEGER, STELLRECHT & PARTNER PA-  
TENTANWÄLTE MBB; Uhlandstrasse 14 c, 70182 Stutt-  
gart (DE).

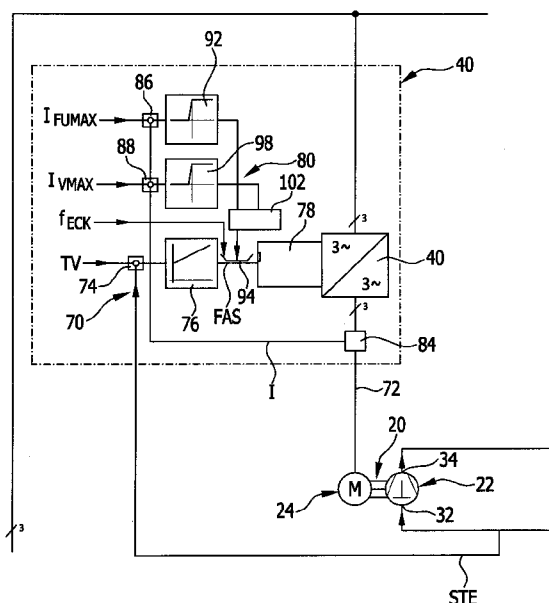
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,  
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO,  
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,  
HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ,  
LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK,  
MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA,  
PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD,  
SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT,  
TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,  
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,  
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,  
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ,  
DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT,  
LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI,  
SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN,  
GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(54) Title: METHOD FOR SELECTING A FREQUENCY CONVERTER FOR A COOLANT COMPRESSOR UNIT

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR AUSWAHL EINES FREQUENZUMRICHTERS FÜR EINE KÄLTEMITTELVERDICHTEREINHEIT

FIG.9



(57) Abstract: In order to improve a method for selecting a frequency converter for a coolant compressor unit, comprising a coolant compressor and an electric drive motor, in such a way that the frequency converter is selected in an application-optimised manner, according to the invention: a working state that is suitable for the operation of the coolant compressor unit is selected in a field of application of an application diagram of the coolant compressor; an operating frequency is selected for this selected working state; and, from drive data, a working state operating current value corresponding to the selected working state and the selected operating frequency is determined for the operation of the coolant compressor unit.

(57) Zusammenfassung: Um ein Verfahren zur Auswahl eines Frequenzumrichters für eine Kältemittelverdichtereinheit, umfassend einen Kältemittelverdichter und einen elektrischen Antriebsmotor derart zu verbessern, dass der Frequenzumrichter anwendungsoptimiert ausgewählt wird, wird vorgeschlagen, dass ein für den Betrieb der Kältemittelverdichtereinheit geeigneter Arbeitszustand in einem Einsatzfeld eines Einsatzdiagramms des Kältemittelverdichters ausgewählt wird, dass zu diesem ausgewählten Arbeitszustand eine Betriebsfrequenz ausgewählt wird und dass aus Antriebsdaten ein dem ausgewählten Arbeitszustand und der ausgewählten Betriebsfrequenz entsprechender Arbeitszustandsbetriebsstromwert für den Betrieb der Kältemittelverdichtereinheit ermittelt wird.



WO 2017/186259 A1

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

## **VERFAHREN ZUR AUSWAHL EINES FREQUENZUMRICHTERS FÜR EINE KÄLTEMITTELVERDICHTEREINHEIT**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Auswahl eines Frequenzumrichters für eine Kältemittelverdichtereinheit, umfassend einen Kältemittelverdichter und einen elektrischen Antriebsmotor.

Bislang wurden für die Kältemittelverdichtereinheiten die Frequenzumrichter stets so gewählt, dass der Frequenzumrichter die möglichen Arbeitszustände des Kältemittelverdichters nicht limitiert.

Dies hat zur Folge, dass bei den bislang bekannten Verfahren zur Auswahl des Frequenzumrichters stets Frequenzumrichter eingesetzt wurden, die unnötige Kosten verursachten.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Auswahl eines Frequenzumrichters dahingehend zu verbessern, dass der Frequenzumrichter anwendungsoptimiert ausgewählt wird.

Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs beschriebenen Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass ein für den Betrieb der Kältemittelverdichtereinheit geeigneter Arbeitszustand in einem Einsatzfeld eines Einsatzdiagramms des Kältemittelverdichters ausgewählt wird, dass zu diesem ausgewählten Arbeitszustand eine Betriebsfrequenz ausgewählt wird und dass aus Antriebsdaten ein dem ausgewählten Arbeitszustand und der ausgewählten Betriebsfrequenz entsprechender Arbeitszustandsbetriebsstromwert für den Betrieb der Kältemittelverdichtereinheit ermittelt wird.

Der Vorteil der erfindungsgemäßen Lösung ist darin zu sehen, dass mit dem Arbeitszustandsbetriebsstromwert eine Richtgröße für die Auswahl des Frequenzumrichters zur Verfügung steht, die eine einfache Bestimmung des Frequenzumrichters erlaubt beispielsweise dahingehend, dass der auszuwählende Frequenzumrichter mindestens in der Lage sein muss, einen dem Arbeitszustandsbetriebsstromwert entsprechenden Strom am Ausgang zu erzeugen.

Beispielsweise werden bei der erfindungsgemäßen Lösung die Antriebsdaten vorab, insbesondere auch kältemittelabhängig, bestimmt und insbesondere für die spätere Nutzung bei der Auswahl des Frequenzumrichters abgespeichert.

Besonders einfach lässt sich der Frequenzumrichter dann auswählen, wenn anhand des Arbeitszustandsbetriebsstromwerts aus Daten von zur Auswahl stehenden Frequenzumrichtern derjenige Frequenzumrichter ausgewählt wird, dessen Umrichtermaximalstromwert gleich oder größer ist als der Arbeitszustandsbetriebsstromwert.

Beispielsweise sind hierzu die Daten der in Frage kommenden Frequenzumrichter in einer Liste zusammengefasst, die insbesondere als gespeicherte Datei zur Verfügung steht.

Mit dieser Vorgehensweise lässt sich somit die Auswahl des geeigneten Frequenzumrichters dahingehend optimieren, dass dieser so ausgewählt wird, dass dessen Umrichtermaximalstromwert ausreichend ist, um die Kältemittelverdichtereinheit in dem ausgewählten Arbeitszustand bei der ausgewählten Betriebsfrequenz sicher zu betreiben, es wird jedoch eine unnötig große Auslegung des Frequenzumrichters vermieden, so dass der für einen sicheren Betrieb kostengünstigste Frequenzumrichter ausgewählt wird.

Ferner ist es für die Optimierung der Auswahl des Frequenzumrichters von Vorteil, wenn derjenige Frequenzumrichter ausgewählt wird, dessen Umrichtermaximalstromwert möglichst nahe bei dem Arbeitszustandsbetriebsstromwert liegt.

Damit wird sichergestellt, dass der Frequenzumrichter hinsichtlich des Umrichtermaximalstromwerts keine zu große Auslegung erfährt.

Bei einer derartigen Fokussierung der Auslegung des Frequenzumrichters hinsichtlich des Umrichtermaximalstromwerts könnte der Fall eintreten, dass der Frequenzumrichter nicht in der Lage ist, den Anlaufstromwert für die Kältemittelverdichtereinheit aufzubringen.

Aus diesem Grund ist vorzugsweise vorgesehen, dass der Frequenzumrichter so ausgewählt wird, dass dessen Umrichteranlaufmaximalstromwert gleich oder größer ist als ein Anlaufstromwert der Kältemittelverdichtereinheit.

Vorzugsweise wird hier für die Auswahl des Frequenzumrichters ein abgespeicherter Anlaufstromwert herangezogen.

Hinsichtlich der Ermittlung des Anlaufstromwerts wurden diesbezüglich keine näheren Angaben gemacht.

So sieht eine vorteilhafte Lösung vor, dass der Anlaufstromwert experimentell bestimmt wird und insbesondere danach abgespeichert wird, um für die Auswahl des Frequenzumrichters zur Verfügung zu stehen.

Damit ist sichergestellt, dass der Anlaufstromwert den realen Bedingungen der Kältemittelverdichtereinheit entspricht.

Um ferner auch die Auswahl des Frequenzumrichters im Hinblick auf den Anlaufstromwert zu optimieren ist vorzugsweise vorgesehen, dass der Frequenzumrichter so ausgewählt wird, dass dessen Umrichteranlaufmaximalstromwert möglichst nahe bei dem Anlaufstromwert liegt, so dass auch diesbezüglich keine unnötig große Dimensionierung des Frequenzumrichters im Hinblick auf den Umrichtermaximalstromwert erfolgt.

Besonders zweckmäßig ist es, wenn der Frequenzumrichter so ausgewählt wird, dass dessen Umrichtermaximalstromwert möglichst nahe bei dem höheren der Werte von Arbeitszustandbetriebsstromwert und Anlaufstromwert liegt, so dass dadurch die Auslegung des Frequenzumrichters hinsichtlich seines Umrichtermaximalstromwerts auf den ausgewählten Arbeitszustand optimiert ist.

Hinsichtlich der Antriebsdaten wurden bislang keine näheren Angaben gemacht.

Eine besonders gut die Realität abbildende Lösung sieht vor, dass die Antriebsdaten experimentell bestimmt sind.

Ferner sieht eine vorteilhafte Lösung vor, dass zu jedem Arbeitszustand der Kältemittelverdichtereinheit experimentelle Antriebsdaten für die möglichen auszuwählenden Betriebsfrequenzen hinterlegt sind.

Ferner wurden hinsichtlich der auszuwählenden Betriebsfrequenzen ebenfalls keine näheren Angaben gemacht.

So sieht eine vorteilhafte Lösung vor, dass die auszuwählende Betriebsfrequenz im Bereich von 0 Hertz bis 140 Hertz liegt.

Vorzugsweise wird die auszuwählende Betriebsfrequenz im Bereich von einer Eckfrequenz des Frequenzumrichters bis zu einer Frequenz von 140 Hertz vorzugsweise bis 90 Hertz, liegen.

Ferner wurden die Antriebsdaten selbst nicht näher spezifiziert.

So sieht eine einfach zu realisierende Vorgehensweise vor, dass die Antriebsdaten die experimentell bestimmte elektrische Leistungsaufnahme zu jedem Arbeitszustand im Einsatzfeld bei den verschiedenen Betriebsfrequenzen aufweisen.

In diesem Fall ist es insbesondere möglich, auf der Basis der experimentell ermittelten elektrischen Leistungsaufnahme bei der jeweiligen Betriebsfrequenz unter Berücksichtigung eines Ersatzschaltbilds des Antriebsmotors der Kältemittelverdichtereinheit den Arbeitszustandsbetriebsstromwert bei der ausgewählten Betriebsfrequenz rechnerisch zu ermitteln.

Die rechnerische Ermittlung des Arbeitszustandsbetriebsstromwerts erfolgt insbesondere dadurch, dass zur Ermittlung des Arbeitszustandsbetriebsstromwerts die Impedanz des Ersatzschaltbilds des Antriebsmotors berücksichtigt wird.

Ferner ist vorzugsweise vorgesehen, dass zur Ermittlung des Arbeitszustandsbetriebsstromwerts die experimentell ermittelte Leistungsaufnahme der Kältemittelverdichtereinheit mit der sich aus dem Ersatzschaltbild ergebenden Leistungsaufnahme gleichgesetzt und daraus der Schlupf ermittelt wird, so dass dadurch sämtliche Parameter für die vollständige Berechnung des Arbeitszustandsbetriebsstromwerts vorhanden sind.

Damit lässt sich insbesondere anhand des ermittelten Schlupfes und der Impedanz des Ersatzschaltbildes des Antriebsmotors der Arbeitszustandsbetriebsstromwert ermitteln.

Hinsichtlich der experimentell ermittelten abgespeicherten Antriebsdaten wurden bislang keine weiteren spezifischen Angaben gemacht.

So sieht eine vorteilhafte Lösung vor, dass die experimentell bestimmte elektrische Leistungsaufnahme jedes Arbeitszustands im Einsatzfeld bei der jeweiligen Betriebsfrequenz festgehalten, insbesondere abgespeichert, wird.

Somit ist bei der Ermittlung des Arbeitszustandsbetriebsstromwerts noch die Berechnung desselben ausgehend von der elektrischen Leistungsaufnahme erforderlich, da zu dem ausgewählten Arbeitszustand lediglich die abgespeicherte elektrische Leistungsaufnahme in einem Speicher zur Verfügung steht.

Alternativ dazu sieht eine andere vorteilhafte Lösung vor, dass die aus der experimentell ermittelten Leistungsaufnahme errechneten Arbeitszustandsbetriebsstromwerte für den jeweiligen Arbeitszustand und die jeweilige Betriebsfrequenz festgehalten, insbesondere abgespeichert, werden.

Dies heißt, dass für jeden Arbeitszustand und jede Betriebsfrequenz bereits die Arbeitszustandsbetriebsstromwerte errechnet und diese gespeichert werden, so dass bei der Auswahl des Frequenzumrichters unmittelbar auf die bereits abgespeicherten Arbeitszustandsbetriebsstromwerte zugegriffen werden kann und keine rechnerische Ermittlung derselben noch vor der Auswahl erfolgen muss.

Bei einer weiteren vorteilhaften Lösung ist vorgesehen, dass der Arbeitszustandsbetriebsstromwert für jeden Arbeitszustand und für jede Betriebsfrequenz experimentell ermittelt und festgehalten, insbesondere abgespeichert, wird.



Diese Vorgehensweise ist hinsichtlich der experimentellen Ermittlung des Arbeitszustandsbetriebsstromwerts aufwändiger, macht jedoch eine Berechnung des Arbeitszustandsbetriebsstromwerts aus der elektrischen Leistungsaufnahme und Heranziehung des Ersatzschaltbildes überflüssig und kann daher bei bestimmten Umständen oder einer bestimmten Art des Ersatzschaltbildes eine günstige Lösung darstellen.

Da das erfindungsgemäße Verfahren zur Auswahl eines Frequenzumrichters die im Einsatzfeld des Einsatzdiagramms zur Verfügung stehenden Arbeitszustände des Kältemittelverdichters einschränkt, ist vorzugsweise vorgesehen, dass auf der Basis des Umrichtermaximalstromwerts des ausgewählten Frequenzumrichter die zu diesem Umrichtermaximalstromwert gehörenden Arbeitszustände im Einsatzfeld bei einer ausgewählten Betriebsfrequenz anhand der Antriebsdaten ermittelt werden.

Diese Ermittlung der Arbeitszustände ausgehend von dem nach der Auswahl des Frequenzumrichters bestimmten Umrichtermaximalstromwerts hat den großen Vorteil, dass damit die durch die erfindungsgemäße Auswahl des Frequenzumrichters bedingten Einschränkungen des Einsatzfeldes und der im Einsatzfeld realisierbaren Arbeitszustände bestimmt werden können.

Vorzugsweise ist hierzu vorgesehen, dass die zu dem Umrichtermaximalstromwert ermittelten Arbeitszustände visuell im Einsatzdiagramm dargestellt werden.

Insbesondere ist hierzu eine übliche Visualisierungseinheit vorgesehen, die einerseits das Einsatzdiagramm und andererseits die eine Begrenzung des Einsatzfeldes im Einsatzdiagramm bildenden Arbeitszustände darstellt.

Im Zusammenhang mit der bisherigen Erläuterung der erfindungsgemäßen Lösung wird davon ausgegangen, dass für die zur Auswahl gestellten Frequenzumrichter keine weiteren Spezifikationen gelten.

Dies hat jedoch den Nachteil, dass aufgrund der Einschränkungen des Einsatzfeldes Arbeitszustände auftreten können, bei welchen der Arbeitszustandsbetriebsstromwert bei hohen Betriebsfrequenzen den Umrichter-maximalstromwert überschreitet.

Üblicherweise führt dies bei einem konventionellen Frequenzumrichter zum Übergang in den Störungsbetrieb, um den Frequenzumrichter zu schützen.

Eine besonders vorteilhafte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht jedoch vor, dass nur Frequenzumrichter zur Auswahl gestellt werden, die eine Frequenzbegrenzungseinheit umfassen, welche bei Betriebsfrequenzen oberhalb einer Eckfrequenz die Betriebsfrequenz derart begrenzt, dass der Umrichtermaximalstromwert des Frequenzumrichters nicht überschritten wird.

Eine derartige Frequenzbegrenzungseinheit hat somit den Vorteil, dass trotz der erfindungsgemäßen Auswahl des Frequenzumrichters Arbeitszustände der Kältemittelverdichtereinheit erlaubt sind, die allerdings nicht im ganzen Frequenzbereich, insbesondere nicht bei über der Eckfrequenz liegenden Betriebsfrequenzen, realisiert werden können, dass allerdings bei Realisierung derartiger Arbeitszustände der Frequenzumrichter selbst die Betriebsfrequenz derart begrenzt, dass kein Übergang in den Störungsbetrieb erfolgt.

Insbesondere ist hierzu vorgesehen, dass von der Frequenzbegrenzungseinheit der Arbeitszustandsbetriebsstromwert des Frequenzumrichters ständig erfasst wird.

In diesem Fall ist es dann insbesondere möglich, dass der Arbeitszustandsbetriebsstromwert des Frequenzumrichters mit einem Stromreferenzwert verglichen wird und die Betriebsfrequenz auf eine Grenzfrequenz begrenzt wird, die bei Erreichen des Stromreferenzwerts vorliegt.

Der Stromreferenzwert ist im einfachsten Fall unmittelbar der Umrichter-maximalstromwert.

Um jedoch auch den Fall zu erfassen, dass ein für die Kältemittelverdichtereinheit spezifisch festgelegter Verdichtermaximalbetriebsstromwert nicht überschritten wird, ist vorzugsweise vorgesehen, dass die Frequenzbegrenzungseinheit als Stromreferenzwert sowohl den Umrichter-maximalstromwert als auch den Verdichtermaximalbetriebsstromwert berücksichtigt und auf der Basis des niedrigsten der Maximalstromwerte die Grenzfrequenz ermittelt.

Damit ist sichergestellt, dass der ausgewählte Frequenzumrichter auch bei den nur bei bestimmten Betriebsfrequenzen realisierbaren Arbeitszuständen nicht in Störung geht, sondern es erlaubt, diese Arbeitszustände des Kältemittelverdichters zu realisieren, allerdings nur in einem eingeschränkten Bereich der Betriebsfrequenzen.

Darüber hinaus ist bei dem erfindungsgemäßen Verfahren noch vorgesehen, dass nur ein Frequenzumrichter zur Auswahl gestellt wird, bei welchem durch eine Spannungsanpassungseinheit ein Anstieg der Ausgangsspannung über der Betriebsfrequenz unabhängig von einer Schwankung einer Netzspannung erfolgt.

Diese Lösung hat den Vorteil, dass der ausgewählte Frequenzumrichter auch bei schwankender Netzspannung, insbesondere Schwankungen um bis zu 20 %, den für den Fluss im Antriebsmotor der Kältemittelverdichtereinheit wesentlichen Anstieg der Ausgangsspannung des Frequenzumrichters über der Betriebsfrequenz nicht verändert, sondern diesen Anstieg konstant hält.

Dies erfolgt insbesondere dadurch, dass eine Zwischenkreisspannung des Frequenzumrichters gemessen und durch einen Vergleich mit mindestens einem Referenzwert einen Spannungsverlauf der Ausgangsspannung des Frequenzumrichters korrigiert wird, um den Anstieg der Ausgangsspannung über der Betriebsfrequenz konstant zu halten.

Dabei stellt insbesondere die Zwischenkreisspannung eine für das erfindungsgemäße Verfahren günstige Spannung dar, da diese proportional zur Netzspannung ist und somit auch die Schwankungen der Netzspannung unmittelbar abbildet.

Des Weiteren betrifft die Erfindung eine Datenverarbeitungseinheit gemäß den Merkmalen der Ansprüche 28 bis 54, wobei hinsichtlich der Vorteile derselben auf die entsprechenden Ausführungen zu dem erfindungsgemäßen Verfahren Bezug genommen wird.

Ferner betrifft die Erfindung unabhängig von den vorstehend beschriebenen Lösungen oder aber auch in Kombination mit diesen eine Kältemittelverdichteranlage umfassend eine Kältemittelverdichtereinheit mit einem Kältemittelverdichter und einem elektrischen Antriebsmotor sowie umfassend einen Frequenzumrichter zum Betrieb des elektrischen Antriebsmotors, wobei der Frequenzumrichter eine Frequenzbegrenzungseinheit umfasst, welche bei Betriebsfrequenzen oberhalb einer Eckfrequenz die Betriebsfrequenz derart begrenzt, dass der Umrichtermaximalstromwert des Frequenzumrichters nicht überschritten wird.

Eine derartige Frequenzbegrenzungseinheit hat somit den Vorteil, dass bei dieser auch ohne besondere Eingriffe ein Betrieb der Kältemittelverdichteranlage bei Arbeitszuständen der Kältemittelverdichtereinheit möglich ist, die nicht im ganzen Frequenzbereich, insbesondere nicht bei allen über der

Eckfrequenz liegenden Betriebsfrequenzen, mit dem zur Verfügung stehenden Umrichtermaximalbetriebsstrom, realisiert werden können, da bei Realisierung derartiger Arbeitszustände der Frequenzumrichter selbst die Betriebsfrequenz derart begrenzt, dass kein Übergang in den Störungsbetrieb erfolgt.

Insbesondere ist hierzu vorgesehen, dass von der Frequenzbegrenzungseinheit der Arbeitszustandsbetriebsstromwert des Frequenzumrichters ständig erfasst wird.

In diesem Fall ist es dann insbesondere möglich, dass der Arbeitszustandsbetriebsstromwert des Frequenzumrichters mit einem Stromreferenzwert verglichen wird und die Betriebsfrequenz auf eine Grenzfrequenz begrenzt wird, die bei Erreichen des Stromreferenzwerts vorliegt.

Der Stromreferenzwert ist im einfachsten Fall unmittelbar der Umrichtermaximalstromwert.

Um jedoch auch den Fall zu erfassen, dass ein für die Kältemittelverdichtereinheit spezifisch festgelegter Verdichtermaximalbetriebsstromwert nicht überschritten wird, ist vorzugsweise vorgesehen, dass die Frequenzbegrenzungseinheit als Stromreferenzwert sowohl den Umrichtermaximalstromwert als auch den Verdichtermaximalbetriebsstromwert berücksichtigt und auf der Basis des niedrigsten der Maximalstromwerte die Grenzfrequenz ermittelt.

Damit ist sichergestellt, dass der ausgewählte Frequenzumrichter auch bei den nur bei bestimmten Betriebsfrequenzen realisierbaren Arbeitszuständen nicht in Störung geht, sondern es erlaubt, diese Arbeitszustände des Kältemittelverdichters zu realisieren, allerdings nur in einem eingeschränkten Bereich der Betriebsfrequenzen.

Die Erfindung betrifft ferner unabhängig von den vorstehend beschriebenen Lösungen oder aber auch in Kombination mit diesen eine Kältemittelverdichteranlage umfassend eine Kältemittelverdichtereinheit mit einem Kältemittelverdichter und einem elektrischen Antriebsmotor sowie umfassend einen Frequenzumrichter zum Betrieb des elektrischen Antriebsmotors, wobei der Frequenzumrichter eine Spannungsanpassungseinheit umfasst, die einen Anstieg der Ausgangsspannung über der Betriebsfrequenz so steuert, dass dieser unabhängig von einer Schwankung einer Netzspannung erfolgt.

Diese Lösung hat den Vorteil, dass der ausgewählte Frequenzumrichter auch bei schwankender Netzspannung, insbesondere Schwankungen um bis zu 20 %, den für den Fluss im Antriebsmotor der Kältemittelverdichtereinheit wesentlichen Anstieg der Ausgangsspannung des Frequenzumrichters über der Betriebsfrequenz nicht verändert, sondern diesen Anstieg konstant hält.

Dies erfolgt insbesondere dadurch, dass die Spannungsanpassungseinheit eine Zwischenkreisspannung des Frequenzumrichters erfasst und durch einen Vergleich mit mindestens einem Referenzwert den Anstieg der Ausgangsspannung des Frequenzumrichters bei Abweichungen von dem mindestens einen Referenzwert korrigiert, um den Anstieg der Ausgangsspannung über der Betriebsfrequenz konstant zu halten.

Dabei stellt insbesondere die Zwischenkreisspannung eine für das erfindungsgemäße Verfahren günstige Spannung dar, da diese proportional zur Netzspannung ist und somit auch die Schwankungen der Netzspannung unmittelbar abbildet.

Die Korrektur des Anstiegs der Ausgangsspannung über der Betriebsfrequenz lässt sich dann einfach realisieren, wenn die Spannungsanpassungseinheit einen Proportionalitätskorrekturfaktor erzeugt, mit welchem eine Korrektur des Anstiegs der Ausgangsspannung des Frequenzumrichters erfolgt.

Hinsichtlich der Referenzwerte wurden noch keine präzisierten Angaben gemacht.

Es hat sich als günstig erwiesen, wenn die von der Spannungsanpassungseinheit verwendeten Referenzwerte mindestens einen der Werte wie: eine Referenzfrequenz, einen Proportionalitätsfaktor und einen Zwischenkreis-spannungssollwert umfasst.

Eine zur Korrektur des Anstiegs der Ausgangsspannung vorteilhafte Lösung sieht vor, dass der Frequenzumrichter eine Frequenzumrichtersteuerung aufweist, welche auf der Basis eines Frequenzanforderungssignals ein Spannungssteuerungssignal erzeugt, welches zusätzlich zu dem Frequenzanforderungssignal einer Wechselrichterstufensteuerung einer Wechselrichterstufe des Frequenzumrichters zugeführt wird und dass die Spannungsanpassungseinheit mit der Frequenzumrichtersteuerung zur Steuerung des Anstiegs der Ausgangsspannung über der Betriebsfrequenz zusammenwirkt.

Hinsichtlich der Ausbildung der Frequenzumrichtersteuerung ist vorzugsweise vorgesehen, dass die Frequenzumrichtersteuerung ein Proportionalglied aufweist, welches auf der Basis des Frequenzanforderungssignals des Spannungssteuerungssignals das Spannungssteuerungssignal erzeugt und dass die Spannungsanpassungseinheit ein Proportionalitätsverhalten des Proportionalgliedes korrigiert.

Insbesondere ist hierbei vorgesehen, dass mit dem Proportionalitätskorrekturfaktor die Korrektur des Proportionalitätsverhaltens des Proportionalgliedes erfolgt.

Weitere Merkmale und Vorteile sind Gegenstand der nachfolgenden Beschreibung sowie der zeichnerischen Darstellung einiger Ausführungsbeispiele.

In der Zeichnung zeigen:

- Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Kältemittelkreislaufs mit einer Kältemittelverdichtereinheit, betrieben mittels eines Umrichters;
- Fig. 2 eine schematische Darstellung eines Einsatzdiagramms der Kältemittelverdichtereinheit mit einem von einer Einsatzgrenze umschlossenen Einsatzfeld, welches die erlaubten Arbeitszustände der Kältemittelverdichtereinheit festlegt;
- Fig. 3 eine Darstellung eines Verlaufs einer Ausgangsspannung des Frequenzumrichters über einer Betriebsfrequenz sowie eines Verlaufs eines Arbeitszustandsbetriebsstromwerts über der Betriebsfrequenz;
- Fig. 4 eine schematische Darstellung einer Datenverarbeitungseinheit zur optimalen Auswahl eines Frequenzumrichters entsprechend einem ersten Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Lösung;
- Fig. 5 eine Darstellung eines Ersatzschaltbildes eines Antriebsmotors der Kältemittelverdichtereinheit mit Darstellung der Gleichungen für eine Motorimpedanz, eine elektrische Leistungsaufnahme und einen Arbeitszustandsbetriebsstromwert bei einer bestimmten Betriebsfrequenz;
- Fig. 6 eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Ermittlung von Begrenzungen des Einsatzfeldes bedingt durch die erfindungsgemäße Auswahl des Frequenzumrichters gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel;



- Fig. 7 eine schematische Darstellung eines zweiten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Auswahl eines Frequenzumrichters;
- Fig. 8 eine schematische Darstellung des zweiten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Frequenzumrichters bei der Bestimmung der Einschränkungen des Einsatzfeldes;
- Fig. 9 eine schematische Darstellung eines Frequenzumrichters mit einer Frequenzbegrenzungseinheit;
- Fig. 10 eine schematische Darstellung eines Frequenzumrichters mit einer Spannungsanpasseinrichtung;
- Fig. 11 eine zeichnerische Darstellung eines Spannungssteuerungssignals für den Frequenzumrichter über der Betriebsfrequenz und
- Fig. 12 eine Darstellung von Ausgangsspannungen des Frequenzumrichters ähnlich Fig. 3 im Fall einer schwankenden Netzspannung.

Ein in Fig. 1 schematisch dargestellter Kältemittelkreislauf 10 umfasst eine Kältemittelverdichtereinheit 20, welche einen Kältemittelverdichter 22 und einen den Kältemittelverdichter 22 antreibenden elektrischen Antriebsmotor 24 aufweist, wobei der Kältemittelverdichter 22 und der Antriebsmotor 24 beispielsweise in einer Einheit integriert sein können..

Der Kältemittelverdichter 22 in dem Kältemittelkreislauf 10 verdichtet das in diesem umlaufend geführte Kältemittel, das dann im Kältemittelkreislauf 10 einer druckseitigen Wärmetauschereinheit 12 zugeführt wird, in welcher das verdichtete Kältemittel durch Abgabe von Wärme  $W$  abgekühlt wird, insbesondere kondensiert.

Das abgekühlte, insbesondere kondensierte Kältemittel wird im Kältemittelkreislauf 10 einem Expansionsorgan 14 zugeführt, in welchem das verdichtete, insbesondere kondensierte und unter Druck stehende Kältemittel expandiert und dann im Kältemittelkreislauf 10 einer Wärmetauschereinheit 16 zugeführt wird, in welcher das expandierte Kältemittel in der Lage ist, Wärme  $W$  aufzunehmen, um dadurch seine Kühlwirkung zu entfalten.

Das in der Wärmetauschereinheit 16 expandierte Kältemittel wird nachfolgend wiederum dem Kältemittelverdichter 22 zugeführt und durch den Kältemittelverdichter 22 verdichtet.

Dem Kältemittelverdichter 22 wird somit an einem Einlass 32 das expandierte Kältemittel, das bereits in der Wärmetauschereinheit 16 Wärme aufgenommen hat, bei einer Sättigungstemperatur  $STE$  zugeführt, dann im Kältemittelverdichter 22 verdichtet und tritt an einem Auslass 34 des Kältemittelverdichters mit einer Sättigungstemperatur  $STA$  aus.

Der Kältemittelverdichter 22 arbeitet konstruktions- und kältemittelbedingt beschädigungsfrei nur bei bestimmten Wertepaarungen der Sättigungstemperatur  $STE$  am Einlass 32 und der Sättigungstemperatur  $STA$  am Auslass 34 des Kältemittelverdichters 22, die durch ein in Fig. 2 dargestelltes Einsatzdiagramm 36 definiert sind, wobei in dem Einsatzdiagramm 36 auf der X-Achse die Sättigungstemperatur  $STE$  am Einlass 32 und auf der Y-Achse die Sättigungstemperatur  $STA$  am Auslass 34 aufgetragen ist.

Dabei liegen in dem insbesondere auch kältemittelbedingt vorgegebenen Einsatzdiagramm 36 alle für den Kältemittelverdichter 22 zulässigen Wertepaarungen der Sättigungstemperatur  $STE$  am Einlass 32 und der Sättigungstemperatur  $STA$  am Auslass 34 des Kältemittelverdichters 22 in einem Einsatzfeld  $EF$ , das durch eine Einsatzgrenze  $EG$  allseitig umschlossen ist.

Derartige Einsatzdiagramme für Kältemittelverdichter sind beispielsweise in dem Buch "Lexikon der Kältetechnik" von Dieter Schmidt (Hrsg Verlag C. F. Müller), erläutert, auf welches diesbezüglich Bezug genommen wird.

Die innerhalb des Einsatzfeldes EF zulässigen Wertepaarungen der Sättigungstemperatur STE vom Einlass 32 und der Sättigungstemperatur STA am Auslass 34 definieren jeweils einen Arbeitszustand AZ des Kältemittelverdichters 22, der mit dem jeweiligen Kältemittelverdichter 22 realisiert werden kann.

Jeder Arbeitszustand AZ erfordert dadurch, dass der Kältemittelverdichter 22 durch den elektrischen Antriebsmotor 24 angetrieben ist, eine bestimmte elektrische Leistungsaufnahme  $P_{AZ}$  des Antriebsmotors 24.

Der elektrische Leistungsaufnahmewert  $P_{AZ}$  des Antriebsmotors 24 ist dabei einerseits abhängig von dem jeweiligen Arbeitszustand AZ im Einsatzfeld EF und andererseits abhängig von der Drehzahl des Kältemittelverdichters 22.

Wird der Kältemittelverdichter 22 bei verschiedenen Drehzahlen mittels eines Frequenzumrichters 40 betrieben, so ist die Drehzahl des Kältemittelverdichters 22 proportional zur Betriebsfrequenz  $f$ , mit welcher der Antriebsmotor 24 durch den Frequenzumrichter 40 gespeist wird.

Somit ist jedem Arbeitszustand AZ innerhalb des Einsatzfeldes EF bei einer bestimmten Betriebsfrequenz  $f$  ein elektrischer Leistungsaufnahmewert  $P_{AZ}$  zugeordnet.

Der elektrische Leistungsaufnahmewert  $P_{AZ}$  des elektrischen Antriebsmotors 24 hängt jedoch nicht nur von dem Arbeitszustand AZ des Kältemittelverdichters 22 ab, sondern auch von dem Typ des elektrischen Antriebsmotors 24 und der Verschaltung der Wicklungen desselben mit dem Frequenzumrichter 40.

Im dargestellten Ausführungsbeispiel wird davon ausgegangen, dass der elektrische Antriebsmotor 24 ein Asynchronmotor oder auch ein Permanentmagnetmotor ist, dessen Wicklungen mit dem Frequenzumrichter 40 in Sternschaltung verschaltet sind.

Diese Verschaltung des Antriebsmotors 24 mit dem Frequenzumrichter 40 hat zur Folge, dass wie in Fig. 3 dargestellt, beim Frequenzumrichterbetrieb des Antriebsmotors 24 die vom Frequenzumrichter 40 erzeugte Ausgangsspannung  $U_{FU}$  ausgehend von der Betriebsfrequenz  $f = 0$  mit zunehmender Betriebsfrequenz  $f$  linear ansteigt, bis zum Erreichen einer Eckfrequenz  $f_{ECK}$ , ab welcher die Ausgangsspannung  $U_{FU}$  nicht mehr ansteigt, sondern ihre maximale Ausgangsspannung  $U_{FU_{MAX}}$  erreicht hat.

Bei einem weiteren Anstieg der Betriebsfrequenz  $f$  bis zu einer Maximalfrequenz  $f_{max}$  bleibt die Ausgangsspannung  $U_{FU_{MAX}}$ , mit welcher der Antriebsmotor 24 betrieben wird konstant.

Die maximale Betriebsfrequenz  $f_{max}$  des Frequenzumrichters 40 zum Betreiben des elektrischen Antriebsmotors ist einerseits bedingt durch den Aufbau des elektrischen Antriebsmotors 24 und andererseits durch den Aufbau des Kältemittelverdichters 22 und liegt üblicherweise bei Werten von 80 Hertz oder weniger während die Eckfrequenz  $f_{ECK}$  üblicherweise im Bereich zwischen 40 und 60 Hertz liegt.

Bei dieser Betriebsweise des elektrischen Antriebsmotors 24 ist der Betriebsstrom im jeweiligen Arbeitszustand AZ ebenfalls abhängig von der Betriebsfrequenz  $f$ , so dass sich Arbeitszustandsbetriebsstromwerte  $I_{AZ}$  ergeben, die zwischen der Betriebsfrequenz  $f = 0$  bis  $f_{eck}$  konstant sind, jedoch bei über der Eckfrequenz  $f_{ECK}$  liegenden Betriebsfrequenzen  $f$  weiter ansteigen, beispielsweise bis zu der maximalen Betriebsfrequenz  $f_{max}$ .

Die maximale Ausgangsspannung  $U_{FUMAX}$ , die am Ausgang des Frequenzumrichters 40 zum Betrieb des Antriebsmotors 24 zur Verfügung steht, ist dabei proportional zur Zwischenkreisspannung des Frequenzumrichters 40 und somit proportional zur Versorgungsspannung des Frequenzumrichters 40.

Wie in Fig. 2 und 3 dargestellt, ist beispielsweise der Leistungsaufnahmewert  $P_{AZ1}$  in einem Arbeitszustand AZ1 des Einsatzdiagramms 36 höher als in einem Arbeitszustand AZ2 des Einsatzdiagramms 36, was, wie in Fig. 3 dazu führt, dass die Arbeitspunktbetriebsstromwerte  $I_{AZ1}$  bei höheren Werten liegen als die Arbeitspunktbetriebsstromwerte  $I_{AZ2}$  im Arbeitszustand AZ2.

In den Fig. 2 und 3 ist somit dargestellt, dass die vom Frequenzumrichter 40 zur Verfügung gestellten Arbeitszustandsbetriebsstromwerte  $I_{AZ}$  von den Arbeitszuständen AZ abhängen und somit der Frequenzumrichter 40 je nach Arbeitszustand AZ in der Lage sein muss, unterschiedlich hohe Arbeitszustandsbetriebsstromwerte  $I_{AZ}$  zu erzeugen.

Die Kosten des Frequenzumrichters 40 hängen davon ab, welchen Umrichter-maximalstromwert  $I_{FUMAX}$  ein Frequenzumrichter 40 zur Verfügung stellen kann und sind umso höher, je größer der Umrichtermaximalstromwert  $I_{FUMAX}$  ist.

Soll nun die Auswahl des Frequenzumrichters 40 entsprechend dem vom Nutzer der Kältemittelverdichtereinheit 20 bei seiner Anwendung vorgesehenen Arbeitszustand  $AZ_s$ , der beispielsweise der Arbeitszustand AZ1 oder AZ2 sein kann, und der ausgewählten Betriebsfrequenz  $f_s$  optimiert werden, so lässt sich eine Auswahl des Frequenzumrichters 40 unter Berücksichtigung der vom Nutzer vorgesehenen Arbeitszustands  $AZ_s$  und der

Betriebsfrequenzen  $f_s$  dadurch optimieren, dass die Auswahl des Frequenzumrichters 40 unter Berücksichtigung des vorgesehenen Arbeitszustandes  $AZ_s$  und Betriebsfrequenz  $f_s$  derart erfolgt, dass der Frequenzumrichter 40 so ausgewählt wird, dass der Umrichtermaximalstromwert  $I_{FUMAX}$  größer gewählt wird als der für den ausgewählten Arbeitszustand  $AZ_s$  bei der vorgesehenen Betriebsfrequenz  $f_s$  erforderliche Arbeitszustandsbetriebsstromwert  $I_{AZf_s}$ .

Hierzu ist der Arbeitszustandsbetriebsstromwert  $I_{AZf_s}$  zu bestimmen.

Die Bestimmung des Arbeitszustandsbetriebsstromwerts  $I_{AZf_s}$  bei der jeweiligen Betriebsfrequenz  $f_s$  erfolgt, wie in Fig. 4 dargestellt, mit einer Datenverarbeitungseinheit 50, umfassend eine Eingabeeinheit 52, insbesondere kombiniert mit einer Visualisierungseinheit 53, zur Darstellung des Einsatzdiagramms 36 und zur Auswahl des Arbeitszustandes  $AZ_s$  und der Betriebsfrequenz  $f_s$ .

Hierzu arbeitet die Datenverarbeitungseinheit 50 mit experimentell bestimmten Antriebsdaten zur Charakterisierung des Antriebsmotors 24 der Kältemittelverdichtereinheit 20.

Beispielsweise ist bei einem ersten Ausführungsbeispiel vorgesehen, experimentell die Leistungsaufnahmewerte  $P_{AZ}$  für die jeweiligen Arbeitszustände  $AZ$  im Einsatzfeld  $EF$  der Kältemittelverdichtereinheit 24 bei der jeweiligen Betriebsfrequenz  $f$  zu bestimmen und in einem der Datenverarbeitungseinheit 50 zugeordneten Speicher 54 als experimentelle Leistungsaufnahmewerte  $P_{AZEXf}$  in Form eines Leistungsdatenfeldes abzulegen. Mit diesen elektrischen Leistungsaufnahmewerten  $P_{AZEXf}$  besteht dann unter Berücksichtigung des Steinmetz-Ersatzschaltbildes für den Antriebsmotor 24, dargestellt in Fig. 5 und der bekannten Widerstandswerte  $R$  und Reaktanzwerte  $X$ , die in einem der Datenverarbeitungseinheit 50 zugeordneten Speicher 56 gespeichert sind, die Möglichkeit die Impedanz  $Z$  gemäß Formel (F1) des Antriebsmotors 24 zu berechnen und dann bei Gleichsetzung des

experimentell bestimmten Leistungsaufnahmewertes  $P_{AZf_s}$  bei der ausgewählten Betriebsfrequenz  $f_s$  mit dem theoretischen Leistungsaufnahmewert  $P_{AZ}$  mit der Impedanz  $Z$ , den Schlupf  $s$  aus der Formel (F2) iterativ zu ermitteln und dann mit dem Schlupf  $s$  den Arbeitszustandsbetriebsstromwert  $I_{AZf_s}$  aus der Formel (F3) bei der jeweiligen ausgewählten Betriebsfrequenz  $f_s$  zu ermitteln.

Die in Fig. 5 dargestellten Zusammenhänge und Formeln können abhängig von den im Steinmetz-Ersatzschaltbild vorgenommenen Näherungen und Annahmen geringfügig variieren.

So ist ein Steinmetz-Ersatzschaltbild mit den dazugehörigen Formeln in dem Buch "THE PERFORMANCE AND DESIGN OF ALTERNATING CURRENT MACHINES", by M. G. SAY, THIRD EDITION, 1958, in PITMAN PAPERBACKS, 1968, SBN: 273 401998, Seite 270 ff. beschrieben.

Ein ähnliches Steinmetz-Ersatzschaltbild mit den entsprechenden Formeln ist im englischen WIKIPEDIA im Kapitel "Induction Motor", Stand 4. April 2016, und den dort genannten References zu finden.

Ausgehend von diesem Arbeitszustandsbetriebsstromwert  $I_{AZf_s}$  erfolgt nun eine Ermittlung des geeigneten Frequenzumrichters 40 dahingehend, dass der vom Frequenzumrichter 40 zur Verfügung gestellte Umrichtermaximalstromwert  $I_{FUMAX}$  größer sein muss als der für den jeweiligen Arbeitszustand AZ bei der gewählten Frequenz  $f_s$  ermittelte Arbeitszustandsbetriebsstromwert  $I_{AZf_s}$ .

Als weitere Randbedingung für den auszuwählenden Frequenzumrichter 40 wird ferner ein Anlaufstromwert  $I_{ANLEX}$  für die jeweilige Kältemittelverdichtereinheit 20 herangezogen, der ebenfalls experimentell ermittelt und in einem Speicher 58 gespeichert wurde und der gegebenenfalls größer als der Arbeitszustandsbetriebsstromwert  $I_{AZf_s}$  sein kann.

Für ein Anlaufen der Kältemittelverdichtereinheit 20 ist der Frequenzumrichter 40 überlastfähig konzipiert, so dass kurzzeitig ein Umrichteranlaufmaximalstromwert  $I_{FUANLMAX}$  zur Verfügung steht, der größer ist als der Umrichtermaximalstromwert  $I_{FUMAX}$ , beispielsweise für einen Zeitraum von 3 Sekunden 170 % des Umrichtermaximalstromwerts  $I_{FUMAX}$  betragen kann.

Somit ist für die Auswahl des Frequenzumrichters 40, schematisch dargestellt in Fig. 4, maßgebend, dass der Umrichtermaximalstromwert  $I_{FU}$  größer ist als der Arbeitszustandsbetriebsstromwert  $I_{AZfs}$  und der Umrichteranlaufmaximalstromwert  $I_{FUANLMAX}$  größer ist als der Anlaufstromwert  $I_{ANLEX}$  der Kältemittelverdichtereinheit 20, wie dies beispielsweise in Fig. 3 dargestellt ist, wobei jedoch der Umrichtermaximalstrom  $I_{FUMAX}$  und der Umrichteranlaufmaximalstrom  $I_{FUANLMAX}$  möglichst nahe bei Arbeitszustandsbetriebsstromwert  $I_{AZfs}$  und dem Anlaufstromwert  $I_{ANLEX}$  liegen sollten, um einem Frequenzumrichter mit einem möglichst kleinen Umrichtermaximalstromwert  $I_{FUMAXs}$  auszuwählen, der die kostengünstigste Lösung darstellt.

Bei einem derart ausgewählten Frequenzumrichter 40 ist aufgrund des Auswahlverfahrens sichergestellt, dass dieser in der Lage ist, die Kältemittelverdichtereinheit 20 in dem ausgewählten Arbeitszustand  $AZ_s$  zu betreiben, es ist jedoch mit einem derart ausgewählten Frequenzumrichter 40 nicht sichergestellt, dass damit der Kältemittelverdichter 22 in allen Arbeitszuständen  $AZ$  innerhalb des Einsatzfeldes  $EF$  betrieben werden kann.

Vielmehr ist durch diese Vorgehensweise und die Wahl des Frequenzumrichters 40 dergestalt, dass dieser lediglich in der Lage sein muss, den Arbeitszustandsbetriebsstrom  $I_{AZfs}$  und den Anlaufstromwert  $I_{ANLEX}$  zu liefern, das Einsatzfeld  $EF$  eingeschränkt.



Um einem Nutzer die Einschränkung des Einsatzfeldes EF aufgrund der vorgenommenen Auswahl des Frequenzumrichters 40 sichtbar zu machen, erfolgt, wie beispielsweise in Fig. 6 dargestellt, auf der Basis des Umrichter-maximalstromwerts  $I_{FUMAXs}$  des ausgewählten Frequenzumrichters 40s eine Ermittlung der zu diesem Umrichtermaximalstromwert  $I_{FUMAX}$  gehörenden Arbeitszustände AZ im Einsatzfeld EF bei der gewählten Betriebsfrequenz  $f_s$  oder auch bei anderen Betriebsfrequenzen  $f_s'$  unter Heranziehung des in Fig. 4 dargestellten Ersatzschaltbildes des Antriebsmotors 24 mit den bekannten Widerstandswerten R und den bekannten Reaktanzwerten X aus dem Speicher 56 und unter Heranziehung der in Fig. 5 dargestellten, zu dem Ersatzschaltbild des Antriebsmotors 24 gehörenden Formeln für die elektrische Leistungsaufnahme und den Arbeitszustandsbetriebsstrom  $I_{AZ}$  und unter Berücksichtigung der in dem Speicher 54 abgelegten Leistungsaufnahmewerte  $P_{AZEX}$  für die verschiedenen Arbeitszustände AZ im Einsatzfeld EF bei den jeweils ausgewählten Betriebsfrequenzen  $f_s$ .

Hierzu wird der Umrichtermaximalstromwert  $I_{FUMAXs}$  des ausgewählten Umrichters 40s für den Strom  $I_{AZfs}$  gemäß Formel F3 eingesetzt, daraus der Schlupf s bestimmt und mit der Formel F2 der Leistungsaufnahmewert  $P_{AZCAL}$  rechnerisch ermittelt und dann werden über die in Speicher 54 gespeicherten experimentellen Leistungsaufnahmewerte  $P_{AZEX}$  alle Arbeitszustände  $AZCAL(fs)$  ermittelt, die dem rechnerisch ermittelten Leistungsaufnahmewert  $P_{AZCAL}$  bei der ausgewählten Betriebsfrequenz  $f_s$  entsprechen.

Diese Summe dieser Arbeitszustände  $A_{ZCALfs}$  ergibt eine Grenzlinie  $G_{fs}$  im Einsatzdiagramm 36, wie in Fig. 2 dargestellt.

Mit dieser Berechnung ergeben sich die in Fig. 2 und Fig. 6 dargestellten Grenzlinien  $G_{fs}$  für verschiedene ausgewählte Betriebsfrequenzen  $f_s$ , beispielsweise repräsentiert die Grenzlinie  $G_{fs}$  die Grenzlinie für das Einsatzfeld EF bei der für die Auswahl des Frequenzumrichters 40 ausgewählten Betriebsfrequenz  $f_s$ , die Grenzlinie  $G_{fr}$  repräsentiert beispielsweise eine Grenzlinie für

die Begrenzung des Einsatzfeldes EF bei einer kleineren Betriebsfrequenz  $f_r$  als die ausgewählte Betriebsfrequenz  $f_s$  und die Grenzlinie  $G_{frr}$  repräsentiert beispielsweise eine Grenzlinie des Einsatzfeldes EF für eine noch kleiner gewählte Betriebsfrequenz  $f_{rr}$ , die von der Datenverarbeitungseinheit 50 auf einer Visualisierungseinheit 53 zusammen mit dem Einsatzdiagramm 36 dargestellt werden.

Damit stehen für einen Nutzer des erfindungsgemäßen Verfahrens gleichzeitig auch Informationen dafür zur Verfügung, welche Einschränkungen die Auswahl des Frequenzumrichters 40 entsprechend dem vorstehend beschriebenen Auswahlverfahren nach sich ziehen, und ein Nutzer kann überprüfen, ob diese Einschränkungen des Einsatzfeldes EF mögliche potentielle Arbeitszustände AZ, die für den Einsatz der Kältemittelverdichtereinheit 20 gegebenenfalls noch in Frage kommen könnten, damit ausgeschlossen werden oder nicht.

Bei einem zweiten Ausführungsbeispiel ist, wie in Fig. 7 dargestellt, alternativ zum ersten Ausführungsbeispiel vorgesehen, mit der Datenverarbeitungseinheit 50 zu jedem experimentell bestimmten Leistungsaufnahmewert  $P_{AZEXf}$  bei der jeweiligen Betriebsfrequenz  $f$  unter Heranziehung der gemäß Fig. 5 bekannten Widerstandswerte  $R$  und Reaktanzwerte  $X$  des Steinmetz-Ersatzschaltbildes zu jedem einzelnen Arbeitszustand AZ in der im Zusammenhang mit dem ersten Ausführungsbeispiel beschriebenen Art und Weise den Strom  $I_{AZf}$  zu ermitteln und in einem Speicher 54' abzulegen, so dass bei einer durch den Nutzer erfolgten Selektion des Arbeitszustands  $AZ_s$  und der ausgewählten Betriebsfrequenz  $f_s$  unmittelbar in dem Speicher 56 auf den entsprechenden Arbeitszustandsbetriebsstromwert  $I_{AZfs}$  zugegriffen werden kann und dieser dem ausgewählten Arbeitszustand  $AZ_s$  entsprechende Arbeitszustandsbetriebsstromwert  $I_{AZfs}$  ohne weiteren Aufwand unmittelbar ausgelesen werden kann und unter Heranziehung des experimentell bestimmten Anlaufstromwerts  $I_{ANLEX}$  die Auswahl des Frequenzumrichters 40s unter Heranziehung der im Speicher 62 gespeicherten Frequenzumrichtermaximalströme  $I_{FUMAX}$  in der im Zusammenhang bereits mit dem ersten Ausführungsbeispiel erläuterten Art und Weise beschrieben werden kann.

Desgleichen kann bei dem zweiten Ausführungsbeispiel nach Festlegung des Frequenzumrichters 40s der Frequenzumrichtermaximalstrom  $I_{FUMAXs}$  dazu herangezogen werden, im Speicher 54' die zu diesem Stromwert gehörenden Arbeitszustände  $AZCAL_{fs}$  zu ermitteln und die Summe aller dieser Arbeitszustände  $AZCAL_{fs}$  als die jeweilige Grenzlinie  $G_{fs}$  beispielsweise auf einer Visualisierungseinheit 64, wie im Zusammenhang mit dem ersten Ausführungsbeispiel beschrieben, darzustellen.

Bei einem dritten Ausführungsbeispiel ist alternativ zum ersten und zweiten Ausführungsbeispiel vorgesehen, analog zum zweiten Ausführungsbeispiel in dem Speicher 54' die Arbeitszustandsbetriebsstromwerte  $I_{AZf}$  experimentell zu bestimmen und im Speicher 54' abzulegen, so dass dann bei dem dritten Ausführungsbeispiel in ähnlicher Weise wie bei dem zweiten Ausführungsbeispiel ausgehend von den Werten im Speicher 54' die Auswahl des Frequenzumrichters 40s erfolgen kann.

Desgleichen kann die Datenverarbeitungseinheit 50 im umgekehrten Fall bei der Bestimmung der Grenzlinien  $G_{fs}$  entsprechend dem zweiten Ausführungsbeispiel vorgehen, wobei im Speicher 54' dann die experimentell bestimmten Arbeitszustandsbetriebsstromwerte  $I_{AZf}$  gespeichert sind, die dann zur Ermittlung der Grenzlinie  $G_f$  bei dem durch den ausgewählten Frequenzumrichter 40s festliegenden Umrichtermaximalstromwert  $I_{FUMAXs}$  herangezogen werden.

Die Frequenzsteuerung des eingesetzten Frequenzumrichters 40s erfolgt vorzugsweise durch eine Frequenzregleinheit 70, die einerseits die Sättigungstemperatur STE oder auch alternativ den Sättigungsdruck am Eingang 32 des Kältemittelverdichters 22 erfasst und einem Vergleichsglied 74 zuführt, an welchem andererseits ein Temperaturvorgabesignal TV anliegt.

Abhängig davon, wie groß die Abweichung der Sättigungstemperatur STE von dem Temperaturvorgabesignal TV ist, erfolgt eine Ansteuerung eines Proportionalreglers 76, welcher ein Frequenzanforderungssignal FAS erzeugt, welches einer Frequenzumrichtersteuerung 78 zugeführt wird, die dann entsprechend dem Frequenzanforderungssignal FAS die Frequenz  $f$  des Frequenzumrichters 40s vorgibt, mit welcher dann der Antriebsmotor 24 betrieben wird.

Erfolgt die Auswahl des Frequenzumrichters 40s gemäß einem der vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiele, so kann, wie in Fig. 3 dargestellt, beim Betrieb der Kältemittelverdichtereinheit 20, wie in Fig. 2 und 3 auch ein Arbeitszustand AZ3 auftreten, bei welchem der Arbeitszustandsbetriebsstrom  $I_{AZ3}$ , wie in Fig. 3 dargestellt, so hoch liegt, dass bei Frequenzen  $f$  oberhalb der Eckfrequenz  $f_{ECK}$  der Fall eintreten kann, dass bereits bei einer Grenzfrequenz  $f_L$  der Umrichtermaximalstromwert  $I_{FUMAX}$  erreicht wird, wobei die Grenzfrequenz  $f_L$  niedriger liegt als die beispielsweise für den Arbeitszustand AZ1 vorgesehene Betriebsfrequenz  $f_s$ .

Dies würde dazu führen, dass der Frequenzumrichter 40s bei üblichem Aufbau wegen Überlast abschaltet.

Aus diesem Grund ist bei einem erfindungsgemäßen Frequenzumrichter 40, wie in Fig. 9 dargestellt, eine Frequenzbegrenzungseinheit 80 vorgesehen, welche die Betriebsfrequenz  $f$  des Frequenzumrichters 40 dann, wenn diese oberhalb der Eckfrequenz  $f_{ECK}$  liegt, so begrenzt, dass der Arbeitszustandsbetriebsstromwert  $I_{AZ}$  nicht den Umrichtermaximalstromwert  $I_{FUMAXs}$  überschreitet, sondern höchstens den Umrichtermaximalstromwert  $I_{FUMAXs}$  erreicht.

Damit ist sichergestellt, dass der Frequenzumrichter 40s auch bei Arbeitszuständen, die bei Betriebsfrequenzen  $f$  oberhalb der Eckfrequenz  $f_{ECK}$  zu einem den Umrichtermaximalstromwert  $I_{FUMAX}$  überschreitenden Strom des Frequenzumrichters 40 führen könnten, kein Abschalten des Frequenzumrichters 40 erfolgt.

Die Frequenzbegrenzungseinheit 80 umfasst, wie in Fig. 9 dargestellt, einen in einer Zuleitung 72, die vom Frequenzumrichter 40s zum Antriebsmotor 24 führt, angeordneten Stromsensor 84, der den tatsächlichen Arbeitszustandsbetriebsstromwert  $I_{AZ}$  misst und einem Vergleichsglied 86 zuführt, welches den tatsächlichen Arbeitszustandsbetriebsstromwert  $I_{AZ}$  mit dem Umrichtermaximalstromwert  $I_{FUMAX}$  als vorgegebenen Wert vergleicht und das Vergleichsergebnis einem Begrenzungsregler 92, beispielsweise einen Proportionalregler, zuführt, der dann, wenn der vom Stromsensor 84 tatsächlich gemessene Arbeitszustandsbetriebsstrom  $I_{AZ}$  größer ist als der als Referenzwert dienende Umrichtermaximalstromwert  $I_{FUMAX}$  ein Frequenzbegrenzungssignal für ein auf das Frequenzanforderungssignal FAS einwirkendes Frequenzbegrenzungsglied 94 erzeugt, das eine weitere Erhöhung der Betriebsfrequenz  $f$  verhindert.

Vorzugsweise ist noch zusätzlich ein mit dem Stromsensor 84 gekoppeltes Vergleichsglied 88 vorgesehen, welches den vom Stromsensor 84 gemessenen Arbeitszustandsbetriebsstromwert  $I_{AZ}$  mit einem Verdichtermaximalbetriebsstromwert  $I_{VMAX}$  vergleicht und einen Begrenzungsregler 98, beispielsweise einen Proportionalregler, ansteuert, der dann, wenn sich der vom Stromsensor 84 gemessene tatsächliche Arbeitszustandsbetriebsstromwert  $I_{AZ}$  dem Verdichtermaximalbetriebsstromwert  $I_{VMAX}$  annähert, ebenfalls ein frequenzbegrenzendes Signal erzeugt und dieses dem Frequenzbegrenzungsglied 94 übermittelt.

Vorzugsweise werden die frequenzbegrenzenden Signale der Begrenzungsregler 92 und 98 in einem Minimierungsglied 102 miteinander verglichen und es wird jeweils das frequenzbegrenzende Signal dem Frequenzbegrenzungsglied 94 zugeleitet, welches zur der am niedrigsten liegenden Grenzfrequenz  $f_L$  führt.

Ferner wird vorzugsweise dem Frequenzbegrenzungsglied 94 noch als Referenzwert die Eckfrequenz  $f_{ECK}$  übermittelt, welche die minimale Frequenz darstellt, auf welche eine Frequenzbegrenzung durch die das Frequenzbegrenzungsglied 94 erfolgt.

Für einen optimalen Betrieb des Frequenzumrichters 40 ist der Anstieg der Ausgangsspannung  $U_{FU}$  des Frequenzumrichters 40 über der Frequenz  $f$  im Bereich von  $f = 0$  bis  $f = f_{ECK}$  von Bedeutung, da der Anstieg der Ausgangsspannung  $U_{FU}$  über der Frequenz  $f$  des Frequenzumrichters 40 maßgeblich ist für die Ausbildung des Flusses in dem Antriebsmotor 24.

So lange die maximale Ausgangsspannung  $U_{FUMAX}$  konstant ist, hat dies zur Konsequenz, dass auch die Eckfrequenz  $f_{ECK}$  konstant sein kann, so dass der Anstieg der Ausgangsspannung  $U_{FU}$  über der Frequenz  $f$  stets ebenfalls konstant ist.

Schwankt jedoch bei einem Frequenzumrichter 40s die Versorgungsspannung, beispielsweise durch ein qualitativ schlechtes Versorgungsnetz, so ist die maximale Ausgangsspannung  $U_{FUMAX}$  des Frequenzumrichters 40 an dessen Ausgang nicht konstant, so dass bei einer konstanten Eckfrequenz  $f_{ECK}$  zwangsläufig der Anstieg der Ausgangsspannung  $U_{FU}$  im Frequenzbereich zwischen  $f = 0$  bis  $f = f_{ECK}$  variieren würde.

Um auch bei nennenswerten Schwankungen des Versorgungsnetzes und somit nennenswerter Schwankung der maximalen Ausgangsspannung  $U_{FUMAX}$  des Frequenzumrichters 40 den Anstieg der Ausgangsspannung  $U_{FU}$  über der Frequenz konstant zu halten, ist es erforderlich auch entsprechend der Variation der maximalen Ausgangsspannung  $U_{FUMAX}$  die Eckfrequenz  $f_{ECK}$  zu variieren.

Ein konventioneller Frequenzumrichter 40, dargestellt in Fig. 10, umfasst eine Gleichrichterstufe 112, eine Wechselrichterstufe 114 und einen zwischen der Gleichrichterstufe 112 und der Wechselrichterstufe 114 vorgesehenen Zwischenkreis 116 mit welchem die Zwischenkreisspannung  $U_Z$  als Gleichspannung anliegt.

Die Zwischenkreisspannung  $U_Z$  ist dabei abhängig von der der Gleichrichterstufe 112 zugeführten Netzspannung  $U_N$  und schwankt proportional zur Netzspannung  $U_N$ .

Die Wechselrichterstufe 114 des Frequenzumrichters 40 wird dabei durch die Frequenzumrichtersteuerung 78 angesteuert, der das Frequenzanforderungssignal FAS zugeführt wird.

Die Frequenzumrichtersteuerung 78 erzeugt dabei auf der Basis des Frequenzanforderungssignals FAS mit Hilfe eines Proportionalgliedes 118 ein Spannungssteuerungssignal SSS, welches neben dem Frequenzanforderungssignal FAS einer Wechselrichterstufensteuerung 122 zugeführt wird, die basierend auf dem Frequenzanforderungssignal FAS und dem Spannungssteuerungssignal SSS, welches beispielsweise Prozentwerte der maximalen Ausgangsspannung  $U_{FUMAX}$  angibt, die Ausgangsspannung  $U_{FU}$  erzeugt.

Zur Anpassung an stark schwankende Netzspannungen  $U_N$  ist daher dem Frequenzumrichter 40 eine Spannungsanpasseinheit 130 zugeordnet, welche mit einer Spannungsmesseinheit 132 die Zwischenkreisspannung  $U_Z$  im Zwischenkreis 116 misst und diese Zwischenkreisspannung  $U_Z$  einem Dividierglied 134 zuführt, welchem außerdem eine Referenzfrequenz  $f_{REF}$  zugeführt wird.

Die Referenzfrequenz  $f_{REF}$  ist so bemessen, dass bei einem Soll-Wert  $U_{ZS}$  der Zwischenkreisspannung  $U_Z$  sich der für den Anstieg der Ausgangsspannung  $U_{FU}$  des Umrichters 40 über der Frequenz  $F$  erwünschte Proportionalitätsfaktor ergibt.

Das Ergebnis dieses Dividierglieds 134 wird einem weiteren Dividierglied 136 zugeführt, dem andererseits der gewünschte Proportionalitätsfaktor  $PF$  für den Anstieg der Ausgangsspannung  $U_{FU}$  des Frequenzumrichters 40 über der Betriebsfrequenz  $f$  zugeführt wird, der dem Zwischenkreisspannungssollwert  $U_{ZS}$  dividiert durch die Referenzfrequenz  $f_{REF}$  entspricht.

Das Ergebnis des zweiten Dividierglieds 136 ist ein Proportionalitätskorrekturfaktor  $PKF$ , der dann eins ist, wenn das diesem Dividierglied 136 zugeführte Ergebnis des ersten Dividierglieds 134 dem gewünschten Proportionalitätsfaktor entspricht und von 1 abweicht, wenn die Zwischenkreisspannung  $U_Z$  vom Zwischenkreisspannungssollwert  $U_{ZS}$  abweicht.

Wird nun der vom Dividierglied 136 generierte Proportionalitätskorrekturfaktor  $PKF$  dem Proportionalglied 118 zugeführt, so lässt sich über diesen das im Proportionalglied 118 vorgesehene Proportionalitätsverhalten  $PV$  zwischen der Betriebsfrequenz  $f$  des Frequenzanforderungssignals  $FAS$  und dem Spannungssteuerungssignal  $SSS$  variieren.



Wie die Proportionalität zwischen der Betriebsfrequenz  $f$  des Frequenzanforderungssignals FAS und dem Spannungssteuerungssignal SSS variiert, ist beispielsweise in Fig. 11 dargestellt.

Die Funktion der Spannungsanpassereinheit 130 ist dabei die, dass dann, wenn die Zwischenkreisspannung  $U_Z$  dem Zwischenkreisspannungssollwert  $U_{ZS}$  entspricht, wie in Fig. 11 dargestellt, die Eckfrequenz der Soll-Eckfrequenz  $f_{ECKSO}$  ist, die beispielsweise bei 50 Hertz liegt.

Weicht nun die Zwischenkreisspannung  $U_Z$  von dem Zwischenkreisspannungssollwert  $U_{ZS}$  um den Wert  $\Delta$  ab, beispielsweise zu kleineren Spannungswerten, so wird das Spannungssteuerungssignal SSS von 100 % bei niedrigeren Betriebsfrequenzen als die Soll-Eckfrequenz  $f_{ECKSO}$  erreicht.

Liegt dagegen die Zwischenkreisspannung  $U_Z$  um den Wert  $\Delta$  über dem Zwischenkreisspannungssollwert  $U_{ZS}$ , so wird das Spannungssteuerungssignal SSS von 100 % bei höheren Betriebsfrequenzen  $f$  als die Soll-Eckfrequenz  $f_{ECKSO}$  erreicht.

Dies führt, wie in Fig. 12 dargestellt, dazu dass die Eckfrequenz  $f_{ECK}$ , also die Frequenz, bei welcher die maximale Ausgangsspannung  $U_{FUMAX}$  am Ausgang des Frequenzumrichters 40 erreicht ist, variiert, und zwar entsprechend der Abweichung der Zwischenkreisspannung  $U_Z$  von dem Zwischenkreisspannungssollwert  $U_{ZS}$ , so dass auch die maximale Ausgangsspannung  $U_{FUMAX}$  des Frequenzumrichters 40 variiert.

## P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Verfahren zur Auswahl eines Frequenzumrichters (40) für eine Kältemittelverdichtereinheit (20), umfassend einen Kältemittelverdichter (22) und einen elektrischen Antriebsmotor (24),  
dadurch gekennzeichnet, dass ein für den Betrieb der Kältemittelverdichtereinheit (20) geeigneter Arbeitszustand (AZ) in einem Einsatzfeld (EF) eines Einsatzdiagramms (36) des Kältemittelverdichters (22) ausgewählt wird, dass zu diesem ausgewählten Arbeitszustand (AZ<sub>s</sub>) eine Betriebsfrequenz (f<sub>s</sub>) ausgewählt wird und dass aus Antriebsdaten ein dem ausgewählten Arbeitszustand (AZ<sub>s</sub>) und der ausgewählten Betriebsfrequenz (f<sub>s</sub>) entsprechender Arbeitszustandsbetriebsstromwert (I<sub>AZf<sub>s</sub></sub>) für den Betrieb der Kältemittelverdichtereinheit (20) ermittelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass anhand des Arbeitszustandsbetriebsstromwerts (I<sub>AZf<sub>s</sub></sub>) aus Daten (I<sub>FUMAX</sub>) von zur Auswahl stehenden Frequenzumrichtern (40) derjenige Frequenzumrichter (40s) ausgewählt wird, dessen Umrichtermaximalstromwert (I<sub>FUMAX</sub>) gleich oder größer ist als der ermittelte Arbeitszustandsbetriebsstromwert (I<sub>AZf<sub>s</sub></sub>)
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass derjenige Frequenzumrichter (40s) ausgewählt wird, dessen Umrichtermaximalstromwert (I<sub>FUMAX</sub>) möglichst nahe bei dem Arbeitszustandsbetriebsstromwert (I<sub>AZf<sub>s</sub></sub>) liegt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Frequenzumrichter (40s) so ausgewählt wird, dass dessen Umrichteranlaufmaximalstromwert (I<sub>FUANLMAX</sub>) gleich oder größer ist als ein Anlaufstromwert (I<sub>ANL</sub>) der Kältemittelverdichtereinheit (20).

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass für die Auswahl des Frequenzumrichters (40) ein abgespeicherter Anlaufstromwert ( $I_{ANL}$ ) herangezogen wird.
6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Anlaufstromwert ( $I_{ANL}$ ) experimentell bestimmt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Frequenzumrichter (40s) so ausgewählt wird, dass dessen Umrichtermaximalstromwert ( $I_{FUMAX}$ ) möglichst nahe bei dem Anlaufstromwert ( $I_{ANL}$ ) liegt.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Frequenzumrichter (40s) so ausgewählt wird, dass dessen Umrichtermaximalstromwert ( $I_{FUMAX}$ ) möglichst nahe bei dem höheren der Werte von Arbeitszustandsbetriebsstromwert ( $I_{AZfs}$ ) und Anlaufstromwert ( $I_{ANL}$ ) liegt.
9. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Antriebsdaten experimentell bestimmt sind.
10. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zu jedem Arbeitszustand (AZ) der Kältemittelverdichtereinheit (20) experimentelle Antriebsdaten für die möglichen auszuwählenden Betriebsfrequenzen (f) hinterlegt sind.
11. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die auszuwählende Betriebsfrequenz (f) im Bereich von 0 Hertz bis 140 Hertz liegt.

12. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Antriebsdaten die experimentell bestimmte Leistungsaufnahme ( $P_{AZEXf}$ ) zu jedem Arbeitszustand (AZ) im Einsatzfeld (EF) bei den verschiedenen Betriebsfrequenzen ( $f$ ) aufweisen.
13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass auf der Basis der experimentell ermittelten elektrischen Leistungsaufnahme ( $P_{AZEX}$ ) bei der jeweiligen Betriebsfrequenz ( $f$ ) unter Berücksichtigung eines Ersatzschaltbilds des Antriebsmotors (24) der Kältemittelverdichtereinheit (20) den Arbeitszustandsbetriebsstromwert ( $I_{AZfs}$ ) bei der ausgewählten Betriebsfrequenz ( $f_s$ ) rechnerisch ermittelt wird.
14. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zur Ermittlung des Arbeitszustandsbetriebsstromwerts ( $I_{AZ}$ ) die Impedanz ( $Z$ ) des Ersatzschaltbilds des Antriebsmotors (24) berücksichtigt wird.
15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass zur Ermittlung des Arbeitszustandsbetriebsstromwerts ( $I_{AZ}$ ) die experimentell ermittelte elektrische Leistungsaufnahme ( $P_{AZEX}$ ) der Kältemittelverdichtereinheit (20) mit der sich aus dem Ersatzschaltbild ergebenden Leistungsaufnahme ( $P_{AZ}$ ) gleichgesetzt und daraus der Schlupf ( $s$ ) ermittelt wird.
16. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, dass anhand des ermittelten Schlupfes ( $s$ ) und der Impedanz ( $Z$ ) des Ersatzschaltbildes des Antriebsmotors (24) der Arbeitszustandsbetriebsstromwert ( $I_{AZ}$ ) ermittelt wird.

17. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die experimentell bestimmte elektrische Leistungsaufnahme ( $P_{AZ}$ ) jedes Arbeitszustands (AZ) im Einsatzfeld (EF) bei der jeweiligen Betriebsfrequenz ( $f$ ) festgehalten, insbesondere abgespeichert, wird.
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die aus der experimentell ermittelten elektrischen Leistungsaufnahme ( $P_{AZEX}$ ) errechneten Arbeitszustandsbetriebsstromwerte ( $I_{AZf}$ ) für jeden Arbeitszustand (AZ) und für jede Betriebsfrequenz ( $f$ ) festgehalten, insbesondere abgespeichert, werden.
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass Arbeitszustandsbetriebsstromwert ( $I_{AZf}$ ) für jeden Arbeitszustand (AZ) und jede Betriebsfrequenz ( $f$ ) experimentell ermittelt und festgehalten, insbesondere abgespeichert, wird.
20. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass auf der Basis des Umrichtermaximalstromwerts ( $I_{FUMAXs}$ ) des ausgewählten Frequenzumrichters (40s) die zu diesem Umrichtermaximalstromwert ( $I_{FUMAXs}$ ) gehörenden Arbeitszustände (AZCAL) im Einsatzfeld (EF) bei einer ausgewählten Betriebsfrequenz ( $f$ ) anhand der Antriebsdaten ermittelt werden.
21. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass die zu dem Umrichtermaximalstromwert ( $I_{FUMAX}$ ) ermittelten Arbeitszustände (AZCAL) visuell im Einsatzdiagramm (36) dargestellt werden.

22. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass nur Frequenzumrichter (40) ausgewählt werden, die eine Frequenzbegrenzungseinheit (80) umfassen, welche bei Betriebsfrequenzen ( $f$ ) oberhalb einer Eckfrequenz ( $f_{ECK}$ ) die Betriebsfrequenz ( $f$ ) derart begrenzt, dass der Umrichtermaximalstromwert ( $I_{FUMAX}$ ) des Frequenzumrichters (40) nicht überschritten wird.
23. Verfahren nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass von der Frequenzbegrenzungseinheit (80) der Arbeitszustandsbetriebsstromwert ( $I_{AZ}$ ) des Frequenzumrichters (40) ständig erfasst wird.
24. Verfahren nach Anspruch 22 oder 23, dadurch gekennzeichnet, dass der Arbeitszustandsbetriebsstromwert ( $I_{AZfs}$ ) des Frequenzumrichters (40) mit einem Stromreferenzwert verglichen wird und die Betriebsfrequenz ( $f$ ) auf eine Grenzfrequenz ( $f_L$ ) begrenzt wird, die bei Erreichen des Stromreferenzwerts vorliegt.
25. Verfahren nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass die Frequenzbegrenzungseinheit (80) als Stromreferenzwert sowohl den Umrichtermaximalstromwert ( $I_{FUMAX}$ ) als auch den Verdichtermaximalbetriebsstromwert ( $I_{VMAX}$ ) berücksichtigt und auf der Basis des niedrigsten der Maximalstromwerte die Grenzfrequenz ( $f_L$ ) ermittelt.
26. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass nur ein Frequenzumrichter (40) zur Auswahl gestellt wird, bei welchem durch eine Spannungsanpassungseinheit (130) einen Anstieg der Ausgangsspannung ( $U_F$ ) über der Betriebsfrequenz ( $f$ ) unabhängig von einer Schwankung einer Netzspannung ( $U_N$ ) erfolgt.

27. Verfahren nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass eine Zwischenkreisspannung ( $U_Z$ ) des Frequenzumrichters (40) gemessen und durch einen Vergleich mit mindestens einem Referenzwert ein Spannungsverlauf der Ausgangsspannung ( $U_{FU}$ ) korrigiert wird.
28. Datenverarbeitungseinheit (50) zur Auswahl eines Frequenzumrichters (40) für eine Kältemittelverdichtereinheit (20), umfassend einen Kältemittelverdichter (22) und einen elektrischen Antriebsmotor (24), dadurch gekennzeichnet, dass die Datenverarbeitungseinheit eine Visualisierungseinheit (53) auf welcher ein für den Betrieb der Kältemittelverdichtereinheit (20) geeigneter Arbeitszustand (AZ) in einem Einsatzfeld (EF) eines Einsatzdiagramms (36) des Kältemittelverdichters (22) ausgewählt und zu diesem ausgewählten Arbeitszustand ( $AZ_s$ ) eine Betriebsfrequenz ( $f_s$ ) ausgewählt wird und dass die Datenverarbeitungseinheit (50) aus in einem Speicher (54) abgespeicherten, Antriebsdaten einen dem ausgewählten Arbeitszustand ( $AZ_s$ ) und der ausgewählten Betriebsfrequenz ( $f_s$ ) entsprechender Arbeitszustandsbetriebsstromwert ( $I_{AZf_s}$ ) für den Betrieb der Kältemittelverdichtereinheit (20) ermittelt.
29. Datenverarbeitungseinheit (50) nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass die Datenverarbeitungseinheit (50) anhand des Arbeitszustandsbetriebsstromwerts ( $I_{AZf_s}$ ) aus abgespeicherten Daten ( $I_{FUMAX}$ ) von zur Auswahl stehenden Frequenzumrichtern (40) denjenigen Frequenzumrichter (40s) auswählt, dessen Umrichtermaximalstromwert ( $I_{FUMAX}$ ) gleich oder größer ist als der ermittelte Arbeitszustandsbetriebsstromwert ( $I_{AZf_s}$ ).

30. Datenverarbeitungseinheit (50) nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, dass die Datenverarbeitungseinheit (50) denjenigen Frequenzumrichter (40s) auswählt, dessen Umrichtermaximalstromwert ( $I_{FUMAX}$ ) möglichst nahe bei dem Arbeitszustandsbetriebsstromwert ( $I_{AZfs}$ ) liegt.
31. Datenverarbeitungseinheit (52) nach einem der Ansprüche 28 bis 30, dadurch gekennzeichnet, dass die Datenverarbeitungseinheit (50) den Frequenzumrichter (40s) so auswählt, dass dessen Umrichteranlaufmaximalstromwert ( $I_{FUANLMAX}$ ) gleich oder größer ist als ein Anlaufstromwert ( $I_{ANL}$ ) der Kältemittelverdichtereinheit (20).
32. Datenverarbeitungseinheit (50) nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, dass die Datenverarbeitungseinheit (50) für die Auswahl des Frequenzumrichters (40) einen in einem Speicher (58) abgespeicherten Anlaufstromwert ( $I_{ANL}$ ) heranzieht.
33. Datenverarbeitungseinheit (50) nach Anspruch 31 oder 32, dadurch gekennzeichnet, dass der Anlaufstromwert ( $I_{ANL}$ ) experimentell bestimmt ist.
34. Datenverarbeitungseinheit (50) nach einem der Ansprüche 31 bis 33, dadurch gekennzeichnet, dass die Datenverarbeitungseinheit (50) den Frequenzumrichter (40s) so auswählt, dass dessen Umrichtermaximalstromwert ( $I_{FUMAX}$ ) möglichst nahe bei dem Anlaufstromwert ( $I_{ANL}$ ) liegt.
35. Datenverarbeitungseinheit (50) nach einem der Ansprüche 31 bis 34, dadurch gekennzeichnet, dass die Datenverarbeitungseinheit (50) den Frequenzumrichter (40s) so auswählt, dass dessen Umrichtermaximalstromwert ( $I_{FUMAX}$ ) möglichst nahe bei dem höheren der Werte von Arbeitszustandsbetriebsstromwert ( $I_{AZfs}$ ) und Anlaufstromwert ( $I_{ANL}$ ) liegt.



36. Datenverarbeitungseinheit (50) nach einem der Ansprüche 28 bis 35, dadurch gekennzeichnet, dass die Antriebsdaten experimentell bestimmt sind.
37. Datenverarbeitungseinheit (50) nach einem der Ansprüche 28 bis 36, dadurch gekennzeichnet, dass zu jedem Arbeitszustand (AZ) der Kältemittelverdichtereinheit (20) experimentelle Antriebsdaten für die möglichen auszuwählenden Betriebsfrequenzen (f) in dem Speicher (54) hinterlegt sind.
38. Datenverarbeitungseinheit (50) nach einem der Ansprüche 28 bis 37, dadurch gekennzeichnet, dass die auszuwählende Betriebsfrequenz (f) im Bereich von 0 Hertz bis 140 Hertz liegt.
39. Datenverarbeitungseinheit (50) nach einem der Ansprüche 28 bis 38, dadurch gekennzeichnet, dass die Antriebsdaten die experimentell bestimmte Leistungsaufnahme ( $P_{AZEXf}$ ) zu jedem Arbeitszustand (AZ) im Einsatzfeld (EF) bei den verschiedenen Betriebsfrequenzen (f) aufweisen.
40. Datenverarbeitungseinheit (50) nach Anspruch 39, dadurch gekennzeichnet, dass die Datenverarbeitungseinheit (50) auf der Basis der experimentell ermittelten elektrischen Leistungsaufnahme ( $P_{AZEX}$ ) bei der jeweiligen Betriebsfrequenz (f) unter Berücksichtigung eines Ersatzschaltbilds des Antriebsmotors (24) der Kältemittelverdichtereinheit (20) den Arbeitszustandsbetriebsstromwert ( $I_{AZfs}$ ) bei der ausgewählten Betriebsfrequenz ( $f_s$ ) rechnerisch ermittelt.
41. Datenverarbeitungseinheit (50) nach einem der Ansprüche 28 bis 40, dadurch gekennzeichnet, dass die Datenverarbeitungseinheit (50) zur Ermittlung des Arbeitszustandsbetriebsstromwerts ( $I_{AZ}$ ) die Impedanz (Z) des Ersatzschaltbilds des Antriebsmotors (24) berücksichtigt.

42. Datenverarbeitungseinheit (50) nach Anspruch 41, dadurch gekennzeichnet, dass die Datenverarbeitungseinheit (50) zur Ermittlung des Arbeitszustandsbetriebsstromwerts ( $I_{AZ}$ ) die experimentell ermittelte elektrische Leistungsaufnahme ( $P_{AZEX}$ ) der Kältemittelverdichtereinheit (20) mit der sich aus dem Ersatzschaltbild ergebenden Leistungsaufnahme ( $P_{AZ}$ ) gleichsetzt und daraus der Schlupf ( $s$ ) ermittelt.
43. Datenverarbeitungseinheit (50) nach Anspruch 41 oder 42, dadurch gekennzeichnet, dass die Datenverarbeitungseinheit (50) anhand des ermittelten Schlupfes ( $s$ ) und der Impedanz ( $Z$ ) des Ersatzschaltbildes des Antriebsmotors (24) der Arbeitszustandsbetriebsstromwert ( $I_{AZ}$ ) ermittelt.
44. Datenverarbeitungseinheit (50) nach einem der Ansprüche 28 bis 43, dadurch gekennzeichnet, dass die Datenverarbeitungseinheit (50) die experimentell bestimmte elektrische Leistungsaufnahme ( $P_{AZ}$ ) jedes Arbeitszustands (AZ) im Einsatzfeld (EF) bei der jeweiligen Betriebsfrequenz ( $f$ ) abspeichert.
45. Datenverarbeitungseinheit (50) nach einem der Ansprüche 28 bis 43, dadurch gekennzeichnet, dass die Datenverarbeitungseinheit (50) die aus der experimentell ermittelten elektrischen Leistungsaufnahme ( $P_{AZEX}$ ) errechneten Arbeitszustandsbetriebsstromwerte ( $I_{AZf}$ ) für jeden Arbeitszustand (AZ) und für jede Betriebsfrequenz ( $f$ ) insbesondere, abspeichert.
46. Datenverarbeitungseinheit (50) nach einem der Ansprüche 28 bis 43, dadurch gekennzeichnet, dass Arbeitszustandsbetriebsstromwert ( $I_{AZf}$ ) für jeden Arbeitszustand (AZ) und jede Betriebsfrequenz ( $f$ ) experimentell ermittelt und von der Datenverarbeitungseinheit (50) abgespeichert, wird.

47. Datenverarbeitungseinheit (50) nach einem der Ansprüche 28 bis 46, dadurch gekennzeichnet, dass die Datenverarbeitungseinheit (50) auf der Basis des Umrichtermaximalstromwerts ( $I_{FUMAXs}$ ) des ausgewählten Frequenzumrichters (40s) die zu diesem Umrichtermaximalstromwert ( $I_{FUMAXs}$ ) gehörenden Arbeitszustände (AZCAL) im Einsatzfeld (EF) bei einer ausgewählten Betriebsfrequenz ( $f$ ) anhand der Antriebsdaten ermittelt.
48. Datenverarbeitungseinheit (50) nach Anspruch 47, dadurch gekennzeichnet, dass die Datenverarbeitungseinheit (50) die zu dem Umrichtermaximalstromwert ( $I_{FUMAX}$ ) ermittelten Arbeitszustände (AZCAL) auf der Visualisierungseinheit (53) im Einsatzdiagramm (36) darstellt.
49. Datenverarbeitungseinheit (50) nach einem der Ansprüche 28 bis 48, dadurch gekennzeichnet, dass die Datenverarbeitungseinheit (50) nur Frequenzumrichter (40) ausgewählt, die eine Frequenzbegrenzungseinheit (80) umfassen, welche bei Betriebsfrequenzen ( $f$ ) oberhalb einer Eckfrequenz ( $f_{ECK}$ ) die Betriebsfrequenz ( $f$ ) derart begrenzt, dass der Umrichtermaximalstromwert ( $I_{FUMAX}$ ) des Frequenzumrichters (40) nicht überschritten wird.
50. Datenverarbeitungseinheit (50) nach Anspruch 49, dadurch gekennzeichnet, dass von der Frequenzbegrenzungseinheit (80) der Arbeitszustandsbetriebsstromwert ( $I_{AZ}$ ) des Frequenzumrichters (40) ständig erfasst wird.
51. Datenverarbeitungseinheit (50) nach Anspruch 49 oder 50, dadurch gekennzeichnet, dass der Arbeitszustandsbetriebsstromwert ( $I_{AZfs}$ ) des Frequenzumrichters (40) mit einem Stromreferenzwert verglichen wird und die Betriebsfrequenz ( $f$ ) auf eine Grenzfrequenz ( $f_L$ ) begrenzt wird, die bei Erreichen des Stromreferenzwerts vorliegt.

52. Datenverarbeitungseinheit (50) nach Anspruch 51, dadurch gekennzeichnet, dass die Frequenzbegrenzungseinheit (80) als Stromreferenzwert sowohl den Umrichtermaximalstromwert ( $I_{FUMAX}$ ) als auch den Verdichtermaximalbetriebsstromwert ( $I_{VMAX}$ ) berücksichtigt und auf der Basis des niedrigsten der Maximalstromwerte die Grenzfrequenz ( $f_L$ ) ermittelt.
53. Datenverarbeitungseinheit (50) nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass von der Datenverarbeitungseinheit (50) nur ein Frequenzumrichter (40) zur Auswahl gestellt wird, bei welchem durch eine Spannungsanpassungseinheit (130) einen Anstieg der Ausgangsspannung ( $U_F$ ) über der Betriebsfrequenz ( $f$ ) unabhängig von einer Schwankung einer Netzspannung ( $U_N$ ) erfolgt.
54. Datenverarbeitungseinheit (50) nach Anspruch 53, dadurch gekennzeichnet, dass der Frequenzumrichter (40) eine Zwischenkreisspannung ( $U_Z$ ) des Frequenzumrichters (40) gemessen und durch einen Vergleich mit mindestens einem Referenzwert ein Spannungsverlauf der Ausgangsspannung ( $U_{FU}$ ) korrigiert.
55. Kältemittelverdichteranlage umfassend eine Kältemittelverdichtereinheit (20) mit einem Kältemittelverdichter (22) und einem elektrischen Antriebsmotor (24) sowie einen Frequenzumrichter (40) zum Betreiben des elektrischen Antriebsmotors (24), dadurch gekennzeichnet, dass der Frequenzumrichter (40) eine Frequenzbegrenzungseinheit (80) umfasst, welche bei Betriebsfrequenzen ( $f$ ) oberhalb einer Eckfrequenz ( $f_{ECK}$ ) die Betriebsfrequenz ( $f$ ) derart begrenzt, dass der Umrichtermaximalstromwert ( $I_{FUMAX}$ ) des Frequenzumrichters (40) nicht überschritten wird.

56. Kältemittelverdichteranlage nach Anspruch 55, dadurch gekennzeichnet, dass von der Frequenzbegrenzungseinheit (80) der Arbeitszustandsbetriebsstromwert ( $I_{AZ}$ ) des Frequenzumrichters (40) ständig erfasst wird.
57. Kältemittelverdichteranlage nach Anspruch 55 oder 56, dadurch gekennzeichnet, dass der Arbeitszustandsbetriebsstromwert ( $I_{AZfs}$ ) des Frequenzumrichters (40) mit einem Stromreferenzwert verglichen wird und die Betriebsfrequenz ( $f$ ) auf eine Grenzfrequenz ( $f_L$ ) begrenzt wird, die bei Erreichen des Stromreferenzwerts vorliegt.
58. Kältemittelverdichteranlage nach Anspruch 57, dadurch gekennzeichnet, dass die Frequenzbegrenzungseinheit (80) als Stromreferenzwert sowohl den Umrichtermaximalstromwert ( $I_{FUMAX}$ ) als auch den Verdichtermaximalbetriebsstromwert ( $I_{VMAX}$ ) berücksichtigt und auf der Basis des niedrigsten der Maximalstromwerte die Grenzfrequenz ( $f_L$ ) ermittelt.
59. Kältemittelverdichteranlage nach dem Oberbegriff des Anspruchs 55 oder nach einem der Ansprüche 55 bis 58, dadurch gekennzeichnet, dass der Frequenzumrichter (40) eine Spannungsanpassungseinheit (130) umfasst, die einen Anstieg der Ausgangsspannung ( $U_F$ ) über der Betriebsfrequenz ( $f$ ) so steuert, dass dieser unabhängig von einer Schwankung einer Netzspannung ( $U_N$ ) erfolgt.
60. Kältemittelverdichteranlage nach Anspruch 59, dadurch gekennzeichnet, dass die Spannungsanpassungseinheit (130) eine Zwischenkreisspannung ( $U_Z$ ) des Frequenzumrichters (40) misst und durch einen Vergleich mit mindestens einem Referenzwert den Anstieg der Ausgangsspannung ( $U_{FU}$ ) korrigiert.

61. Kältemittelverdichteranlage nach Anspruch 60, dadurch gekennzeichnet, dass die Spannungsanpassungseinheit (130) einen Proportionalitätskorrekturfaktor (PKF) erzeugt, mit welchem eine Korrektur des Anstiegs der Ausgangsspannung ( $U_{FU}$ ) des Frequenzumrichters (40) erfolgt.
62. Kältemittelverdichteranlage nach Anspruch 60 oder 61, dadurch gekennzeichnet, dass die von der Spannungsanpassungseinheit (130) verwendeten Referenzwerte mindestens einen der Werte wie: eine Referenzfrequenz ( $f_{REF}$ ), einen Proportionalitätsfaktor (PF) und einen Zwischenkreisspannungswert ( $U_{ZS}$ ) umfasst.
63. Kältemittelverdichteranlage nach einem der Ansprüche 59 bis 62, dadurch gekennzeichnet, dass der Frequenzumrichter (40) eine Frequenzumrichtersteuerung (78) aufweist, welche auf der Basis eines Frequenzanforderungssignals (FAS) ein Spannungssteuerungssignal (SSS) erzeugt, welches zusätzlich zu dem Frequenzanforderungssignal (FAS) einer Wechselrichterstufensteuerung (122) einer Wechselrichterstufe (114) des Frequenzumrichters zugeführt wird und dass die Spannungsanpassungseinheit (130) mit der Frequenzumrichtersteuerung (78) zur Steuerung des Anstiegs der Ausgangsspannung ( $U_F$ ) über der Betriebsfrequenz (F) zusammenwirkt.
64. Kältemittelverdichteranlage nach Anspruch 63, dadurch gekennzeichnet, dass die Frequenzumrichtersteuerung (78) ein Proportionalglied (118) aufweist, welche auf der Basis des Frequenzanforderungssignals (FAS) das Spannungssteuerungssignal (SSS) erzeugt und dass die Spannungsanpassungseinheit (130) ein Proportionalitätsverhalten des Proportionalglieds (118) korrigiert.

65. Kältemittelverdichteranlage nach Anspruch 64, dadurch gekennzeichnet, dass mit dem Proportionalitätskorrekturfaktor (PKF) die Korrektur des Proportionalitätsverhaltens (PV) des Proportionalglieds (118) erfolgt.

FIG.1

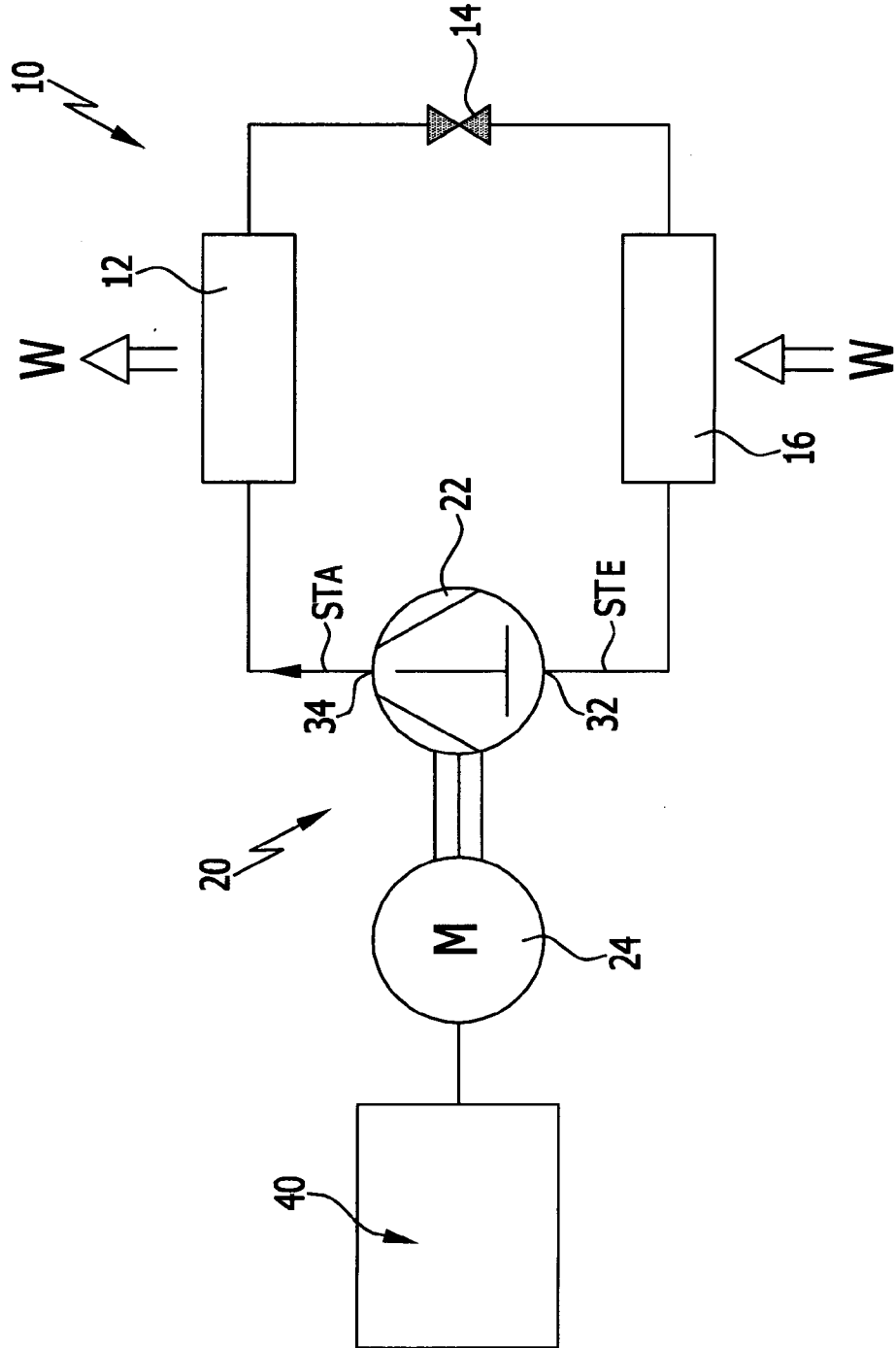
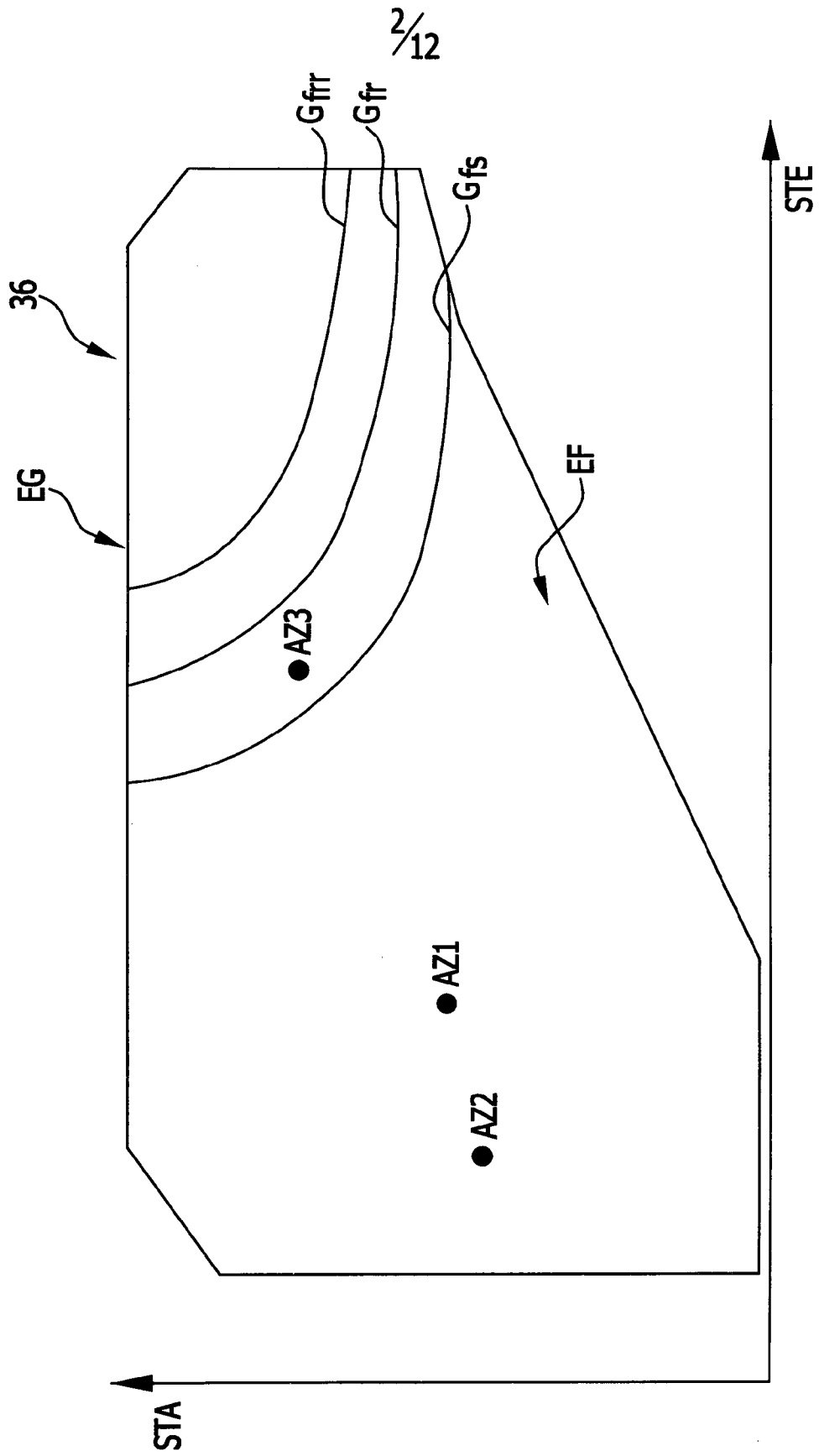




FIG.2





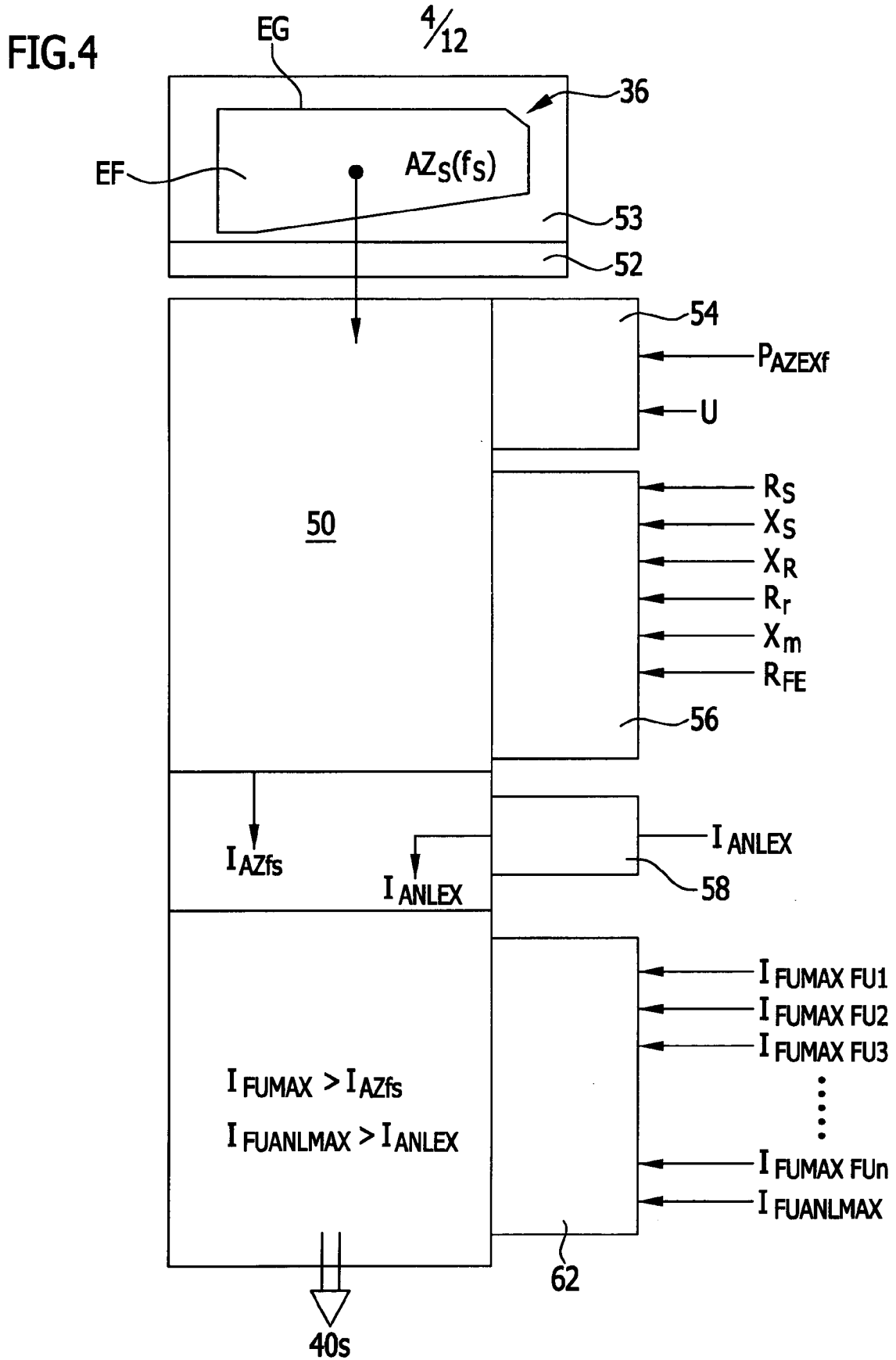
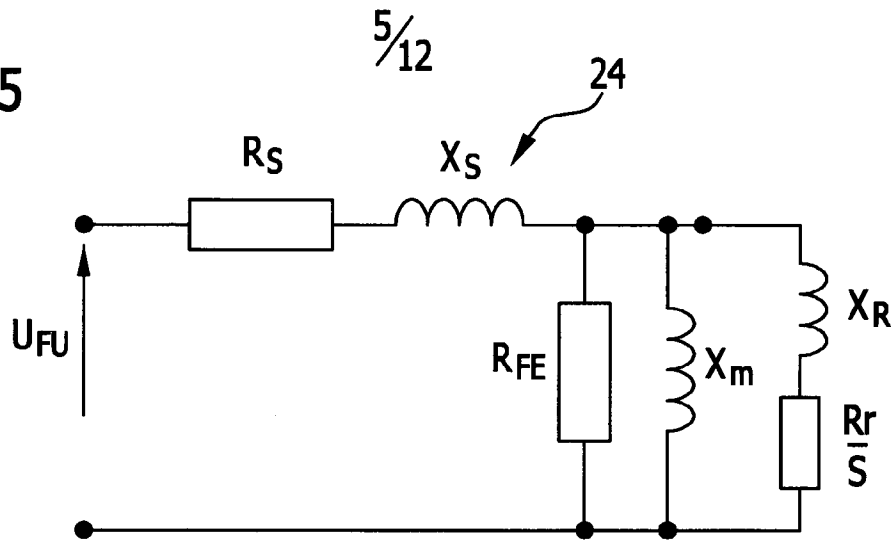


FIG.5



$U_{FU}$  = Ausgangsspannung des Frequenzumrichters

$R_S$  = Statorwiderstand

$X_S$  = Statorreaktanzen

$X_S$  = Rotorreaktanzen

$R_r$  = Rotorwiderstand

$X_m$  = Magnetisierungsreaktanzen

$R_{FE}$  = Eisenwiderstand

$S$  = Schlupf

$Z$  = Motorimpedanz

$$Z = R_S + jX_S + \frac{\frac{(jX_m \cdot R_{FE})}{(jX_m + R_{FE})} (jX_R + \frac{R_r}{S})}{\frac{(jX_m \cdot R_{FE})}{(jX_m + R_{FE})} + jX_R + \frac{R_r}{S}} \quad (F1)$$

$$P_{AZEXfs} = P_{AZ} = U_{FU} \cdot I_{AZ} \cdot \sqrt{3} \arctan \frac{\text{Im}(Z)}{\text{Re}(Z)} \quad (F2)$$

$$P_{AZfs} = \frac{U_{FU}}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{\sqrt{\text{Im}(Z)^2 + \text{Re}(Z)^2}} \quad (F3)$$

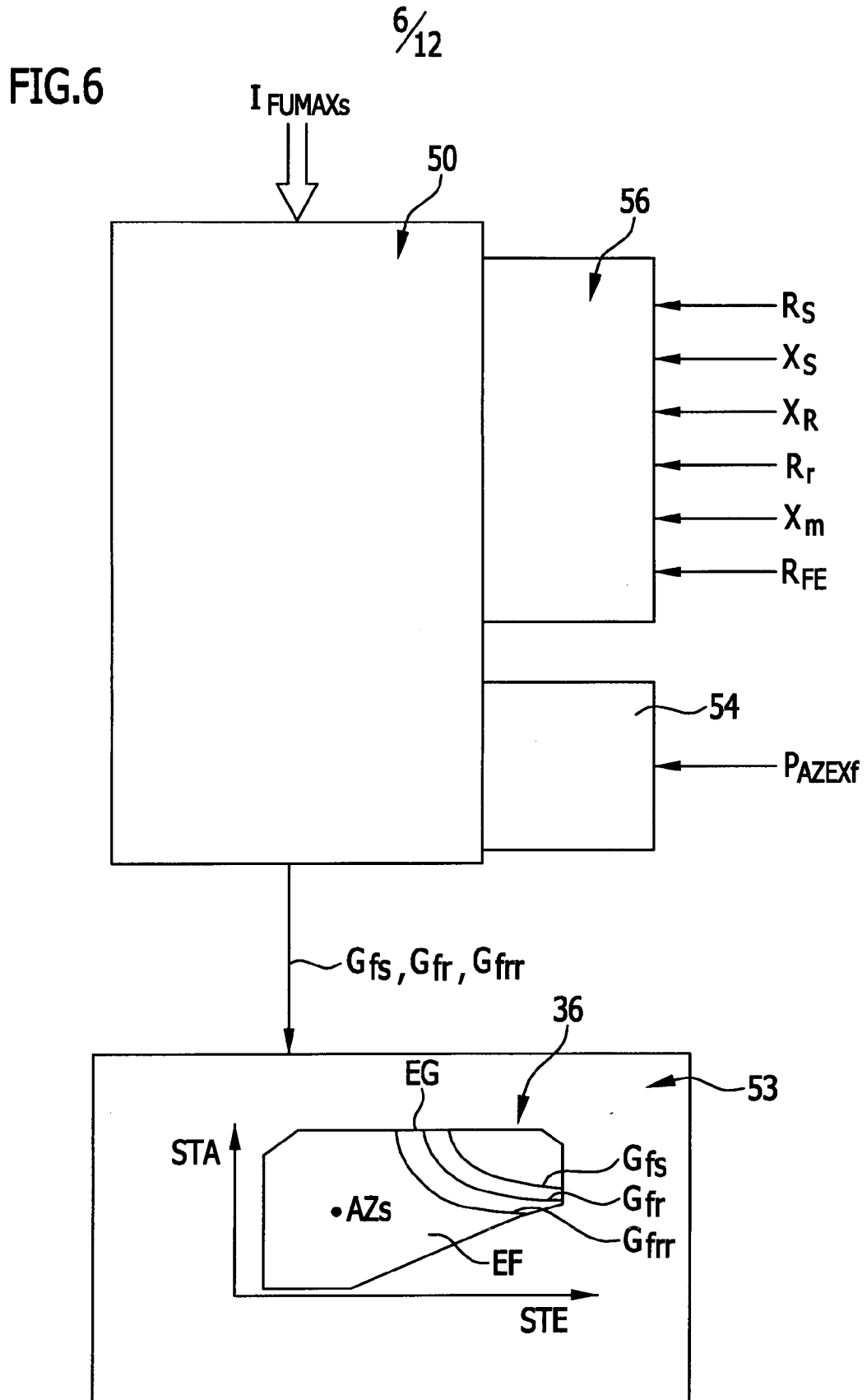
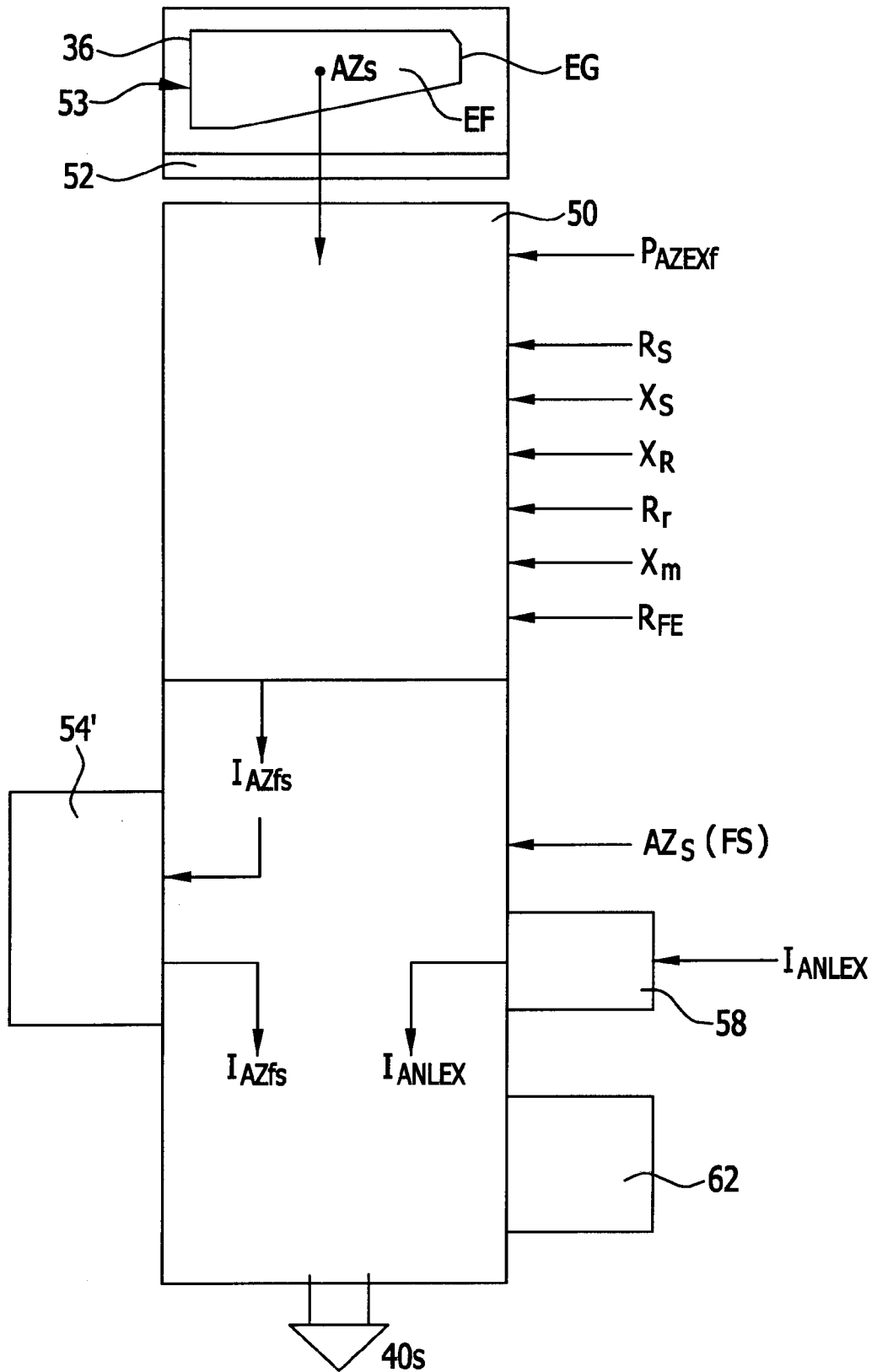


FIG.7

7/12



8/12

FIG.8

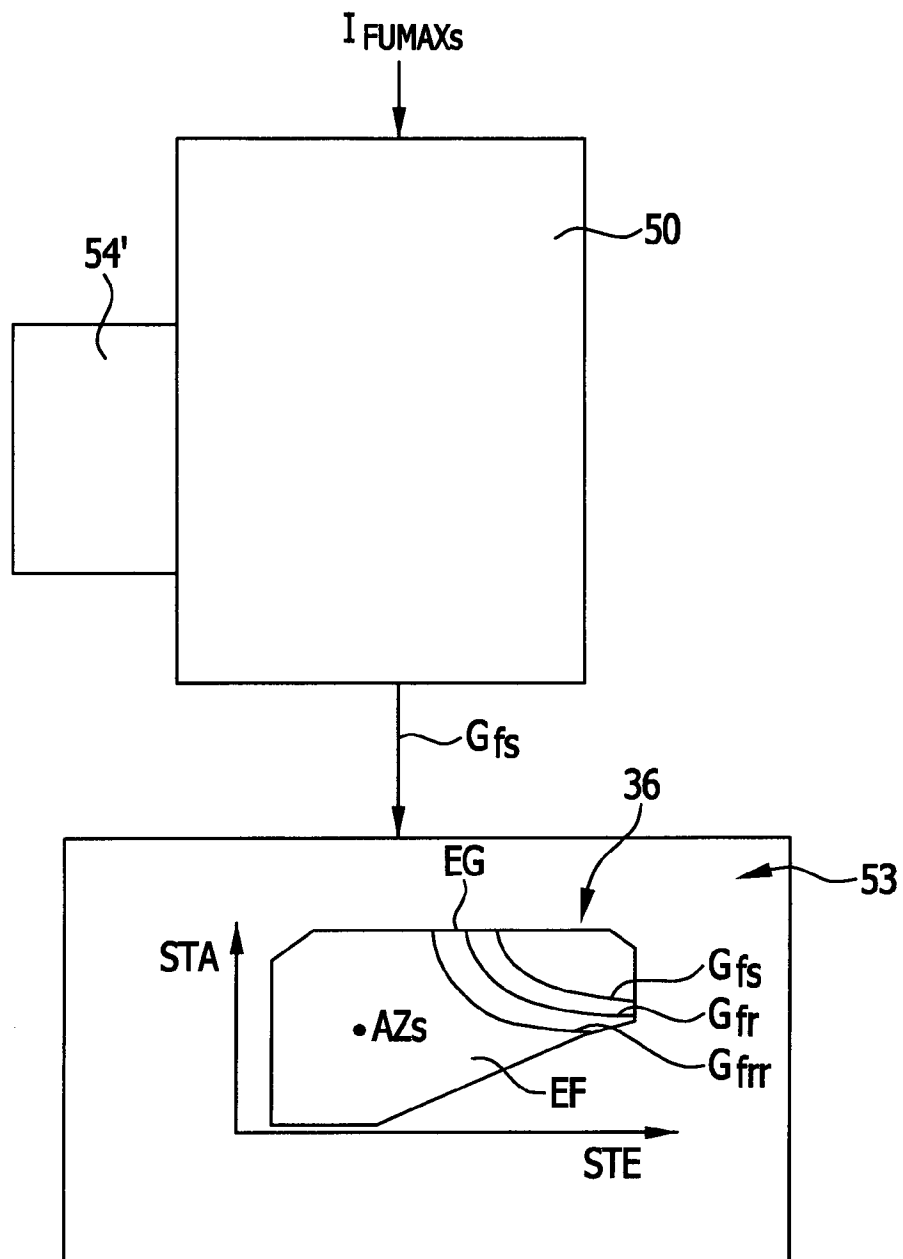






FIG.10

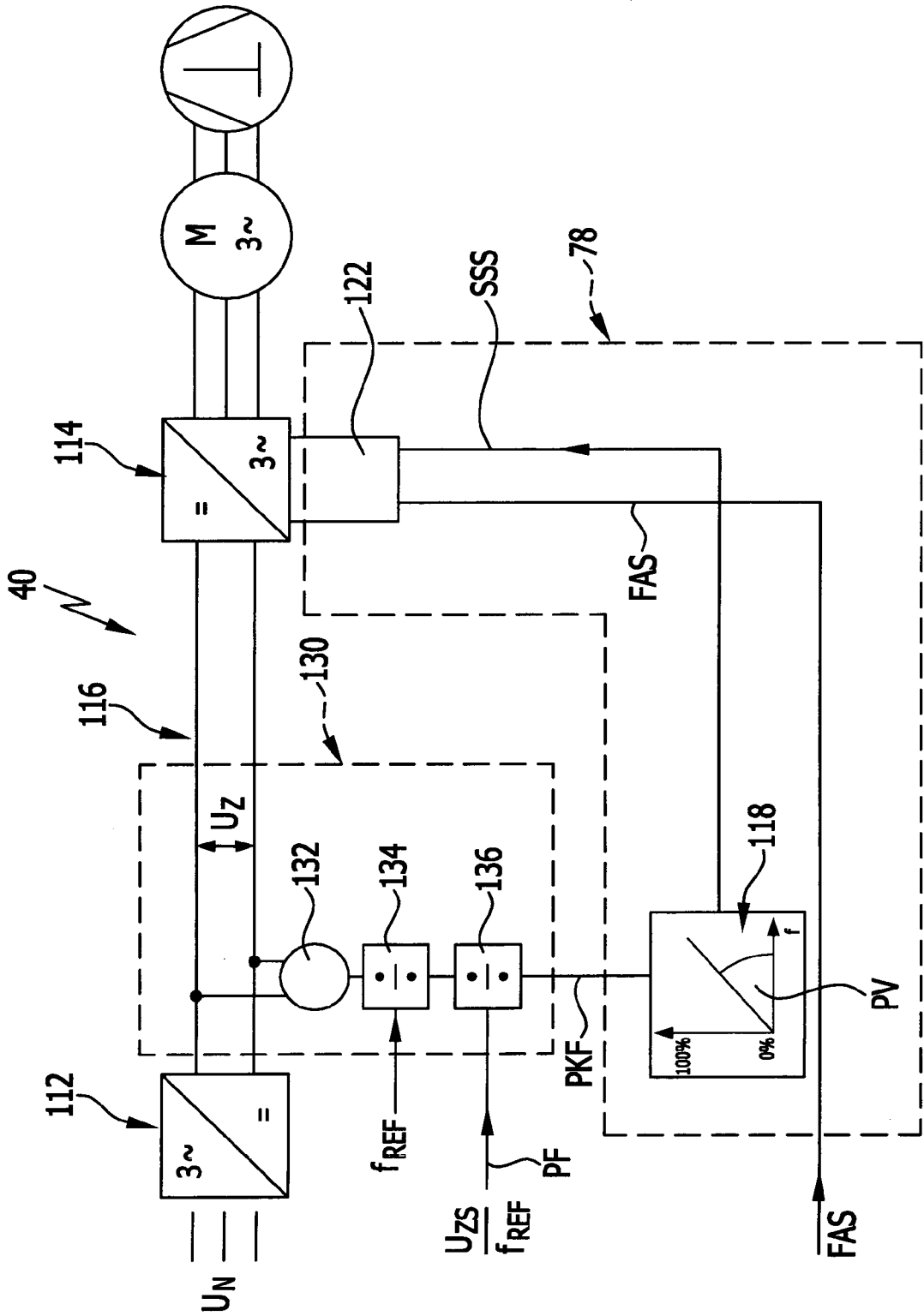


FIG.11

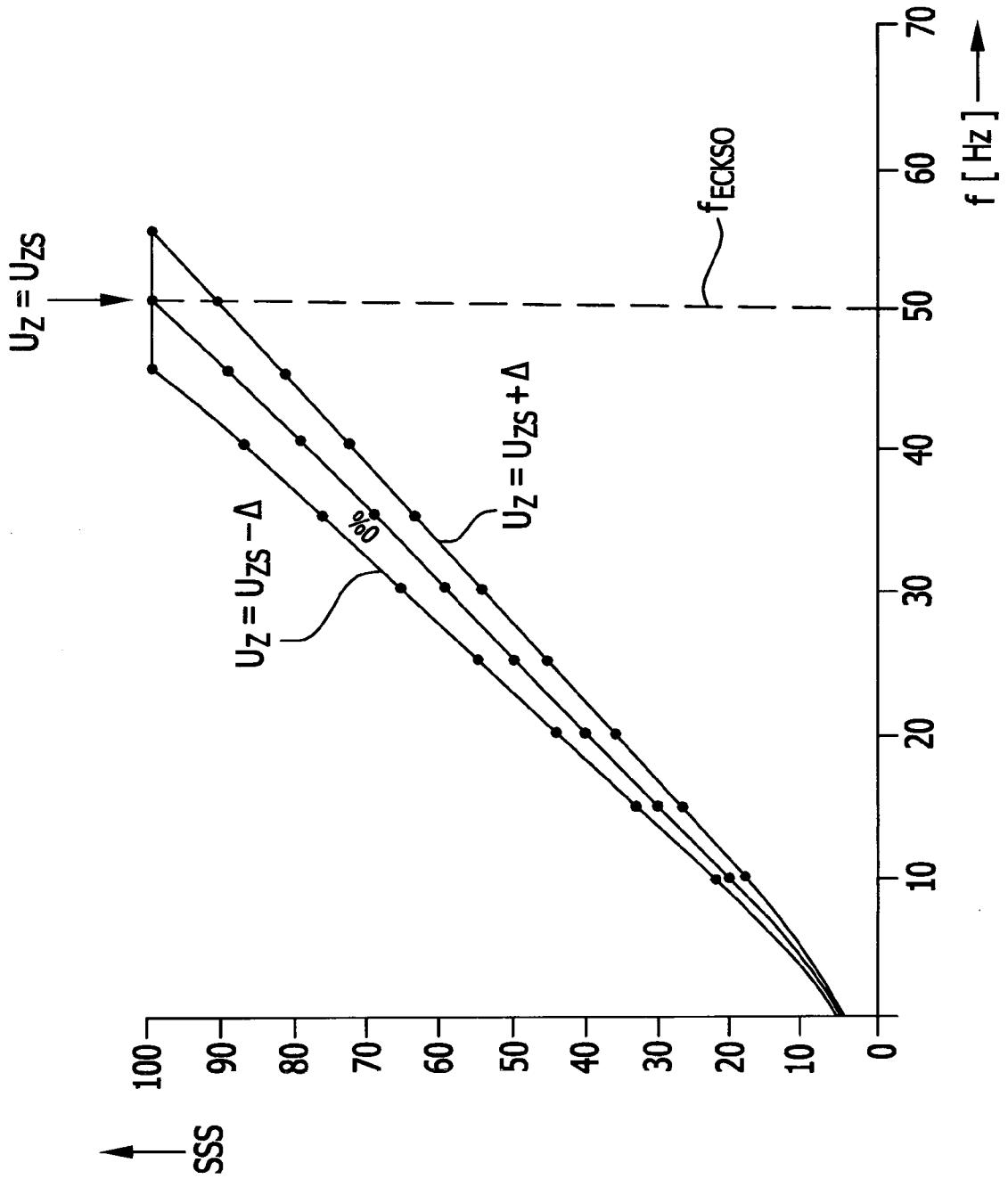
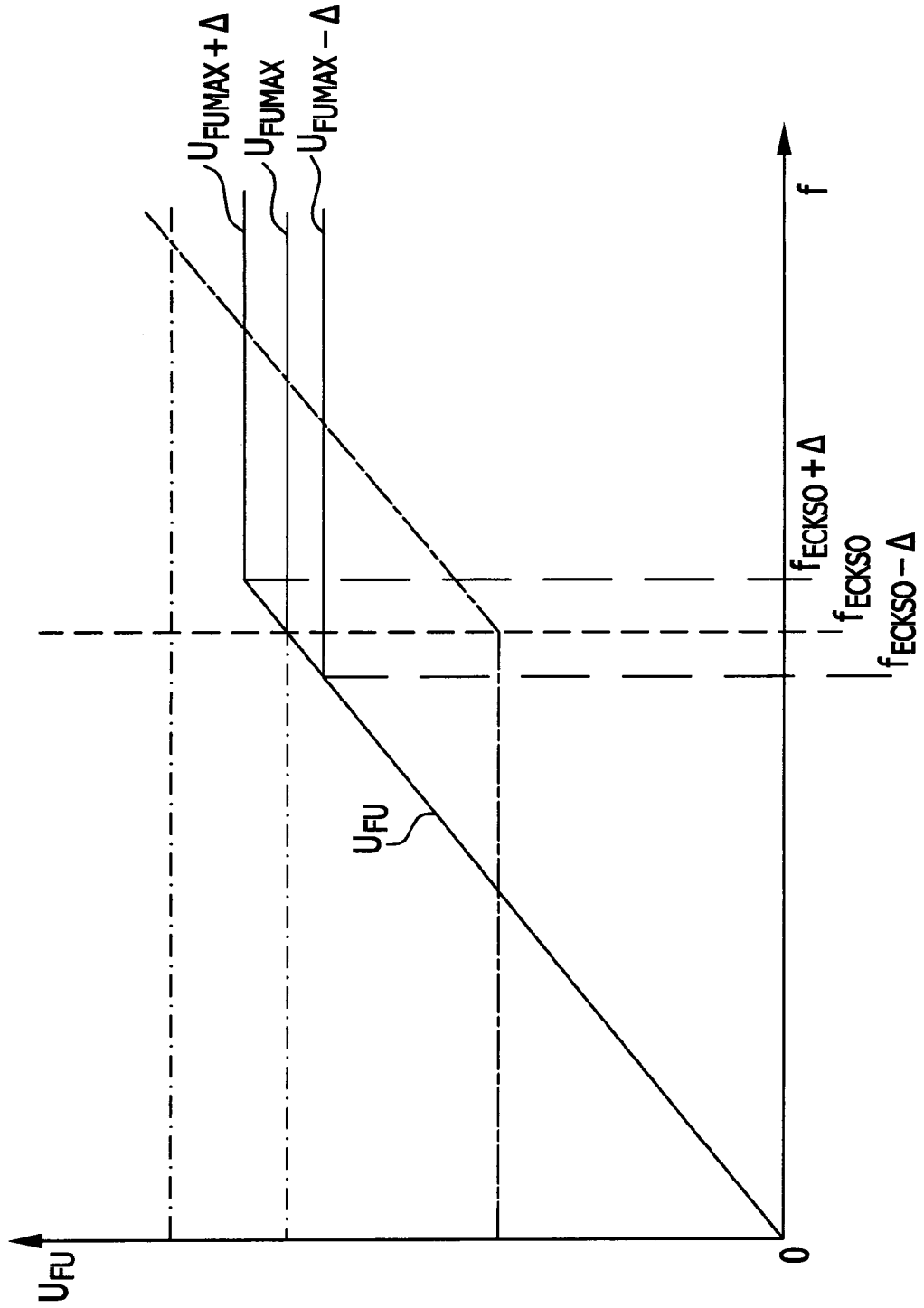


FIG.12



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/EP2016/059168
---

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> INV. H02P27/04 F25B31/00 G06Q50/00 H02P29/024 H02P23/00 H02P29/032 ADD. According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC				
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H02P F25B G06Q Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data				
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>				
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.		
X	ASERCOM: "Guide-Book, EMPFEHLUNGEN ZUM BETRIEB VON FREQUENZUMRICHTERN ANKÄLTEVERDICHTERN, DIE NACH DEM VERDRÄNGERPRINZIP ARBEITEN",  1 April 2012 (2012-04-01), XP002765983, Retrieved from the Internet: URL: <a href="http://asercom.org/sites/default/files/11_deu_inverter_guide-book.pdf">http://asercom.org/sites/default/files/11_deu_inverter_guide-book.pdf</a> [retrieved on 2017-01-16] the whole document  ----- -/--	1-21, 28-48		
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <span style="margin-left: 100px;"><input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.</span>				
* Special categories of cited documents : <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border: none; vertical-align: top;">                     "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance                      "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date                      "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)                      "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means                      "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed                 </td> <td style="width: 50%; border: none; vertical-align: top;">                     "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention                      "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone                      "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art                      "&amp;" document member of the same patent family                 </td> </tr> </table>			"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family			
Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report			
13 March 2017	04/05/2017			
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer  Schneider, Gernot			

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2016/059168

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	<p>Dr. John P. Gibson:  <a href="http://www.frigokimo.com/fk/site/publication/DKlt+Kklmtchnk_13c.2.pdf">"http://www.frigokimo.com/fk/site/publication/DKlt+Kklmtchnk_13c.2.pdf"</a>,</p> <p>1 June 2013 (2013-06-01), XP002765984,  Retrieved from the Internet:  URL:<a href="http://www.frigokimo.com/fk/site/publication/DKlt+Kklmtchnk_13c.2.pdf">http://www.frigokimo.com/fk/site/publication/DKlt+Kklmtchnk_13c.2.pdf</a>  [retrieved on 2017-01-16]  the whole document</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-21, 28-48
X	<p>Dr. John P. Gibson: "Frequenzumrichter und ihre Wirkung auf Kälteverdichter",</p> <p>3 May 2012 (2012-05-03), XP002765985,  Retrieved from the Internet:  URL:<a href="http://www.frigokimo.com/fk/site/publication/FUVerdchtr_12bh.pdf">http://www.frigokimo.com/fk/site/publication/FUVerdchtr_12bh.pdf</a>  [retrieved on 2017-01-16]  the whole document</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-21, 28-48
A	<p>US 5 796 237 A (YAMAKAWA KATSUMI [JP])  18 August 1998 (1998-08-18)  the whole document</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-21, 28-48
A	<p>EP 1 624 562 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP [JP]) 8 February 2006 (2006-02-08)  the whole document</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-21, 28-48
X	<p>US 2005/068001 A1 (SKAUG KENNETH [DK] ET AL) 31 March 2005 (2005-03-31)  the whole document</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	22-27, 49-65
A	<p>WO 2010/043318 A1 (GIBSON JOHN PHILIP [DE]; BOUCHARÉB MAAMAR [DE])  22 April 2010 (2010-04-22)  the whole document</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-65
A	<p>Juni 2014: "GEA Refrigeration Technologies GEA Bock Software VAP 11 (Online) Neues in dieser Version 1 GEA Bock Software VAP 11 (Online) -Neues in dieser Version",</p> <p>1 June 2014 (2014-06-01), XP055354287,  Retrieved from the Internet:  URL:<a href="http://www.bock.de/media/files/PDF/VAP-11_Neues-in-dieser-Version_Kundeninfo_D_v1-5.pdf">http://www.bock.de/media/files/PDF/VAP-11_Neues-in-dieser-Version_Kundeninfo_D_v1-5.pdf</a>  [retrieved on 2017-03-13]  the whole document</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-65

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2016/059168

**Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)**

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

- 1.  Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
  
- 2.  Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
  
- 3.  Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

**Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)**

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

see extra sheet

- 1.  As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
- 2.  As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
- 3.  As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
  
- 4.  No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

**Remark on Protest**

- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

The International Searching Authority has found that the international application contains multiple (groups of) inventions, as follows:

1. Claims 1-21, 28-48

Method and data processing unit for selecting a frequency converter (40) for a coolant compressor unit. The operating current value of the working condition is determined for a coolant compressor unit on the basis of a selected operating frequency and a working condition, which is defined by the inlet and outlet temperature.

---

2. Claims 22-27, 49-65

Coolant compressor system comprising a coolant compressor unit (20) with a coolant compressor (22) and an electric drive motor (24) as well as a frequency converter (40) for operating the electric drive motor (24), characterized in that the frequency converter (40) comprises a frequency-limiting unit (80), which, in the event of operating frequencies (f) above a cut-off frequency ( $f_{Eck}$ ), limits the operating frequency (f).

---

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2016/059168
---

Patent document cited in search report	Publication date	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5796237	A	18-08-1998	CN 1138244 A US 5796237 A	18-12-1996 18-08-1998
-----				
EP 1624562	A1	08-02-2006	AU 2004237551 A1 CN 1706093 A EP 1624562 A1 JP 4611891 B2 NO 338608 B1 US 2006122732 A1 WO 2004100350 A1	18-11-2004 07-12-2005 08-02-2006 12-01-2011 12-09-2016 08-06-2006 18-11-2004
-----				
US 2005068001	A1	31-03-2005	AU 2002350428 A1 CN 1589519 A EP 1446869 A1 US 2005068001 A1 WO 03044939 A1	10-06-2003 02-03-2005 18-08-2004 31-03-2005 30-05-2003
-----				
WO 2010043318	A1	22-04-2010	DE 102008051199 A1 US 2011074317 A1 WO 2010043318 A1	29-04-2010 31-03-2011 22-04-2010
-----				



# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/EP2016/059168
---

<b>A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b> INV. H02P27/04 F25B31/00 G06Q50/00 H02P29/024 H02P23/00 H02P29/032 ADD. Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
<b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b> Recherhierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole ) H02P F25B G06Q Recherhierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherhierten Gebiete fallen Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
<b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	ASERCOM: "Guide-Book, EMPFEHLUNGEN ZUM BETRIEB VON FREQUENZUMRICHTERN ANKÄLTEVERDICHTERN, DIE NACH DEM VERDRÄNGERPRINZIP ARBEITEN",  1. April 2012 (2012-04-01), XP002765983, Gefunden im Internet: URL: <a href="http://asercom.org/sites/default/files/11_deu_inverter_guide-book.pdf">http://asercom.org/sites/default/files/11_deu_inverter_guide-book.pdf</a> [gefunden am 2017-01-16] das ganze Dokument ----- -/--	1-21, 28-48
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
13. März 2017		04/05/2017
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter  Schneider, Gernot

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/059168

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	<p>Dr. John P. Gibson:  <a href="http://www.frigokimo.com/fk/site/publication/DKlt+Kklmtchnk_13c.2.pdf">"http://www.frigokimo.com/fk/site/publication/DKlt+Kklmtchnk_13c.2.pdf"</a>,            1. Juni 2013 (2013-06-01), XP002765984,            Gefunden im Internet:            URL:<a href="http://www.frigokimo.com/fk/site/publication/DKlt+Kklmtchnk_13c.2.pdf">http://www.frigokimo.com/fk/site/publication/DKlt+Kklmtchnk_13c.2.pdf</a>            [gefunden am 2017-01-16]            das ganze Dokument</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-21, 28-48
X	<p>Dr. John P. Gibson: "Frequenzumrichter und ihre Wirkung auf Kälteverdichter",            3. Mai 2012 (2012-05-03), XP002765985,            Gefunden im Internet:            URL:<a href="http://www.frigokimo.com/fk/site/publication/FUVerdchtr_12bh.pdf">http://www.frigokimo.com/fk/site/publication/FUVerdchtr_12bh.pdf</a>            [gefunden am 2017-01-16]            das ganze Dokument</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-21, 28-48
A	<p>US 5 796 237 A (YAMAKAWA KATSUMI [JP])            18. August 1998 (1998-08-18)            das ganze Dokument</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-21, 28-48
A	<p>EP 1 624 562 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP [JP]) 8. Februar 2006 (2006-02-08)            das ganze Dokument</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-21, 28-48
X	<p>US 2005/068001 A1 (SKAUG KENNETH [DK] ET AL) 31. März 2005 (2005-03-31)            das ganze Dokument</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	22-27, 49-65
A	<p>WO 2010/043318 A1 (GIBSON JOHN PHILIP [DE]; BOUCHARB MAAMAR [DE])            22. April 2010 (2010-04-22)            das ganze Dokument</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-65
A	<p>Juni 2014: "GEA Refrigeration Technologies GEA Bock Software VAP 11 (Online) Neues in dieser Version 1 GEA Bock Software VAP 11 (Online) -Neues in dieser Version",            1. Juni 2014 (2014-06-01), XP055354287,            Gefunden im Internet:            URL:<a href="http://www.bock.de/media/files/PDF/VAP-11_Neues-in-dieser-Version_Kundeninfo_D_v1-5.pdf">http://www.bock.de/media/files/PDF/VAP-11_Neues-in-dieser-Version_Kundeninfo_D_v1-5.pdf</a>            [gefunden am 2017-03-13]            das ganze Dokument</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-65

**Feld Nr. II Bemerkungen zu den Ansprüchen, die sich als nicht recherchierbar erwiesen haben (Fortsetzung von Punkt 2 auf Blatt 1)**

Gemäß Artikel 17(2)a) wurde aus folgenden Gründen für bestimmte Ansprüche kein internationaler Recherchenbericht erstellt:

1.  Ansprüche Nr.  
weil sie sich auf Gegenstände beziehen, zu deren Recherche diese Behörde nicht verpflichtet ist, nämlich
  
2.  Ansprüche Nr.  
weil sie sich auf Teile der internationalen Anmeldung beziehen, die den vorgeschriebenen Anforderungen so wenig entsprechen, dass eine sinnvolle internationale Recherche nicht durchgeführt werden kann, nämlich
  
3.  Ansprüche Nr.  
weil es sich dabei um abhängige Ansprüche handelt, die nicht entsprechend Satz 2 und 3 der Regel 6.4 a) abgefasst sind.

**Feld Nr. III Bemerkungen bei mangelnder Einheitlichkeit der Erfindung (Fortsetzung von Punkt 3 auf Blatt 1)**

Diese Internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere Erfindungen enthält:

siehe Zusatzblatt

1.  Da der Anmelder alle erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht auf alle recherchierbaren Ansprüche.
  
2.  Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, hat die Behörde nicht zur Zahlung solcher Gebühren aufgefordert.
  
3.  Da der Anmelder nur einige der erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht nur auf die Ansprüche, für die Gebühren entrichtet worden sind, nämlich auf die Ansprüche Nr.
  
4.  Der Anmelder hat die erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren nicht rechtzeitig entrichtet. Dieser internationale Recherchenbericht beschränkt sich daher auf die in den Ansprüchen zuerst erwähnte Erfindung; diese ist in folgenden Ansprüchen erfasst:

**Bemerkungen hinsichtlich eines Widerspruchs**

- Der Anmelder hat die zusätzlichen Recherchegebühren unter Widerspruch entrichtet und die gegebenenfalls erforderliche Widerspruchsgebühr gezahlt.
- Die zusätzlichen Recherchegebühren wurden vom Anmelder unter Widerspruch gezahlt, jedoch wurde die entsprechende Widerspruchsgebühr nicht innerhalb der in der Aufforderung angegebenen Frist entrichtet.
- Die Zahlung der zusätzlichen Recherchegebühren erfolgte ohne Widerspruch.

WEITERE ANGABEN

PCT/ISA/ 210

Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere (Gruppen von) Erfindungen enthält, nämlich:

1. Ansprüche: 1-21, 28-48

Verfahren und Datenverarbeitungseinheit zur Auswahl eines Frequenzumrichters (40) für eine Kältemittelverdichtereinheit  
Der Arbeitsbetriebsstromwert wird für eine Kältemittelverdichtereinheit basierend auf einer ausgewählten Betriebsfrequenz und einem Arbeitszustand, der durch die Einlass und Auslasstemperatur bestimmt ist, ermittelt

---

2. Ansprüche: 22-27, 49-65

Kältemittelverdichteranlage umfassend eine Kältemittelverdichtereinheit (20) mit einem Kältemittelverdichter (22) und einem elektrischen Antriebsmotor (24) sowie einen Frequenzumrichter (40) zum Betreiben des elektrischen Antriebsmotors (24), dadurch gekennzeichnet, dass der Frequenzumrichter (40) eine Frequenzbegrenzungseinheit (80) umfasst, welche bei Betriebsfrequenzen (f) oberhalb einer Eckfrequenz (f<sub>Eck</sub>) die Betriebsfrequenz (f) begrenzt.

---

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/059168

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5796237	A	18-08-1998	CN 1138244 A	18-12-1996
			US 5796237 A	18-08-1998
-----				
EP 1624562	A1	08-02-2006	AU 2004237551 A1	18-11-2004
			CN 1706093 A	07-12-2005
			EP 1624562 A1	08-02-2006
			JP 4611891 B2	12-01-2011
			NO 338608 B1	12-09-2016
			US 2006122732 A1	08-06-2006
			WO 2004100350 A1	18-11-2004
-----				
US 2005068001	A1	31-03-2005	AU 2002350428 A1	10-06-2003
			CN 1589519 A	02-03-2005
			EP 1446869 A1	18-08-2004
			US 2005068001 A1	31-03-2005
			WO 03044939 A1	30-05-2003
-----				
WO 2010043318	A1	22-04-2010	DE 102008051199 A1	29-04-2010
			US 2011074317 A1	31-03-2011
			WO 2010043318 A1	22-04-2010
-----				