



(12) **Veröffentlichung**

der internationalen Anmeldung mit der
 (87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2021/095142**
 in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2
 IntPatÜbkG)
 (21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2019 007 886.0**
 (86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2019/044418**
 (86) PCT-Anmeldetag: **12.11.2019**
 (87) PCT-Veröffentlichungstag: **20.05.2021**
 (43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
 in deutscher Übersetzung: **18.08.2022**

(51) Int Cl.: **H02P 29/024 (2016.01)**

(71) Anmelder:
Mitsubishi Electric Corporation, Tokyo, JP

(72) Erfinder:
**Wada, Yasuhiko, Tokyo, JP; Sakanobe, Kazunori,
 Tokyo, JP; Yuasa, Kenta, Tokyo, JP**

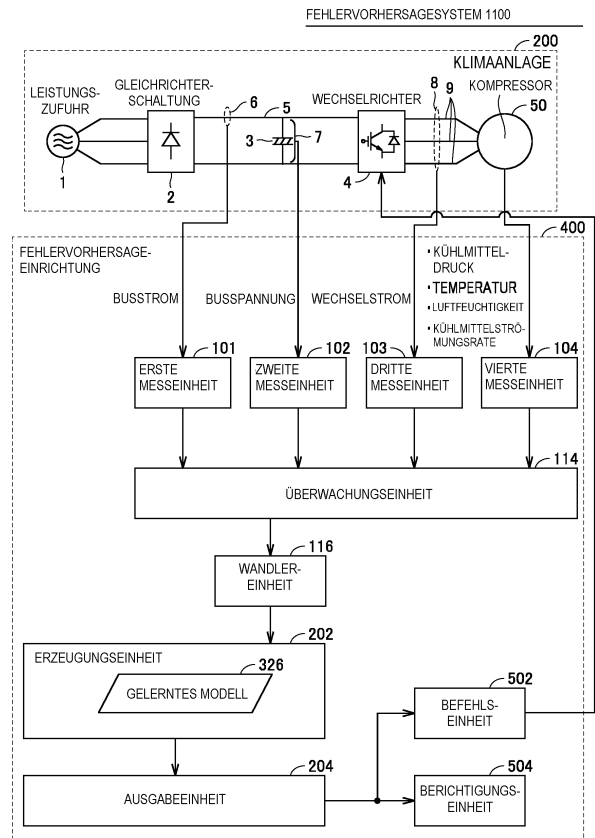
(74) Vertreter:
**WITTE, WELLER & PARTNER Patentanwälte mbB,
 70173 Stuttgart, DE**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Fehlervorhersageeinrichtung, Lerneinrichtung und Lernverfahren**

(57) Zusammenfassung: Eine Fehlervorhersageeinrichtung (400), die ein Fehler eines Lagers eines Kompressors (50) vorhersagt, der auf einer Klimaanlage (200) montiert ist, wobei die Fehlervorhersageeinrichtung eine Überwachungseinheit (114) aufweist, die, als Zustandsvariablen, eine erste Zustandsvariable, die einen Zustand eines Motors angibt, und eine zweite Zustandsvariable erfasst, die einen Zustand einer elektrischen Einrichtung angibt, eine Wandlereinheit (116), die die Zustandsvariablen in einen Frequenzbereich wandelt, eine Erzeugungseinheit (202), die Fehlerinformation über einen Fehler des Lagers unter Nutzung von Frequenzcharakteristiken der Zustandsvariablen, die durch Wandeln der Zustandsvariablen in den Frequenzbereich durch die Wandlereinheit erlangt sind, und eines gelernten Modells (326) erzeugt, das ein Verhältnis zwischen den Frequenzcharakteristiken der Zustandsvariablen und Modellfehlerinformation über den Fehler des Lagers repräsentiert, und eine Ausgabereinheit (204), basierend auf der Fehlerinformation, die durch die Erzeugungseinheit erzeugt ist.



Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Offenbarung betrifft eine Fehlervorhersageeinrichtung, eine Lerneinrichtung und ein Lernverfahren.

TECHNISCHER HINTERGRUND

[0002] Eine Vorhersageeinrichtung, die ein Fehler eines Lagers einer Spindel eines Motors vorhergesagt, wurde vorgeschlagen. Zum Beispiel offenbart PTL 1 eine Lerneinrichtung, die Maschinenlernen ausführt, um ein Fehlers eines Lagers vorherzusagen.

ZITIERUNGSLISTE

PATENTLITERATUR

[0003] PTL 1: Patent Nr. 6140331

KURZDARSTELLUNG DER ERFINDUNG

TECHNISCHES PROBLEM

[0004] Gemäß der in PTL 1 offenbarten Erfindung, wird Information, die optimal für die Vorhersage eines Fehlers eines Lagers ist, nicht verwendet. Dies bewirkt, dass die in PTL 1 offenbarte Erfindung es nicht schafft, die Genauigkeit der Vorhersage des Fehlers des Lagers zu erhöhen.

[0005] Die vorliegende Offenbarung wurde gemacht, um die voranstehend beschriebenen Probleme zu lösen, und es ist eine Aufgabe eines Aspekts eine Technik bereitzustellen, um eine Erhöhung in der Genauigkeit der Vorhersage eines Fehlers eines Lagers zu ermöglichen.

LÖSUNG DES PROBLEMS

[0006] Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Offenbarung ist eine Fehlervorhersageeinrichtung bereitgestellt, die einen Fehler eines Lagers eines Motors vorhersagt, der auf einer elektrischen Einrichtung montiert ist, wobei die Fehlervorhersageeinrichtung eine Variablenerfassungseinheit, eine Wandlereinheit, eine Erzeugungseinheit und eine Ausgabereinheit aufweist. Die Variablenerfassungseinheit erfasst, als eine Zustandsvariable, mindestens eines von einer ersten Zustandsvariable, die einen Zustand des Motors angibt, und einer zweiten Zustandsvariable, die einen Zustand der elektrischen Einrichtung angibt. Die Wandlereinheit wandelt die Zustandsvariable in einen Frequenzbereich. Die Erzeugungseinheit erzeugt Fehlerinformation über einen Fehler des Lagers unter Nutzung von Frequenzcharakteristiken der Zustandsvariable, die

durch Wandeln der Zustandsvariable in den Frequenzbereich durch die Wandlereinheit erlangt sind, und ein Modell, das ein Verhältnis zwischen den Frequenzcharakteristiken der Zustandsvariable und Modellfehlerinformation über den Fehler des Lagers repräsentiert. Die Ausgabereinheit gibt die Fehlerinformation aus, die durch die Erzeugungseinheit erzeugt ist.

[0007] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Offenbarung, ist eine Lerneinrichtung zum Optimieren eines Störungsmodells bereitgestellt, das zum Vorhersagen eines Fehlers eines Lagers eines Motors zu nutzen ist, der auf einer elektrischen Einrichtung montiert ist, wobei die Lerneinrichtung eine Datenerfassungseinheit, eine Extrahierungseinheit und eine Lerneinheit aufweist. Die Datenerfassungseinheit erfasst einen Trainingsdatensatz, der Frequenzcharakteristiken einer Zustandsvariable aufweist, die erlangt sind durch Wandeln der Zustandsvariable in einen Frequenzbereich, wobei die Zustandsvariable mindestens eine von einer ersten Zustandsvariable, die einen Zustand des Motors angibt, und einer zweiten Zustandsvariable, die einen Zustand der elektrischen Einrichtung angibt, ist, und eine Mehrzahl von Teilen von Trainingsdaten, in denen die Frequenzcharakteristiken mit Fehlerinformation über einen Fehler des Lagers bezeichnet sind. Die Extrahierungseinheit extrahiert die Frequenzcharakteristiken von dem Trainingsdatensatz. Die Lerneinheit optimiert das Störungsmodell, um ein Störungsergebnis zu machen, das eine Ausgabe von dem Störungsmodell ist, in dem die Frequenzcharakteristiken, die von dem Trainingsdatensatz extrahiert sind, an das Störungsmodell so nah wie möglich an der Fehlerinformation eingegeben werden, mit der der Trainingsdatensatz bezeichnet ist.

VORTEILHAFTE EFFEKTE DER ERFINDUNG

[0008] Gemäß der vorliegenden Offenbarung wird ein Fehler eines Lagers einer Spindel eines Motors bzw. einer Welle eines Motors vorhergesagt unter Nutzung der Frequenzcharakteristiken der Zustandsvariable. Die in den Frequenzbereich gewandelt ist. Dies ermöglicht der vorliegenden Offenbarung die Genauigkeit der Vorhersage des Fehlers des Lagers zu erhöhen.

Figurenliste

Fig. 1 zeigt ein Diagramm zum Beschreiben eines Beispiels einer Konfiguration eines Lernsystems gemäß der vorliegenden Ausführungsform.

Fig. 2 zeigt ein Diagramm zum Beschreiben eines Inneren eines Kompressors.

Fig. 3 zeigt ein Diagramm zum Beschreiben eines Beispiels einer Hardwarekonfiguration

einer Lerneinrichtung gemäß der vorliegenden Ausführungsform.

Fig. 4 zeigt ein Diagramm zum Beschreiben eines Falls, in dem eine Spindel und ein Hauptlager in einem normalen Schmierungszustand sind.

Fig. 5 zeigt ein Diagramm zum Beschreiben eines Falls, in dem die Spindel und der Hauptlager in einem abnormalen Schmierungszustand sind.

Fig. 6 zeigt ein Diagramm zum Beschreiben eines Fehlermodus.

Fig. 7 zeigt ein Diagramm zum Beschreiben von Frequenzcharakteristiken.

Fig. 8 zeigt ein Diagramm zum Beschreiben eines Beispiels, wie ein Trainingsdatensatz zu erzeugen ist.

Fig. 9 zeigt ein Diagramm zum Beschreiben von Details der Verarbeitung, die durch eine Extrahierungseinheit und eine Lerneinheit durchgeführt ist.

Fig. 10 zeigt ein Diagramm, das schematisch ein Beispiel einer Konfiguration eines Störungsmodells 1400 beschreibt.

Fig. 11 zeigt ein Beispiel eines Flussdiagramms der Lerneinrichtung.

Fig. 12 zeigt ein Diagramm zum Beschreiben eines Beispiels einer Konfiguration eines Fehlervorhersagesystems gemäß der vorliegenden Ausführungsform.

Fig. 13 zeigt ein Diagramm zum Beschreiben eines Beispiels einer ersten Tabelle.

Fig. 14 zeigt ein Diagramm zum Beschreiben einer ersten Modifikation einer Fehlerinformation.

Fig. 15 zeigt ein Diagramm zum Beschreiben einer zweiten Modifikation der Fehlerinformation.

Fig. 16 zeigt ein Diagramm zum Beschreiben eines Beispiels einer zweiten Tabelle.

Fig. 17 zeigt ein Diagramm zum Beschreiben eines Beispiels einer dritten Tabelle.

Fig. 18 zeigt ein Diagramm zum Beschreiben eines Beispiels, wie ein Austauschzeitpunkt anzuzeigen ist.

Fig. 19 zeigt ein Diagramm zum Beschreiben eines Beispiels einer Hardwarekonfiguration einer Fehlervorhersageeinrichtung.

Fig. 20 zeigt ein Diagramm zum Beschreiben einer Verarbeitung, die durch eine Erzeugungseinheit durchgeführt wird.

Fig. 21 zeigt ein Beispiel eines Flussdiagramms der Fehlervorhersageeinrichtung.

Fig. 22 zeigt ein Diagramm zum Beschreiben eines Lernsystems gemäß einer dritten Ausführungsform.

Fig. 23 zeigt ein Diagramm zum Beschreiben eines Fehlervorhersagesystems gemäß einer vierten Ausführungsform.

BESCHREIBUNG VON AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0009] Hiernach werden eine Fehlervorhersageeinrichtung, eine Lerneinrichtung und Ähnliches gemäß der vorliegenden Ausführungsform beschrieben mit Bezug auf die Zeichnungen und Ähnliches. In jeder Zeichnung sind Komponenten durch dieselben Bezugszeichen bezeichnet, die dieselben sind oder einander entsprechen und dasselbe trifft auf die folgende Beschreibung von Ausführungsformen zu. Die Formen der Komponenten, die hier beschrieben werden, sind lediglich Beispiele und die vorliegende Offenbarung ist nicht auf diese Formen beschränkt, die hier beschrieben werden. Insbesondere sind die Kombinationen der Komponenten nicht auf die Kombinationen gemäß jeder Ausführungsform beschränkt und in einer Ausführungsform beschriebene Komponente kann in andere Ausführungsformen angewendet werden.

Erste Ausführungsform

[Beispiel der Konfiguration des Lernsystems]

[0010] Eine Fehlervorhersageeinrichtung gemäß der vorliegenden Ausführungsform sagt ein Fehler eines Lagers unter Nutzung sog. künstlicher Intelligenz (AI) vorher. In einer ersten Ausführungsform wird Lernverarbeitung beschrieben, bevor eine Beschreibung einer Vorhersage eines Fehlers eines Lagers gegeben wird. Dieser Lernverarbeitung wird durchgeführt zum Erzeugen eines Störungsmodells, das genutzt wird zum Vorhersagen eines Fehlers eines Lagers eines Motors. Des Weiteren, in einer zweiten Ausführungsform, die später beschrieben wird, wird eine Fehlervorhersageeinrichtung beschrieben.

[0011] **Fig. 1** zeigt ein Diagramm, das ein Beispiel einer Konfiguration eines Lernsystems 1000 gemäß der vorliegenden Ausführungsform darstellt. Das Lernsystem 1000 weist eine Lerneinrichtung 100 und eine Klimaanlage 200 auf. Die Klimaanlage 200 weist einen Kompressor 50 auf. Das Lernsystem 1000 gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist zum Erzeugen eines Störungsmodells, das zum Vorhersagen eines Fehlers eines Lagers eines Kompressors 50 genutzt wird. Obwohl nicht klar in **Fig. 1** dargestellt, weist Klimaanlage 200 einen Kompressor 50 bzw. Verdichter 50, einen Wärmetauscher

(nicht dargestellt) und ein Gebläse (nicht klar dargestellt) auf, das Wind auf den Wärmetauscher beaufschlagt um einen sog. Klimaanlagezyklus zu implementieren. Die **Fig. 1** stellt ein Beispiel dar, wo die Lerneinrichtung 100 und Klimaanlage 200 in eine einzige Einrichtung mit dem Gerät sind.

[0012] Zuerst wird die Klimaanlage 200 beschrieben. Die Klimaanlage 200 weist eine AC-Leistungszufuhr 1, eine Gleichrichterschaltung 2, einen Elektrolytkondensator 3, einen Umrichter 4 bzw. Wechselrichter 4, einen Bus 5, einen Busstromsensor 6, einen Strom Spannungssensor 7, einen Stromsensor 8, eine Drei-Phasen-Leistungsleitung 9 und einen Kompressor 50 auf.

[0013] Die Gleichrichterschaltung 2 wandelt drei Phasen (zum Beispiel, UVW-Phasen) AC-Leistungsausgabe von der AC-Leistungszufuhr 1 in DC-Leistung um. Der Elektrolytkondensator 3 glättet die DC-Leistungsausgabe von der Gleichrichterschaltung 2. Der Kompressor 50 ist mit dem Umrichter 4 verbunden.

[0014] Der Wechselrichter 4 gibt AC-Leistung an den Kompressor 50 über den Bus 5 aus. Typischerweise wandelt der Wechselrichter 4 die DC-Leistungsausgabe von der Gleichrichterschaltung 2 in AC-Leistung und gibt die Drei-Phasen-AC-Leistung an den Kompressor 50 über die Drei-Phasen-Leistungsleitung 9 aus. Der Kompressor 50 ist durch die Drei-Phasen-AC-Leistung angetrieben.

[0015] Der Busstromsensor 6 detektiert einen Strom, der durch den Bus 5 (hiernach bezeichnet als einen „Busstrom“). Mit anderen Worten detektiert der Busstromsensor 6 den Busstrom, der als ein Ergebnis der Wandlung erlangt wird, die durch die Gleichrichterschaltung 2 gemacht wird. Der Stromspannungssensor 7 detektiert eine Spannung des Bus 5 (hiernach bezeichnet als eine „Busspannung“). Mit anderen Worten detektiert der Busstromsensor 6 die Busspannung, die als Ergebnis der durch die Gleichrichterschaltung 2 gemachten Wandlung erlangt wird. Der Stromsensor 8 detektiert eine Drei-Phasen-Wechselstrom-Ausgabe zu dem Kompressor 50 (hiernach bezeichnet als ein „Wechselstrom“).

[0016] Als Nächstes wird eine Beschreibung der Lerneinrichtung 100 gegeben. Die Lerneinrichtung 100 weist, als Funktionsmodule, eine erste Messeinheit 101, eine zweite Messeinheit 102, eine dritte Messeinheit 103, eine vierte Messeinheit 104, eine Fehlerbestimmungseinheit 112, eine Überwachungseinheit 114, eine Wandlereinheit 116, eine Erfassungseinheit 118, eine Extrahierungseinheit 120 und eine Lerneinheit 122 auf.

[0017] Die erste Messeinheit 101 misst den Busstrom, der durch den Busstromsensor 6 detektiert

ist. Die erste Messeinheit 101 gibt den Busstrom, der so gemessen ist, um eine Überwachungseinheit 114 als Zeit-Reihe-Daten aus. Hiermit bezeichnen die „Zeit-Reihe-Daten“ eine Datenausgabe in vorbestimmten Intervallen (zum Beispiel jede 0,1 Sekunde). Die zweite Messeinheit 102 misst die Busspannung, die durch den Stromspannungssensor 7 detektiert ist. Die zweite Messeinheit 102 gibt die Busspannung, die so gemessen ist, an die Überwachungseinheit 114 als Zeit-Reihe-Daten aus. Die dritte Messeinheit 103 misst den durch den Stromsensor 8 detektierten Wechselstrom. Die dritte Messeinheit 103 gibt den so gemessenen Wechselstrom an die Überwachungseinheit 114 als Zeit-Reihe-Daten aus.

[0018] Der Busstrom, die Busspannung und der Wechselstrom sind Variablen, die den Zustand des Motors 53 (siehe **Fig. 2**) angeben, der in dem Kompressor 50 vorhanden ist. Der Busstrom, die Busspannung und der Wechselstrom werden auch als eine „erste Zustandsvariable“ bezeichnet.

[0019] Die vierte Messeinheit 104 misst einen Druck eines Kühlmittels im Kompressor 50, eine Temperatur um den Kompressor 50, eine Luftfeuchtigkeit um den Kompressor 50 und eine Strömungsrate des Kühlmittels. Der „Druck eines Kühlmittels im Kompressor 50“ wird bezeichnet als ein „Kühlmitteldruck“. Die „Temperatur um den Kompressor 50“ wird bezeichnet als ein „Temperatur des Kompressors 50“. Die „Luftfeuchtigkeit um den Kompressor 50“ wird bezeichnet als eine „Luftfeuchtigkeit des Kompressors 50“. Die „Strömungsrate des Kühlmittels“ wird bezeichnet als eine „Kühlmittelströmungsrate“. Der Kühlmitteldruck, die Temperatur, die Luftfeuchtigkeit und der Kühlmitteldruck sind Informationen, die einen Betriebszustand einer Klimaanlage 200 angeben. Die vierte Messeinheit 104 gibt den Kühlmitteldruck, die Temperatur, die Luftfeuchtigkeit und die Kühlmittelströmungsrate als Zeit-Reihe-Daten aus. Der Kühlmitteldruck, die Temperatur, die Luftfeuchtigkeit und der Kühlmitteldruck werden auch bezeichnet als eine „zweiten Zustandsvariable“ oder „Variable, die den Betriebszustand der Klimaanlage 200“ angibt. Die erste Zustandsvariable und die zweite Zustandsvariable werden auch gemeinsam bezeichnet als eine „Zustandsvariable“. Dies bedeutet, dass die „Zustandsvariable“ sieben Variablen von „Busstrom, Busspannung, Wechselstrom, Kühlmitteldruck, Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Kühlmittelströmungsrate“ aufweist. Die „Zustandsvariable“ kann als ein „Parameter“ oder ein „Merkmal“ ausgedrückt werden.

[0020] Des Weiteren, werden die erste Messeinheit 101, die zweite Messeinheit 102, die dritte Messeinheit 103 und vierte Messeinheit 104 gemeinsam bezeichnet als eine „Messeinheit“. Gemäß der vorliegenden Offenbarung, sprechen die sieben Variablen

von „Busstrom, Busspannung, Wechselstrom, Kühlmitteldruck, Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Kühlmittelströmungsrate“, die durch die Messeinheit gemessen werden, der „Zustandsvariable“.

[0021] Die Überwachungseinheit 114 überwacht die sieben Variablen zum Erfassen der sieben Variablen. Die Überwachungseinheit 114 entspricht einer „Variablenerfassungseinheit“ gemäß der vorliegenden Offenbarung. Die sieben Variablen, die durch die Überwachungseinheit 114 erfasst werden, werden in die Wandlereinheit 116 angegeben. Die Wandlereinheit 116 wandelt jede der sieben Variablen in einen Frequenzbereich, die Wandlereinheit 116 wandelt jede der sieben Variablen in den Frequenzbereich durch, zum Beispiel, die Fourier-Transformation oder Fast-Fourier-Transformation. Man beachte, dass die Wandlereinheit 116 jede der sieben Variablen in den Frequenzbereich durch ein anderes Verfahren wandeln kann. Frequenzcharakteristiken der Zustandsvariable, die in den Frequenzbereich durch die Wandlereinheit 116 gewandelt sind, werden an die Erfassungseinheit 118 ausgegeben.

[0022] Die Fehlerbestimmungseinheit 112 bestimmt einen Fehler eines Lagers eines Kompressors 50 unter Nutzung von, zum Beispiel, einem vorbestimmten Verfahren. Die Fehlerbestimmungseinheit 112 erzeugt Fehlerinformationen getrennt von Fehlerinformationen, die durch eine Fehlervorhersageeinrichtung erzeugt sind, die in der zweiten Ausführungsform beschrieben werden wird. Die Fehlerinformation ist Information, die mindestens eines von dem Folgenden angibt: das Vorhandensein oder Abwesendsein des Fehlers des Lagers in dem Kompressor 50, ein Grad des Fehlers des Lagers und eine Art des Fehlers des Lagers.

[0023] Des Weiteren, kann die Fehlerbestimmungseinheit 112 einen Fehlerzustand des Kompressors 50 in einer Simulationsumgebung reproduzieren, wo die Fehlervorhersageeinrichtung, die in der zweiten Ausführungsform beschrieben werden wird, simuliert ist und die Fehlerinformation basierend auf den Fehlerzustand erzeugen. Des Weiteren kann die Fehlerbestimmungseinheit 112 die Fehlerinformation in Antwort auf einen Eingabevorgang erzeugen, der durch einen Nutzer gemacht wird, der den Fehler erkannt hat. Die Fehlerinformation, die durch die Fehlerbestimmungseinheit 112 erzeugt ist, wird in die Erfassungseinheit 118 eingegeben.

[0024] Die Erfassungseinheit 118 erfasst einen Trainingsdatensatz, der die Frequenzcharakteristiken der Zustandsvariable aufweist, die durch Wandeln der Zustandsvariable erlangt sind, die den Zustand des Motors angibt, in den Frequenzbereich, und der eine Mehrzahl von Teilen von Trainingsdaten aufweist, in denen die Frequenzcharakteristiken mit

der Fehlerinformation über den Fehler des Lagers bezeichnet sind. Die Erfassungseinheit 118 entspricht einer „Datenerfassungseinheit“ gemäß der vorliegenden Offenbarung. Des Weiteren, extrahiert die Extrahierungseinheit 120 die Frequenzcharakteristiken von dem Trainingsdatensatz. Die Lerneinheit 122 optimiert ein Störungsmodell, um ein Störungsergebnis zu machen bzw. bereitzustellen, das von dem Störungsmodell ausgegeben wird, in dem Frequenzcharakteristiken, die von dem Trainingsdatensatz extrahiert sind, als Störungsmodell so nah wie möglich an der Fehlerinformation eingegeben werden, mit der der Trainingsdatensatz bezeichnet ist. Man beachte, dass Details der Verarbeitung, die durch Erfassungseinheit 118, die Extrahierungseinheit 120 und die Lerneinheit 122 durchgeführt werden, später beschrieben werden.

[Über den Kompressor]

[0025] Fig. 2 zeigt ein Diagramm, das ein Inneres des Kompressors 50 darstellt. Die Fig. 2 zeigt eine Querschnittsansicht, die entlang einer Richtung aufgenommen ist, in der eine Spindel 52 des Kompressors 50 sich erstreckt. Mit Bezug auf Fig. 2, wird der Kompressor 50 gemäß der vorliegenden Ausführungsform beschrieben. Der Kompressor 50, der in Fig. 2 dargestellt ist, weist Eingangrohr 51, eine Spindel 52, einen Motor 53, Schmieröl 54, eine Ölpumpe 55, ein Unterlager 56, ein Hauptlager 57, ein Kompressionsmechanismus 58 und ein Ausgangsrohr 59 auf. Der Kompressor 50, der eine Komponente der Klimaanlage 200 ist, bewirkt, dass ein Kühlmittel durch ein Rohr strömt, um ein Kühlzyklus auszubilden. Die Lerneinrichtung 100 gemäß der vorliegenden Ausführungsform erzeugt ein Störungsmodell, das genutzt wird zum Vorhersagen eines Fehlers eines Hauptlagers 57. Man beachte, dass, als eine Modifikation, die Lerneinrichtung 100 ein Störungsmodell erzeugen kann, das Vorhersagen von Fehlers des Hauptlagers 57 und Unterlager 56 genutzt wird. Des Weiteren, kann die Lerneinrichtung 100 ein Störungsmodell zur Verwendung beim Vorhersagen eines Fehlers eines Unterlagers 56 erzeugen.

[0026] Ein Niedrigtemperatur- und Niedrigdruck-Kühlmittel A wird in ein Kompressor 50 durch ein Eingangrohr 51 gezogen. Des Weiteren ist der Motor 53 zum Beispiel direkt oder indirekt mit der Drei-Phasen-Leistungsleitung 9 (siehe Fig. 1) verbunden. Der Motor 53 wird durch AC-Leistungsausgabe von dem Wechselrichter 4 über Drei-Phasen-Leistungsleitung 9 angetrieben. Die Spindel 52 ist mit dem Motor 53 verbunden. Der Motor 53 wird angetrieben zum Rotieren der Spindel 52. Die Rotationsenergie der Spindel 52 wird auf den Kompressionsmechanismus 58 übertragen.

[0027] Schmieröl 54 ist in einem Boden des Kompressors 50 gespeichert. Das Schmieröl 54 wird zum Unterlager 56 durch die Ölpumpe 55 zugeführt. Das Schmieröl 54 wird das somit zugeführt ist, schmiert das Unterlager 56 und die Spindel 52. Des Weiteren wird das Schmieröl 54 zum Hauptlager 57 durch die Ölpumpe 55 zugeführt. Das Schmieröl 54 somit zugeführt ist, schmiert das Hauptlager 57 und die Spindel 52. Das Ausgangsrohr 59 bewirkt, dass das Kühlmittel A, das durch den Kompressionsmechanismus 58 komprimiert ist, um hoch in der Temperatur und im Druck zu werden, aus dem Kompressor 50 auströmt.

[0028] Des Weiteren, gemäß der vorliegenden Ausführungsform, sind ein erster Sensor 61, ein zweiter Sensor 62, ein dritter Sensor 63 und ein vierter Sensor 64 in dem Kompressor 50 installiert. Der erste Sensor 61 detektiert den Druck des Kühlmittels A. Der zweite Sensor 62 detektiert die Temperatur um den Kompressor 50. Der dritte Sensor 63 detektiert die Luftfeuchtigkeit um den Kompressor 50. Der vierte Sensor 64 misst die Strömungsrate des Kühlmittels A, das in den Kompressor 50 einströmt. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform, gibt die Strömungsrate die Menge des Kühlmittels, das in den Kompressor 50 pro Zeiteinheit strömt (zum Beispiel alle 1 Sekunden).

[0029] Der Druck des Kühlmittels A, das durch den ersten Sensor 61 detektiert ist (das heißt, der Kühlmitteldruck, der in **Fig. 1** dargestellt ist) wird an die vierte Messeinheit 104 ausgegeben. Die Temperatur um den Kompressor 50, die durch den zweiten Sensor 62 detektiert ist (das heißt, die Temperatur, die in **Fig. 1** dargestellt ist) wird an die vierte Messeinheit 104 ausgegeben. Die Luftfeuchtigkeit um den Kompressor 50, die durch den dritten Sensor 63 detektiert ist (das heißt, die Luftfeuchtigkeit, die in **Fig. 1** dargestellt ist) wird an die vierte Messeinheit 104 ausgegeben. Die Strömungsrate des Kühlmittels A, die durch den vierten Sensor 64 detektiert ist (das heißt, die Kühlmittelströmungsrate, die in **Fig. 1** dargestellt ist) wird an die vierte Messeinheit 104 ausgegeben.

[Beispiel der Hardwarekonfiguration der Lerneinrichtung 100]

[0030] **Fig. 3** zeigt ein Diagramm, das schematisch ein Beispiel einer Hardwarekonfiguration einer Lerneinrichtung 100 gemäß der vorliegenden Ausführungsform darstellt. Mit Bezug auf die **Fig. 3**, weist die Lerneinrichtung 100 als Kern Hardwarekomponenten, einen Prozessor 304, einen Speicher 306, eine Netzwerksteuerung 308 und einen Speicher 310 bzw. Datenspeicher 310 auf.

[0031] Der Prozessor 304 ist eine Berechnungsentität, die verschiedene Programme ausführt, um Ver-

arbeitungen durchzuführen, die notwendig dafür sind, dass die Lerneinrichtung 100 arbeitet. Der Prozessor 304 weist zum Beispiel, zumindest eine oder mehrere CPUs oder eine oder mehrere GPUs auf. Zumindest entweder eine CPU oder eine GPU, die jeweils eine Mehrzahl von Kernen aufweist, können als Prozessor 304 genutzt werden. Für die Lerneinrichtung 100 ist es bevorzugt, dass eine GPU oder Ähnliches, das geeignet zur Lernverarbeitung ist, genutzt wird zum Erzeugen eines gelernten Modells.

[0032] Der Speicher 306 stellt einen Speicherbereich zum temporären Speichern von Programmcode, ein Arbeitsspeicher, oder Ähnliches bereit, wenn der Prozessor 304 ein Programm ausführt. Beispiele des Speichers 306 kann eine volatile Speichereinrichtung, etwa einen dynamischen Zufallszugangsspeicher (DRAM) oder einen statischen Zufallszugangsspeicher (SRAM) aufweisen.

[0033] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform überträgt und empfängt eine Netzwerksteuerung 308 Daten zu und von der Klimaanlage 200 und Ähnlichem. Des Weiteren, kann Netzwerksteuerung 308 Daten zu und von anderen Einrichtungen übertragen und empfangen. Die Netzwerksteuerung 308 kann zu jeglichem Kommunikationssystem wie etwa Ethernet (eingetragene Marke), einem drahtlosen Lokalbereichnetzwerk (LAN) und Bluetooth (eingetragene Marke) gehören.

[0034] Der Speicher 310 speichert ein OS 312, das durch einen Prozessor 304 auszuführen ist, ein Vorverarbeitungsprogramm 316 zum Erzeugen eines Trainingsdatensatzes 324, der später zu beschreiben ist, ein Trainingsprogramm zum Erzeugen eines gelernten Modells 326 unter Nutzung des Trainingsdatensatzes 324, und Ähnliches.

[0035] Frequenzcharakteristiken 320 entsprechen den Informationen die erlangt werden durch Wandeln der Zustandsvariable in den Frequenzbereich durch die Wandlereinheit 116 (siehe **Fig. 1**). Die Frequenzcharakteristiken 320 entsprechen der Information, die von der Wandlereinheit 116 zu der Erfassungseinheit 118 übertragen wird. Die Fehlerinformation 322 entspricht Informationen, die durch die Fehlerbestimmungseinheit 112 erzeugt wird (siehe **Fig. 1**). Die Fehlerinformation 322 entspricht der Information, die von der Fehlerbestimmungseinheit 112 zu der Erfassungseinheit 118 übertragen wird.

[0036] Der Trainingsdatensatz 324 entspricht einem Trainingsdatensatz der erlangt wird durch Bezeichnen (oder Markieren) von Frequenzcharakteristiken 320 mit Fehlerinformation 322. Das gelernte Modell 326 wird erlangt als ein Ergebnis der Lernverarbeitung, die unter Nutzung des Trainingsdatensatzes 324 durchgeführt wird.

[0037] Beispiele für den Speicher 310 umfassen eine nicht flüchtige Speichereinrichtung wie etwa eine Festplatte oder ein Festzustandslaufwerk (SSD).

[0038] Einige der Bibliotheken oder funktionalen Module, die notwendig für den Prozessor 304 zum Ausführen des Vorverarbeitungsprogramms 316 und des Trainingsprogramms 318 sind, können unter Nutzung von Standardbibliotheken oder funktionalen Modulen implementiert sein, die durch das OS 312 bereitgestellt sind. In diesem Fall weist weder das Vorverarbeitungsprogramm 316 noch das Trainingsprogramm 318 alle Programmmodule auf, die notwendig zum Implementieren einer entsprechenden Funktion sind, sondern das Vorverarbeitungsprogramm 316 und das Trainingsprogramm 318 sind in der Laufzeitumgebung des OS 312 installiert, um zu ermöglichen, dass eine funktionale Konfiguration gemäß der vorliegenden Ausführungsform implementiert wird. Dies ermöglicht sogar solch ein Programm, das einige Bibliotheken oder funktionale Module nicht aufweist, innerhalb dem technischen Geltungsbereich der vorliegenden Ausführungsform zu fallen.

[0039] Das Vorverarbeitungsprogramm 316 und das Trainingsprogramm 318 können verteilt sein mit dem Vorverarbeitungsprogramm 316 und dem Trainingsprogramm 318 gespeichert in einem nicht flüchtigen Aufzeichnungsmedium wie etwa einem optischen Aufzeichnungsmedium wie etwa einer optischen Scheibe, einem Halbleiteraufzeichnungsmedium wie etwa ein Flash-Speicher, einem magnetischen Aufzeichnungsmedium wie etwa einer Festplatte oder einem Speicherband, oder einem magneto-optischen Aufzeichnungsmedium wie etwa ein MO, und in dem Speicher 310 installiert sein. Daher kann ein Lernprogramm gemäß der vorliegenden Ausführungsform einem in dem Speicher 310 installierten Programm oder Ähnlichem, entsprechen, oder einem Aufzeichnungsmedium, das ein Programm zum Implementieren einer Funktion oder einer Verarbeitung gemäß der vorliegenden Ausführungsform speichert.

[0040] Des Weiteren kann das Programm zum Implementieren der Lerneinrichtung 100 nicht nur innerhalb des Programms verteilt sein, das in jeglichem gewünschten Aufzeichnungsmedium gespeichert ist, wie voranstehend beschrieben, sondern auch durch Herunterladen von einer Servereinrichtung oder Ähnliches über das Internet oder ein Intranet verteilt sein.

[0041] Fig. 3 stellt ein Beispiel einer Konfiguration dar, wo ein Allzweckcomputer (Prozessor 304) das Vorverarbeitungsprogramm 316 und Trainingsprogramm 318 ausführt, um eine Lerneinrichtung 100 zu implementieren. Man beachte, dass

alle oder einige Funktionen, die notwendig zum Implementieren der Lerneinrichtung 100 sind, über eine hartverdrahtete Schaltung wie etwa eine integrierte Schaltung implementiert sein kann. Zum Beispiel können solche Funktionen über eine anwendungsspezifische integrierte Schaltung (ASIC), ein feldprogrammierbares Gate-Array (FPGA), oder Ähnliches, installiert sein.

[Über Fehler des Hauptlagers]

[0042] Als Nächstes wird eine Beschreibung eines Fehlers des Hauptlagers 57 gegeben. Die Fig. 4 und Fig. 5 sind Diagramme zum Beschreiben des Fehlers des Hauptlagers 57. Die Fig. 4 und Fig. 5 sind Querschnittsansichten der Spindel 52 des Hauptlagers 57 entlang einer Ebene orthogonal zu der Richtung, in der sich die Spindel 52 erstreckt. Die Fig. 4 zeigt ein Diagramm zum Beschreiben eines Falls, wo die Spindel 52 und das Hauptlager 57 in einem normalen Schmierungszustand sind. Die Fig. 5 zeigt ein Diagramm zum Beschreiben eines Falls, wo die Spindel 52 und das Hauptlager 57 in einem abnormalen Schmierungszustand sind.

[0043] Wie in Fig. 4 dargestellt, wenn der Schmierungszustand normal ist, füllt das Schmieröl 54 einen Zwischenraum zwischen der Spindel 52 und dem Hauptlager 57 aus, wodurch die Spindel 52 ermöglicht wird, glatt zu rotieren. Des Weiteren macht der Einfluss der Temperatur des Kompressors 50, eine Alterungsverschlechterung des Kompressors 50, oder Ähnliches, die Viskosität des Schmieröls 54 geringer, was dabei dazu führen kann, dass in Ölfilm zwischen der Spindel 52 und dem Hauptlager 57 nicht erhalten werden kann. In diesem Fall wird der Schmierungszustand abnormal. Wenn die Spindel 52 und das Hauptlager 57 in dem abnormalen Schmierungszustand sind, rotiert die Spindel 52 in Kontakt mit dem Hauptlager 57 wie in Fig. 5 dargestellt, so dass das Hauptlager 57 beschädigt werden kann.

[0044] Wenn die Spindel 52 damit fortfährt, in einem Zustand zu rotieren, wo das Hauptlager 57 beschädigt worden ist, wird der Grad einer Beschädigung des Hauptlagers 57 größer. Dies bewirkt, dass der Kompressor 50 aufhört zu arbeiten und, zum Beispiel, fällt das System aus (Systemausfallzeit), was zu einer Verringerung in der Betriebsrate des Kompressors 50 führt.

[Über Fehlermodus]

[0045] Fig. 6 zeigt ein Diagramm zum Beschreiben eines Fehlermodus. Die Lerneinrichtung 100 gemäß der vorliegenden Ausführungsform führt die Lernverarbeitung durch, um einer Fehlervorhersageeinrichtung 400, die später zu beschreiben ist, zu ermöglichen, den Fehlermodus vorherzusagen. Des

Weiteren, entspricht der Fehlermodus der Information, die eine Art des Fehlers angibt. Wie in **Fig. 6** dargestellt, fassen Beispiele eines Fehlers des Hauptlagers 57 Fehlermodi, wie etwa eine Einkerbung, das Eintreten eines Fremdkörpers, Fressen, Abnutzung und Korrosion (Rost). Jede der Fehlermodi entspricht typischerweise einer Information, die eine Art des Fehlers angibt.

[0046] Die „Einkerbung“ tritt auf, wenn ein Kompressor 50 einen außergewöhnlichen Stoß aufnimmt. Das „Eintreten eines Fremdkörpers“ tritt auf, wenn ein Fremdkörper in den Zwischenraum zwischen der Spindel 52 und das Hauptlager 57 eintritt. Das „Fressen“ tritt auf, wenn das Schmieröl 54 ausgegangen ist. Wie in Bezug auf die **Fig. 5** beschrieben, tritt die „Abnutzung“ auf, wenn die Viskosität des Schmieröls 54 geringer wird, und die Spindel 52 und das Hauptlager 57 kommen in Metallkontakt miteinander. Die „Korrosion“ tritt aufgrund des Alterns des Kompressors 50 auf. Des Weiteren, ist die Art des Fehlers nicht auf die in **Fig. 6** dargestellten Beispiele beschränkt und kann andere Fehler aufweisen.

[0047] Des Weiteren gibt es einen Fall, wo eine Art des Fehlers, die in **Fig. 6** beschrieben ist, auftritt, und ein Fall, wo zwei oder mehr Arten der Fehler auftreten.

[Frequenzcharakteristiken]

[0048] **Fig. 7** zeigt ein Diagramm zum Beschreiben von Frequenzcharakteristiken, wenn die Zustandsvariable in den Frequenzbereich gewandelt ist. **Fig. 7** zeigt ein Diagramm zum Beschreiben von Frequenzcharakteristiken, die durch Wandeln eines U-Phasen-Stroms, der ein Wechselstrom unter den Zustandsvariablen ist, in den Frequenzbereich erlangt wird. In **Fig. 7** repräsentiert die vertikale Achse ein „Spektrum“ und die horizontale Achse repräsentiert eine „Frequenz“. Man beachte, dass, gemäß der vorliegenden Ausführungsform, angenommen werden kann, dass das „Spektrum“ und die „Frequenzcharakteristiken“ dieselbe Bedeutung haben. Man beachte, dass das „Spektrum“ und die „Frequenzcharakteristiken“ verschiedene Konzepte sein können.

[0049] In **Fig. 7** gibt eine durchgezogene Linie einen Fall an, wo das Hauptlager 57 in dem normalen Zustand ist. Die gestrichelte Linie gibt einen Fall an, in dem eine Abnormalität, in dem Hauptlager 57 aufgrund von Abnutzung auftritt (siehe Fehlermodus 4 in **Fig. 6**). Eine Lang-kurz-gestrichelte Linie gibt einen Fall an, wo eine Abnormalität im Hauptlager 57 aufgrund von Fressen auftritt (siehe Fehlermodus 2 in **Fig. 6**).

[0050] In dem in **Fig. 7** dargestellten Beispiel, ist ein Spektrum einer Grundfrequenz f_a höchst bedeutungslos dafür, ob das Hauptlager 57 im normalen Zustand oder abnormalem Zustand ist. Ein Frequenzbereich höher als die Grundfrequenz f_a wird bezeichnet als ein Hochfrequenzbereich. Der Hochfrequenzbereich entspricht typischerweise einem Frequenzbereich größer als oder gleich zu dreimal der Grundfrequenz f_a .

[0051] In dem in **Fig. 7** dargestellten Beispiel, bei einer Frequenz f_b , die innerhalb des Hochfrequenzbereichs fällt, ist ein Spektrum, wenn eine Abnormalität aufgrund von Fressen auftritt, am höchsten, ein Spektrum, wenn eine Abnormalität auftritt, aufgrund von Abnutzung ist das zweite höchste, und ein Spektrum, wenn das Hauptlager 57 ein normal ist, ist das geringste.

[0052] Wie in **Fig. 7** dargestellt, unterscheiden sich die Frequenzcharakteristiken (Spektrum) bei einer bestimmten Frequenz (siehe in dem in **Fig. 7** dargestellten Beispiel Frequenz f_b) auf eine Weise, die von dem Vorhandensein oder Abwesendsein einer Abnormalität im Hauptlager 57 abhängt, die Art der Abnormalität, die auftritt, und Ähnlichem. Daher werden das Vorhandensein oder Abwesendsein einer Abnormalität im Hauptlager 57, die Art der Abnormalität, die auftritt, und Ähnliches bestimmt, basierend auf Frequenzcharakteristiken (Spektrum) der Zustandsvariable (in dem in **Fig. 7** dargestellten Beispiel den Wechselstrom). Man beachte, dass der abnormale Zustand einem Zustand entspricht, der zu einem Fehler führt, und wenn der abnormale Zustand sich fortsetzt, kann definiert sein, dass der Kompressor 50 in einem Fehler endet. Obwohl nicht spezifisch dargestellt, sogar wenn eine Mehrzahl von Arten von Abnormalitäten in dem Hauptlager 57 auftritt, können Spektren entsprechend der Mehrzahl von Arten von Abnormalitäten bei einer bestimmten Frequenz im Hochfrequenzbereich erscheinen.

[0053] Als Nächstes wird eine Beschreibung gegeben, warum die Frequenzcharakteristiken des Wechselstroms sich bei einer bestimmten Frequenz auf eine Weise unterscheiden, die von dem Vorhandensein oder Abwesendsein einer Abnormalität in dem Hauptlager 57 abhängt, der Art der Abnormalität die auftritt, und Ähnlichem. Im Allgemeinen rotiert die Spindel 52 des Motors 53 mit hoher Geschwindigkeit, und eine Frequenzkomponente des Wechselstroms zum Antreiben der Spindel 52 erhöht sich entsprechend. Daher, wenn es eine Abnormalität im Hauptlager 57 gibt, tendiert ein Rauschen einer Hochfrequenzkomponente dazu, in dem Wechselstrom zum Antreiben der Spindel 52 aufzutreten. Dies bewirkt, dass Frequenzcharakteristiken der Hochfrequenzkomponente des Wechselstroms auf eine Weise abweichen, die von dem Vorhandensein oder Abwesendsein einer Abnormalität im Hauptlager 57, der

Art der auftretenden Abnormalität, und Ähnlichem abhängt. Aus dem gleichen Grund weichen der Busstrom und die Busspannung als Zustandsvariable auch in Frequenzcharakteristiken auf eine Weise ab, die von dem Vorhandensein oder Abwesendsein einer Abnormalität in dem Hauptlager 57, der Art der auftretenden Abnormalität und Ähnlichem abhängt.

[0054] Des Weiteren, wenn die Spindel 52 des Motors 53 mit hoher Geschwindigkeit rotiert, und insbesondere eine Abnormalität im Hauptlager 57 auftritt, kann der Kompressor 50 stark vibrieren. Daher, wenn es eine Abnormalität im Hauptlager 57 gibt, tendiert das Rauschen einer Hochfrequenzkomponente des Betriebszustands (das bedeutet, der Kühlmitteldruck, die Temperatur, die Luftfeuchtigkeit und die Kühlmittelströmungsrate) der Klimaanlage 200 dazu aufzutreten. Dies bewirkt auch, dass der Betriebszustand der Klimaanlage 200 in der Frequenzcharakteristik auf eine Weise abweicht, die von dem Vorhandensein oder Abwesendsein einer Abnormalität im Hauptlager 57, der Art der auftretenden Abnormalität und Ähnlichem abhängt.

[0055] Des Weiteren, sogar während der Kompressor 50 in einem Normalbetrieb ist, ein Beschleunigungsbetrieb ist, oder einem Bremsbetrieb ist, wenn die Zustandsvariable in den Frequenzbereich gewandelt wird, bewirkt eine Reduktion der Abtastfrequenz, dass das Spektrum zwischen, wenn das Hauptlager 57 in dem normalen Zustand ist und wenn das Hauptlager 57 in dem abnormalen Zustand ist, sich unterscheidet.

[Über den Trainingsdatensatz]

[0056] Als Nächstes wird eine Beschreibung gegeben, davon, wie die Erfassungseinheit 118 (siehe **Fig. 1**) den Trainingsdatensatz 324 erfasst. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform, erzeugt die Erfassungseinheit 118 selbst den Trainingsdatensatz 324 zum Erfassen des Trainingsdatensatzes 324.

[0057] **Fig. 8** zeigt ein Diagramm zum Beschreiben eines Beispiels davon, wie ein Trainingsdatensatz 324 zu erzeugen ist. Mit Bezug auf **Fig. 8**, verknüpft die Erfassungseinheit 118 die Frequenzcharakteristiken, die erlangt werden als Ergebnis der Wandlung, die durch die Wandlereinheit 116 durchgeführt wird mit der Fehlerinformation, die durch die Fehlerbestimmungseinheit 112 erzeugt sind.

[0058] **Fig. 8** stellt dar, als Fehlerinformation 322, eine Fehlerinformation 322A, eine Fehlerinformation 322B und eine Fehlerinformation 322C. Des Weiteren, entspricht die Fehlerinformation 322 Information, die durch die Fehlerbestimmungseinheit 112. Die Fehlerinformation 322 entspricht „Modellfehlerinformation“ gemäß der vorliegenden Offenbarung. Die Fehlerinformation 322A, die Fehlerinformation

322B und die Fehlerinformation 322C entsprechen ebenfalls der „Modellfehlerinformation“.

[0059] Frequenzcharakteristiken, die durch die Wandlereinheit 116 erzeugt werden, wenn Fehlerinformation 322A durch die Fehlerbestimmungseinheit 112 erzeugt wird, werden als Frequenzcharakteristiken 320A bezeichnet. Frequenzcharakteristiken, die durch die Wandlereinheit 116 erzeugt werden, wenn die Fehlerinformation 322B durch die Fehlerbestimmungseinheit 112 erzeugt wird, werden als Frequenzcharakteristiken 320B bezeichnet. Frequenzcharakteristiken, die durch die Wandlereinheit 116 erzeugt werden, wenn die Fehlerinformation 322C erzeugt wird durch die Fehlerbestimmungseinheit 112, werden als Frequenzcharakteristiken 320C bezeichnet.

[0060] Dies bedeutet, dass die Fehlerinformation 322A und die Frequenzcharakteristiken 320A zur selben Zeit erzeugt werden. Die Fehlerinformation 322B und Frequenzcharakteristiken 320B werden zu derselben Zeit erzeugt. Die Fehlerinformation 322C und Frequenzcharakteristiken 320C werden zu derselben Zeit erzeugt.

[0061] Die Erfassungseinheit 118 bezeichnet Frequenzcharakteristiken 320 mit einer entsprechenden Fehlerinformation, die zu derselben Zeit als Frequenzcharakteristiken 320 erzeugt werden, um Teile von Trainingsdaten zu erzeugen. Mit anderen Worten, verknüpft die Erfassungseinheit 118 die Fehlerinformation mit den Frequenzcharakteristiken, die zu derselben Zeit als die Fehlerinformation erzeugt werden. Weil die Zeit zu der die Fehlerinformation erzeugt wird und die Zeit, zu der die Frequenzcharakteristiken erzeugt werden, dieselben sind, Verknüpft die Erfassungseinheit 118 die Fehlerinformation mit den Frequenzcharakteristiken unter Nutzung der Zeit bspw. als Schlüssel.

[0062] In dem in **Fig. 8** dargestellten Beispiel, bezeichnet die Erfassungseinheit 118 Frequenzcharakteristiken 320A mit Fehlerinformation 322A zum Erzeugen eines Teils von Trainingsdaten. Die Erfassungseinheit 118 bezeichnet Frequenzcharakteristiken 320B mit Fehlerinformation 322B zum Erzeugen eines Teils von Trainingsdaten. Die Erfassungseinheit 118 bezeichnet Frequenzcharakteristiken 320C mit Fehlerinformation 322C zum Erzeugen eines Teils von Trainingsdaten.

[0063] Des Weiteren erzeugt die Erfassungseinheit 118 eine Mehrzahl von Teilen von Trainingsdaten (in dem Beispiel, das in **Fig. 8** dargestellt ist, drei Teile von Trainingsdaten) als ein Trainingsdatensatz. Die Erfassungseinheit 118 erfasst die Mehrzahl von Teilen von Trainingsdaten, die so erzeugt sind (in dem Beispiel, das in **Fig. 8** dargestellt ist, drei Teile von Trainingsdaten) als ein Trainingsdatensatz.

[Extrahierungseinheit und Lerneinheit]

[0064] Fig. 9 zeigt ein Diagramm zum Beschreiben von Details des Verarbeitens, das durch die Extrahierungseinheit 120 und die Lerneinheit 122 durchgeführt wird. In dem in Fig. 9 dargestellten Beispiel, werden ein Störungsmodell 1400 und ein Modellparameter 364 zum Definieren des Störungsmodells 1400 beschrieben. Des Weiteren, gemäß der vorliegenden Ausführungsform, definiert ein gelerntes Modell 326 (siehe Fig. 3) eine Netzwerkstruktur und einen entsprechenden Parameter (zum Beispiel die Modellparameter 364). Das Störungsmodell 1400 wird gebaut basierend auf einem gelernten Modell 326. Man beachte, dass das Störungsmodell 1400 und das gelernte Modell 326 dieselbe Bedeutung haben können. Die Lernverarbeitung, die durch die Lerneinheit 122 gemäß der vorliegenden Ausführungsform durchgeführt wird, optimiert Modellparameter 364 zum Erzeugen des gelernten Modells 326. Des Weiteren kann man annehmen, dass das Störungsmodell 1400 ein typisches neuronales Netzwerk ist. Der Modellparameter 364 weist einen „Wichtungskoeffizienten des neuronalen Netzwerks“ auf.

[0065] Die Extrahierungseinheit 120 wählt einen Teil den von Trainingsdaten von dem Trainingsdatensatz aus. In dem in Fig. 9 dargestellten Beispiel wählt die Extrahierungseinheit 120 als einen Teil der Trainingsdaten, Trainingsdaten aus, in denen die Frequenzcharakteristiken 320A und Fehlerinformation 322A miteinander verknüpft sind. Die Extrahierungseinheit 120 extrahiert sieben Frequenzcharakteristiken von den Teilen der von Trainingsdaten, die ausgewählt sind. In dem in Fig. 9 dargestellten Beispiel, weisen die sieben Frequenzcharakteristiken die Frequenzcharakteristiken des Busstroms, die Frequenzcharakteristik der Busspannung, die Frequenzcharakteristik des Wechselstroms, die Frequenzcharakteristik des Kühlmitteldrucks, die Frequenzcharakteristik der Temperatur, die Frequenzcharakteristik der Luftfeuchtigkeit und die Frequenzcharakteristik der Kühlmittelströmungsrate auf.

[0066] Die Extrahierungseinheit 120 erlangt ein Störungsergebnis 1450 durch Eingeben der sieben Frequenzcharakteristiken, die so extrahiert sind, an das Störungsmodell 1400. Das Störungsergebnis 1450 entspricht Fehlerinformation. Die Lerneinheit 122 erlangt einen Fehler durch Vergleichen von Störungsergebnis 1450-Ausgabe von dem Störungsmodell 1400 mit einer entsprechenden Fehlerinformation 322A (Wahr-Bezeichnung). Die Lerneinheit 122 optimiert (passt an) einen Wert eines Modellparameters 364 gemäß dem so erlangten Fehler.

[0067] Mit anderen Worten, optimiert die Lerneinheit 122 das Störungsmodell 1400, um ein Störungsergebnis 1450-Ausgabe zu machen durch Eingeben

von Frequenzcharakteristiken 320A, die von Trainingsdaten extrahiert sind (Daten, in denen Frequenzcharakteristiken 320A mit Fehlerinformation 322A bezeichnet sind) an das Störungsmodell 1400 so nah wie möglich an Fehlerinformation 322A, mit denen die Trainingsdaten bezeichnet sind. Des Weiteren, mit anderen Worten, passt die Lerneinheit 122 Modellparameter 364 an, um zu bewirken, dass das Störungsergebnis 1450, das durch Extrahieren von Frequenzcharakteristiken 320A von den Trainingsdaten und Eingeben von Frequenzcharakteristiken 320A an das Störungsmodell 1400 erlangt ist, mit Fehlerinformation 322A zusammenzufallen, die mit Frequenzcharakteristiken 320A verknüpft sind.

[0068] Das gelernte Modell 326 wird erzeugt durch wiederholtes Optimieren des Modellparameters 364 des Störungsmodells 1400 basierend auf all den Teilen von Trainingsdaten, die in dem Trainingsdatensatz 324 in demselben Vorgang vorhanden sind.

[0069] Die Lerneinheit 122 nutzt jeglichen gewünschten Optimierungsalgorithmus zum Optimieren des Werts eines Modellparameters 364. Beispiele des Optimierungsalgorithmus umfassen Gradientenverfahren wie etwa eine stochastische Gradientenabnahme (SGD), Momenten-SGD, AdaGrad, RMSprop, AdaDelta und eine adaptive Momentenschätzung (Adam).

[Störungsmodell]

[0070] Fig. 10 zeigt ein Diagramm, das schematisch ein Beispiel einer Netzwerkconfiguration des Störungsmodells 1400 dargestellt, das in Fig. 9 dargestellt ist. Mit Bezug auf Fig. 10, weist das Störungsmodell 1400 eine Eingangsschicht 1460, eine Zwischenschicht 1490, eine Aktivierungsfunktion 1492 und eine Softmax-Funktion 1494 auf. Die Aktivierungsfunktion 1492 und die Softmax-Funktion 1494 entsprechen einer Ausgangsschicht. Eine Eingangsschicht 1460 weist eine Eingangsschicht 1460A, eine Eingangsschicht 1460B, eine Eingangsschicht 1460C, eine Eingangsschicht 1460D, eine Eingangsschicht 1460E, eine Eingangsschicht 1460F und eine Eingangsschicht 1460G auf.

[0071] Die Frequenzcharakteristik des Busstroms wird in die Eingangsschicht 1460A als Zeit-Reihe-Daten in vorbestimmten Intervallen (zum Beispiel alle oder jede 0,1 Sekunden) eingegeben. Die Frequenzcharakteristik der Busspannung wird in die Eingangsschicht 1460B als Zeit-Reihe-Daten zu den vorbestimmten Intervallen eingegeben. Die Frequenzcharakteristik des Wechselstroms wird in die Eingangsschicht 1460C als Zeit-Reihe-Daten zu den vorbestimmten Intervallen eingegeben. Die Frequenzcharakteristik des Kühlmittels Druck wird in die Eingangsschicht 1460D als Zeit-Reihe-Daten zu den vorbestimmten Intervallen eingegeben. Die Fre-

quenzcharakteristik der Temperatur des Kompressors 50 wird in die Eingangsschicht 1460E als Zeit-Reihe-Daten eingegeben. Die Frequenzcharakteristik der Luftfeuchtigkeit des Kompressors 50 wird in die Eingangsschicht 1460F als Zeit-Reihe-Daten zu den vorbestimmten Intervallen eingegeben. Die Frequenzcharakteristik der Kühlmittelströmungsrates wird in die Eingangsschicht 1460G als Zeit-Reihe-Daten zu den vorbestimmten Intervallen eingegeben. Man beachte, dass **Fig. 10** nur die Eingangsschicht 1460A und Eingangsschicht 1460G zum Zwecke der Vereinfachung der Zeichnung darstellt.

[0072] Die Zwischenschicht 1490 ist auf einem vollständig verbundenen Netzwerk zusammengesetzt, das eine vorbestimmte Anzahl von Schichten aufweist und verbindet in Reihe für jeden Netzwerkknoten, Ausgaben von Eingangsschichten 1460A bis 1460G unter Nutzung einer Gewichtung und Vorspannung, die für jeden Knoten bestimmt ist.

[0073] Die Aktivierungsfunktion 1492 wie etwa ReLU wird auf die Ausgangsseite der Zwischenschicht 1490 platziert und letztendlich wird ein Störungsergebnis 1450 normalisiert in eine Wahrscheinlichkeitsverteilung durch die Softmax-Funktion 1494 ausgegeben. Man beachte, dass man annehmen kann, dass die Anzahl von Zwischenschichten 1490 größer als oder gleich zu eins ist.

[Flussdiagramm der Lernverarbeitung]

[0074] **Fig. 11** zeigt ein Beispiel eines Flussdiagramms der Lerneinrichtung 100. In Schritt S2 bestimmt eine Fehlerbestimmungseinheit 112, ob ein Fehler in dem Kompressor 50 aufgetreten ist. In Schritt S2, führt die Fehlerbestimmungseinheit 112 wiederholt den Schritt S2 aus, bis die Fehlerbestimmungseinheit 112 bestimmt, dass ein Fehler in dem Kompressor 50 aufgetreten ist. Wenn bestimmt wird, dass ein Fehler in dem Kompressor 50 aufgetreten ist, erzeugt die Fehlerbestimmungseinheit 112 Fehlerinformation und die Verarbeitung setzt sich in Schritt S4 fort.

[0075] In Schritt S4 erfasst die Erfassungseinheit 118 die Fehlerinformation, die durch die Fehlerbestimmungseinheit 112 erzeugt ist. Als Nächstes erfasst in Schritt S6 die Überwachungseinheit 114 eine Zustandsvariable. Als Nächstes wandelt in Schritt S8 die Wandlereinheit 116 die Zustandsvariable in den Frequenzbereich zum Erzeugen von Frequenzcharakteristiken. Als Nächstes verknüpft in Schritt S10 die Erfassungseinheit 118 die Fehlerinformation, die in Schritt S4 erlangt wurde, mit Frequenzcharakteristiken, die in Schritt S8 erzeugt wurden, um einen Trainingsdatensatz zu erzeugen (siehe **Fig. 8**).

[0076] Als Nächstes wählt in Schritt S12 die Extrahierungseinheit 120 einen Teil von Trainingsdaten unter der Mehrzahl von Teilen von Trainingsdaten aus, die in dem Trainingsdatensatz vorhanden sind. Als Nächstes, im Schritt S14, extrahiert die Extrahierungseinheit 120 Frequenzcharakteristiken von dem so ausgewählten Trainingsdatensatz. Als Nächstes, in Schritt S16, gibt die Extrahierungseinheit 120 die Frequenzcharakteristiken, die so extrahiert sind, in das Störungsmodell 1400 ein, um das Störungsergebnis 1450 zu erzeugen. Als Nächstes, in Schritt S18, optimiert die Lerneinheit 122 Modellparameter 364 basierend auf einem Fehler zwischen der Fehlerinformation des im Schritt S12 ausgewählten Datensatzes und dem Störungsergebnis, das in Schritt S16 erzeugt ist. Als Nächstes, in Schritt S20, bestimmt die Lerneinheit 122, ob all die Trainingsdatensätze, die so erzeugt wurden, verarbeitet worden sind. Im Schritt S20, wenn die Lerneinheit 122 bestimmt, dass nicht alle der erzeugten Trainingsdatensätze verarbeitet worden sind (NEIN in Schritt S20), kehrt die Verarbeitung zu Schritt S12 zurück. Auf der anderen Seite, im Schritt S20, wenn die Lerneinheit 122 bestimmt, dass all die erzeugten Trainingsdatensätze verarbeitet worden sind (JA in Schritt S20), ist die Lernverarbeitung zu einem Ende gebracht. Beim Ende der Lernverarbeitung, ist das gelernte Modell 326 geeignet durch die Lerneinrichtung 100 erzeugt.

[0077] Die Lerneinrichtung 100 gemäß der vorliegenden Ausführungsform führt die Lernverarbeitung basierend auf sog. überwachtem Lernen unter Nutzung der Fehlerinformation durch, die durch Fehlerbestimmungseinheit 112 erzeugt ist. Man beachte, dass, als eine Modifikation, die Lerneinrichtung 100 die Lernverarbeitung basierend auf sog. unüberwachtem Lernen durchführen kann. Das unüberwachte Lernen ist eine Art von Lernen in die die Lerneinrichtung 100 eine große Menge von Daten nimmt, die nur Eingabedaten enthält (zum Beispiel Frequenzcharakteristiken) zum Lernen, wie Eingabedaten verteilt sind und eine Dimensionsreduktion, Clustering, Neuordnung und Ähnliches auf den Eingabedaten durchführt, ohne einen entsprechenden Datensatz zu nehmen. Die Lerneinrichtung 100 führt Clustering zum Gruppieren von Merkmalen des Trainingsdatensatzes in ähnliche Datensatzgruppen durch. Die Lerneinrichtung 100 aktualisiert die Modellparameter des Störungsmodells durch Zuordnen der Ausgabe von dem Störungsmodell, um den Trainingsdatensatz basierend auf einigen Kriterien zu optimieren, die basierend auf dem Ergebnis des Clusters bereitgestellt sind. Des Weiteren, als Zwischen-Lernen zwischen unüberwachtem Lernen und überwachtem Lernen, kann die Lerneinrichtung 100 die Lernverarbeitung basierend auf „semi-überwachtem Lernen“ durchführen. Das semiüberwachte Lernen ist eine Art von Lernen, in dem das Lernen durchgeführt wird unter Nutzung einer oder mehrerer Teile von Trainingsdaten, die aus einigen von allen

der Frequenzcharakteristiken und Fehlerinformation, die mit den Frequenzcharakteristiken verknüpft sind, zusammengesetzt sind, und den anderen von all den Frequenzcharakteristiken, die nicht mit Fehlerinformation verknüpft sind.

Zweite Ausführungsform

[Konfiguration der Fehlervorhersageeinrichtung]

[0078] In einer zweiten Ausführungsform wird eine Beschreibung gegeben einer Fehlervorhersageeinrichtung. Die Fehlervorhersageeinrichtung sagt einen Fehler eines Hauptlagers 57 unter Nutzung des gelernten Modells 326 vorher, das in der ersten Ausführungsform erzeugt ist. Des Weiteren, kann die Fehlervorhersageeinrichtung ein gelerntes Modell 326 von der Lerneinrichtung 100 über ein Netzwerk (nicht dargestellt) erlangen. Des Weiteren, mit der Fehlervorhersageeinrichtung und der Lerneinrichtung 100, die in eine einzelne Einrichtung integriert sind, kann die Fehlervorhersageeinrichtung ein gelerntes Modell 326 erlangen, das durch die Lerneinrichtung 100 erzeugt ist. Des Weiteren, kann die Fehlervorhersageeinrichtung ein gelerntes Modell 326 von einer optischen Scheibe 426 erlangen (siehe **Fig. 19**). Des Weiteren, kann das gelernte Modell 326 von einer Einrichtung verschieden von der Lerneinrichtung 100 erfasst werden (zum Beispiel, eine Lerneinrichtung verschieden von der Lerneinrichtung 100). Das gelernte Modell 326, das durch die Fehlervorhersageeinrichtung gehalten ist und das gelernte Modell 326, das zuletzt durch die Lerneinrichtung 100 erzeugt wurde, sind vorzugsweise dieselben.

[0079] **Fig. 12** zeigt ein Diagramm zum Darstellen eines Beispiels einer Konfiguration eines Fehlervorhersagesystems 1100 gemäß der vorliegenden Ausführungsform. Man beachte, dass, in **Fig. 12**, Komponenten, die durch dieselben Bezugszeichen bezeichnet sind, wie die Komponenten in **Fig. 1**, dieselben Leistungsfähigkeiten haben.

[0080] Die Fehlervorhersageeinrichtung 400 sagt ein Fehler eines Hauptlagers 57 des Motors 53 vorher, der in **Fig. 2** dargestellt ist. Die Fehlervorhersageeinrichtung 400 weist, als Funktionsmodule, eine erste Messeinheit 101, eine zweite Messeinheit 102, eine dritte Messeinheit 103, eine vierte Messeinheit 104, eine Überwachungseinheit 114, eine Wandlereinheit 116, eine Erzeugungseinheit 202, eine Ausgabereinheit 204, eine Befehlseinheit 502 und eine Benachrichtigungseinheit 504 auf.

[0081] Die Überwachungseinheit 114 erfasst die Zustandsvariable, die den Zustand des Motors angibt. Die Zustandsvariable ist zusammengesetzt aus den sieben Variablen, die mit Bezug auf **Fig. 1** und Ähnliches beschrieben worden sind. Die Wand-

lereinheit 116 wandelt jede der sieben Variablen in einen Frequenzbereich. Die Erzeugungseinheit 202 hält das gelernte Modell 326. Das gelernte Modell 326 entspricht einem Modell, das durch die Lernverarbeitung erzeugt ist, die durch die Lerneinrichtung 100 durchgeführt ist (siehe **Fig. 11**). Die Erzeugungseinheit 202 erzeugt Fehlerinformation über den Fehler des Hauptlagers 57 unter Nutzung der Frequenzcharakteristiken und des gelernten Modells 326. Das gelernte Modell 326 entspricht einem Modell, das ein Verhältnis zwischen den Frequenzcharakteristiken repräsentiert, die durch Wandeln der Zustandsvariable erlangt, in den Frequenzbereich durch die Wandlereinheit 116 erlangt sind und die Modellfehlerinformation über den Fehler des Hauptlagers. Eine detaillierte Beschreibung der Verarbeitung, die durch die Erzeugungseinheit 202 durchgeführt wird, wird mit Bezug auf **Fig. 20** gegeben. Die Ausgabereinheit 204 gibt die Fehlerinformation aus, die durch die Erzeugungseinheit 202 erzeugt ist. In dem in **Fig. 12** dargestellten Beispiel, wird die Ausgabe der Ausgabereinheit 204 an die Befehlseinheit 502 und die Benachrichtigungseinheit 504 gesendet.

[0082] Das gelernte Modell 326 entspricht einem Störungsmodell, das ausgibt, beim Empfangen der Frequenzcharakteristiken, die durch Wandeln der Zustandsvariable in den Frequenzbereich durch die Wandlereinheit 116 erlangt sind, der Fehlerinformation als ein Störungsergebnis. Wie in Bezug auf **Fig. 9** und Ähnliches beschrieben, wird das gelernte Modell 326 durch die Lernverarbeitung unter Nutzung des Trainingsdatensatzes erzeugt. Der Trainingsdatensatz weist eine Mehrzahl von Teilen von Trainingsdaten auf, in denen die Frequenzcharakteristiken, die durch Wandeln der Zustandsvariable in den Frequenzbereich durch die Wandlereinheit 116 erlangt sind, mit der Modellfehlerinformation bezeichnet sind.

[0083] Des Weiteren, überträgt die Befehlseinheit 502 ein Befehlssignal an den Umrichter 4. Die Benachrichtigungseinheit 504 macht eine Benachrichtigung basierend auf der Fehlerinformation.

[Über Fehlerinformation]

[0084] Als Nächstes wird eine Beschreibung der Fehlerinformation gegeben, die durch die Erzeugungseinheit 202 erzeugt ist. Wie in der ersten Ausführungsform beschrieben, entspricht die Fehlerinformation Informationen die mindestens eines vom Folgenden angibt: das Vorhandensein oder Abwesensein eines Fehlers des Hauptlagers 57 in dem Kompressor 50, den Grad des Fehlers des Hauptlagers 57 und die Art des Fehlers des Hauptlagers 57. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform, kann man annehmen, dass die Fehlerinformation Fehlerinformation entspricht, die den Grad des Fehlers des Hauptlagers 57 angibt.

[0085] Die Erzeugungseinheit 202 hält eine erste Tabelle. Die Erzeugungseinheit 202 bezieht sich auf die erste Tabelle zum Identifizieren des Grad des Fehlers. **Fig. 13** zeigt ein Diagramm zum Darstellen eines Beispiels der ersten Tabelle. In dem in **Fig. 13** dargestellten Beispiel, der Normalzustand oder der abnormale Zustand in der linken Spalte gezeigt, die Anzahl von Fehlermodi ist in der mittleren Spalte gezeigt und ein Fehlerniveau als ein Fehlergrad ist in der rechten Spalte gezeigt. In dem in **Fig. 13** dargestellten Beispiel, sind die Anzahl von Fehlermodi und der Fehlergrad miteinander verknüpft. Der Fehlermodus ist wie mit Bezug auf **Fig. 6** beschrieben.

[0086] In dem in **Fig. 13** dargestellten Beispiel, ist die Anzahl von Fehlermodi von „0“ verknüpft mit einem Fehlerniveau 0. Des Weiteren, ist die Anzahl von Fehlermodi von „0“ definiert als das Hauptlager 57 in dem normalen Zustand. Die Anzahl von Fehlermodi von „1“ ist mit einem Fehlerniveau 1 verknüpft. Die Anzahl von Fehlermodi von „2“ ist mit einem Fehlerniveau 2 verknüpft. Die Anzahl von Fehlermodi von „3“ ist mit einem Fehlerniveau 3 verknüpft. Die Anzahl von Fehlermodi von „4“ ist mit einem Fehlerniveau 4 verknüpft. Die Anzahl von Fehlermodi von „größer als oder gleich zu 5“ ist mit einem Fehlerniveau 5 verknüpft.

[0087] Die Erzeugungseinheit 202 erfasst die Anzahl von Fehlermodi basierend auf dem gelernten Modell 326. Nachfolgend bezieht sich die Erzeugungseinheit 202 auf die erste Tabelle, die in **Fig. 13** dargestellt ist, zum Identifizieren des Fehlergrads (Fehlerniveaus), das mit der Anzahl von Fehlerniveaus verknüpft ist. Zum Beispiel, wenn eine „3“ als die Anzahl von Fehlermodi basierend auf dem gelernten Modell 326 erfasst wird, identifiziert die Erzeugungseinheit 202 „3“ als das Fehlerniveau. In diesem Fall erzeugt die Erzeugungseinheit 202 Fehlerinformation, die „3“ als den Fehlergrad angibt. Wie voranstehend beschrieben, gemäß der vorliegenden Ausführungsform, identifiziert die Erzeugungseinheit 202 ein Gesamtfehlergrad als die Fehlerinformation.

[0088] Des Weiteren wird eine Beschreibung einer Modifikation der Fehlerinformation gegeben. **Fig. 14** zeigt ein Diagramm zum Beschreiben einer ersten Modifikation der Fehlerinformation. In den in den **Fig. 14** und **Fig. 15** beschriebenen Beispielen, die später zu beschreiben sind, repräsentiert die Horizontalachse den Zeitverlauf und die vertikale Achse repräsentiert den Fehlergrad. In den in den **Fig. 14** und **Fig. 15** dargestellten Beispiele, die später zu beschreiben sind, gibt eine durchgezogene Linie den Fehlermodus 0 an, eine gestrichelte Linie gibt den Fehlermodus 1 und eine Lang-kurz-gestrichelte Linie gibt den Fehlermodus 2 an.

[0089] Der Fehlermodus 0 ist ein Modus, in dem das Hauptlager 57 keinen Fehler aufweist, das bedeutet,

ein Modus, der keiner der Arten von Fehlern des Hauptlagers 57 entspricht, die in **Fig. 6** dargestellt sind. Des Weiteren sind der Fehlermodus 1 und der Fehlermodus 2 beschrieben mit Bezug auf die **Fig. 6**. Die **Fig. 14** zeigt, dass ein Fehlermodus 2 der höchste in der Vergrößerungsrate im Fehlergrad über die Zeit ist. **Fig. 14** zeigt, dass der Fehlermodus 1 der zweithöchste in der Vergrößerungsrate in dem Fehlergrad über der Zeit ist. Die **Fig. 14** zeigt, dass der Fehlermodus 0 (das heißt, ein Modus, in dem kein Fehler auftritt) der niedrigste in der Vergrößerungsrate in dem Fehlergrad über die Zeit ist. Gemäß der ersten Modifikation, kann die Erzeugungseinheit 202 die Fehlerinformation erzeugen, die den Fehlergrad für jeden Fehlermodus angibt.

[0090] **Fig. 15** zeigt ein Diagramm zum Beschreiben einer zweiten Modifikation der Fehlerinformation. In dem in **Fig. 15** dargestellten Beispiel, ist ein Schwellwert definiert für jeden Fehlermodus. In dem in **Fig. 15** dargestellten Beispiel, ist ein Schwellwert Th0 definiert als ein Schwellwert eines Fehlermodus 0. Des Weiteren, ist ein Schwellwert Th1 definiert als ein Schwellwert des Fehlermodus 1. Des Weiteren, ist ein Schwellwert Th2 definiert als ein Schwellwert des Fehlermodus 2. Des Weiteren, trifft $Th0 > Th1 > th2$ zu.

[0091] Gemäß der zweiten Modifikation, wenn der Fehlergrad für jeden Fehlermodus größer als oder gleich zu einem Schwellwert des Fehlermodus ist, bestimmt die Erzeugungseinheit 202, dass eine Abnormalität unter diesem Fehlermodus vorliegt. Auf der anderen Seite, wenn der Fehlergrad für jeden Fehlermodus geringer als der Schwellwert für den Fehlermodus ist, bestimmt die Erzeugungseinheit 202, dass es keine Abnormalität unter diesem Fehlermodus gibt. Zum Beispiel, wenn der Fehlergrad des Fehlermodus 1 größer als oder gleich zu dem Schwellwert Th1 des Fehlermodus 1 ist, bestimmt die Erzeugungseinheit 202, dass es eine Abnormalität unter dem Fehlermodus 1 gibt. Auf der anderen Seite, wenn der Fehlergrad für jeden Fehlermodus geringer als der Schwellwert für den Fehlermodus ist, bestimmt die Erzeugungseinheit 202, dass es keine Abnormalität unter diesem Fehlermodus gibt. Gemäß der zweiten Modifikation, erzeugt die Erzeugungseinheit 202 die Fehlerinformation, die angibt, ob das Hauptlager 57 in dem normalen Zustand oder dem abnormalen Zustand ist für jeden Fehlermodus. Man beachte, dass in **Fig. 15** der Schwellwert Th0 mit dem Fehlermodus 0 verknüpft ist, aber der Schwellwert des Fehlermodus 0 nicht definiert sein muss.

[Durch die Befehlseinheit durchgeführte
Verarbeitung]

[0092] Als Nächstes wird eine Beschreibung der Verarbeitung gegeben, die durch die Befehlseinheit

502 durchgeführt wird (siehe **Fig. 12**). Des Weiteren, überträgt die Befehlseinheit 502 das Befehlssignal an den Umrichter bzw. Wechselrichter 4 zum Steuern des Wechselrichters 4. Der Wechselrichter 4 führt zum Beispiel eine Pulsbreitenmodulation (PWM)-Steuerung an dem Kompressor 50 basierend auf das Befehlssignal durch, das von der Befehlseinheit 502 übertragen ist. Das Befehlssignal enthält einen Befehlswert, der eine Frequenz angibt. Der Wechselrichter 4 führt eine PWM-Steuerung basierend auf der Frequenz durch, die durch den Befehlswert angegeben ist.

[0093] Des Weiteren, steuert die Befehlseinheit 502 den Befehlswert, der die Frequenz der PWM-Steuerung gemäß der Fehlerinformationsausgabe von der Ausgabereinheit 204 angibt. In der folgenden Beschreibung kann man annehmen, dass die Fehlerinformation Information ist, die den Grad des Fehlers des Hauptlagers 57 angibt.

[0094] Die Befehlseinheit 502 hält eine zweite Tabelle und bezieht sich auf die zweite Tabelle zum Bestimmen des Befehlsvalues, der die Frequenz der PWM-Steuerung angibt. **Fig. 16** zeigt ein Diagramm, das ein Beispiel der zweiten Tabelle darstellt.

[0095] In dem in **Fig. 16** dargestellten Beispiel, sind als der Grad des Fehlers des Hauptlagers 57, Fehler-niveaus 0 bis 5 (siehe **Fig. 13**) definiert. In dem in **Fig. 16** dargestellten Beispiel ist eine Frequenz F der PWM-Steuerung mit jedem der Fehler-niveaus 0 bis 5 verknüpft. In dem in **Fig. 16** dargestellten Beispiel, ist je größer der Grad des Fehlers des Hauptlagers 57, desto geringer die Frequenz der PWM-Steuerung und je geringer der Grad des Fehlers des Hauptlagers 57, desto höher ist die Frequenz der PWM-Steuerung.

[0096] In dem in **Fig. 16** dargestellten Beispiel, ist das Fehler-niveau 0 mit einer Frequenz F0 verknüpft. Des Weiteren, ist das Fehler-niveau 1 mit einer Frequenz F1 verknüpft. Des Weiteren, ist das Fehler-niveau 2 mit einer Frequenz F2 verknüpft. Des Weiteren, ist das Fehler-niveau 3 mit einer Frequenz F3 verknüpft. Des Weiteren, ist das Fehler-niveau 4 mit einer Frequenz F4 verknüpft. Des Weiteren, ist das Fehler-niveau 5 mit einer Frequenz F5 verknüpft. Zum Beispiel gilt $F0 > F1 > F2 > F3 > F4 > F5$. Alternativ, wenn das Fehler-niveau größer als oder gleich zu 1 ist, kann Befehlseinheit 502 die Frequenz F der PWM-Steuerung auf 0 Hz setzen.

[0097] Die Befehlseinheit 502 erfasst einen numerischen Wert (Fehler-niveau) des Grads des Fehlers des Hauptlagers 57, das durch die Fehlerinformationsausgabe von der Ausgabereinheit 204 angegeben ist. Die Befehlseinheit 502 bezieht sich auf die zweite Tabelle, die in **Fig. 16** dargestellt ist, um die Frequenz F zu identifizieren, die mit dem numeri-

schon Wert, der so erfasst ist, verknüpft ist. Die Befehlseinheit 502 überträgt an den Wechselrichter 4 ein Befehlssignal, das den Befehlswert enthält, der die Frequenz F, die derart identifiziert ist, angibt. Wenn der numerischen Wert (Fehler-niveau) des Grads des Fehlers des Hauptlagers 57, der durch die Fehlerinformationsausgabe von der Ausgabereinheit 204 angegeben ist, zum Beispiel, „2“ ist, identifiziert die Befehlseinheit 502 die Frequenz F2. Die Befehlseinheit 502 überträgt an den Wechselrichter 4 ein Befehlssignal, das den Befehlswert enthält, der die derart identifizierte Frequenz F2 angibt.

[Durch die Benachrichtigungseinheit durchgeführte Verarbeitung]

[0098] Als Nächstes wird eine Beschreibung der Verarbeitung gegeben, die durch die Benachrichtigungseinheit 504 durchgeführt wird (siehe **Fig. 12**). Die Benachrichtigungseinheit 504 macht eine Benachrichtigung basierend auf der Fehlerinformation. Zum Beispiel benachrichtigt die Benachrichtigungseinheit 504 den Nutzer über die Fehlerinformation. Wie die Benachrichtigung der Fehlerinformation gemacht wird, kann jegliches Verfahren sein, solange der Nutzer die Fehlerinformation kennen kann. Zum Beispiel bewirkt die Benachrichtigungseinheit 504, dass eine Anzeigeeinrichtung (nicht dargestellt) das Vorhandensein oder Abwesendsein eines Fehlers oder den Fehlergrad anzeigt. Die Anzeigeeinrichtung kann eine Einrichtung sein, die in einer Fehler-vorhersageeinrichtung 400 oder einer Einrichtung bereitgestellt ist, die außerhalb der Fehler-vorhersageeinrichtung 400 bereitgestellt ist. Des Weiteren, kann die Benachrichtigungseinheit 504 den Nutzer über die Fehlerinformation durch Sprache benachrichtigen. Des Weiteren kann die Benachrichtigungseinheit 504 den Nutzer über die Fehlerinformation durch Drucken und Ausgeben der Fehlerinformation auf Papier benachrichtigen.

[0099] Die Benachrichtigungseinheit 504 kann eine Benachrichtigung eines Austauschzeitpunkts gemäß dem Fehlergrad machen, der durch die Fehlerinformation angegeben wird. Hier kann die Austauschzeitpunkt eine Austauschzeitpunkt des Hauptlagers 57, eine Austauschzeitpunkt des Kompressors 50 oder eine Austauschzeit der Klimaanlage 200 sein.

[0100] Die Benachrichtigungseinheit 504 hält eine dritte Tabelle und bezieht sich auf die dritte Tabelle zum Bestimmen der Austauschzeit. **Fig. 17** zeigt ein Diagramm, das ein Beispiel der dritten Tabelle darstellt.

[0101] In dem in **Fig. 17** dargestellten Beispiel, sind die Fehler-niveaus 1 bis 5 (siehe **Fig. 13**) als der Grad des Fehlers des Hauptlagers 57 definiert. In dem in **Fig. 17** dargestellten Beispiel, ist die Austauschzeit mit jedem der Fehler-niveaus 1 bis 5 verknüpft. In

dem in **Fig. 17** dargestellten Beispiel, ist je größer der Grad des Fehlers des Hauptlagers desto kürzer die Austauschzeit und je kleiner der Grad des Fehlers des Hauptlagers, desto länger die Austauschzeit.

[0102] In dem in **Fig. 17** dargestellten Beispiel, ist das Fehlerniveau 0 mit keiner Austauschzeit bzw. keinem Austauschzeitpunkt verknüpft. Wenn das Fehlerniveau „0“ ist, muss weder das Hauptlager 57 noch der Kompressor 50 ausgetauscht werden und es wird keine Austauschzeitpunkt spezifiziert. In dem in **Fig. 17** dargestellten Beispiel, ist das Fehlerniveau 1 mit „fünf Monaten“ verknüpft als der Austauschzeit. Des Weiteren ist das Fehlerniveau 2 mit „vier Monaten“ als der Austauschzeit verknüpft. Des Weiteren ist das Fehlerniveau 3 mit „drei Monaten“ als der Austauschzeit verknüpft. Des Weiteren ist das Fehlerniveau 4 mit „zwei Monaten“ als der Austauschzeit verknüpft. Des Weiteren ist das Fehlerniveau 5 mit „einem Monat“ als der Austauschzeit verknüpft.

[0103] Die Benachrichtigungseinheit 504 erfasst einen numerischen Wert (Fehlerniveau) als den Grad des Fehlers des Hauptlagers 57, der durch die Fehlerinformationsausgabe von der Ausgabereinheit 204 angegeben wird. Die Benachrichtigungseinheit 504 bezieht sich auf die dritte Tabelle, die in **Fig. 17** dargestellt ist, zum Identifizieren der Austauschzeit, die mit dem derart erlangten numerischen Wert verknüpft ist. Die Benachrichtigungseinheit 504 überträgt ein Benachrichtigungssignal, das die Austauschzeit angibt, die derart identifiziert ist, an die Anzeigeeinrichtung. Wenn der numerische Wert (Fehlerniveau) des Grads des Fehlers des Hauptlagers 57, der durch die Fehlerinformationsausgabe von der Ausgabereinheit 204 angegeben ist, zum Beispiel „3“ ist, identifiziert die Benachrichtigungseinheit 504 „drei Monate“ als die Austauschzeit. Die Benachrichtigungseinheit 504 überträgt, an die Anzeigeeinrichtung, ein Benachrichtigungssignal, das „drei Monate“ als die identifizierte Austauschzeit angibt.

[0104] Die Anzeigeeinrichtung stellt eine Anzeige basierend auf dem Benachrichtigungssignal bereit, das so übertragen ist. **Fig. 18** zeigt ein Diagramm, das ein Beispiel darstellt, wie die Austauschzeit angezeigt ist. Das in **Fig. 18** dargestellte Beispiel, ist ein Beispiel der Anzeige der Austauschzeit (drei Monate), das durch die Anzeigeeinrichtung bereitgestellt ist. In dem in **Fig. 18** dargestellten Beispiel, wird ein Satz „Austausch des Kompressors in drei Monaten“ angezeigt.

[Hardwarekonfiguration der
Fehlervorhersageeinrichtung]

[0105] **Fig. 19** zeigt ein Diagramm, das ein Beispiel einer Hardwarekonfiguration der Fehlervorhersageeinrichtung 400 darstellt. Mit Bezug auf **Fig. 19**, weist die Fehlervorhersageeinrichtung 400 als Kern-

hardwarekomponenten, einen Prozessor 404, einen Speicher 406, ein optisches Laufwerk 428, eine Netzwerksteuerung 430 und einen Speicher 410 auf.

[0106] Der Prozessor 404 ist eine Berechnungsentität, die verschiedene Programme ausführt, um die Verarbeitung durchzuführen, die notwendig für die Fehlervorhersageeinrichtung 400 zum Arbeiten ist und der Prozessor 404 weist, zum Beispiel, zumindest entweder ein oder mehrere CPUs oder ein oder mehrere GPUs auf. Zumindest entweder eine CPU oder eine GPU, die jeweils eine Mehrzahl von Kernen aufweist, können als Prozessor 404 genutzt werden.

[0107] Der Speicher 406 stellt einen Speicherbereich zum temporären Speichern von Programmcode, einen Arbeitsspeicher, oder Ähnliches bereit, wenn der Prozessor 404 ein Programm ausführt. Beispiele des Speichers 406 sind eine flüchtige Speichereinrichtung, wie etwa DRAM oder ein SRAM.

[0108] Die Netzwerksteuerung 430 überträgt und empfängt Daten zu und von irgendeiner Informationsverarbeitungseinrichtung oder Ähnlichen, die eine Verwaltungseinrichtung 300 aufweist, über ein lokales Netzwerk oder Ähnliches. Die Netzwerksteuerung 430 kann zu irgendeinem Kommunikationssystem wie etwa Ethernet (eingetragene Marke), drahtloses LAN und Bluetooth (eingetragene Marke) gehören.

[0109] Der Speicher 410 speichert eine OS 424, das durch den Prozessor 404 auszuführen ist, ein Anwendungsprogramm 422 zum Implementieren der Funktion der Fehlervorhersageeinrichtung 400 gemäß der vorliegenden Ausführungsform, dem gelernten Modell 326 und Ähnlichen. Beispiele des Speichers 410 sind eine nicht flüchtige Speichereinrichtung, wie etwa eine Festplatte oder eine SSD.

[0110] Die optische Scheibe 426 ist ein Beispiel eines nicht flüchtigen Aufzeichnungsmediums und ist verteilt mit einem gewünschten Programm, das in der optischen Scheibe 426 auf nicht flüchtige Weise gespeichert ist. Das optische Laufwerk 428 liest das Programm von der optischen Scheibe 426 aus und installiert das Programm im Speicher 410, wodurch die Fehlervorhersageeinrichtung 400 gemäß der vorliegenden Ausführungsform konfiguriert ist. Des Weiteren, mit dem gelernten Modell 326, das auf der optischen Scheibe 426 gespeichert ist, kann die Fehlervorhersageeinrichtung 400 das gelernte Modell 326 von der optischen Scheibe 426 erlangen.

[0111] **Fig. 19** stellt ein optisches Aufzeichnungsmedium, wie etwa optische Scheibe 426, als ein Beispiel des nicht flüchtigen Aufzeichnungsmediums dar, aber das nicht flüchtige Aufzeichnungsmedium ist

nicht auf solch ein optisches Aufzeichnungsmedium beschränkt und ein Halbleiteraufzeichnungsmedium, wie etwa ein Flash-Speicher, ein magnetisches Aufzeichnungsmedium, wie etwa eine Festplatte oder ein Speicherband, oder ein magneto-optisches Aufzeichnungsmedium, wie etwa einem magneto-optische (MO)-Scheibe, kann genutzt werden.

[0112] Des Weiteren, kann das Programm zum Implementieren der Fehlervorhersageeinrichtung 400 nicht nur mit dem Programm, das in jeglichem geeigneten Aufzeichnungsmedium, wie voranstehend beschrieben, gespeichert ist, verteilt werden, sondern auch durch Herunterladen von einer Servereinrichtung oder Ähnlichen über das Internet oder ein Intranet.

[Durch die Erzeugungseinheit durchgeführte Verarbeitung]

[0113] Fig. 20 zeigt ein Diagramm zum Beschreiben der Verarbeitung, die durch die Erzeugungseinheit 202 durchgeführt wird. Die Frequenzcharakteristiken der Zustandsvariable, die als ein Ergebnis der Wandlung erlangt wird, die durch die Wandlereinheit 116 gemacht wird, werden in das Störungsmodell 1400 als Zeit-Reihe-Daten mit vorbestimmten Intervallen (zum Beispiel, jede 0,1 Sekunden) eingegeben. In dem in Fig. 20 dargestellten Beispiel, weisen die Frequenzcharakteristiken der Zustandsvariable sieben Frequenzcharakteristiken auf (in dem in Fig. 20 dargestellten Beispiel, die Frequenzcharakteristik des Busstroms, die Frequenzcharakteristik der Busspannung, die Frequenzcharakteristik des Wechselstroms, die Frequenzcharakteristik des Kühlmittel drucks, die Frequenzcharakteristik der Temperatur, die Frequenzcharakteristik der Luftfeuchtigkeit und die Frequenzcharakteristik der Kühlmittelströmungsrate).

[0114] Wenn die Frequenzcharakteristiken der Zustandsvariable in das Störungsmodell 1400 eingegeben werden, wird eine Betriebsverarbeitung, die durch das Störungsmodell 1400 definiert ist, durchgeführt und die Fehlerinformation wird als Störungsergebnis 1450 ausgegeben. Man beachte, dass, in Fig. 20, sowohl das Störungsmodell 1400 als auch das gelernte Modell 326 zur Vereinfachung dargestellt sind.

[Flussdiagramm der Fehlervorhersageverarbeitung]

[0115] Fig. 21 zeigt ein Beispiel eines Flussdiagramms der Fehlervorhersageeinrichtung 400. Die in Fig. 21 dargestellte Verarbeitung wird in vorbestimmten Intervallen (zum Beispiel, alle 0,1 Sekunden) durchgeführt. In Schritt S102, erfasst die Überwachungseinheit 114 eine Zustandsvariable. Als Nächstes, in Schritt S104, wandelt die Wandlereinheit 116 die Zustandsvariable in den Frequenzbe-

reich zum Erzeugen der Frequenzcharakteristiken. Als Nächstes, in Schritt S106, gibt die Erzeugungseinheit 202 die Frequenzcharakteristiken in das Störungsmodell 1400 ein zum Ausgeben der Störungsergebnisse 1450 als Fehlerinformation. Als Nächstes, in Schritt S108, gibt die Ausgabeinheit 204 die Fehlerinformation aus. Als Nächstes, in Schritt S 110, macht die Benachrichtigungseinheit 504 eine Benachrichtigung basierend auf der Fehlerinformation. Als Nächstes, in Schritt S112, bewirkt die Befehlseinheit 502, dass der Wechselrichter 4 die PWM-Steuerung basierend auf der Fehlerinformation durchführt. Man beachte, dass die Fehlervorhersageeinrichtung 400 den Schritt S110 und den Schritt S112 zu derselben Zeit durchführen kann. Des Weiteren, kann die Fehlervorhersageeinrichtung 400 den Schritt S112 vor dem Schritt S110 durchführen.

[Zusammenfassung]

[0116] Als Nächstes wird eine Zusammenfassung der ersten Ausführungsform und der zweiten Ausführungsform nachstehend gegeben.

[0117] (1) Im Allgemeinen rotiert die Spindel 52 des Motors 53 mit hoher Geschwindigkeit und eine Frequenzkomponente eines Wechselstroms zum Antreiben der Spindel 52 erhöht sich entsprechend. Daher, wenn es eine Abnormalität im Hauptlager 57 gibt, tendiert ein Rauschen einer Hochfrequenzkomponente dazu aufzutreten, wenn die Spindel 52 angetrieben wird. Im Fall dieser Tendenz erzeugt die Erzeugungseinheit 202 der Fehlervorhersageeinrichtung 400 gemäß der zweiten Ausführungsform die Fehlerinformation über den Fehler des Lagers unter Nutzung der Frequenzcharakteristiken und des Störungsmodells 1400. Die Frequenzcharakteristiken entsprechen der Information, die erlangt werden durch Wandeln der Zustandsvariable in den Frequenzbereich durch die Wandlereinheit 116. Das Störungsmodell 1400 repräsentiert ein Verhältnis zwischen den Frequenzcharakteristiken der Zustandsvariable und der Modellfehlerinformation über den Fehler des Hauptlagers 57. Daher, zum Beispiel, wenn das Rauschen einer Hochfrequenzkomponente auftritt, kann die Erzeugungseinheit 202 eine Fehlerinformation erzeugen, die ermöglicht, dass der Fehler des Hauptlagers 57 mit hoher Genauigkeit vorhergesagt wird. Daher kann die Fehlervorhersageeinrichtung 400 gemäß der zweiten Ausführungsform die Genauigkeit im Vorhersagen des Fehlers des Hauptlagers 57 erhöhen. Als ein Ergebnis kann die Fehlervorhersageeinrichtung 400 gemäß der zweiten Ausführungsform eine Systemausfallzeit aufgrund des Fehlers des Hauptlagers 57 minimieren und die Betriebsrate der elektrischen Einrichtung (in der voranstehend beschriebenen Ausführungsform der Klimaanlage), die einen Lager-

mechanismus, wie etwa einen Kompressor 50 aufweist, erhöhen.

[0118] (2) Des Weiteren, wie mit Bezug auf **Fig. 9** und Ähnliches beschrieben, ist ein Störungsmodell 1400 ein durch die Lerneinrichtung 100 trainiertes Modell. Weil das Störungsmodell 1400 in Antwort auf das Auftreten eines weiteren Fehlers oder Ähnlichem aktualisiert wird, kann die Fehlervorhersageeinrichtung 400 Fehlerinformation erzeugen, die ermöglicht, dass der Fehler des Hauptlagers 57 mit hoher Genauigkeit vorhergesagt wird.

[0119] (3) Wie in Bezug auf **Fig. 12** und Ähnliches beschrieben, weisen die Zustandsvariable den Wechselstrom, die Busspannung und den Busstrom auf. Des Weiteren, kann die Fehlervorhersageeinrichtung 400 einen Fehler basierend auf einer Variable vorhersagen, deren Rauschen einer Hochfrequenzkomponente dazu tendiert, aufzutreten, wenn es eine Abnormalität im Hauptlager 57 gibt. Daher kann die Fehlervorhersageeinrichtung 400 die Genauigkeit im Vorhersagen des Fehlers des Hauptlagers 57 erhöhen.

[0120] (4) Der Motor 53 ist direkt oder indirekt mit dem Wechselrichter 4 verbunden. Des Weiteren, wie in **Fig. 16** und Ähnlichem dargestellt, steuert die Befehlseinheit 502 den Befehlswert, der die Frequenz angibt, die an den Wechselrichter 4 auszugeben ist, gemäß der Fehlerinformation. Daher kann die Fehlervorhersageeinrichtung 400 den Motor 53 gemäß der Fehlerinformation steuern.

[0121] (5) Wie in Bezug auf die **Fig. 12** und Ähnliches beschrieben, weist die Zustandsvariable in den Betriebszustand (das heißt, die zweite Zustandsvariable) zu der Klimaanlage 200 auf, die mit dem Motor 53 versehen ist. Daher kann die Fehlervorhersageeinrichtung 400 eine Vorhersage machen, die den Betriebszustand der Klimaanlage 200 reflektiert, wie über den Fehler des Hauptlagers 57.

[0122] (6) Wie in Bezug auf die **Fig. 12** und Ähnliches beschrieben, weist der Betriebszustand der Klimaanlage 200 den Kühlmitteldruck, die Temperatur, die Luftfeuchtigkeit und den Kühlmitteldruck auf. Daher kann die Fehlervorhersageeinrichtung 400 einen Fehler basierend auf einer Variable vorhersagen, in der Rauschen einer Hochfrequenzkomponente dazu tendiert aufzutreten, wenn es eine Abnormalität im Hauptlager 57 gibt. Es ist daher möglich, die Genauigkeit der Vorhersagen des Fehlers des Hauptlagers 57 zu erhöhen.

[0123] (7) Des Weiteren, wie beschrieben mit Bezug auf **Fig. 18** und Ähnliches, macht die Benachrichtigungseinheit 504 eine Benachrichtigung basierend auf der Fehlerinformation. Daher ermöglicht die Feh-

lervorhersageeinrichtung 400 dem Nutzer zu erkennen, dass das Hauptlager 57 ausfallen kann oder dass das Hauptlager 57 ausgefallen ist.

[0124] (8) Des Weiteren, wie beschrieben mit Bezug auf **Fig. 18** und Ähnliches, macht die Benachrichtigungseinheit 504 eine Benachrichtigung der Austauschzeit bzw. Austauschzeitpunkt gemäß des Fehlergrads, der durch die Fehlerinformation angegeben wird. Dies ermöglicht dem Nutzer zu erkennen, dass die Austauschzeit des Hauptlagers 57 vorliegt und Ähnliches.

[0125] (9) Des Weiteren, wie beschrieben mit Bezug auf **Fig. 15** und Ähnliches, kann die Benachrichtigungseinheit 504 eine Benachrichtigung von der Art des Fehlers (zum Beispiel des Fehlermodus) machen. Daher ermöglicht die Fehlervorhersageeinrichtung 400 dem Nutzer die Art des Fehlers des Hauptlagers 57 zu erkennen.

[0126] (10) Wie in Bezug auf **Fig. 13** und Ähnliches beschrieben, kann die Fehlerinformation Information sein, die mindestens eines von Folgendem angibt: das Vorhandensein oder Abwesendsein des Fehlers des Hauptlagers 57, des Grads des Fehlers des Hauptlagers 57 und der Art des Fehlers des Hauptlagers 57. Daher ermöglicht die Fehlervorhersageeinrichtung 400 dem Nutzer mindestens eines von dem Folgenden zu erkennen: das Vorhandensein oder Abwesendsein des Fehlers des Hauptlagers 57, des Grads des Fehlers des Hauptlagers 57 und der Art des Fehlers des Hauptlagers 57.

[0127] (11) In der Lerneinrichtung 100 gemäß der ersten Ausführungsform, wie beschrieben mit Bezug auf **Fig. 8** und Ähnliches, erfasst die Erfassungseinheit 118 ein Trainingsdatensatz mit den Frequenzcharakteristiken der Zustandsvariable, die durch Wandeln der Zustandsvariable erlangt ist, die den Zustand des Motors 53 angibt, in den Frequenzbereich, und eine Mehrzahl von Teilen von Trainingsdaten, in denen die Frequenzcharakteristiken bezeichnet sind mit Fehlerinformation über die Fehler des Hauptlagers 57. Des Weiteren, wie beschrieben mit Bezug auf **Fig. 9** und Ähnliches, optimiert die Lerneinheit 122 das Störungsmodell 1400, um ein Störungsergebnis zu machen, das von dem Störungsmodell durch Eingeben der Frequenzcharakteristiken, die von dem Trainingsdatensatz extrahiert sind, in das Störungsmodell so nah wie möglich an der Fehlerinformation, mit der der Trainingsdatensatz bezeichnet ist, ausgegeben wird. Daher, wenn es eine Abnormalität im Hauptlager 57 gibt, kann die Lerneinrichtung 100 ein Störungsmodell 1400 optimieren, um die Genauigkeit im Vorhersagen des Fehlers des Hauptlagers 57 zu erhöhen, indem die Tendenz reflektiert wird, das Rauschen einer Hochfrequenzkomponente dazu tendiert aufzutreten in dem Wechselstrom zum Antreiben der Spindel 52.

[0128] (12) Des Weiteren, wie mit Bezug auf **Fig. 12** und Ähnliches beschrieben, weist die Zustandsvariable den Wechselstrom, die Busspannung und the Busstrom auf. Daher kann die Lerneinrichtung 100 das Störungsmodell 1400 optimieren, um eine Fehlervorhersageeinrichtung 400 zu ermöglichen, ein Fehler basierend auf einer Variable vorherzusagen, wenn ein Rauschen einer Hochfrequenzkomponente dazu tendiert aufzutreten, wenn es eine Abnormalität im Hauptlager 57 gibt.

Dritte Ausführungsform

[0129] **Fig. 22** zeigt ein Diagramm zum Beschreiben eines Lernsystems gemäß einer dritten Ausführungsform. In der ersten Ausführungsform wurde die Konfiguration beschrieben, in der die Klimaanlage 200 und die Lerneinrichtung 100 in einer einzelnen Einrichtung integriert sind. In der dritten Ausführungsform wird jedoch eine Beschreibung einer Konfiguration gegeben, wo die Klimaanlage 200 und die Lerneinrichtung 100 nicht in eine einzelne Einrichtung integriert sind. Typischerweise ist die Lerneinrichtung 100 in einem Cloud-Server installiert. Mit Bezug auf **Fig. 22** wird eine Beschreibung nachstehend des Lernsystems gemäß der dritten Ausführungsform gegeben.

[0130] Das in **Fig. 22** dargestellte Beispiel weist eine Lerneinrichtung 100A, eine Klimaanlage 200A, ein Lernsystem 1000B, ein Lernsystem 1000C und ein Netzwerk 1500 auf. In dem in **Fig. 22** dargestellten Beispiel ist die Lerneinrichtung 100A in einem Cloud-Server installiert. Das Lernsystem 1000B weist eine Lerneinrichtung 100B und eine Klimaanlage 200B auf. Das Lernsystem 1000C weist eine Lerneinrichtung 100C und eine Klimaanlage 200C auf. Das Netzwerk 1500 ist über das Internet, ein Intranet oder Ähnliches installiert. Die Klimaanlage 200A, die Lerneinrichtung 100A, das Lernsystem 1000B und das Lernsystem 1000C sind an separaten Orten (zum Beispiel einer Fabrik, einem Haus oder Ähnlichem) installiert.

[0131] Man beachte, dass die **Fig. 22** ein Beispiel darstellt, das mit einer einzigen Lerneinrichtung 100A und einer einzigen Klimaanlage 200A bereitgestellt ist. Jedoch kann zumindest entweder die Anzahl der Lerneinrichtungen 100A oder die Anzahl der Klimaanlagen 200A größer als oder gleich zu zwei sein. Des Weiteren ist das so dargestellte Beispiel mit zwei Lernsystemen (Lernsystem 1000B und Lernsystem 1000C). Die Anzahl von Lernsystemen kann jedoch eins ein oder größer als oder gleich zu drei sein.

[0132] In dem in **Fig. 22** dargestellten Beispiel sind die Lerneinrichtung 100A, die Lerneinrichtung 100B, die Lerneinrichtung 100C und die Klimaanlage 200A mit dem Netzwerk 1500 verbunden. Die Fehlerbes-

timmungseinheit 112 in der Lerneinrichtung 100A bestimmt, ob ein Lager einer Klimaanlage 200A ausgefallen ist. Die Lerneinrichtung 100A erzeugt, basierend auf der Fehlerinformation oder Ähnlichem, einen Trainingsdatensatz durch, zum Beispiel, den mit Bezug auf die **Fig. 8** und Ähnliches beschriebenen Verfahren. Des Weiteren erzeugt die Lerneinrichtung 100A ein gelerntes Modell 326 basierend auf dem Trainingsdatensatz, der so erzeugt ist und Ähnlichem.

[0133] Die Lerneinrichtung 100A kann das gelernte Modell 326 übertragen, das erzeugt ist dadurch, dass die Lerneinrichtung 100A an die andere Lerneinrichtung (Lerneinrichtung 100B und Lerneinrichtung 100C) über das Netzwerk 1500 übertragen hat. Beim Empfangen des gelernten Modells 326 aktualisiert die andere Lerneinrichtung ein gelerntes Modell, das durch die andere Lerneinrichtung gehalten wird basierend auf dem gelernten Modell 326.

[0134] Des Weiteren kann die Lerneinrichtung 100A das gelernte Modell empfangen, das durch die andere Lerneinrichtung aktualisiert ist. Die Lerneinrichtung 100A aktualisiert das gelernte Modell, das durch die Lerneinrichtung 100A gehalten wird, basierend auf dem gelernten Modell, das von der anderen Lerneinrichtung empfangen wird. Dies bedeutet, dass die Lerneinrichtung 100A und die andere Lerneinrichtung das gelernte Modell teilen können.

[0135] Des Weiteren kann die Lerneinrichtung 100A den Trainingsdatensatz übertragen, der durch die Lerneinrichtung 100A erfasst ist (zum Beispiel den Trainingsdatensatz, der durch die Lerneinrichtung 100A erzeugt ist) an die andere Lerneinrichtung (Lerneinrichtung 100B und Lerneinrichtung 100C). Beim Empfangen des Trainingsdatensatzes aktualisiert die andere Lerneinrichtung das gelernte Modell, das durch die andere Lerneinrichtung gehalten wird, basierend auf dem Trainingsdatensatz, der so empfangen wurde.

[0136] Des Weiteren kann die Lerneinrichtung 100A den Trainingsdatensatz empfangen, der durch die andere Lerneinrichtung erfasst ist. Die Lerneinrichtung 100A aktualisiert das gelernte Modell, das durch die Lerneinrichtung 100A gehalten ist basierend auf dem Trainingsdatensatz, der von der anderen Lerneinrichtung empfangen ist. Dies bedeutet, dass die Lerneinrichtung 100A und die andere Lerneinrichtung den Trainingsdatensatz teilen.

[0137] Des Weiteren kann die Lerneinrichtung 100A Fehlerinformation übertragen, die durch die Fehlerbestimmungseinheit 112 der Lerneinrichtung 100A erfasst ist, an die andere Lerneinrichtung (Lerneinrichtung 100B und Lerneinrichtung 100C). Beim Empfangen der Fehlerinformation aktualisiert die andere Lerneinrichtung das gelernte Modell, das

durch die andere Lerneinrichtung erhalten wird, basierend auf der so empfangenen Fehlerinformation.

[0138] Des Weiteren kann die Lerneinrichtung 100A die Fehlerinformation empfangen, die durch die andere Lerneinrichtung erfasst ist. Die Lerneinrichtung 100A aktualisiert das gelernte Modell, das durch die Lerneinrichtung 100A gehalten ist, basierend auf der Fehlerinformation, die von der anderen Lerneinrichtung empfangen ist. Das bedeutet, dass die Lerneinrichtung 100A und die andere Lerneinrichtung die Fehlerinformation teilen können.

[0139] Des Weiteren kann die Lerneinrichtung 100A mindestens zwei von den Folgenden übertragen: die Fehlerinformation, den Trainingsdatensatz und das gelernte Modell 326, an eine andere Lerneinrichtung. Des Weiteren kann die Lerneinrichtung 100A mindestens zwei der Folgenden empfangen: die Fehlerinformation, den Trainingsdatensatz und das gelernte Modell 326, von der anderen Lerneinrichtung.

[0140] Die Lerneinrichtung 100A gemäß der vorliegenden Ausführungsform kann mindestens eines von Folgendem empfangen: die Fehlerinformation, den Trainingsdatensatz und das gelernte Modell 326, von der anderen Lerneinrichtung. Des Weiteren kann die Lerneinrichtung 100A gemäß der vorliegenden Ausführungsform die Menge der Information erhöhen, die genutzt wird zum Aktualisieren des Störungsmodells 1400 verglichen mit „einer Lerneinrichtung, die keines der Folgenden empfängt: die Fehlerinformation, den Trainingsdatensatz und das gelernte Modell 326, von der anderen Lerneinrichtung“. Daher kann die Lerneinrichtung 100A gemäß der vorliegenden Ausführungsform ein gelerntes Modell mit hoher Genauigkeit erzeugen verglichen mit „einer Lerneinrichtung, die keines der Folgenden empfängt: die Fehlerinformation, den Trainingsdatensatz und das gelernte Modell 326, von der anderen Lerneinrichtung“.

[0141] Des Weiteren kann die Lerneinrichtung 100A gemäß der vorliegenden Ausführungsform mindestens zwei der Folgenden übertragen: die Fehlerinformation, den Trainingsdatensatz und das gelernte Modell 326 an die andere Lerneinrichtung. Daher kann die Lerneinrichtung 100A gemäß der vorliegenden Ausführungsform die Menge von Information erhöhen, die zum Aktualisieren des Störungsmodells in der anderen Lerneinrichtung genutzt wird, verglichen mit „einer Lerneinrichtung, die keines der Folgenden überträgt: die Fehlerinformation, den Trainingsdatensatz und das gelernte Modell 326, an die andere Lerneinrichtung“. Daher kann die Lerneinrichtung 100A gemäß der vorliegenden Ausführungsform bewirken, dass die andere Lerneinrichtung ein gelerntes Modell mit hoher Genauigkeit

erzeugt, verglichen mit „einer Lerneinrichtung, die keines der Folgenden überträgt: die Fehlerinformation, den Trainingsdatensatz und das gelernte Modell 326, an die andere Lerneinrichtung“.

[0142] Man beachte, dass gemäß der dritten Ausführungsform ein anderes Lernsystem später hinzugefügt werden kann. Des Weiteren kann eine weitere Klimaanlage später hinzugefügt werden. Des Weiteren kann eine andere Lerneinrichtung später hinzugefügt werden. Des Weiteren kann das andere Lernsystem (Lernsystem 1000B oder Lernsystem 1000C) später entfernt werden. Des Weiteren kann die andere Klimaanlage (Klimaanlage 200B oder Klimaanlage 200C) später entfernt werden. Des Weiteren kann die andere Lerneinrichtung (Lerneinrichtung 400B oder Lerneinrichtung 400C) später entfernt werden. Des Weiteren kann die Lerneinrichtung (zum Beispiel Lerneinrichtung 100A), die mit einer einzigen Klimaanlage (zum Beispiel Klimaanlage 200A) verknüpft ist, das Störungsmodell für die andere Klimaanlage aktualisieren.

[0143] Des Weiteren kann das Lernsystem eine Sammeleinrichtung aufweisen, die ein Lernergebnis sammelt (zum Beispiel optimiertes Störungsmodell 1400, optimierter Modellparameter 364 oder Ähnliches) von jeder der Mehrzahl von Lerneinrichtungen, die in **Fig. 22** dargestellt sind. Die Sammeleinrichtung erfasst die Lerneinrichtung und Attributinformation über den Kompressor 50, der eine Erfassungsquelle für das Lernergebnis ist, mit dem, zum Beispiel, das Lernergebnis und die Attributinformation miteinander verknüpft werden. Die Attributinformation über den Kompressor 50 weist zum Beispiel mindestens eines von einer Modellnummer des Kompressors und einer Spezifikation des Kompressors auf. Die Sammeleinrichtung aktualisiert das Lernergebnis basierend auf N (N ist ein Integer von mehr als oder gleich zu zwei) Lernergebnissen, die mit einem Teil von Attributinformation verknüpft sind (das heißt ein Lernergebnis von jedem der N Lerneinrichtungen). Die Sammeleinrichtung aktualisiert das Lernergebnis basierend auf, zum Beispiel, „einer Kombination von Fehlerinformation und Frequenzcharakteristiken“, die in den N-Lernergebnissen vorhanden sind. Zum Beispiel erzeugt die Sammeleinrichtung einen neuen Modellparameter 364 basierend auf N-Modellparameter 364. Die Lernergebnisse, die so aktualisiert sind, entsprechen einem Lernergebnis, das basierend auf den N-Lernergebnissen erzeugt ist. Daher weist das aktualisierte Lernergebnis eine höhere Genauigkeit im Vorhersagen eines Fehlers als jegliches der N-Lernergebnisse auf. Die Sammeleinrichtung überträgt das aktualisierte Lernergebnis an all die Fehlervorhersageeinrichtungen, die einen Teil der Attributinformation aufweisen, das mit den N-Lernergebnissen verknüpft ist, die zur Erzeugung des aktualisierten Lernergebnisses genutzt wurden.

Daher können all die Fehlervorhersageeinrichtungen eine Vorhersage über einen Fehler basierend auf dem aktualisierten Lernergebnis machen (z.B. weiter optimierten Modellparameter 364). Das bedeutet, dass all die Fehlervorhersageeinrichtungen eine Vorhersage über einen Fehler basierend auf dem Lernergebnis mit hoher Genauigkeit beim Vorhersagen eines Fehlers machen können. Dies wiederum ermöglicht eine Erhöhung in der Vorhersagegenauigkeit der Fehlervorhersageeinrichtung.

Vierte Ausführungsform

[0144] Fig. 23 zeigt ein Diagramm zum Beschreiben eines Fehlervorhersagesystems gemäß einer vierten Ausführungsform. In der zweiten Ausführungsform sind die Klimaanlage 200 und die Fehlervorhersageeinrichtung 400 in einer einzelnen Einrichtung integriert sind, beschrieben worden. In der vierten Ausführungsform wird jedoch eine Beschreibung gegeben einer Konfiguration, wo die Klimaanlage 200 und die Fehlervorhersageeinrichtung 400 nicht in einer einzelnen Einrichtung integriert sind. Typischerweise ist die Fehlervorhersageeinrichtung 400 in einem Cloud-Server integriert. Mit Bezug auf Fig. 23 wird eine nachstehende Beschreibung gegeben des Fehlervorhersagesystems gemäß der vierten Ausführungsform.

[0145] Das in Fig. 23 dargestellte Beispiel weist eine Fehlervorhersageeinrichtung 400A, eine Klimaanlage 200A, ein Fehlervorhersagesystem 1100B, ein Fehlervorhersagesystem 1100C und ein Netzwerk 1600 auf. Das Fehlervorhersagesystem 1100B weist eine Fehlervorhersageeinrichtung 400B und eine Klimaanlage 200B auf. Das Fehlervorhersagesystem 1100C weist eine Fehlervorhersageeinrichtung 400C und eine Klimaanlage 200C auf. Das Netzwerk 1600 ist über das Internet, ein Intranet oder Ähnliches implementiert. Die Klimaanlage 200A, die Fehlervorhersageeinrichtung 400A, das Fehlervorhersagesystem 1100B und ein Fehlervorhersagesystem 1100C sind an separaten Orten (zum Beispiel eine Fabrik, ein Haus oder Ähnliches) installiert.

[0146] Man beachte, dass Fig. 23 ein Beispiel darstellt, das mit einer einzigen Fehlervorhersageeinrichtung 400A und einer einzigen Klimaanlage 200A bereitgestellt ist. Jedoch zumindest die Anzahl der Fehlervorhersageeinrichtungen 400A oder die Anzahl der Klimaanlagen 200A kann größer als oder gleich zu zwei sein. Des Weiteren ist das derart dargestellte Beispiel mit zwei Fehlervorhersagesystemen (Fehlervorhersagesystem 1100B und Fehlervorhersagesystem 1100C) versehen. Die Anzahl der Fehlervorhersagesystemen kann jedoch eins oder größer als oder gleich zu drei sein.

[0147] In dem Beispiel, das in Fig. 23 dargestellt ist, sind die Fehlervorhersageeinrichtung 400A, die Fehlervorhersageeinrichtung 400B, die Fehlervorhersageeinrichtung 400C und die Klimaanlage 200A mit dem Netzwerk 1600 verbunden. Die Fehlervorhersageeinrichtung 400A empfängt Fehlerinformation, die durch die Erzeugungseinheit 202 der anderen Fehlervorhersageeinrichtung erzeugt ist (Fehlervorhersageeinrichtung 400B und Fehlervorhersageeinrichtung 400C). Die Fehlervorhersageeinrichtung 400A speichert die Fehlerinformation, die so empfangen ist und die in der Identifikationsinformation (zum Beispiel ID: Identifikation) eines Senders der Fehlerinformation mit der Fehlerinformation und die Identifikationsinformation, die miteinander verknüpft sind. Zum Beispiel, beim Empfangen der Fehlerinformation von der Fehlervorhersageeinrichtung 400B, speichert die Fehlervorhersageeinrichtung 400A die Fehlerinformation und die ID der Fehlervorhersageeinrichtung 400B mit der Fehlerinformation und die ID, die miteinander verknüpft sind. Nachfolgend macht die Benachrichtigungseinheit 504 der Fehlervorhersageeinrichtung 400A eine Benachrichtigung über die Klimaanlage (in dem Beispiel, das in Fig. 22 dargestellt ist, Klimaanlage 200B), die mit der Fehlervorhersageeinrichtung 400B verknüpft ist, basierend auf der Fehlerinformation. Zum Beispiel macht die Benachrichtigungseinheit 504 der Fehlervorhersageeinrichtung 400A eine Benachrichtigung wie etwa eine Anzeige eines Bilds von „Austauschen des Kompressors der Klimaanlage 200B in drei Monaten“, wie in Fig. 18 dargestellt.

[0148] Die Fehlervorhersageeinrichtung 400A gemäß der vorliegenden Ausführungsform kann eine Benachrichtigung über die Klimaanlage machen, die mit der anderen Fehlervorhersageeinrichtung verknüpft ist, basierend auf der Fehlerinformation. Dies ermöglicht dem Nutzer der Fehlervorhersageeinrichtung 400A zu erkennen, dass nicht nur die Fehlerinformation über die Klimaanlage 200A, die mit der Fehlervorhersageeinrichtung 400A verknüpft ist, sondern auch die Fehlerinformation über die Klimaanlage, die mit der anderen Fehlervorhersageeinrichtung verknüpft ist. Dies wiederum ermöglicht dem Nutzer der Fehlervorhersageeinrichtung 400A, Vorbereitungen zur Reparatur und zur Wartung von Teilen auf geplante Weise zu treffen, Systemausfallzeiten aufgrund der Fehler der Klimaanlage zu minimieren und die Betriebszeit der Klimaanlage zu erhöhen.

[0149] Des Weiteren kann die Fehlervorhersageeinrichtung 400A die Fehlerinformation übertragen, die durch die Erzeugungseinheit 202 von der Fehlervorhersageeinrichtung 400A erzeugt ist, an die andere Fehlervorhersageeinrichtung. Die andere Fehlervorhersageeinrichtung speichert die Fehlerinformation, die so empfangen ist, und die Identifikationsinformation über einen Sender der Fehlerinformation (das

heißt, die ID der Fehlervorhersageeinrichtung 400A) mit der Fehlerinformation und der Identifikationsinformation verknüpft miteinander. Nachfolgend macht die Benachrichtigungseinheit 504 der anderen Fehlervorhersageeinrichtung eine Benachrichtigung über die Klimaanlage, die mit der Fehlervorhersageeinrichtung 400A verknüpft ist (in dem Beispiel, das in **Fig. 22** dargestellt ist, die Klimaanlage 200A) basierend auf der Fehlerinformation. Zum Beispiel macht die Benachrichtigungseinheit 504 der anderen Fehlervorhersageeinrichtung 400 eine Benachrichtigung wie etwa eine Anzeige eines Bilds von „Tausche den Kompressor der Klimaanlage 200A in drei Monaten aus“, wie in **Fig. 18** dargestellt.

[0150] Wie voranstehend beschrieben, überträgt die Fehlervorhersageeinrichtung 400A die Fehlerinformation über die Klimaanlage 200A, die mit der Fehlervorhersageeinrichtung 400A verknüpft ist an die andere Fehlervorhersageeinrichtung. Daher kann die Fehlervorhersageeinrichtung 400A die andere Fehlerbenachrichtigungseinrichtung über die Fehlerinformation an der Klimaanlage 200A benachrichtigen. Dies ermöglicht dem Nutzer der anderen Fehlervorhersageeinrichtung zu erkennen, nicht nur die Fehlerinformation an (Klimaanlage 200A), die mit der anderen Fehlervorhersageeinrichtung verknüpft ist, sondern auch die Fehlerinformation an der Klimaanlage 200A. Dies wiederum ermöglicht dem Nutzer der anderen Fehlervorhersageeinrichtung 400, Vorbereitungen zur Reparatur und zur Wartung von Teilen auf geplante Weise zu treffen, Systemausfallzeiten aufgrund der Fehler der Klimaanlage zu minimieren und die Betriebszeit der Klimaanlage zu erhöhen.

[0151] Man beachte, dass das Übertragen durch die Fehlervorhersageeinrichtung 400A der Fehlerinformation an die andere Fehlervorhersageeinrichtung und Empfangen durch die Fehlervorhersageeinrichtung 400A der Fehlerinformation von der anderen Fehlervorhersageeinrichtung repräsentiert werden kann als „Teilen der Fehlerinformation zwischen der Fehlervorhersageeinrichtung 400A und der anderen Fehlervorhersageeinrichtung“.

<Modifikation>

[0152] (1) Die Zustandsvariable gemäß der voranstehend beschriebenen Ausführungsformen wurde beschrieben als die sieben Variablen von „Busstrom, Busspannung, Wechselstrom, Kühlmitteldruck, Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Kühlmittelströmungsrate“. Die Zustandsvariable kann jedoch mindestens eine der sieben Varianten sein. Des Weiteren kann die Fehlervorhersageeinrichtung 400 die erste Zustandsvariable, aber nicht die zweite Zustandsvariable nutzen. Des Weiteren kann die Fehlervorhersageeinrichtung 400 die zweite Zustandsvariable, aber nicht die erste Zustandsvariable nutzen.

[0153] Des Weiteren, wenn es eine Abnormalität in Hauptlager 57 gibt, „eine Variable, die die höchste in der Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines Rauschens ist“ unter den sieben Variablen aufweist, kann der „Busstrom“ sein. Dies bedeutet, dass der „Busstrom“ betrachtet werden kann als die höchste in der Genauigkeit im Vorhersagen eines Fehlers des Hauptlagers 57 unter den sieben Variablen. Daher kann die Fehlervorhersageeinrichtung 400 die Fehlerinformation unter Nutzung der Frequenzcharakteristiken des „Busstroms“, aber ohne Nutzen der Frequenzcharakteristiken der anderen Variablen (sechs Variablen) erzeugen.

[0154] Des Weiteren, wenn es eine Abnormalität im Hauptlager 57 gibt, ist „eine Variable, die die zweithöchste in der Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Rauschen“ unter den sieben Variablen ist, kann der „Kühlmitteldruck“ sein. Das bedeutet, dass der „Kühlmitteldruck“ betrachtet werden kann als die zweithöchste in der Genauigkeit des Vorhersagens eines Fehlers des Hauptlagers 57 unter den sieben Variablen. Daher kann die Fehlervorhersageeinrichtung 400 die Fehlerinformation unter Nutzung der Frequenzcharakteristiken des „Busstroms“ und der Frequenzcharakteristiken des „Kühlmitteldrucks“, aber ohne Nutzung der Frequenzcharakteristiken der anderen Variablen (fünf Variablen) erzeugen. Die Fehlervorhersageeinrichtung 400 kann mindestens eine der fünf Variablen nutzen, um die Genauigkeit im Vorhersagen eines Fehlers zu erhöhen.

[0155] Des Weiteren, in den voranstehend beschriebenen Ausführungsformen, ist die erste Zustandsvariable beschrieben als der Busstrom, die Busspannung und der Wechselstrom. Die erste Zustandsvariable kann jedoch eine andere Variable sein, solange die Variable den Zustand des Motors 53 angibt. Die erste Zustandsvariable kann zum Beispiel ein Wert eines Betriebsgeräuschs des Motors 53 angeben. Die erste Zustandsvariable kann ein Wert sein, der ein Motormoment des Motors 53 angibt. Die erste Zustandsvariable kann eine AC-Leistungsausgabe des Motors 53 aufweisen. Des Weiteren wurde die zweite Zustandsvariable beschrieben als der Kühlmitteldruck, die Temperatur, die Luftfeuchtigkeit und die Kühlmittelströmungsrate. Die zweite Zustandsvariable kann jedoch eine andere Variable sein, solange wie die Variable den Zustand der Klimaanlage 200 angibt. Die zweite Zustandsvariable kann mindestens eines vom Folgenden angeben: ein Betriebsgeräusch des Kompressors 50 selbst, ein Betriebsgeräusch um den Kompressor 50, ein Betriebsgeräusch der Klimaanlage 200 selbst und ein Betriebsgeräusch um die Klimaanlage 200. Die zweite Zustandsvariable kann des Weiteren zum Beispiel eine Temperatur eines Kühlmittels A aufweisen (siehe **Fig. 2**). Die zweite Zustandsvariable kann eine Temperatur im Kompressor 50 aufweisen. Die zweite Zustandsvariable

kann des Weiteren eine Feuchtigkeit im Kompressor 50 aufweisen. Die zweite Zustandsvariable kann des Weiteren eine Frequenz einer PWM-Steuerung aufweisen, die durch die Befehlseinheit 502 gesteuert ist.

[0156] (2) Die Fehlervorhersageeinrichtung 400 wurde als eine Einrichtung beschrieben, die dazu konfiguriert ist, die Fehlervorhersageverarbeitung unter Nutzung des gelernten Modells durchzuführen, das unter Nutzung künstlicher Intelligenz trainiert ist. Die Fehlervorhersageeinrichtung 400 kann jedoch die Fehlervorhersageverarbeitung ohne Nutzung künstlicher Intelligenz durchführen. Zum Beispiel kann die Fehlervorhersageeinrichtung 400 die Fehlervorhersageverarbeitung unter Nutzung von Mapping-Information durchführen, in der eine Frequenz und Frequenzcharakteristiken (das heißt, ein Spektrum) miteinander verknüpft sind, wie in **Fig. 7** dargestellt. Hier ist die Mapping-Information definiert für jede der Mehrzahl von Arten von Fehlern. Die Fehlervorhersageeinrichtung 400 speichert die Mehrzahl von Arten von Mapping-Information. Die Wandlereinheit 116 der Fehlervorhersageeinrichtung 400 wandelt die Zustandsvariable in den Frequenzbereich zum Erzeugen der Frequenzcharakteristik. Die Erzeugungseinheit 202 der Fehlervorhersageeinrichtung 400 führt die Mustererkennungsverarbeitung basierend auf den Frequenzcharakteristiken durch, die erzeugt sind durch die Wandlereinheit 116 und die Mehrzahl von Arten von Mapping-Information zum Identifizieren der Arten des Fehlers. Zum Beispiel identifiziert die Erzeugungseinheit 202 der Fehlervorhersageeinrichtung 400 die Art des Fehlers entsprechend der Mapping-Information, die dieselbe wie die Frequenzcharakteristiken ist, die durch die Wandlereinheit 116 erzeugt ist, oder Mapping-Information, die am nächsten einer Frequenzcharakteristik unter der Mehrzahl von Arten von Mapping-Information ist. Die Erzeugungseinheit 202 erzeugt die Fehlerinformation, die die Art des derart identifizierten Fehlers angibt. Sogar eine Fehlervorhersageeinrichtung 400, die solch eine Konfiguration aufweist, kann eine geeignete Fehlerinformation erzeugen.

[0157] (3) Des Weiteren wurde die Lerneinrichtung 100 oder die Fehlervorhersageeinrichtung 400 beschrieben als eine Einrichtung, die dazu konfiguriert ist, eine Verarbeitung unter Nutzung von einem neuronalen Netzwerk durchzuführen, das in Bezug auf **Fig. 10** und Ähnliches beschrieben ist (das heißt Lernverarbeitung oder Fehlervorhersageverarbeitung). Die Lerneinrichtung 100 oder Fehlervorhersageeinrichtung 400, die voranstehend beschrieben ist, kann jedoch eine Verarbeitung unter Nutzung eines anderen Verfahrens durchführen. Beispiele solch eines Verfahrens umfassen Deep-Learning, genetisches Programmieren, funktionelles logisches Programmieren, Support-Vektor-Maschinen oder Ähnliches.

[0158] (4) In den voranstehend beschriebenen Ausführungsformen wurden Beispiele, wo der Motor 53 und das Hauptlager 57 auf dem Kompressor 50 montiert sind, beschrieben. Der Motor 53 und das Hauptlager 57 können jedoch auf der anderen Einrichtung montiert sein. Die andere Einrichtung ist zum Beispiel ein Motor eines Fahrzeugs.

[0159] (5) In den voranstehend beschriebenen Ausführungsformen wurde die elektrische Einrichtung, die mit dem Kompressor 50 versehen ist, als eine Klimaanlage 200 beschrieben. Der Kompressor 50 kann jedoch auf der anderen elektrischen Einrichtung montiert sein. Die andere elektrische Einrichtung ist zum Beispiel ein pneumatisches Werkzeug oder ein Kühlschranks.

[0160] (6) In dem Lernsystem und dem voranstehend beschriebenen Fehlervorhersagesystem kann eine Funktion von einer Einrichtung durch die andere Einrichtung besessen werden. Zum Beispiel wurde die Konfiguration beschrieben, wo die Lerneinrichtung 100 die Fehlerbestimmungseinheit 112 aufweist, mit Bezug auf **Fig. 1** und Ähnliches. Alternativ kann zum Beispiel eine externe Einrichtung verschieden von der Lerneinrichtung 100 die Fehlerbestimmungseinheit 112 aufweisen.

[0161] Des Weiteren wurde die Konfiguration beschrieben, wo die Fehlervorhersageeinrichtung 400 die Befehlseinheit 502 und die Benachrichtigungseinheit 504 aufweist mit Bezug auf **Fig. 12**. Alternativ kann zum Beispiel eine externe Einrichtung verschieden von der Lerneinrichtung 100 eine Befehlseinheit 502 und die Benachrichtigungseinheit 504 aufweisen.

[0162] Des Weiteren soll verstanden werden, dass die Ausführungsformen, die hier offenbart sind, darstellend in allen Weisen sind und nicht einschränkend. Der Geltungsbereich der vorliegenden Erfindung ist definiert durch die Ansprüche anstatt die voranstehende Beschreibung und ist dazu vorgesehen, die Ansprüche, Äquivalente der Ansprüche und alle Modifikationen innerhalb des Geltungsbereichs aufzuweisen. Des Weiteren sind die Erfindungen, die in den Ausführungsformen und jeder Modifikation beschrieben sind, dazu vorgesehen, einzeln oder in Kombination miteinander ausgeführt zu werden, wie es die Umstände erlauben.

Bezugszeichenliste

- | | |
|---|--------------------------------|
| 1 | AC-Leistungszufuhr; |
| 2 | Gleichrichterschaltung; |
| 3 | Elektrolytkondensator; |
| 4 | Umrichter bzw. Wechselrichter; |
| 5 | Bus; |

6	Busstromsensor;	322	Fehlerinformation;
7	Stromspannungssensor;	324	Trainingsdatensatz;
8	Stromsensor;	326	gelerntes Modell;
9	Drei-Phasen-Leistungsleitung;	364	Modellparameter;
50	Kompressor;	400	Fehlervorhersageeinrichtung;
51	Eingangsrohr;	422	Anwendungsprogramm;
52	Spindel;	426	optische Scheibe;
53	Motor;	428	optische Laufwerk;
54	Schmieröl;	502	Befehlseinheit;
55	Ölpumpe;	504	Benachrichtigungseinheit.
56	Unterlager;		
57	Hauptlager;		
58	Kompressionsmechanismus;		
59	Ausgangsrohr;		
61	erster Sensor;		
62	zweiter Sensor;		
63	dritter Sensor;		
64	vierter Sensor;		
100	Lerneinrichtung;		
101	erste Messeinheit;		
102	zweite Messeinheit;		
103	dritte Messeinheit;		
104	vierte Messeinheit;		
112	Fehlerbestimmungseinheit;		
114	Überwachungseinheit;		
116	Wandlereinheit;		
118	Erfassungseinheit;		
120	Extrahierungseinheit;		
122	Lerneinheit;		
200	Klimaanlage;		
202	Erzeugungseinheit;		
204	Ausgabeeinheit;		
300	Verwaltungseinrichtung;		
304	Prozessor;		
306	Speicher;		
308	Netzwerksteuerung;		
310	Speicher;		
316	Vorverarbeitungsprogramm;		
318	Trainingsprogramm;		
320	Frequenzcharakteristik;		

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Zitierte Patentliteratur

- WO 6140331 [0003]

Patentansprüche

1. Fehlvorhersageeinrichtung zum Vorhersagen eines Fehlers eines Lagers eines Motors, der auf einer elektrischen Einrichtung montiert ist, wobei die Fehlvorhersageeinrichtung aufweist:
 eine Variablenerfassungseinheit zum Erfassen einer Zustandsvariable, die zumindest eines von einer ersten Zustandsvariable, die einen Zustand des Motors angibt, und einer zweiten Zustandsvariable ist, die einen Zustand der elektrischen Einrichtung angibt;
 einer Wandlereinheit zum Wandeln der Zustandsvariable in einen Frequenzbereich;
 einer Erzeugungseinheit zum Erzeugen einer Fehlerinformation über einen Fehler des Lagers unter Nutzung von Frequenzcharakteristiken der Zustandsvariable, die erlangt sind durch Wandeln der Zustandsvariable in den Frequenzbereich durch die Wandlereinheit, und eines Modells, das ein Verhältnis zwischen den Frequenzcharakteristiken der Zustandsvariable und Modellfehlerinformation über den Fehler des Lagers repräsentiert; und
 eine Ausgabeinheit zum Ausgeben der Fehlerinformation, die durch die Erzeugungseinheit erzeugt ist.

2. Fehlvorhersageeinrichtung nach Anspruch 1, wobei
 das Modell ein Störungsmodell ist, das, beim Empfangen der Frequenzcharakteristiken der Zustandsvariable, durch Wandeln der Zustandsvariable in den Frequenzbereich durch die Wandlereinheit erlangt sind, die Fehlerinformation als ein Störungsergebnis ausgibt,
 das Störungsmodell erzeugt ist durch Lernverarbeitung unter Nutzung eines Trainingsdatensatzes, und der Trainingsdatensatz eine Mehrzahl von Teilen von Trainingsdaten aufweist, in denen die Frequenzcharakteristiken der Zustandsvariable durch Wandeln der Zustandsvariable in den Frequenzbereich durch die Wandlereinheit erlangt sind, mit der Modellfehlerinformation bezeichnet sind.

3. Fehlvorhersageeinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei
 der Motor auf einem Kompressor montiert ist, der Kompressor mit einem Umrichter verbunden ist, der Umrichter AC-Leistung zu dem Kompressor über einen Bus ausgibt, und die erste Zustandsvariable mindestens eines von einem Wechselstrom, der durch den Motor fließt, einer Spannung des Bus, einem durch den Bus fließenden Strom, ein Antriebsgeräusch des Motors, ein Moment des Motors, und die AC-Leistung aufweist.

4. Fehlvorhersageeinrichtung nach Anspruch 3, des Weiteren mit einer Befehlseinheit zum Steuern eines Befehls werts einer Frequenz, die die an den Umrichter gemäß der Fehlerinformation auszugeben ist.

5. Fehlvorhersageeinrichtung nach Anspruch 3 oder 4, wobei die elektrische Einrichtung eine Klimaanlage ist, die den Kompressor nutzt, und die zweite Zustandsvariable einen Betriebszustand der Klimaanlage aufweist.

6. Fehlvorhersageeinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei die elektrische Einrichtung eine Klimaanlage mit einem Kompressor ist, und die zweite Zustandsvariable einen Betriebszustand der Klimaanlage aufweist.

7. Fehlvorhersageeinrichtung nach Anspruch 5 oder 6, wobei der Betriebszustand der Klimaanlage mindestens einer von einem Druck eines Kühlmittels, das in den Kompressor fließt, einer Strömungsrate des Kühlmittels, einer Temperatur um den Kompressor, ein Betriebsgeräusch um den Kompressor und eine Luftfeuchtigkeit um den Kompressor.

8. Fehlvorhersageeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, des Weiteren mit einer Benachrichtigungseinheit zum Abgeben einer Benachrichtigung basierend auf der Fehlerinformation.

9. Fehlvorhersageeinrichtung nach Anspruch 8, wobei die Benachrichtigungseinheit eine Benachrichtigung über einen Austauschzeitpunkt abgibt, basierend auf einem Grad eines Fehlers, der durch die Fehlerinformation angegeben wird.

10. Fehlvorhersageeinrichtung nach Anspruch 8 oder 9, wobei
 die Erzeugungseinheit die Fehlerinformation erzeugt, die ermöglicht, eine Art des Fehlers des Lagers zu identifizieren, indem die Art des Fehlers basierend auf den Frequenzcharakteristiken der Zustandsvariable bestimmt wird, die durch Wandeln der Zustandsvariable in den Frequenzbereich durch die Wandlereinheit erlangt sind, und die Benachrichtigungseinheit eine Benachrichtigung über die Art des Fehlers abgibt.

11. Fehlvorhersageeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei die Fehlerinformation eine Information ist, die mindestens eines von einem Vorhandensein oder Abwesendsein eines Fehlers des Lagers, ein Grad des Fehlers des Lagers und eine Art des Fehlers des Lagers angibt.

12. Lerneinrichtung zum Optimieren eines Störungsmodells, das zum Vorhersagen eines Fehlers eines Lagers eines Motors genutzt wird, der auf einer elektrischen Einrichtung montiert ist, wobei die Lerneinrichtung aufweist:
 eine Datenerfassungseinheit zum Erfassen eines Trainingsdatensatzes, der Frequenzcharakteristiken einer Zustandsvariable aufweist, die durch Wandeln der Zustandsvariable in einen Frequenzbereich

erlangt sind, wobei die Zustandsvariable mindestens eines von einer ersten Zustandsvariable, die einen Zustand des Motors angibt, und einer zweiten Zustandsvariable ist, die einen Zustand der elektrischen Einrichtung angibt, und eine Mehrzahl von Teilen von Trainingsdaten aufweist, in denen die Frequenzcharakteristiken mit Fehlerinformation über einen Fehler des Lagers bezeichnet sind, eine Extrahierungseinheit zum Extrahieren der Frequenzcharakteristiken von dem Trainingsdatensatz; und einer Lerneinheit zum Optimieren des Störungsmodells, um ein Störungsergebnis, das von dem Störungsmodell durch Eingeben der Frequenzcharakteristiken, die von dem Trainingsdatensatz extrahiert sind, in das Störungsmodell nahe an der Fehlerinformation mit der der Trainingsdatensatz bezeichnet ist, ausgegeben wird.

durch Eingeben der Frequenzcharakteristiken, die von dem Trainingsdatensatz extrahiert sind, an das Störungsmodell so nah wie möglich an der Fehlerinformation, mit der der Trainingsdatensatz bezeichnet ist, ausgegeben wird.

Es folgen 23 Seiten Zeichnungen

13. Lerneinrichtung nach Anspruch 12, wobei der Motor auf einem Kompressor montiert ist, der Kompressor AC-Leistung über einen Bus durch einen Umrichter ausgibt, und die erste Zustandsvariable mindestens eines von einem Wechselstrom, der durch den Motor fließt, einer Spannung des Bus, einem Strom, der durch den Bus fließt, ein Antriebsgeräusch des Motors, ein Moment des Motors und der AC-Leistung aufweist.

14. Lerneinrichtung nach Anspruch 12 oder 13, wobei die Lerneinrichtung zu einer anderen Lerneinrichtung mindestens eines von der Fehlerinformation, den Trainingsdatensatz und dem optimierten Störungsmodell überträgt, und von der anderen Lerneinrichtung mindestens eines von der Fehlerinformation, dem Trainingsdatensatz und dem optimierten Störungsmodell empfängt.

15. Lernverfahren zum Optimieren eines Störungsmodells, das zum Vorhersagen eines Fehlers eines Motors genutzt wird, der auf einer elektrischen Einrichtung montiert ist, wobei das Lernverfahren aufweist:
Erfassen eines Trainingsdatensatzes, der Frequenzcharakteristiken einer Zustandsvariable aufweist, die durch Wandeln der Zustandsvariable in einen Frequenzbereich erlangt sind, wobei die Zustandsvariable mindestens eine von einer ersten Zustandsvariable ist, die einen Zustand des Motors angibt, und einer zweiten Zustandsvariable ist, die einen Zustand der elektrischen Einrichtung angibt, und eine Mehrzahl von Teilen von Trainingsdaten aufweist, in denen die Frequenzcharakteristiken mit Fehlerinformation über einen Fehler des Lagers bezeichnet sind,
Extrahieren der Frequenzcharakteristiken von dem Trainingsdatensatz; und
Optimieren des Störungsmodells, um ein Störungsergebnis abzugeben, das von dem Störungsmodell

Anhängende Zeichnungen

FIG.1

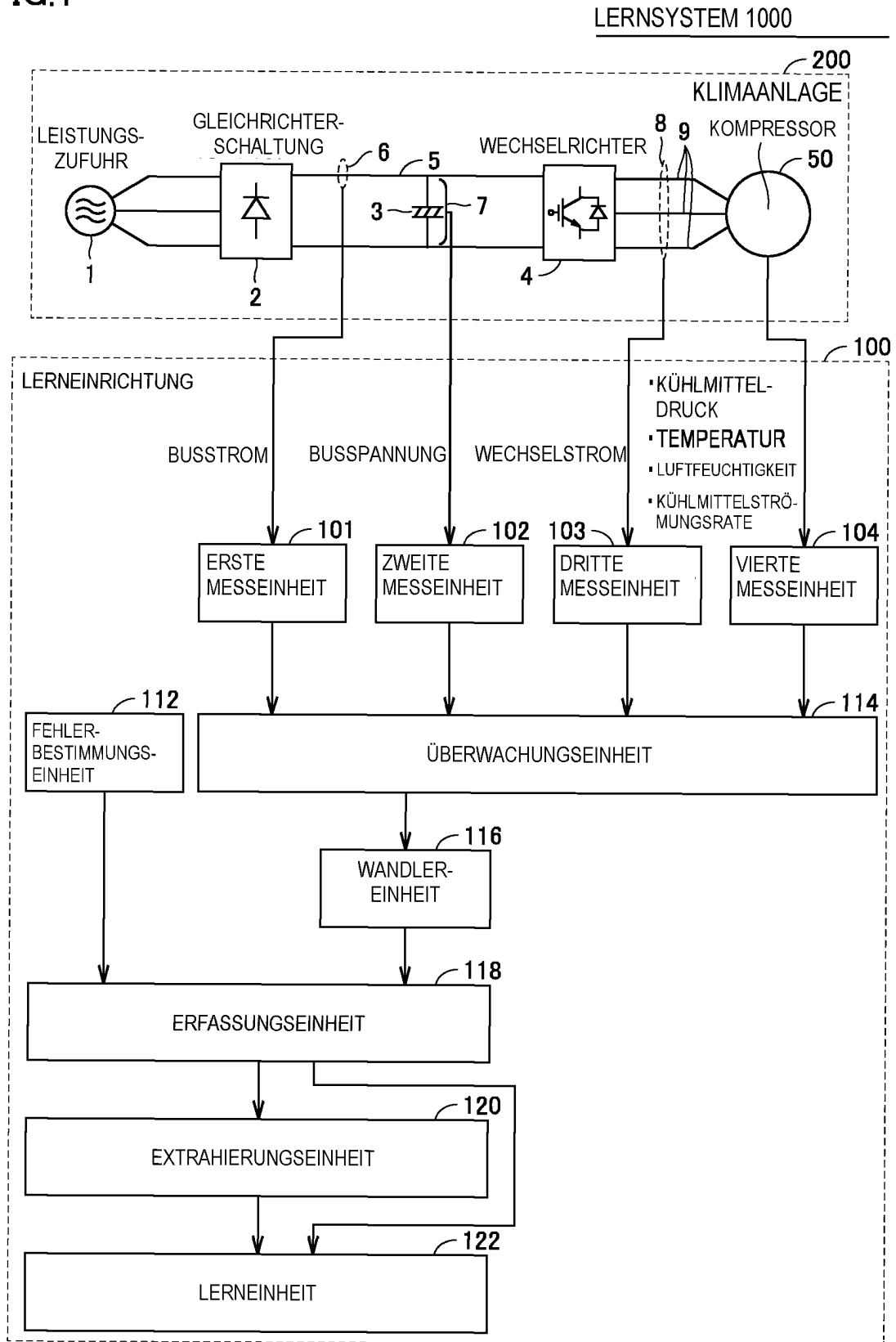


FIG.2

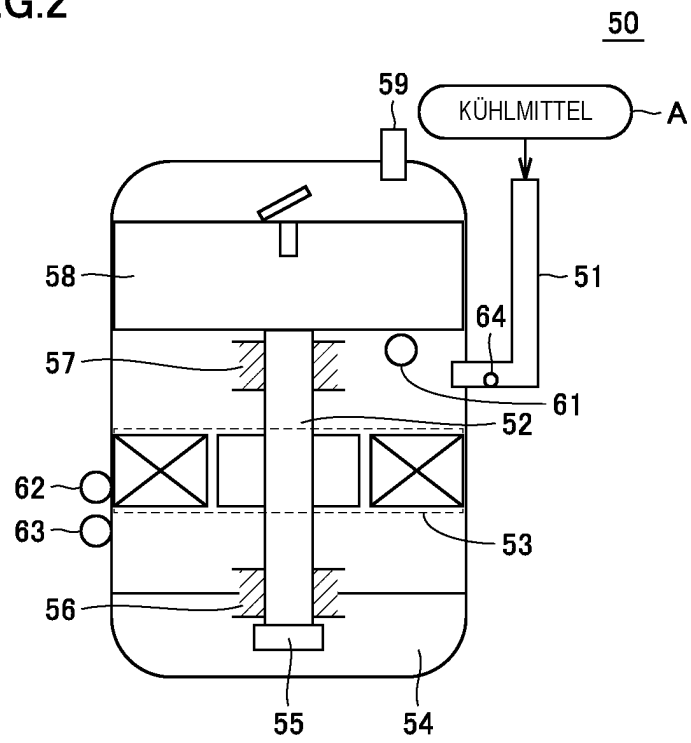


FIG.3

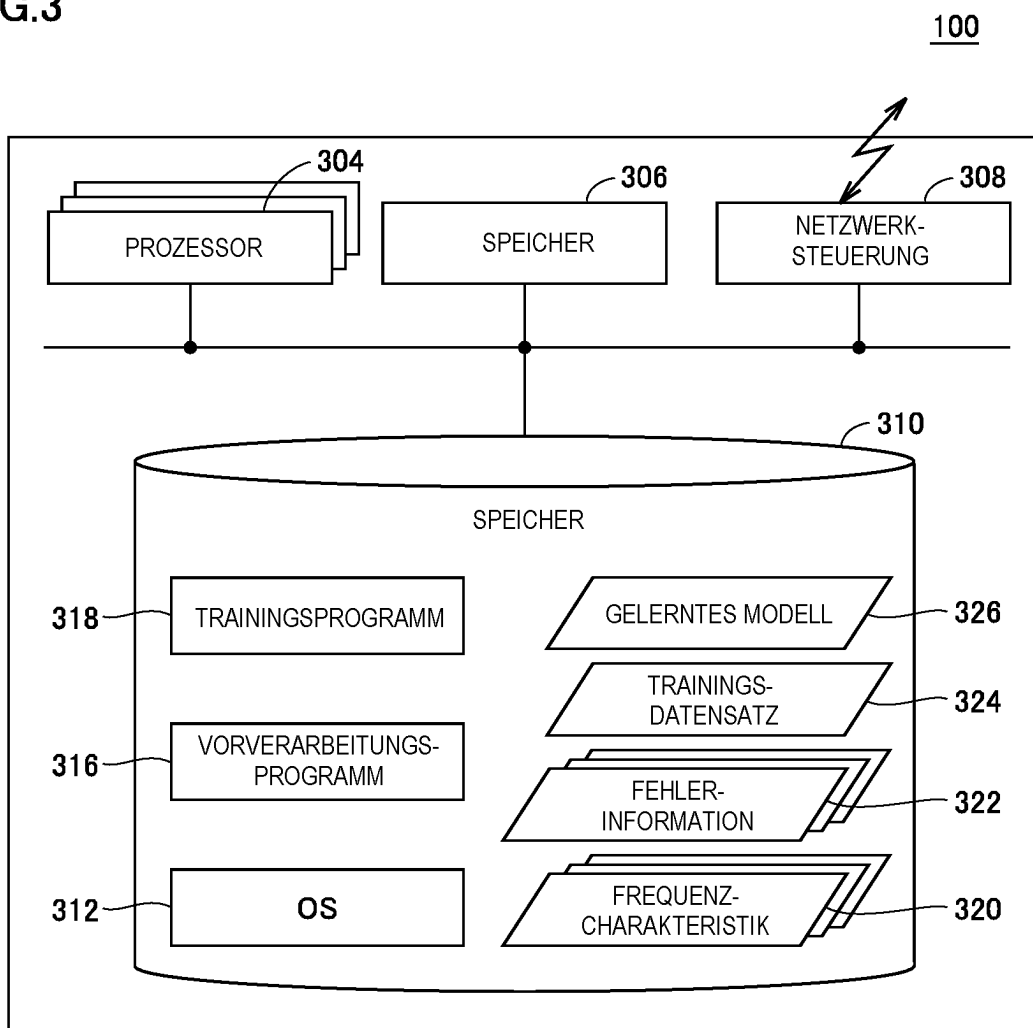


FIG.4

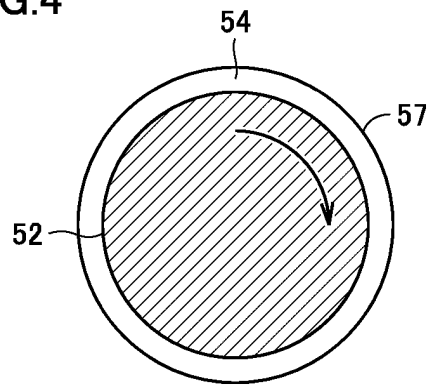


FIG.5

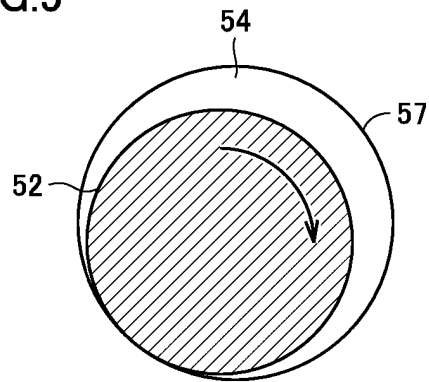


FIG.6

MODUS	ART DES FEHLERS DES LAGERS
FEHLERMODUS 1	EINKERBUNG
FEHLERMODUS 2	EINTRETEN VON FREMDKÖRPER
FEHLERMODUS 3	FRESSEN
FEHLERMODUS 4	ABNUTZUNG
FEHLERMODUS 5	KORROSION (ROST)

FIG.7

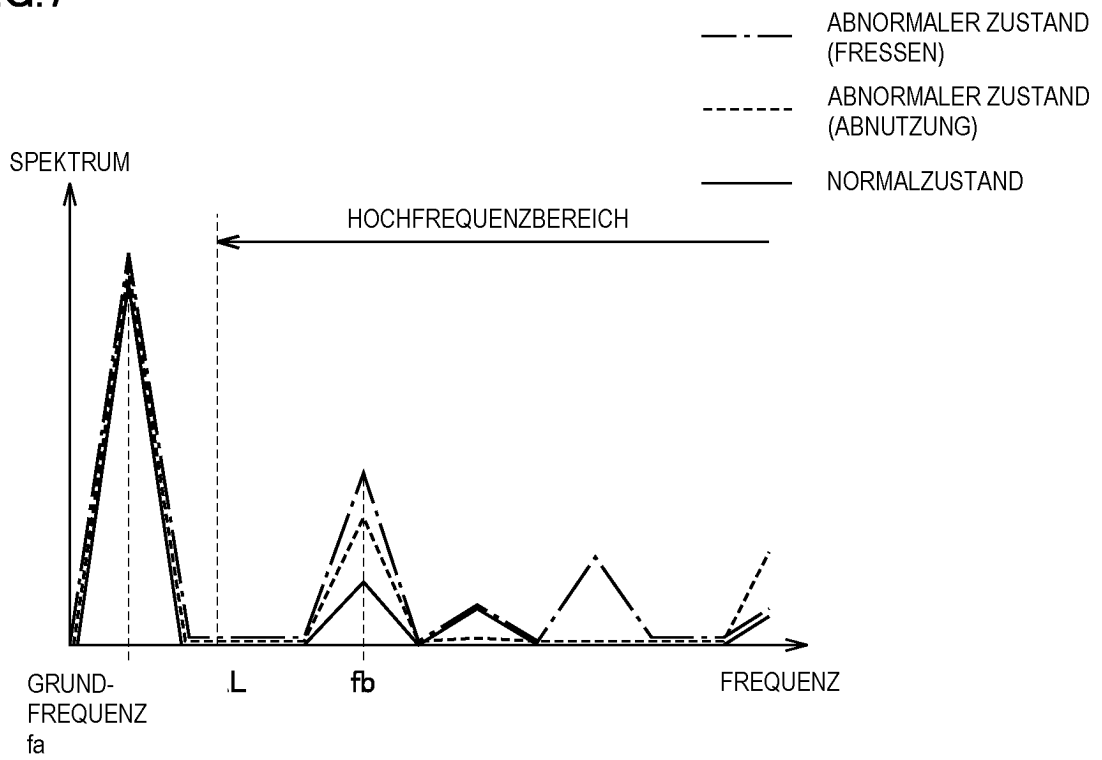


FIG.8

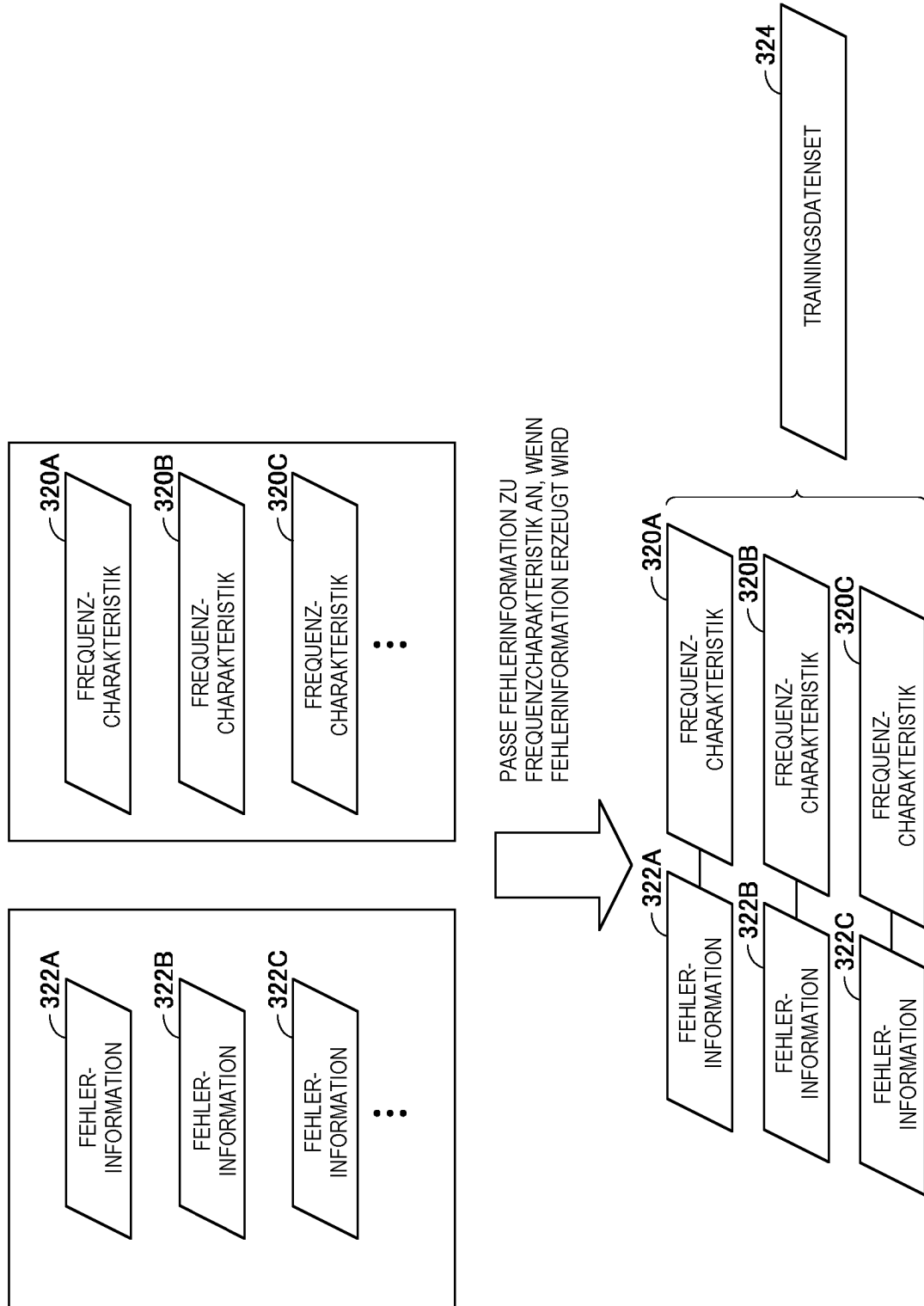


FIG.9

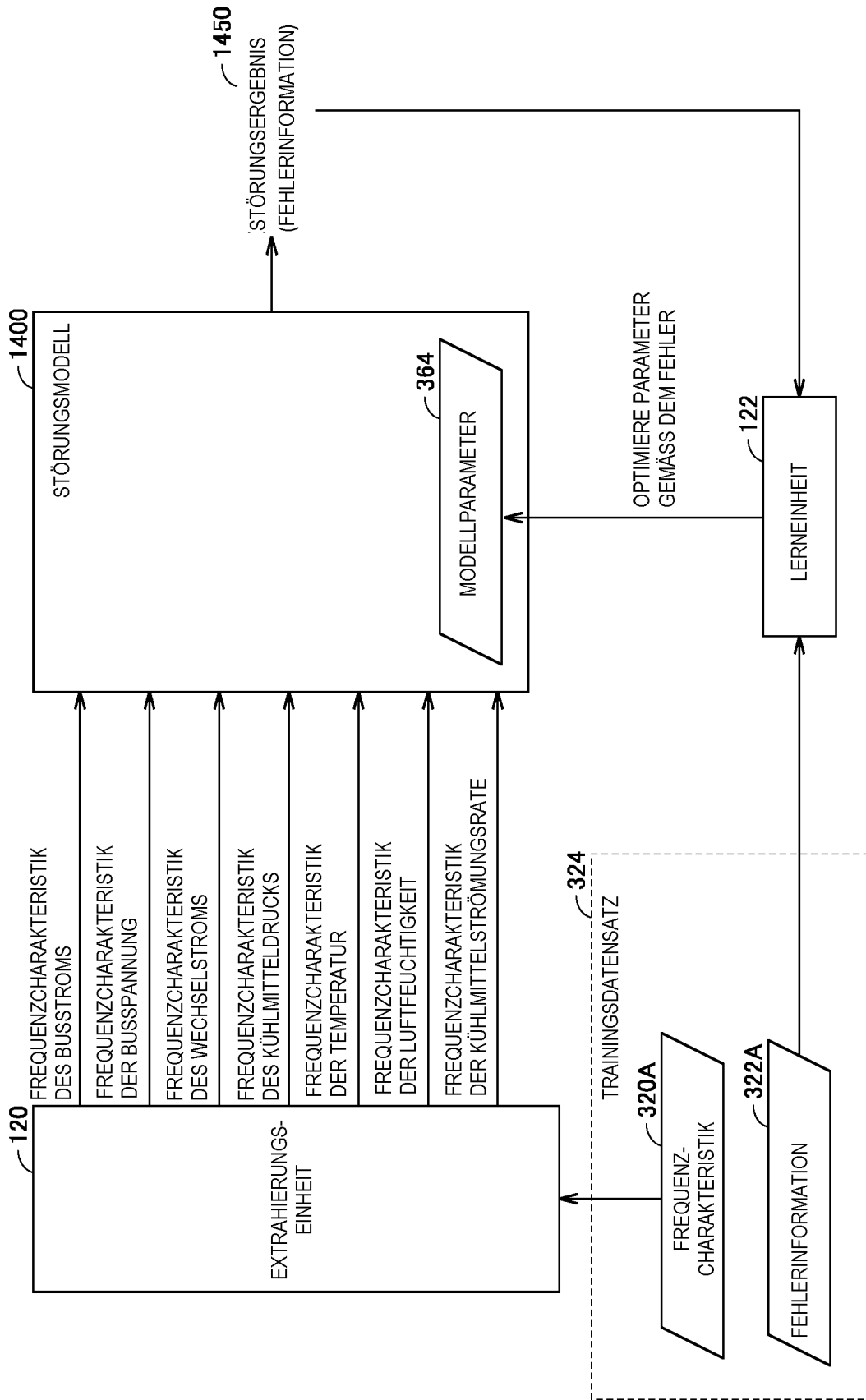


FIG.10

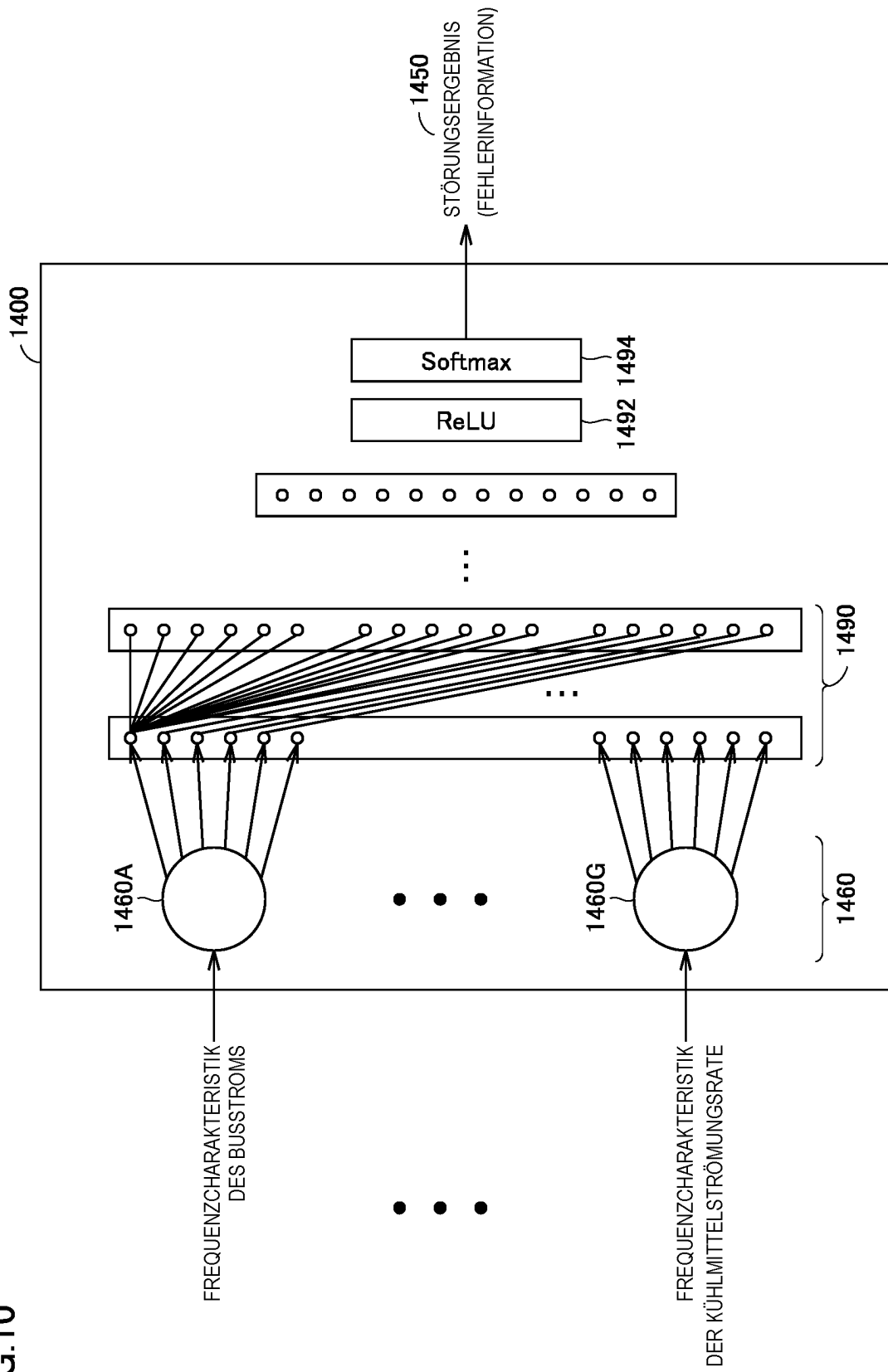


FIG.11

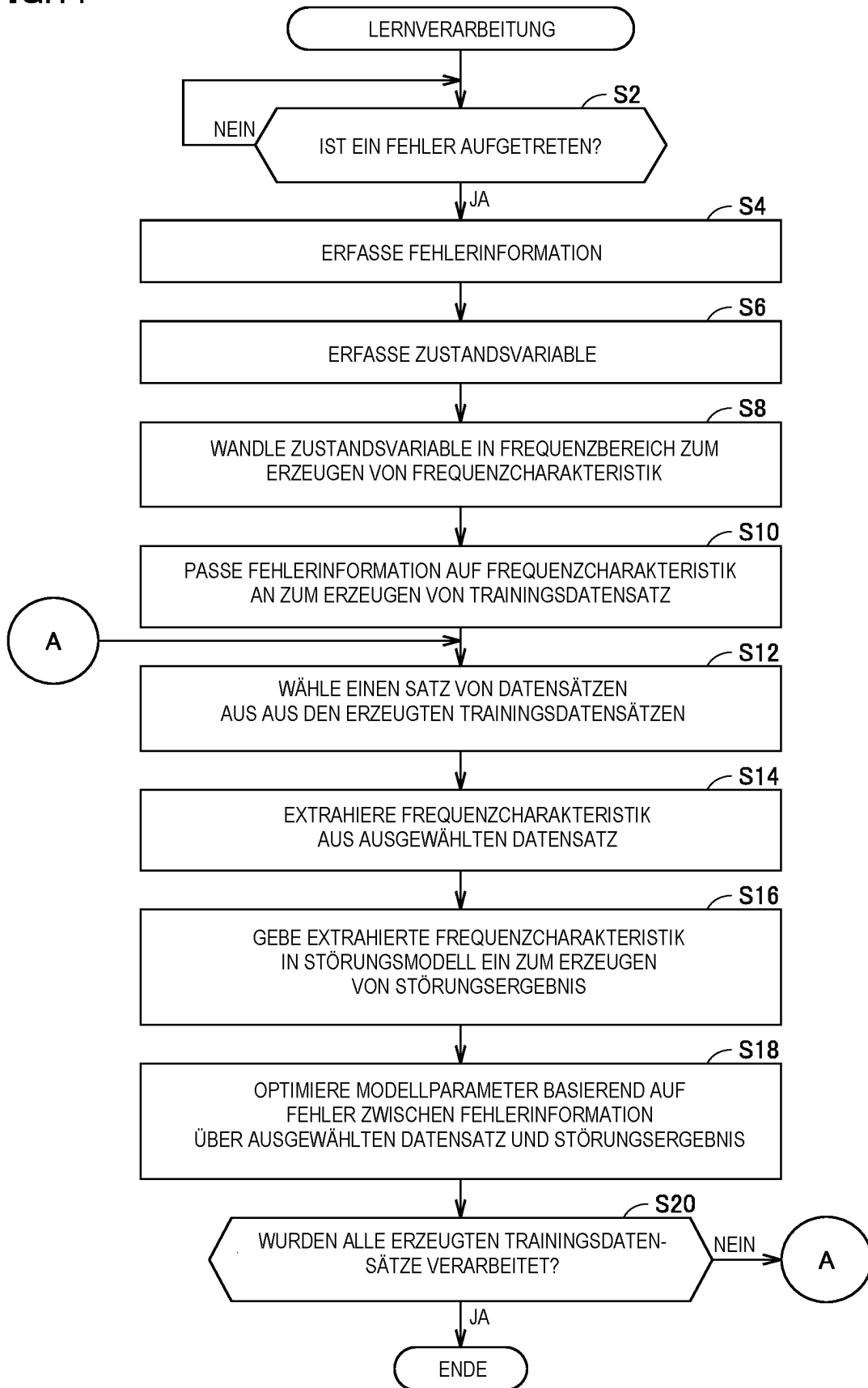


FIG.12

FEHLERVORHERSAGESYSTEM 1100

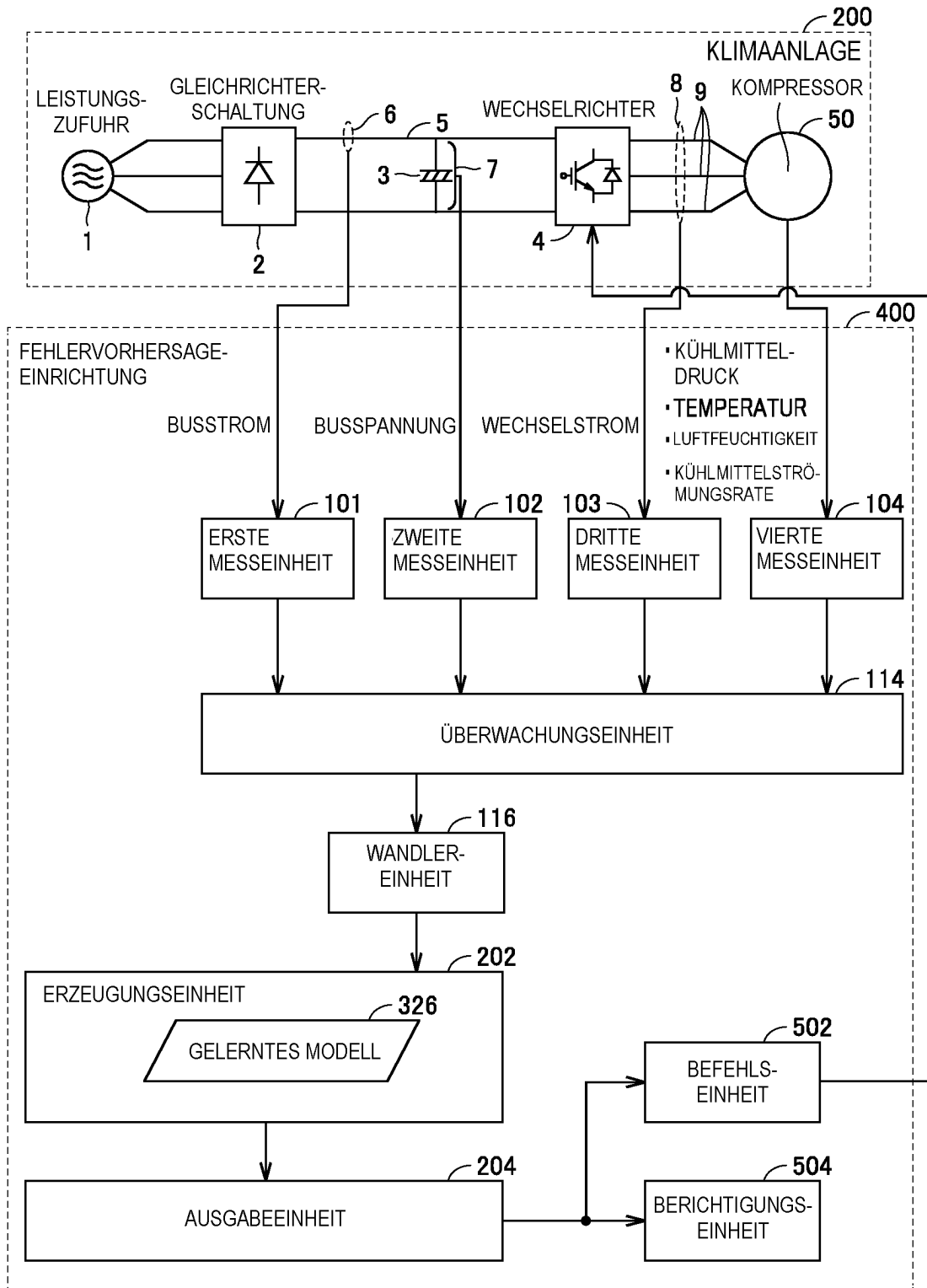


FIG.13

	ANZAHL VON FEHLERMODI	FEHLERNIVEAU (GRAD DES FEHLERS)
NORMAL	0	FEHLERNIVEAU 0
ABNORMAL	1	FEHLERNIVEAU 1
	2	FEHLERNIVEAU 2
	3	FEHLERNIVEAU 3
	4	FEHLERNIVEAU 4
	GRÖßER ALS ODER GLEICH ZU 5	FEHLERNIVEAU 5

FIG.14

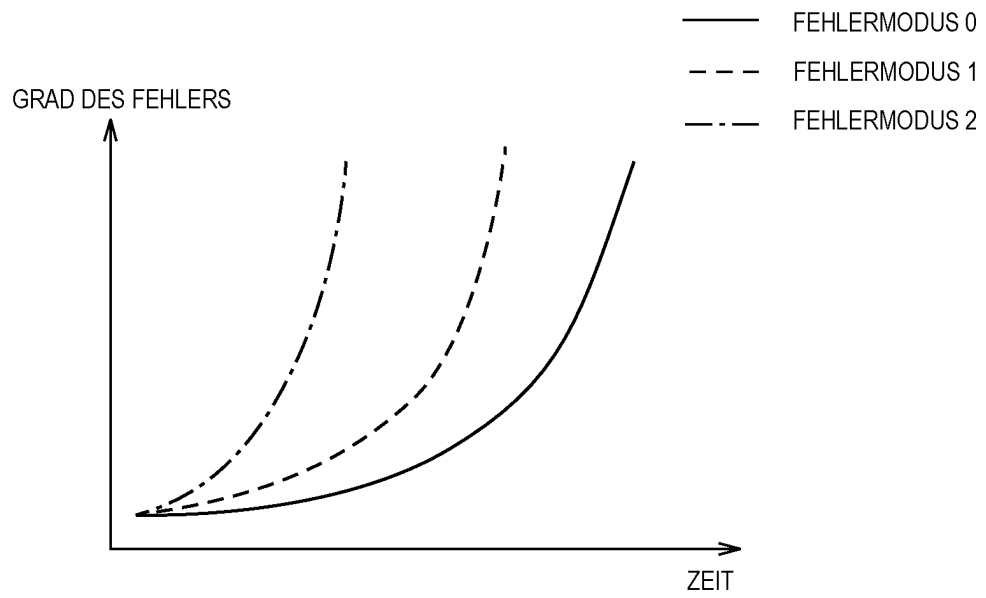


FIG.15

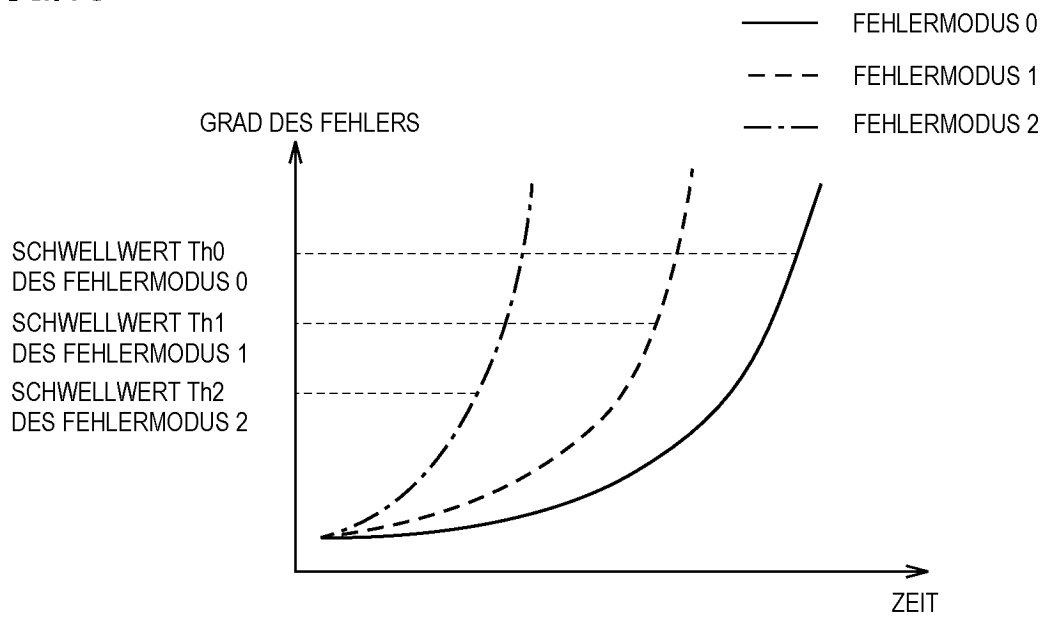


FIG.16

FEHLERNIVEAU (GRAD DES FEHLERS)	FREQUENZ DER PWM-STEUERUNG
FEHLERNIVEAU 0	F0
FEHLERNIVEAU 1	F1
FEHLERNIVEAU 2	F2
FEHLERNIVEAU 3	F3
FEHLERNIVEAU 4	F4
FEHLERNIVEAU 5	F5

F0 > F1 > F2 > F3 > F4 > F5

FIG.17

FEHLERNIVEAU (GRAD DES FEHLERS)	AUSTAUSCHZEIT
FEHLERNIVEAU 0	—
FEHLERNIVEAU 1	FÜNF MONATE
FEHLERNIVEAU 2	VIER MONATE
FEHLERNIVEAU 3	DREI MONATE
FEHLERNIVEAU 4	ZWEI MONATE
FEHLERNIVEAU 5	EINEN MONAT

FIG.18



FIG.19

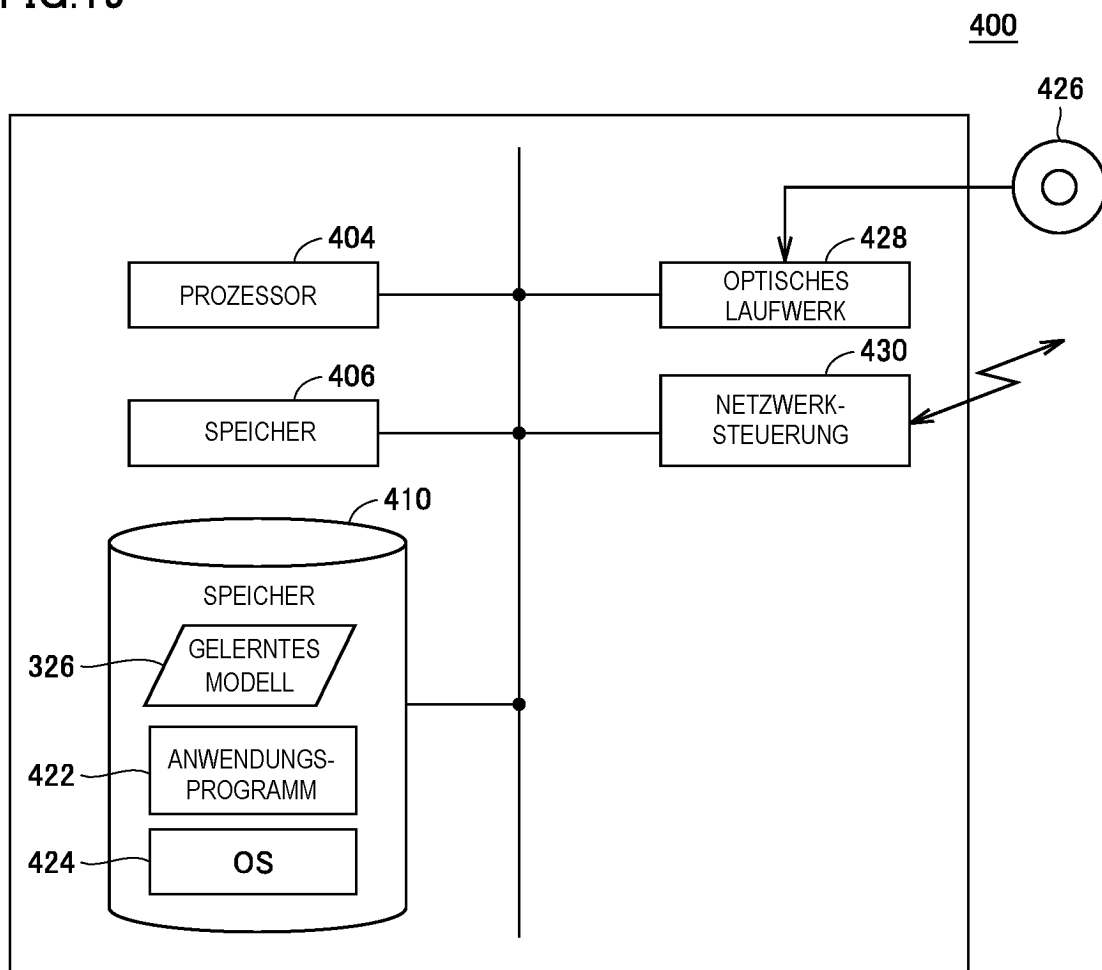


FIG.20

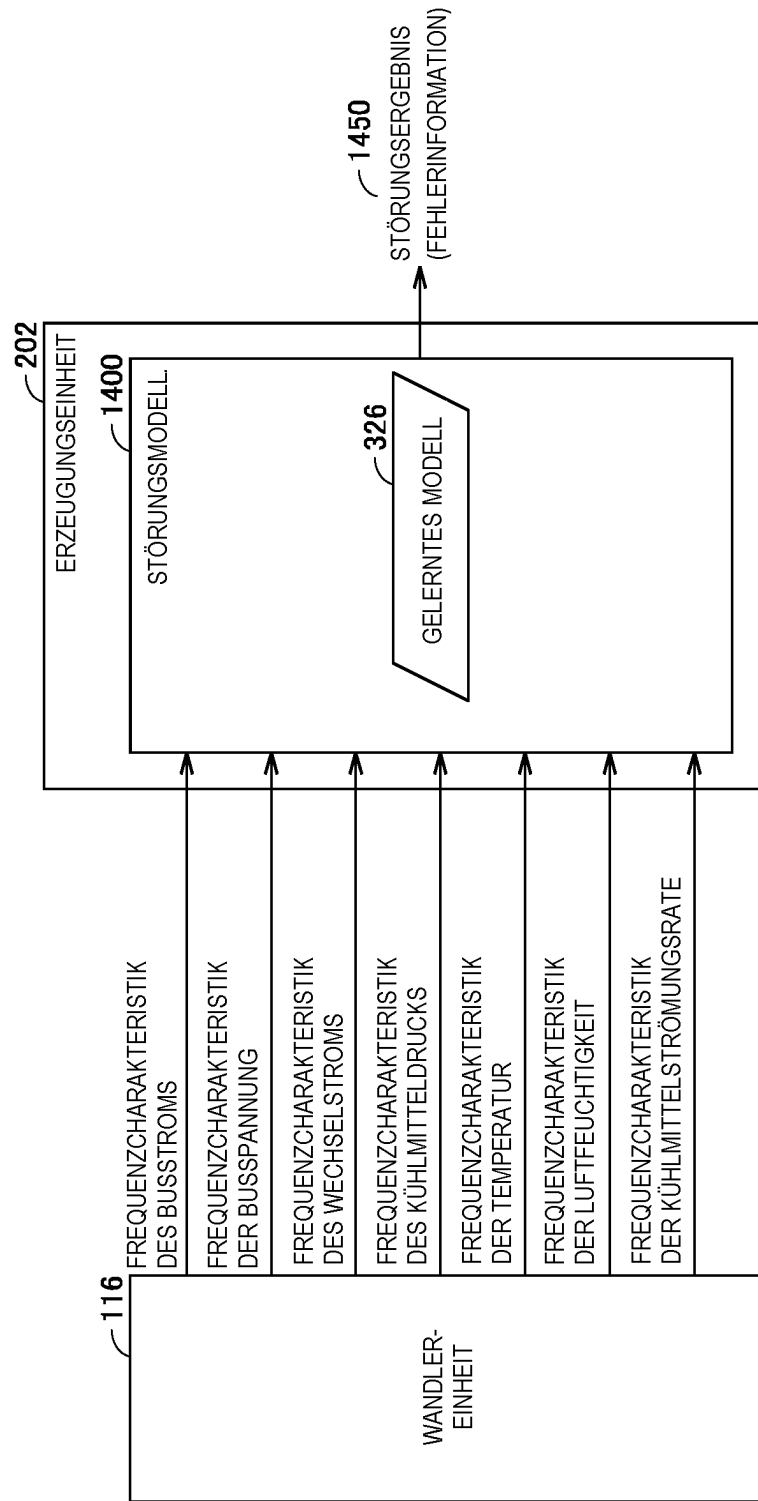


FIG.21

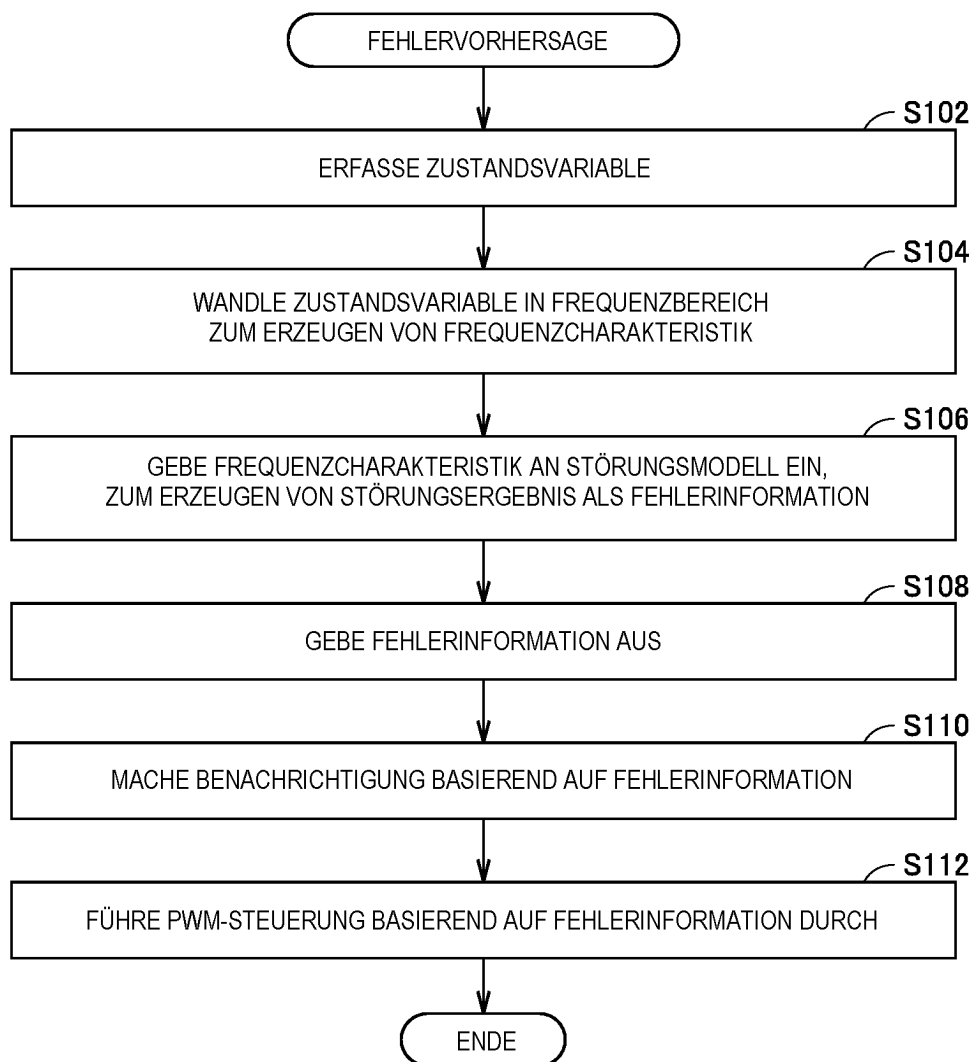


FIG.22

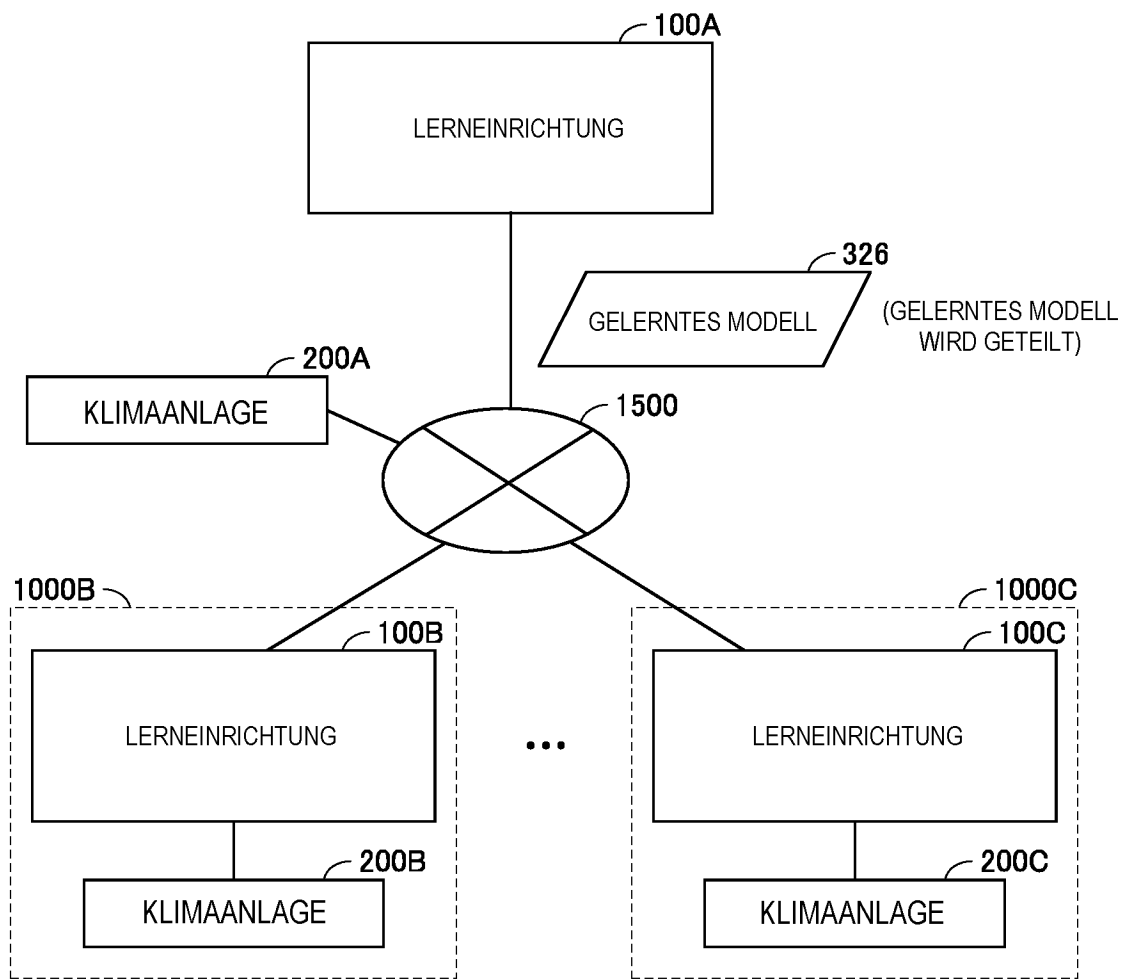


FIG.23

