(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 11 2022 006 990 T5** 2025.01.16

(12) # Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2023/188018**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜbkG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2022 006 990.2**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2022/015595**
(86) PCT-Anmeldetag: **29.03.2022**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **05.10.2023**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung in deutscher Übersetzung: **16.01.2025**

(51) Int Cl.: ***G05B 23/02*** (2006.01)

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

(74) Vertreter:
Meissner Bolte Patentanwälte Rechtsanwälte Partnerschaft mbB, 80538 München, DE

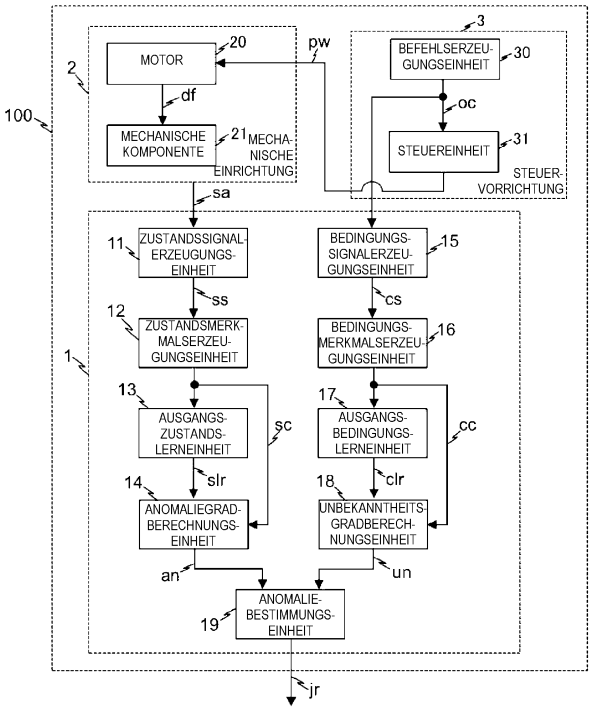
(72) Erfinder:
Takano, Naoto, Tokyo, JP; Horisawa, Yoichi, Tokyo, JP

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **ANOMALIEERKENNUNGSVORRICHTUNG, MECHANISCHES SYSTEM UND ANOMALIEERKENNUNGSVERFAHREN**

(57) Zusammenfassung: Um Anomalieerkennung mit weniger Fehlern beim Erkennen des Zustands einer mechanischen Einrichtung durchzuführen, sind eine Zustandssignalerzeugungseinheit (11), die den Zustand einer mechanischen Einrichtung (2) als ein Zustandssignal erkennt, eine Bedingungssignalerzeugungseinheit (15), die ein Bedingungssignal durch Erkennen des Betriebsstatus der mechanischen Einrichtung als eine Betriebsbedingung erzeugt, eine Zustandsmerkmalserzeugungseinheit (12), die Zustandsmerkmale aus dem Zustandssignal erzeugt, eine Bedingungsmerkmalserzeugungseinheit (16), die Bedingungsmerkmale aus dem Bedingungssignal erzeugt, eine Ausgangszustandslerneinheit (13), die ein Lernen auf Grundlage von Ausgangslernzustandsmerkmalen ausführt und Ausgangszustandslernergebnisse ausgibt, eine Ausgangsbedingungslerneinheit (17), die ein Lernen auf Grundlage von Ausgangslernbedingungsmerkmalen ausführt und Ausgangsbedingungslernergebnisse ausgibt, eine Anomaliegradberechnungseinheit (14), welche den Anomaliegrad auf Grundlage von Zustandslernergebnissen, bei denen es sich um die Ausgangszustandslernergebnisse oder Zusatzzustandslernergebnisse handelt, und Erkennungszustandsmerkmalen berechnet, und eine Unbekanntheitsgradberechnungseinheit (18), welche den Unbekanntheitsgrad auf Grundlage von Bedingungslernergebnissen, bei denen es sich um die Ausgangsbedingungslernergebnisse oder Zusatzbedingungslernergebnisse handelt, und Erkennungsbedingungsmerkmalen berechnet, beinhaltet.



Beschreibung

Gebiet

[0001] Die vorliegende Offenbarung betrifft die Erkennung von Anomalien in mechanischen Einrichtungen.

Hintergrund

[0002] Die Anomalieerkennung, bei der Sensoren in einer mechanischen Einrichtung installiert sind und Signale von den installierten Sensoren analysiert werden, sodass ein Ausfall, eine Verschlechterung und dergleichen, die in der Produktionsausrüstung auftreten, erkannt werden, ist eine wichtige Technik, um einen effizienten Betrieb der mechanischen Einrichtung zu ermöglichen. Wenn eine Anomalie in der mechanischen Einrichtung aufgrund einer alterungsbedingten Verschlechterung einer Komponente der mechanischen Einrichtung, einer Störung oder dergleichen auftritt, ermöglicht die Anomalieerkennung die Erkennung der Anomalie, um Maßnahmen, wie etwa das Verändern einer Betriebsbedingung der mechanischen Einrichtung oder das Stoppen und Reparieren der mechanischen Einrichtung, zu ergreifen. Zu Beispielen für die Komponente der mechanischen Einrichtung gehören ein Kugelgewindetrieb, ein Untersetzungsgetriebe, ein Lager und eine Pumpe. Zu Beispielen für die Anomalie, die in der mechanischen Einrichtung auftritt, gehören eine Erhöhung von Reibung, ein Auftreten von Schwingungen und ein Bruch eines Gehäuses.

[0003] Als ein Beispiel für die Technik zum Erkennen von Anomalien gibt es eine Technik, die Anomalieerkennung, Ausreißererkennung oder dergleichen genannt wird. Bei dieser Anomalieerkennungstechnik wird maschinelles Lernen, um die Eigenschaften eines Sensorsignals in einem normalen Zustand zu erlernen, ausgeführt, um ein Modell zu erzeugen. Dann wird das erzeugte Modell verwendet, um quantitativ zu bewerten, wie stark das Sensorsignal, das in einem überwachten Zeitraum erlangt wird, in dem Anomalien zu erkennen sind, von dem Sensorsignal in dem normalen Zustand abweicht, um Anomalien zu erkennen.

[0004] Diese Anomalieerkennungstechnik weist einen Vorteil auf, wonach das Auftreten von Anomalien sogar dann erkannt werden kann, wenn das Sensorsignal zum Zeitpunkt des Auftretens von Anomalien nicht im Voraus erlangt wurde. Wenn sich dahingegen eine Betriebsbedingung der mechanischen Einrichtung zum Zeitpunkt des Erlangens des Sensorsignals, das beim Lernen zu verwenden ist, von der Betriebsbedingung in dem überwachten Zeitraum unterscheidet, weist diese Technik ein Problem auf, wonach es aufgrund des Unterschieds in der Betriebsbedingung zu einer Fehlerkennung kommt. Patentliteratur 1 offenbart eine Technik zum Berechnen des Anomaliegrads durch maschinelles Lernen und ferner Anpassen eines Schwellenwerts für den Anomaliegrad, der verwendet wird, wenn unter Verwendung von Lastdaten, die Lastbedingungen einer mechanischen Einrichtung angeben, bestimmt wird, ob der Zustand normal oder anomal ist. Die in Patentliteratur 1 beschriebene Technik zielt darauf ab, die Genauigkeit der Ausfallvorhersage zu verbessern, wenn sich Umgebungsbedingungen, Lastbedingungen oder dergleichen verändert haben.

[0005] Eine in Patentliteratur 1 beschriebene Steuervorrichtung erlangt Messwerte in Bezug auf den Zustand mechanischer Ausrüstung und Lastbedingungen der mechanischen Ausrüstung, wenn sich die mechanische Ausrüstung in einem normalen Zustand befindet, und erzeugt ein trainiertes Modell durch maschinelles Lernen unter Verwendung der Messwerte als Trainingsdaten. Ferner erlangt die in Patentliteratur 1 beschriebene Steuervorrichtung Messwerte in Bezug auf den Zustand der mechanischen Ausrüstung von dem Zeitpunkt, zu dem sich die mechanische Ausrüstung in einem normalen Zustand befindet, bis die mechanische Ausrüstung in einen anomalen Zustand übergeht, und erlangt einen ersten Schwellenwert unter Verwendung der erlangten Messwerte und des erzeugten trainierten Modells.

[0006] Dann erlangt die in Patentliteratur 1 beschriebene Steuervorrichtung Messwerte in Bezug auf den Zustand der mechanischen Ausrüstung und die Lastbedingungen der mechanischen Ausrüstung zum Zeitpunkt der Bewertung. Dann erlangt die in Patentliteratur 1 beschriebene Steuervorrichtung einen zweiten Schwellenwert auf Grundlage der erlangten Lastbedingungen zum Zeitpunkt der Bewertung, der Lastbedingungen zum Zeitpunkt der Erzeugung des trainierten Modells und des ersten Schwellenwerts. Dann bestimmt die in Patentliteratur 1 beschriebene Steuervorrichtung den Zustand der mechanischen Ausrüstung zum Zeitpunkt der Bewertung auf Grundlage des trainierten Modells, der Messwerte in Bezug auf den Zustand der mechanischen Ausrüstung zum Zeitpunkt der Bewertung und des zweiten Schwellenwerts.

[0007] Somit korrigiert die Steuervorrichtung aus Patentliteratur 1 den ersten Schwellenwert auf den zweiten Schwellenwert auf Grundlage der Unterschiede zwischen den Lastbedingungen zum Zeitpunkt der Erzeugung des Lernmodells und denen zum Zeitpunkt der Bewertung und spiegelt in dem zweiten Schwellenwert Veränderungen in der mechanischen Ausrüstung zwischen dem Zeitpunkt der Erzeugung des Lernmodells und dem Zeitpunkt der Bewertung wider, um das Auftreten einer Fehlerkennung zu verhindern.

[0008] Bei der in Patentliteratur 1 beschriebenen Steuervorrichtung kann es sein, dass der zweite Schwellenwert nicht genau berechnet wird und das Bestimmungsergebnis ungenau ist. Insbesondere ist, wenn sich zum Beispiel eine Veränderung des Zustands zwischen dem Zeitpunkt der Erzeugung des Lernmodells und dem Zeitpunkt der Bestimmung nicht in den Unterschieden der Lastbedingungen zeigt, das Ergebnis der Bestimmung ungenau.

[0009] Wie vorstehend beschrieben, weist die Steuervorrichtung aus Patentliteratur 1 das Problem auf, dass eine Anomalieerkennung mit geringer Fehlerkennung nicht durchgeführt werden kann, wenn der Zustand der mechanischen Einrichtung mit variablen Betriebsbedingungen erkannt wird.

Liste der Anführungen

Patentliteratur

[0010] Patentliteratur 1: japanische Offenlegungsschrift Nr. 2021-086220

Kurzdarstellung der Erfindung

Durch die Erfindung zu lösendes Problem

[0011] Wie vorstehend beschrieben, besteht ein Problem, dass, wenn der Zustand einer mechanischen Einrichtung mit variablen Betriebsbedingungen erkannt wird, die Anomalieerkennung nicht mit einer geringen Ausgabe von fehlerhaften Bestimmungsergebnissen, wie etwa Fehlerkennung und Übersehen, durchgeführt werden kann.

Wege zur Lösung des Problems

[0012] Eine Anomalieerkennungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Offenbarung beinhaltet: eine Zustandssignalerzeugungseinheit, um ein Zustandssignal durch Erkennen eines Zustands einer mechanischen Einrichtung als Zeitreihe zu erzeugen; eine Bedingungssignalerzeugungseinheit, um ein Bedingungssignal durch Erkennen einer Betriebsbedingung, die einen Betriebsstatus der mechanischen Einrichtung angibt, als Zeitreihe zu erzeugen; eine Zustandsmerkmalserzeugungseinheit, um Zustandsmerkmale auf Grundlage des Zustandssignals zu erzeugen; eine Bedingungsmerkmalserzeugungseinheit, um Bedingungsmerkmale auf Grundlage des Bedingungssignals zu erzeugen; eine Ausgangszustandslerneinheit, um als Ausgangszustandslernergebnisse Lernergebnisse auf Grundlage von Ausgangslernzustandsmerkmalen, bei denen es sich um die Zustandsmerkmale zu einem Zeitpunkt eines Ausgangszustandslernens handelt, auszugeben; eine Ausgangsbedingungslerneinheit, um als Ausgangsbedingungslernergebnisse Lernergebnisse auf Grundlage von Ausgangslernbedingungsmerkmalen, bei denen es sich um die Bedingungsmerkmale zu einem Zeitpunkt eines Ausgangsbedingungslernens handelt, auszugeben; eine Anomaliegradberechnungseinheit, um die Ausgangszustandslernergebnisse oder Zusatzzustandslernergebnisse als Zustandslernergebnisse zu erlangen und einen Anomaliegrad auf Grundlage der Zustandslernergebnisse und von Erkennungszustandsmerkmalen, bei denen es sich um die Zustandsmerkmale zu einem Zeitpunkt einer Erkennung handelt, zu berechnen; und eine Unbekanntheitsgradberechnungseinheit, um die Ausgangsbedingungslernergebnisse oder Zusatzbedingungslernergebnisse als Bedingungslernergebnisse zu erlangen und einen Unbekanntheitsgrad auf Grundlage der Bedingungslernergebnisse und von Erkennungsbedingungsmerkmale, bei denen es sich um die Bedingungsmerkmale zum Zeitpunkt der Erkennung handelt, zu berechnen.

[0013] Ein mechanisches System gemäß der vorliegenden Offenbarung beinhaltet: eine mechanische Einrichtung; eine Zustandssignalerzeugungseinheit, um ein Zustandssignal durch Erkennen eines Zustands der mechanischen Einrichtung als Zeitreihe zu erzeugen; eine Bedingungssignalerzeugungseinheit, um ein Bedingungssignal durch Erkennen einer Betriebsbedingung, die einen Betriebsstatus der mechanischen Einrichtung angibt, als Zeitreihe zu erzeugen; eine Zustandsmerkmalserzeugungseinheit, um Zustandsmerkmale auf Grundlage des Zustandssignals zu erzeugen; eine Bedingungsmerkmalserzeugungseinheit, um Bedingungsmerkmale auf Grundlage des Bedingungssignals zu erzeugen; eine Ausgangszustandslerneinheit, um als Ausgangszustandslernergebnisse Lernergebnisse auf Grundlage von Ausgangslernzustandsmerkmalen, bei denen es sich um die Zustandsmerkmale zu einem Zeitpunkt eines Ausgangszustandslernens handelt, auszugeben; eine Ausgangsbedingungslerneinheit, um als Ausgangsbedingungslernergebnisse Lernergebnisse auf Grundlage von Ausgangslernbedingungsmerkmalen, bei denen es sich um die Bedingungsmerkmale zu einem Zeitpunkt eines Ausgangsbedingungslernens handelt, auszugeben; eine Anomaliegradberechnungseinheit, um die Ausgangszustandslernergebnisse oder Zusatzzustandslernergebnisse als Zustandslernergebnisse zu erlangen und einen Anomaliegrad auf Grundlage der Zustandslernergebnisse und von Erkennungszustandsmerkmalen, bei denen es sich um die Zustandsmerkmale zu einem Zeitpunkt einer Erkennung handelt, zu berechnen; und eine Unbekanntheitsgradberechnungseinheit, um die Ausgangsbedingungslernergebnisse oder Zusatzbedingungslernergebnisse als Bedingungslernergebnisse zu erlangen und einen Unbekanntheitsgrad auf Grundlage der Bedingungslernergebnisse und von Erkennungsbedingungsmerkmalen,

bei denen es sich um die Bedingungsmerkmale zum Zeitpunkt der Erkennung handelt, zu berechnen.

[0014] Ein Anomalieerkennungsverfahren gemäß der vorliegenden Offenbarung beinhaltet: einen Zustandssignalerzeugungsschritt zum Erzeugen eines Zustandssignals durch Erkennen eines Zustands einer mechanischen Einrichtung als Zeitreihe; einen Bedingungssignalerzeugungsschritt zum Erzeugen eines Bedingungssignals durch Erkennen einer Betriebsbedingung, die einen Betriebsstatus der mechanischen Einrichtung angibt, als Zeitreihe; einen Zustandsmerkmalserzeugungsschritt zum Erzeugen von Zustandsmerkmalen auf Grundlage des Zustandssignals; einen Bedingungsmerkmalserzeugungsschritt zum Erzeugen von Bedingungsmerkmalen auf Grundlage des Bedingungssignals; einen Ausgangszustandslernschritt zum Ausgeben, als Ausgangszustandslernergebnisse, von Lernergebnissen auf Grundlage von Ausgangslernzustandsmerkmalen, bei denen es sich um die Zustandsmerkmale zu einem Zeitpunkt eines Ausgangszustandslernens handelt; einen Ausgangsbedingungslernschritt zum Ausgeben, als Ausgangsbedingungslernergebnisse, von Lernergebnissen auf Grundlage von Ausgangslernbedingungsmerkmalen, bei denen es sich um die Bedingungsmerkmale zu einem Zeitpunkt eines Ausgangsbedingungslernens handelt; einen Anomaliegradberechnungsschritt zum Erlangen der Ausgangszustandslernergebnisse oder von Zusatzzustandslernergebnissen als Zustandslernergebnisse und Berechnen eines Anomaliegrads auf Grundlage der Zustandslernergebnisse und von Erkennungszustandsmerkmalen, bei denen es sich um die Zustandsmerkmale zu einem Zeitpunkt einer Erkennung handelt; und einen Unbekanntheitsgradberechnungsschritt zum Erlangen der Ausgangsbedingungslernergebnisse oder von Zusatzbedingungslernergebnissen als Bedingungslernergebnisse und Berechnen eines Unbekanntheitsgrads auf Grundlage der Bedingungslernergebnisse und von Erkennungsbedingungsmerkmalen, bei denen es sich um die Bedingungsmerkmale zum Zeitpunkt der Erkennung handelt.

Wirkungen der Erfindung

[0015] Gemäß der vorliegenden Offenbarung kann, wenn der Zustand der mechanischen Einrichtung mit variablen Betriebsbedingungen erkannt wird, eine Anomalieerkennung mit geringerer Ausgabe von fehlerhaften Bestimmungsergebnissen, wie etwa Fehlerkennung und Übersehen, durchgeführt werden.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Fig. 1 ist eine Darstellung, die ein Beispiel für eine Konfiguration eines mechanischen Systems gemäß einer ersten Ausführungsform veranschaulicht.

Fig. 2 ist eine Darstellung, die Konfigurationen einer mechanischen Einrichtung und einer Steuervorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform veranschaulicht.

Fig. 3 ist eine Darstellung, die eine beispielhafte Konfiguration veranschaulicht, bei der ein Prozessor und ein Speicher eine Verarbeitungsschaltung bilden, die in dem mechanischen System gemäß der ersten Ausführungsform enthalten ist.

Fig. 4 ist eine Darstellung, die eine beispielhafte Konfiguration veranschaulicht, bei der dedizierte Hardware die Verarbeitungsschaltung bildet, die in dem mechanischen System gemäß der ersten Ausführungsform enthalten ist.

Fig. 5 ist ein Diagramm, das ein Beispiel für Zeitwellenformen von Motordrehzahl und Motordrehmoment gemäß der ersten Ausführungsform veranschaulicht.

Fig. 6 ist ein Diagramm, das ein Beispiel für Zeitwellenformen von Motordrehzahl und Motordrehmoment bei kontinuierlicher Positionierung gemäß der ersten Ausführungsform veranschaulicht.

Fig. 7 ist ein Diagramm, welches das Beispiel für Zeitwellenformen von Motordrehzahl und Motordrehmoment bei kontinuierlicher Positionierung gemäß der ersten Ausführungsform veranschaulicht.

Fig. 8 ist eine Darstellung, die ein Beispiel für einen Autoencoder gemäß der ersten Ausführungsform veranschaulicht. Dabei handelt es sich um eine Darstellung, die zeitliche Veränderungen des Anomaliegrads und eines Bestimmungsergebnisses bei der herkömmlichen Anomalieerkennungsvorrichtung in Bezug auf die erste Ausführungsform veranschaulicht.

Fig. 9 ist eine Darstellung, die ein Beispiel für eine Konfiguration veranschaulicht, bei der eine Anomaliebestimmungseinheit in einer Anomalieerkennungsvorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform weggelassen ist.

Fig. 10 ist ein Beispiel für zeitliche Veränderungen des Anomaliegrads und eines Bestimmungsergebnisses, die durch die Konfiguration erzeugt werden, bei der die Anomaliebestimmungseinheit in der Anomalieerkennungsvorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform weggelassen ist.

Fig. 11 ist ein Beispiel, das sich von dem in **Fig.** 10 unterscheidet, für zeitliche Veränderungen des Anomaliegrads, des Unbekanntheitsgrads und des Bestimmungsergebnisses, die

durch die Konfiguration erzeugt werden, bei der die Anomaliebestimmungseinheit in der Anomalieerkennungsvorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform weggelassen ist.

Fig. 12 ist ein Diagramm, das zeitliche Veränderungen des Anomaliegrads, des Unbekanntheitsgrads und eines Bestimmungsergebnisses veranschaulicht, die durch die Anomalieerkennungsvorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform erzeugt werden.

Fig. 13 ist eine Darstellung, die ein Beispiel für einen Betriebsablauf der Anomaliebestimmungseinheit gemäß der ersten Ausführungsform veranschaulicht.

Fig. 14 ist ein Blockdiagramm, das ein Beispiel für eine Konfiguration eines mechanischen Systems gemäß der ersten Ausführungsform veranschaulicht.

Fig. 15 ist ein Blockdiagramm, das ein Beispiel für eine Konfiguration eines mechanischen Systems gemäß einer zweiten Ausführungsform veranschaulicht.

Fig. 16 ist ein Blockdiagramm, das ein Beispiel für eine Konfiguration einer Zusatzbedingungslerneinheit gemäß der zweiten Ausführungsform veranschaulicht.

Fig. 17 ist ein Blockdiagramm, das ein Beispiel für eine Konfiguration einer Zusatzzustandslerneinheit gemäß der zweiten Ausführungsform veranschaulicht.

Fig. 18 ist ein Ablaufdiagramm, das ein Beispiel für einen Betrieb der Zusatzbedingungslerneinheit gemäß der zweiten Ausführungsform veranschaulicht.

Fig. 19 ist ein Ablaufdiagramm, das ein Beispiel für einen Betrieb der Zusatzzustandslerneinheit gemäß der zweiten Ausführungsform veranschaulicht.

Fig. 20 ist ein Diagramm, das ein Beispiel für zeitliche Veränderungen des Anomaliegrads, des Unbekanntheitsgrads und eines Bestimmungsergebnisses veranschaulicht, die durch eine Konfiguration erzeugt werden, bei der die Zusatzbedingungslerneinheit und die Zusatzzustandslerneinheit in einer Anomalieerkennungsvorrichtung gemäß der zweiten Ausführungsform weggelassen sind.

Fig. 21 ist ein Diagramm, das ein Beispiel für zeitliche Veränderungen des Anomaliegrads, des Unbekanntheitsgrads und eines Bestimmungsergebnisses veranschaulicht, die durch eine Konfiguration erzeugt werden, bei der die Zusatzzustandslerneinheit in der Anomalieerkennungsvorrichtung gemäß der zweiten Ausführungsform weggelassen sind.

Beschreibung von Ausführungsformen

[0016] Nachfolgend werden Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher beschrieben. Es ist zu beachten, dass es sich bei den nachstehend beschriebenen Ausführungsformen um Beispiele handelt und der Umfang der vorliegenden Offenbarung nicht durch die nachstehend beschriebenen Ausführungsformen eingeschränkt ist. Die nachfolgend beschriebenen Ausführungsformen können zur Umsetzung gegebenenfalls kombiniert werden.

Erste Ausführungsform

[0017] **Fig.** 1 ist eine Darstellung, die ein Beispiel für eine Konfiguration eines mechanischen Systems 100 gemäß der vorliegenden Ausführungsform veranschaulicht. Das mechanische System 100 beinhaltet eine Anomalieerkennungsvorrichtung 1, die Anomalien erkennt, die in einer mechanischen Einrichtung 2 auftreten, die mechanische Einrichtung 2 und eine Steuervorrichtung 3, welche die mechanische Einrichtung 2 steuert. Die Anomalieerkennungsvorrichtung 1 beinhaltet eine Zustandssignalerzeugungseinheit 11, die ein Zustandssignal ss erzeugt, und eine Zustandsmerkmalserzeugungseinheit 12, die Zustandsmerkmale sc erzeugt. Die Anomalieerkennungsvorrichtung 1 beinhaltet eine Ausgangszustandslerneinheit 13, die ein Lernen auf Grundlage der Zustandsmerkmale sc ausführt und Ausgangszustandslernergebnisse slr ausgibt, und eine Anomaliegradberechnungseinheit 14, die den Anomaliegrad an berechnet.

[0018] Die Anomalieerkennungsvorrichtung 1 beinhaltet eine Bedingungssignalerzeugungseinheit 15, die ein Bedingungssignal cs erzeugt, eine Bedingungsmerkmalserzeugungseinheit 16, die Bedingungsmerkmale cc erzeugt, und eine Ausgangsbedingungslerneinheit 17, die ein Lernen auf Grundlage der Bedingungsmerkmale cc ausführt und Ausgangsbedingungslernergebnisse clr ausgibt. Die Anomalieerkennungsvorrichtung 1 beinhaltet eine Unbekanntheitsgradberechnungseinheit 18, welche den Unbekanntheitsgrad un berechnet, und eine Anomaliebestimmungseinheit 19, die auf Grundlage des Anomaliegrads an und des Unbekanntheitsgrad un bestimmt, ob der Zustand der mechanischen Einrichtung 2 anomal oder normal ist.

[0019] Hierbei sind ein durch die Ausgangsbedingungslerneinheit 17 ausgeführtes Ausgangsbedingungslernen und ein Zusatzzustandslernen, die in der zweiten Ausführungsform beschrieben sind, jeweils eine Ausführungsform von Zustandslernen. Ein Erkennungszustandssignal dss, ein Ausgangslernzustandssignal lss und ein Zusatzlernzustandssignal alss, die in der zweiten Ausführungsform beschrieben sind, sind jeweils eine Ausführungsform

des Zustandssignals ss. Ausgangslernzustandsmerkmale lsc und Erkennungszustandsmerkmale dsc sind jeweils eine Ausführungsform der Zustandsmerkmale. Die Ausgangszustandslernergebnisse slr und Zusatzzustandslernergebnisse aslr sind jeweils eine Ausführungsform von Zustandslernergebnissen. Das Ausgangszustandslernen und Ausgangsbedingungslernen können als Ausgangslernen bezeichnet werden.

[0020] Das in der zweiten Ausführungsform beschriebene Ausgangsbedingungslernen und Zusatzbedingungslernen sind jeweils eine Ausführungsform von Bedingungslernen. Ein Erkennungsbedingungssignal dcs, ein Ausgangslernbedingungssignal lcs und das Zusatzlernzustandssignal alss, die in der zweiten Ausführungsform beschrieben sind, sind jeweils eine Ausführungsform des Bedingungssignals cs. Ausgangslernbedingungsmerkmale lcc und Erkennungsbedingungsmerkmale dcc sind jeweils eine Ausführungsform der Bedingungsmerkmale cc. Die in der zweiten Ausführungsform beschriebenen Ausgangsbedingungslernergebnisse clr und Zusatzbedingungslernergebnisse aclr sind eine Ausführungsform von Bedingungslernergebnissen.

[0021] Die mechanische Einrichtung 2 aus **Fig.** 1 beinhaltet einen Motor 20, der eine Antriebskraft df erzeugt, und eine mechanische Komponente 21, die durch die Antriebskraft df angetrieben wird. Die Steuervorrichtung 3 beinhaltet eine Befehlserzeugungseinheit 30, die eine Betriebsbedingung oc ausgibt, und eine Steuereinheit 31, die Leistung pw an die mechanische Einrichtung 2 auf Grundlage der Betriebsbedingung oc ausgibt. Zu Beispielen für die mechanische Einrichtung 2 gehören eine Montageeinrichtung für elektronische Komponenten, Halbleiterherstellungsausrüstung, ein Industrieroboter, Lebensmittelherstellungsausrüstung, eine Verpackungsmaschine, eine Fördereinrichtung, eine automatische Tür, eine Pressmaschine, ein Walzenbeschicker, Klimatisierungsausrüstung und ein Generator.

[0022] Es werden die Vorgänge der mechanischen Einrichtung 2 und der Steuervorrichtung 3 veranschaulicht. Die Befehlserzeugungseinheit 30 erzeugt die Betriebsbedingung oc als ein Steuersignal, das den Betrieb der mechanischen Einrichtung 2 definiert. Die Befehlserzeugungseinheit 30 führt der mechanischen Einrichtung 2 die Leistung pw auf Grundlage der Betriebsbedingung oc zu. Der Motor 20 erzeugt die Antriebskraft df für die mechanische Komponente 21 unter Verwendung der Leistung pw, um die mechanische Einrichtung 2 anzutreiben. Die mechanische Komponente 21 kann eine beliebige Komponente sein, die durch die Antriebskraft df betrieben wird. Zu Beispielen für die mechanische Komponente 21 gehören eine bewegliche Komponente, die durch die Antriebskraft df des Motors 20 betrieben wird, und ein Element, das bewegliche Komponenten verbindet.

[0023] **Fig.** 2 ist eine Darstellung, die Konfigurationen der mechanischen Einrichtung 2 und der Steuervorrichtung 3 gemäß der vorliegenden Ausführungsform veranschaulicht. Die in **Fig.** 2 veranschaulichte mechanische Einrichtung 2 beinhaltet einen Kugelgewindetrieb 201, eine Kupplung 202, eine Servomotorwelle 203 und einen Servomotor 204, der dem Motor 20 in **Fig.** 1 entspricht. Hierbei entspricht die Antriebskraft df in **Fig.** 1 einem Antriebsmoment, das in dem Beispiel aus **Fig.** 2 durch den Servomotor 204 erzeugt wird. Der Kugelgewindetrieb 201 beinhaltet einen beweglichen Teil 2011, der sich bewegt, wenn sich eine Kugelumlaufspindel 2013 dreht, eine Führung 2012, welche die Bewegungsrichtung des beweglichen Teils 2011 begrenzt, und die Kugelumlaufspindel 2013.

[0024] Die Kugelumlaufspindel 2013 und die Servomotorwelle 203 sind jeweils mechanisch mit der Kupplung 202 verbunden. Die Antriebskraft df, bei der es sich um das durch den Servomotor 204 erzeugte Antriebsdrehmoment handelt, wird von der Servomotorwelle 203 durch die Kupplung 202 an die Kugelumlaufspindel 2013 übertragen. Der Kugelgewindetrieb 201 wandelt Drehbewegung durch einen Schraubmechanismus in lineare Bewegung um, wobei der bewegliche Teil 2011 in zwei Richtungen bewegt wird, wie durch die in **Fig.** 2 veranschaulichten Pfeile angegeben. Die Führung 2012 stützt den beweglichen Teil 2011, begrenzt dessen Bewegung, während dessen Bewegung in den Pfeilrichtungen ermöglicht wird, und verbessert dadurch die Genauigkeit der Bewegung des beweglichen Teils 2011. Der bewegliche Teil 2011 ist mit der mechanischen Komponente 21 (nicht veranschaulicht) verbunden und die mechanische Komponente 21 wird gemäß dem Zweck der mechanischen Einrichtung 2 betrieben.

[0025] Die in **Fig.** 2 veranschaulichte Befehlserzeugungseinheit 30 beinhaltet eine speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) 301. Die SPS 301 erzeugt einen Befehl, um den Servomotor 204 zu bewegen, und gibt den Befehl an einen Treiber 311 aus. Zu Beispielen für den Befehl gehören Signale, welche die Position, die Drehzahl, das Drehmoment und dergleichen des Servomotors 204 spezifizieren. Dieser Befehl entspricht der Betriebsbedingung oc in **Fig.** 1. Bei Bedarf kann ferner ein Personal Computer (PC) 401 der SPS 301 bereitgestellt sein. In dem Beispiel aus **Fig.** 2 gibt der PC 401 einen Befehl zum Betrieb der mechanischen Einrichtung 2 an die SPS 301 aus. Als der PC 401 kann zum Beispiel ein PC zur industriellen Verwendung (ein Fabrikautomatisierungs-PC oder ein Industrie-PC) verwendet werden.

[0026] Die Steuereinheit 31 beinhaltet den Treiber 311 und einen Stromsensor 310. Ein Drehgeber 205, der den Drehwinkel des Servomotors 204 misst, ist in der mechanischen Einrichtung 2 montiert. Der Stromsensor 310 misst einen Antriebsstrom, der dem Servomotor 204 von dem Treiber 311 zugeführt wird. Der Antriebsstrom entspricht der Leistung pw in **Fig.** 1.

[0027] Der Treiber 311 führt eine Rückkopplungssteuerung des Servomotors 204 auf Grundlage des Messwerts von dem Stromsensor 310 und des Messwerts von dem Drehgeber 205 durch und führt dem Servomotor 204 einen Antriebsstrom zu. Mit anderen Worten führt der Treiber 311 eine Rückkopplungssteuerung durch, um zu veranlassen, dass der Betrieb des Servomotors 204 den von der SPS 301 erzeugten Befehl befolgt. Wie vorstehend beschrieben, entspricht der von der SPS 301 erzeugte Befehl der Betriebsbedingung oc in **Fig.** 1.

[0028] In den Beispielen aus den **Fig.** 1 und 2 ist das Zustandssignal ss, das zum Erkennen des Zustands der mechanischen Einrichtung 2 verwendet wird, ein Motordrehmoment mt. Das Zustandssignal ss der vorliegenden Ausführungsform ist nicht auf dieses Beispiel beschränkt. Das Zustandssignal ss kann ein beliebiges Signal sein, das Informationen über den Zustand der mechanischen Einrichtung 2 beinhaltet. Zu Beispielen für das Zustandssignal ss gehören Signale physikalischer Größen, die durch Sensoren, die in der mechanischen Einrichtung 2 bereitgestellt sind, oder Sensoren, die um die mechanische Einrichtung 2 herum bereitgestellt sind, gemessen werden, wie etwa die Position, die Drehzahl, die Beschleunigung, der Strom, die Spannung, das Drehmoment, die Kraft, der Druck, der Schall und die Lichtmenge. Das Zustandssignal ss kann ein Bildinformationssignal sein.

[0029] In dem Beispiel aus **Fig.** 2 sind der Drehgeber 205 und der Stromsensor 310 als Beispiele für Sensoren veranschaulicht, die verwendet werden, um eine Zustandsgröße sa zu erlangen, jedoch sind die Sensoren, die verwendet werden, um die Zustandsgröße sa zu erlangen, nicht darauf beschränkt. Zu Beispielen für die Sensoren, die verwendet werden, um die Zustandsgröße zu erlangen, gehören ein Laserwegmesser, ein Winkelgeber, ein Kreiselsensor, ein Schwingungsmesser, ein Beschleunigungssensor, ein Spannungsmesser, ein Drehmomentsensor, ein Drucksensor, ein Mikrofon, ein Lichtsensor und eine Kamera. Diese Sensoren müssen nicht unbedingt in der Nähe der mechanischen Einrichtung 2, des Motors 20 und dergleichen installiert sein und können an einer beliebigen Stelle bereitgestellt sein, an der die Zustandsgröße sa erzeugt werden kann. Beispielsweise kann ein Beschleunigungssensor an der Außenfläche der Führung 2012 installiert sein und kann die durch den Beschleunigungssensor gemessene Beschleunigung als das Zustandssignal ss ausgegeben werden. Hierbei ist die Außenfläche der Führung 2012 eine Fläche auf der Seite gegenüber der Seite, auf welcher der bewegliche Teil 2011 angeordnet ist.

[0030] Wie in **Fig.** 2 veranschaulicht, kann die Befehlserzeugungseinheit 30 eine SPS-Anzeige 402, die den Zustand der SPS 301 anzeigt, und eine PC-Anzeige 403, die den Zustand des PCs 401 anzeigt, beinhalten. Es ist zu beachten, dass eine Vielzahl von Antriebsquellen, wie etwa der Servomotor 204, einer mechanischen Einrichtung 2 bereitgestellt sein kann. Eine Vielzahl von Treibern 311 kann einer mechanischen Einrichtung 2 nach Bedarf bereitgestellt sein. Die einzelne SPS 301 kann die mechanische Einrichtung 2 zentral betreiben, oder eine Vielzahl von SPSs 301 kann die mechanische Einrichtung 2 gemeinsam betreiben. Das Vorstehende ist die Beschreibung der Beispiele für die mechanische Einrichtung 2 und die Steuervorrichtung 3, die in **Fig.** 2 veranschaulicht sind.

[0031] Es ist zu beachten, dass die mechanische Einrichtung 2, die ein Objekt der Anomalieerkennung durch die Anomalieerkennungsvorrichtung 1 ist, nicht auf das in **Fig.** 2 veranschaulichte Beispiel beschränkt ist. Die Art von Anomalie, die ein Objekt der Anomalieerkennung ist, ist nicht auf das in **Fig.** 2 veranschaulichte Beispiel beschränkt. Die Anomalieerkennungsvorrichtung 1 kann auf allgemeine Phänomene, die in der mechanischen Einrichtung 2 auftreten, umfassend angewandt werden. Ereignisse, die in der mechanischen Einrichtung 2 auftreten, Phänomene, die in der mechanischen Einrichtung 2 auftreten, der Zustand der mechanischen Einrichtung 2 und dergleichen können als Anomalien angesehen werden. Zu Beispielen für die Phänomene, die als Anomalien angesehen werden können, gehören das Eindringen von Fremdkörpern in die mechanische Einrichtung 2, der Bruch des Gehäuses der mechanischen Einrichtung 2, die Verschlechterung von Schmierfett, das Ablösen des Materials, ein Defekt in einem Werkstück, ein Defekt in Fluid, ein Mangel in der Installation der Einrichtung und ein Defekt in einer Baugruppe. Eine Situation, in der zwei oder mehr Phänomene aufgetreten sind, kann als Anomalie erkannt werden.

[0032] **Fig.** 3 ist eine Darstellung, die eine beispielhafte Konfiguration veranschaulicht, bei der ein Prozessor 1151 und ein Speicher 1152 eine Verarbeitungsschaltung bilden, die in dem mechanischen System 100 gemäß der vorliegenden Ausführungsform enthalten ist. Beispielsweise kann die Verarbeitungsschaltung aus **Fig.** 3 in der Anomalieerkennungsvorrichtung 1 und der Steuervorrichtung 3, die in **Fig.** 1 veranschaulicht sind, dem in **Fig.** 2 veranschaulichten Treiber 311 und dergleichen enthalten sein. Wenn die Verarbeitungsschaltung den Prozes-

sor 1151 und den Speicher 1152 beinhaltet, werden Funktionen der Verarbeitungsschaltung, wie etwa die Anomalieerkennungsvorrichtung 1, die Steuervorrichtung 3 und der Treiber 311, durch Software, Firmware oder eine Kombination aus Software und Firmware umgesetzt. Die Software oder Firmware wird als Programme beschrieben und in dem Speicher 1152 gespeichert. In der Verarbeitungsschaltung werden die Funktionen durch Auslesen und Ausführen der in dem Speicher 1152 gespeicherten Programme durch den Prozessor 1151 umgesetzt. Das heißt, wenn die Anomalieerkennungsvorrichtung 1, die Steuervorrichtung 3, der Treiber 311 und dergleichen die Verarbeitungsschaltung beinhalten, beinhaltet die Verarbeitungsschaltung den Speicher 1152 zum Speichern von Programmen, die in der Ausführung der Verarbeitung der Anomalieerkennungsvorrichtung 1, der Steuervorrichtung 3, des Treibers 311 und dergleichen resultieren. Diese Programme können sozusagen einen Computer dazu veranlassen, Prozeduren und Verfahren durchzuführen, die durch die Anomalieerkennungsvorrichtung 1, die Steuervorrichtung 3, den Treiber 311 und dergleichen durchgeführt werden.

[0033] Hierbei kann der Prozessor 1151 ein arithmetisches Mittel sein, das Zentraleinheit (CPU), Verarbeitungsvorrichtung, arithmetische Vorrichtung, Mikroprozessor, Mikrocomputer oder digitaler Signalprozessor (DSP) genannt wird. Der Speicher 1152 kann ein nichtflüchtiger oder flüchtiger Halbleiterspeicher, wie etwa RAM, ein Festwertspeicher (ROM), ein Flash-Speicher, ein löschbarer programmierbarer ROM (EPROM) oder ein elektrischer EPROM (EEPROM) (eingetragenes Warenzeichen), sein. Der Speicher 1152 kann ein Speichermittel, wie etwa eine Magnetplatte, eine Diskette, eine optische Platte, eine Compact Disc, eine Mini-Disc oder eine Digital Versatile Disc (DVD), sein.

[0034] **Fig.** 4 ist eine Darstellung, die eine beispielhafte Konfiguration veranschaulicht, bei der dedizierte Hardware die Verarbeitungsschaltung bildet, die in dem mechanischen System 100 gemäß der vorliegenden Ausführungsform enthalten ist. Beispielsweise kann die Verarbeitungsschaltung aus **Fig.** 4 in der Anomalieerkennungsvorrichtung 1 und der Steuervorrichtung 3, die in **Fig.** 1 veranschaulicht sind, dem in **Fig.** 2 veranschaulichten Treiber 311 und dergleichen enthalten sein. Wenn dedizierte Hardware die Verarbeitungsschaltung bildet, kann die in **Fig.** 4 veranschaulichte Verarbeitungsschaltung 1161 zum Beispiel eine einzelne Schaltung, eine kombinierte Schaltung, ein programmierter Prozessor, ein parallel programmierter Prozessor, eine anwendungsspezifische integrierte Schaltung (ASIC), ein feldprogrammierbares Gate-Array (FPGA) oder eine Kombination davon sein. Für die in dem mechanischen System 100 enthaltene Verarbeitungsschaltung kann eine Vielzahl von Funktionen, wie etwa die Anomalieerkennungsvorrichtung 1 und die Steuervorrichtung 3, die in **Fig.** 1 veranschaulicht sind, und der Treiber 311, durch die Verarbeitungsschaltung 1161 auf Grundlage einer einzelnen Funktion umgesetzt werden oder kann die Vielzahl von Funktionen gemeinsam durch die Verarbeitungsschaltung 1161 umgesetzt werden. Die Anomalieerkennungsvorrichtung 1, die Steuervorrichtung 3, der Treiber 311, die SPS 401 und dergleichen können über ein Netzwerk verbunden sein. Mindestens eines von der Anomalieerkennungsvorrichtung 1, der Steuervorrichtung 3, dem Treiber 311, der SPS 401 und dergleichen kann auf einem Cloud-Server vorhanden sein.

[0035] Der Treiber 311, die SPS 301, der PC 401 und dergleichen können in der Konfiguration aus **Fig.** 2 weggelassen sein. Beispielsweise kann anstelle des Treibers 311, der SPS 301, des PC 401 und dergleichen eine Vorrichtung zum Durchführen einer Anomalieerkennung durch die Anomalieerkennungsvorrichtung 1 separat vorbereitet werden, und kann die Vorrichtung den Betrieb der Anomalieerkennungsvorrichtung 1 durchführen. Beispielsweise wird eine Vorrichtung, die eine Batterie, einen Mikrocomputer, einen Sensor, eine Anzeige und eine Kommunikationsfunktion beinhaltet, vorbereitet. Die Vorrichtung erlangt von der mechanischen Einrichtung 2 erzeugten Schall als das Zustandssignal ss mit einem Mikrofon. Dann kann die Anomalieerkennungsvorrichtung 1 den Zustand der mechanischen Einrichtung 2 auf Grundlage des Zustandssignals ss erkennen.

[0036] In der beispielhaften Konfiguration aus **Fig.** 2 können die SPS-Anzeige 402, die PC-Anzeige 403 und dergleichen weggelassen sein. Bei der beispielhaften Konfiguration aus **Fig.** 2 können anstelle dieser Anzeigevorrichtungen LEDs oder dergleichen, die an dem Treiber 311 und der SPS 301 bereitgestellt sind, verwendet werden, um die Zustände des Servomotors 204, des Kugelgewindetriebs 201 und dergleichen anzugeben. Die Ergebnisse der Bestimmung, ob die Zustände normal oder anomal sind, können unter Verwendung der LEDs oder dergleichen angegeben werden. Alternativ können die Zustände, die Bestimmungsergebnisse zu den Zuständen und dergleichen nicht angegeben werden und kann, wenn bestimmt wird, dass eine Anomalie aufgetreten ist, das Antreiben des Servomotors 204 gestoppt werden.

[0037] In der Beschreibung von **Fig.** 2 wird die Drehzahl des Servomotors 204 von dem Drehgeber 205 erlangt, der dem Servomotor 204 bereitgestellt ist, jedoch ist die vorliegende Ausführungsform nicht auf diese Ausführungsform beschränkt. Beispielsweise kann die Bedingungssignalerzeugungseinheit 15 in der Konfiguration aus **Fig.** 1 die Motordrehzahl als das Bedingungssignal cs unter Verwendung des

Steuersignals von der Befehlserzeugungseinheit 30, die einen Antriebsbefehl an den Motor 20 ausgibt, als die Betriebsbedingung oc erzeugen.

[0038] Obwohl das Beispiel, in dem der Servomotor 204 ein Drehservomotor ist, in dem Beispiel von **Fig.** 2 beschrieben wurde, kann die Anomalieerkennungsvorrichtung 1 der vorliegenden Ausführungsform angewandt werden, wenn der Motor 20 aus **Fig.** 1 ein anderer Motor als der Drehtyp ist. Zu Beispielen für den Motor, der nicht vom Drehtyp ist, gehören ein linearer Servomotor, ein Induktionsmotor, ein Schrittmotor, ein Bürstenmotor und ein Ultraschallmotor. Wenn anstelle des Motors eine andere Antriebsquelle als der Motor verwendet wird, kann die Anomalieerkennungsvorrichtung 1 der vorliegenden Ausführungsform ebenfalls angewandt werden. Als ein Beispiel für die andere Antriebsquelle als den Motor kann die mechanische Einrichtung 2 zum Beispiel durch einen Verbrennungsmotor wie etwa einen Benzinmotor, ein Strahltriebwerk, ein Raketentriebwerk oder eine Gasturbine angetrieben werden. Somit ist die Antriebsquelle nicht auf eine beschränkt, die durch elektrische Leistung angetrieben wird.

[0039] Die mechanische Einrichtung 2 kann durch natürliche Energie, wie etwa Windkraft, geothermische Energie oder hydraulische Energie, angetrieben werden. Beispielsweise kann die mechanische Einrichtung 2 ein Windleistungsgenerator, ein geothermischer Leistungsgenerator, ein hydraulischer Leistungsgenerator oder dergleichen sein. Wenn die mechanische Einrichtung 2 gemäß einem Befehl an den Motor, den Verbrennungsmotor oder dergleichen angetrieben wird, kann dieser Befehl als die Betriebsbedingung oc verwendet werden. Der Befehl beinhaltet nicht viele Störungen. Somit kann die Anomalieerkennungsvorrichtung 1 durch Verwenden des Befehls als die Betriebsbedingung oc Anomalien mit hoher Genauigkeit erkennen. Weiterhin kann die Anomalieerkennungsvorrichtung 1 Anomalien erkennen, während sie das Auftreten von Fehlerkennung, Übersehen und dergleichen verhindert. Wenn die mechanische Einrichtung 2 durch natürliche Energie, wie zum Beispiel einen Windleistungsgenerator, angetrieben wird, kann es sein, dass das mechanische System 100 die Steuervorrichtung 3 nicht beinhaltet.

[0040] Obwohl die in **Fig.** 1 veranschaulichte mechanische Einrichtung 2 den Kugelgewindetrieb 201 und die Kupplung 202 als ihre Komponenten beinhaltet, sind die Komponenten der mechanischen Einrichtung 2 nicht darauf beschränkt. Zu Beispielen für die anderen Komponenten der mechanischen Einrichtung 2 als den Kugelgewindetrieb 201 und die Kupplung 202 gehören ein Untersetzungsgetriebe, eine Führung, ein Riemen, eine Schraube, eine Pumpe, ein Lager und ein Gehäuse. Somit kann die Anomalieerkennungsvorrichtung 1 auf verschiedene mechanische Einrichtungen 2 angewandt werden.

[0041] Es wird der Betrieb der Anomalieerkennungsvorrichtung 1 veranschaulicht. In dem Beispiel aus **Fig.** 2 sind eine Erhöhung von Schwingungen, eine Erhöhung von Reibung und dergleichen aufgrund der Verschlechterung eines Gleitteils des Kugelgewindetriebs 201 Beispiele für Anomalien, die durch die Anomalieerkennungsvorrichtung 1 erkannt werden. Die Zustandssignalerzeugungseinheit 11 erlangt die Zustandsgröße sa eines physikalischen Phänomens, das in der mechanischen Einrichtung 2 aufgetreten ist und unter Verwendung eines Sensors oder dergleichen erkannt wird, und gibt die Zustandsgröße sa als das Zustandssignal ss als Zeitreihe aus. Hierbei ist das physikalische Phänomen eine Größe, die an der mechanischen Einrichtung 2 unter Verwendung eines Sensors oder dergleichen erkannt werden kann. Beispielsweise kann die Zustandsgröße sa eine Größe sein, in der sich die Wirkung eines Ausfalls, einer Verschlechterung oder dergleichen, die in der mechanischen Einrichtung 2 aufgetreten ist, zeigt. Die Zustandsgröße sa kann eine Größe sein, welche die Erkennung des Zustands der mechanischen Einrichtung 2 oder des Ausfalles, der Verschlechterung oder dergleichen, der bzw. die in der mechanischen Einrichtung 2 aufgetreten ist, ermöglicht. Die Anomalieerkennungsvorrichtung 1 kann derart konfiguriert sein, dass die Zustandsgröße sa eine Größe ist, die eine Korrelation mit dem Zustand der mechanischen Einrichtung 2 oder einem Ausfall, einer Verschlechterung oder dergleichen, der bzw. die in der mechanischen Einrichtung 2 aufgetreten ist, aufweist.

[0042] In der vorliegenden Ausführungsform ist ein Zeitreihensignal ein Signal, das Informationen beinhaltet, die jedem einer Vielzahl von Zeitpunkten zugeordnet sind. Beispielsweise wird durch Spezifizieren eines bestimmten Zeitpunkts unter einer Vielzahl von Zeitpunkten eines Zeitreihensignals ein Signal oder ein Wert, das bzw. der durch ein Signal angegeben wird, das diesem Zeitpunkt entspricht, bestimmt. Ein solches Signal kann als Zeitreihensignal verwendet werden.

[0043] Hierbei wird das Zustandssignal ss, das erlangt wird, wenn die Zustandssignalerzeugungseinheit 11 den Zustand der mechanischen Einrichtung 2 in einer Ausgangszustandslernzeit erkennt, als das Ausgangslernzustandssignal lss bezeichnet. Hierbei ist die Ausgangszustandslernzeit wünschenswerterweise eine Zeit, zu der sich die mechanische Einrichtung 2 in einem normalen Zustand befindet. Eine Zeit zur Anomalieerkennung, in der die Zustandssignalerzeugungseinheit 11 den Zustand der mechanischen Einrichtung 2 erkennt, wird als eine Erkennungszeit bezeichnet. Das durch

die Zustandssignalerzeugungseinheit 11 in der Erkennungszeit erkannte Zustandssignal ss wird als das Erkennungszustandssignal dss bezeichnet. Die Beziehung zwischen der Ausgangszustandslernzeit und der Erkennungszeit ist nicht eingeschränkt. Wenn die Erkennungszeit jedoch später eintritt als die Ausgangszustandslernzeit, ergibt sich ein Vorteil dahingehend, dass die Ergebnisse des Ausgangszustandslernens zur Anomalieerkennung verwendet werden können.

[0044] In dem Beispiel aus **Fig.** 2 wird der Wert des Antriebsdrehmoments, der aus dem Wert des Stroms berechnet wird, der durch den Servomotor 204 fließt, wobei es sich um ein Beispiel für den Motor 20 handelt, als die Zustandsgröße sa verwendet. Die Zustandssignalerzeugungseinheit 11 misst den Wert des Antriebsstroms unter Verwendung des Stromsensors 310, wandelt den Stromwert in einen Drehmomentwert um, bei dem es sich um den Wert des durch den Servomotor 204 erzeugten Antriebsdrehmoments handelt, und verwendet den Drehmomentwert als das Zustandssignal ss. Die Zustandsgröße sa kann von Moment zu Moment gemäß dem Verhalten der mechanischen Einrichtung 2, der Zeit und dergleichen variieren.

[0045] Die Zustandsmerkmalserzeugungseinheit 12 erlangt das Zustandssignal ss als Zeitreihe. Dann erzeugt die Zustandsmerkmalserzeugungseinheit 12 die Zustandsmerkmale sc anhand des Zeitreihenzustandssignals ss. Die Zustandsmerkmale sc sind wünschenswerterweise extrahierte Merkmale, die den Zustand der mechanischen Einrichtung 2 angeben. Es kann sein, dass die Zustandsmerkmale sc kein Zeitreihensignal sind, jedoch werden sie wünschenswerterweise als Zeitreihe erzeugt. Die Zustandsmerkmalserzeugungseinheit 12 kann die Zustandsmerkmale sc einzeln für jeden Satz erzeugen, der eine Vielzahl von Zeitpunkten enthält, zu denen das Zustandssignal ss erzeugt wurde. Alternativ kann die Zustandsmerkmalserzeugungseinheit 12 die Zustandsmerkmale sc einzeln für eine Vielzahl von Zeitpunkten erzeugen, zu denen das Zustandssignal ss erzeugt wurde. Hierbei werden die Zustandsmerkmale sc, die durch die Zustandsmerkmalserzeugungseinheit 12 aus dem Ausgangslernzustandssignal lss erzeugt werden, als die Ausgangslernzustandsmerkmale lsc bezeichnet. Die durch die Zustandsmerkmalserzeugungseinheit 12 aus dem Erkennungszustandssignal dss erzeugten Zustandsmerkmale sc werden als die Erkennungszustandsmerkmale dsc bezeichnet.

[0046] Die Ausgangszustandslerneinheit 13 führt ein Lernen auf Grundlage der Ausgangszustandsmerkmale lsc aus und gibt die Ergebnisse des Lernens als die Ausgangszustandslernergebnisse slr aus. Das durch die Ausgangszustandslerneinheit 13 ausgeführte Lernen wird als Ausgangszustandslernen bezeichnet. Beispielsweise kann die Ausgangszustandslerneinheit 13 ein Modell für die Eigenschaften des Ausgangszustandssignals lss erzeugen und die Struktur, Parameter usw. des Modells als die Ausgangszustandslernergebnisse slr ausgeben. Anstelle der Ausgangszustandslerneinheit 13 kann die Anomalieerkennungsvorrichtung 1 ein Lernmodell, an dem das Ausgangszustandslernen ausgeführt wurde, die Ausgangszustandslernergebnisse slr, die ausgegeben wurden, usw. beinhalten. Beispielsweise kann die Anomalieerkennungsvorrichtung 1 ein Modell beinhalten, das auf den Ausgangszustandslernergebnissen slr basiert, die durch die in der vorliegenden Ausführungsform beschriebene Ausgangszustandslerneinheit 13 ausgegeben werden. Wenn die Anomalieerkennungsvorrichtung 1 ein trainiertes Lernmodell, die Ausgangszustandslernergebnisse slr, die ausgegeben wurden, usw. beinhaltet, kann die Anomalieerkennungsvorrichtung 1 die Ergebnisse des Ausgangzustandslernens verwenden, ohne das Ausgangszustandslernen auszuführen.

[0047] Die Anomaliegradberechnungseinheit 14 berechnet den Anomaliegrad an auf Grundlage der Erkennungszustandsmerkmale dsc und der Ausgangszustandslernergebnisse slr. Die Anomaliegradberechnungseinheit 14 kann den Grad an Diskrepanz zwischen den Eigenschaften des Erkennungszustandssignals dss und den Eigenschaften des Ausgangslernzustandssignals lss als den Anomaliegrad an berechnen. Alternativ kann die Anomaliegradberechnungseinheit 14 die Differenz zwischen den Eigenschaften der Erkennungszustandsmerkmale dsc und den Eigenschaften der Ausgangslernzustandsmerkmale lsc als den Anomaliegrad an berechnen.

[0048] Beispielsweise sei angenommen, dass die Ausgangszustandslernergebnisse slr die Modellstruktur, die Modellparameter usw. beinhalten. In diesem Fall erzeugt die Anomaliegradberechnungseinheit 14 ein Modell aus der Modellstruktur, den Modellparametern usw. Dann kann die Anomaliegradberechnungseinheit 14 die Differenz zwischen der Ausgabe, wenn die Ausgangslernzustandsmerkmale lsc in das Modell eingegeben werden, und der Ausgabe, wenn die Erkennungszustandsmerkmale dsc in das Modell eingegeben werden, als den Anomaliegrad an berechnen.

[0049] Die Bedingungssignalerzeugungseinheit 15 erlangt eine Betriebsbedingung der mechanischen Einrichtung 2 als die Betriebsbedingung oc und erzeugt das Bedingungssignal cs. Die Betriebsbedingung oc kann eine beliebige Bedingung sein, die den Betriebsstatus der mechanischen Einrichtung 2 angibt. In der Beschreibung der **Fig.** 1 und 2 ist die Betriebsbedingung oc ein Sollwert oder ein Befehlswert der Drehzahl des Motors 20, ein Sollwert oder

ein Befehlswert der Beschleunigung des Motors 20, ein Sollwert oder ein Befehlswert der Fahrtstrecke des Motors 20 oder dergleichen. In der Beschreibung der **Fig.** 1 und 2 ist das Bedingungssignal cs eine Befehlsdrehzahl ds, d. h. ein Drehzahlbefehl, und ein Zeitreihensignal. Das Bedingungssignal cs ist ein Signal der Betriebsbedingung oc, das als Zeitreihe erlangt wird. Zu anderen Beispielen für die Betriebsbedingung oc und das Bedingungssignal cs gehören ein Ruck, der Betrag einer Last, die Außentemperatur, der Druck und eine Strömungsgeschwindigkeit.

[0050] Hierbei wird das Bedingungssignal cs, das durch die Bedingungssignalerzeugungseinheit 15 erlangt wird, die den Zustand der mechanischen Einrichtung 2 in einer Ausgangszustandslernzeit erkennt, als das Ausgangslernbedingungssignal lcs bezeichnet. Hierbei ist die Ausgangsbedingungslernzeit wünschenswerterweise eine Zeit, zu der sich die mechanische Einrichtung 2 in einem normalen Zustand befindet. Das Bedingungssignal cs, das durch die Bedingungssignalerzeugungseinheit 15 in der Erkennungszeit erkannt wird, wobei es sich um die Zeit handelt, in welcher der Zustand der mechanischen Einrichtung 2 erkannt wird, wird als das Erkennungsbedingungssignal dcs bezeichnet.

[0051] Die Beziehung zwischen der Ausgangsbedingungslernzeit und der Erkennungszeit ist nicht eingeschränkt. Die Erkennungszeit ist jedoch vorzugsweise eine Zeit, die später als die Ausgangsbedingungslernzeit ist, da die Ergebnisse des Ausgangsbedingungslernens zur Anomalieerkennung verwendet werden können. Hierbei müssen die Ausgangszustandslernzeit und die Ausgangsbedingungslernzeit nicht notwendigerweise miteinander zusammenfallen. Im Gegensatz dazu fällt die Erkennungszeit in der Beschreibung des Erkennungszustandssignals dss mit der Erkennungszeit in der Beschreibung des Erkennungsbedingungssignals dcs zusammen.

[0052] Die Bedingungsmerkmalserzeugungseinheit 16 erzeugt die Ausgangslernbedingungsmerkmale lcc anhand des Ausgangslernbedingungssignals lcs. Beispielsweise kann die Bedingungsmerkmalserzeugungseinheit 16 Merkmale, welche die Eigenschaften der Betriebsbedingung oc in der Ausgangszustandslernzeit angeben, aus dem Ausgangslernbedingungssignal lcs extrahieren, um die Ausgangslernbedingungsmerkmale lcc zu erzeugen. Die Ausgangsbedingungslerneinheit 17 führt ein Lernen auf Grundlage der Ausgangslernbedingungsmerkmale lcc aus und gibt die Ergebnisse des Lernens als die Ausgangsbedingungslernergebnisse clr aus. Das durch die Ausgangsbedingungslerneinheit 17 ausgeführte Lernen wird als Ausgangsbedingungslernen bezeichnet. Das Ausgangsbedingungslernen, das Ausgangszustandslernen und dergleichen können als Ausgangslernen bezeichnet werden.

[0053] Beispielsweise kann die Ausgangsbedingungslerneinheit 17 die Eigenschaften der Betriebsbedingung oc in der Ausgangsbedingungslernzeit auf Grundlage der Ausgangslernbedingungsmerkmale lcc modellieren und die Struktur, Parameter usw. des Modells als die Ausgangsbedingungslernergebnisse clr ausgeben. Anstelle der Ausgangsbedingungslerneinheit 17 kann die Anomalieerkennungsvorrichtung 1 ein trainiertes Lernmodell, die Ausgangsbedingungslernergebnisse clr, die ausgegeben wurden, usw. beinhalten. Wenn die Anomalieerkennungsvorrichtung 1 das trainierte Lernmodell, die Ausgangsbedingungslernergebnisse clr, die ausgegeben wurden, usw. beinhaltet, kann die Anomalieerkennungsvorrichtung 1 eine äußerst genaue Anomalieerkennung in kurzer Zeit unter Verwendung der Ergebnisse des Lernens ohne Ausführen eines Lernens durchführen. Ferner kann die Anomalieerkennungsvorrichtung 1 die Berechnungslast verringern. Beispielsweise kann das trainierte Lernmodell ein Modell sein, das auf den Ausgangsbedingungslernergebnissen clr basiert, die durch die Ausgangsbedingungslerneinheit 17 ausgegeben werden.

[0054] Die Unbekanntheitsgradberechnungseinheit 18 berechnet den Unbekanntheitsgrad un auf Grundlage der Ausgangsbedingungslernergebnisse clr und des Erkennungsbedingungssignals dcs. Der Unbekanntheitsgrad un kann eine Größe sein, welche den Grad an Diskrepanz zwischen dem Ausgangslernbedingungssignal lcs und dem Erkennungsbedingungssignal dcs wiedergibt. Die Unbekanntheitsgradberechnungseinheit 18 kann den Grad an Diskrepanz bei Eigenschaften zwischen den Erkennungsbedingungsmerkmalen dcc und den Ausgangslernbedingungsmerkmalen lcc als den Unbekanntheitsgrad un berechnen.

[0055] Beispielsweise sei angenommen, dass die Ausgangsbedingungslernergebnisse clr die Modellstruktur, die Modellparameter usw. beinhalten. In diesem Fall erzeugt die Unbekanntheitsgradberechnungseinheit 18 ein Modell aus der Modellstruktur, den Modellparametern usw. Dann kann die Unbekanntheitsgradberechnungseinheit 18 als den Unbekanntheitsgrad un die Differenz zwischen einer Ausgabe, wenn die Ausgangslernbedingungsmerkmale lcc in das Modell eingegeben werden, und einer Ausgabe, wenn die Erkennungsbedingungsmerkmale dcc in das Modell eingegeben werden, berechnen.

[0056] Die Anomaliebestimmungseinheit 19 bestimmt auf Grundlage des Anomaliegrads an und des Unbekanntheitsgrads un, ob in der mechanischen Einrichtung 2 eine Anomalie aufgetreten ist oder nicht, und gibt die Bestimmung als ein Bestimmungsergebnis jr aus. Wenn zum Beispiel der Ano-

maliegrad an größer als ein vorbestimmter erster Schwellenwert ist und der Unbekanntheitsgrad un kleiner als ein vorbestimmter zweiter Schwellenwert ist, kann die Anomaliebestimmungseinheit 19 bestimmen, dass der Zustand der mechanischen Einrichtung 2 anomal ist.

[0057] In einem von zwei Fällen, einem Fall, in dem der Anomaliegrad an kleiner oder gleich dem ersten Schwellenwert ist, und einem Fall, in dem der Unbekanntheitsgrad un größer oder gleich dem zweiten Schwellenwert ist, kann die Anomaliebestimmungseinheit 19 bestimmen, dass der Zustand der mechanischen Einrichtung 2 normal ist. Hierbei ist der Fall, in dem der Anomaliegrad an kleiner oder gleich dem ersten Schwellenwert ist, ein Fall, in dem der Anomaliegrad an kleiner als der erste Schwellenwert oder gleich dem ersten Schwellenwert ist. Der Fall, in dem der Unbekanntheitsgrad un größer oder gleich dem zweiten Schwellenwert ist, ist ein Fall, in dem der Unbekanntheitsgrad un größer als der zweite Schwellenwert oder gleich dem zweiten Schwellenwert ist.

[0058] Es kann sein, dass die Anomalieerkennungsvorrichtung 1 die Anomaliebestimmungseinheit 19 nicht beinhaltet. In diesem Fall kann eine Vorrichtung außerhalb der Anomalieerkennungsvorrichtung 1 die Verarbeitung der Anomaliebestimmungseinheit 19 durchführen. Alternativ kann ein Bediener die Verarbeitung der Anomaliebestimmungseinheit 19 durchführen. Die Anomaliebestimmungseinheit 19 führt maschinelles Lernen unter Verwendung des Anomaliegrads an und des Unbekanntheitsgrads un als Trainingsdaten aus, um ein Modell zu erzeugen. Dann kann die Anomaliebestimmungseinheit 19 eine Bestimmung auf Grundlage des erzeugten Modells und des Anomaliegrads an und des Unbekanntheitsgrads un vornehmen, die in der Erkennungszeit für die Anomalieerkennung der mechanischen Einrichtung 2 erlangt wurden. Die Anomalieerkennungsvorrichtung 1 kann eine Anzeigeeinheit beinhalten, die das Bestimmungsergebnis jr, den Unbekanntheitsgrad un, den Anomaliegrad an usw. anzeigt.

[0059] **Fig.** 5 ist ein Diagramm, das ein Beispiel für Zeitwellenformen der Motordrehzahl ms und des Motordrehmoments mt gemäß der vorliegenden Ausführungsform veranschaulicht. Die Bedingungssignalerzeugungseinheit 15 erzeugt die Befehlsdrehzahl ds als das Bedingungssignal cs. In **Fig.** 5(a) ist eine Zeitreihenwellenform der durch die Bedingungssignalerzeugungseinheit 15 als das Bedingungssignal cs erzeugten Befehlsdrehzahl ds durch eine gestrichelte Linie, d. h. eine unterbrochene Linie, angegeben. Die Befehlsdrehzahl ds ist die Befehlsdrehzahl ds des Motors, die durch die von der Befehlserzeugungseinheit 30 erzeugte Betriebsbedingung oc definiert ist. In **Fig.** 5(a) wird zusätzlich zu der Befehlsdrehzahl ds die Motordrehzahl ms, die anhand der Messergebnisse durch den Drehgeber 205 berechnet wird, durch eine durchgezogene Linie angegeben. **Fig.** 5(b) veranschaulicht eine Zeitreihenwellenform des Motordrehmoments mt, das durch die Zustandssignalerzeugungseinheit 11 als das Zustandssignal ss erzeugt wird. Die horizontalen Achsen in den **Fig.** 5(a) und 5(b) geben die Zeit wieder. Punkte, die in **Fig.** 5(a) durch Bezugszeichen auf der Zeitachse gekennzeichnet sind, und Punkte auf der Zeitachse in **Fig.** 5(b), die durch die gleichen Bezugszeichen wie die Bezugszeichen in **Fig.** 5(a) gekennzeichnet sind, geben die gleichen Zeiten an.

[0060] Es werden zeitliche Veränderungen der in **Fig.** 5(a) veranschaulichten Befehlsdrehzahl ds beschrieben. Zwischen einem Zeitpunkt tr0 und einem Zeitpunkt tr1 ist die Befehlsdrehzahl ds null. Zwischen dem Zeitpunkt tr1 und einem Zeitpunkt tr2 ist die Befehlsdrehzahl ds ein Befehl zum Beschleunigen mit einer konstanten Beschleunigung. Dann erreicht die Befehlsdrehzahl ds, die zu dem Zeitpunkt tr1 null war, zu dem Zeitpunkt tr2 eine Drehzahl Vcmd. Zwischen dem Zeitpunkt tr2 und einem Zeitpunkt tr3 wird die Befehlsdrehzahl ds auf der Drehzahl Vcmd gehalten. Zwischen dem Zeitpunkt tr3 und einem Zeitpunkt tr4 ist die Befehlsdrehzahl ds ein Befehl zum Verzögern mit einer konstanten Beschleunigung. Die Befehlsdrehzahl ds, bei der es sich um die Drehzahl Vcmd zu dem Zeitpunkt tr3 handelt, wird zu dem Zeitpunkt tr4 null. Dann wird zwischen dem Zeitpunkt tr4 und einem Zeitpunkt tr5 die Befehlsdrehzahl ds bei null gehalten.

[0061] Die Motordrehzahl ms in **Fig.** 5(a) sind Ist-Messwerte der Drehzahl des Motors 20. Mit anderen Worten sind die Motordrehzahl ms Ist-Messwerte der Drehzahl des Servomotors 204 in **Fig.** 2. Der Servomotor 204 wird durch die Befehlserzeugungseinheit 30, d. h. durch den Treiber 311 in **Fig.** 2, derart gesteuert, dass die Motordrehzahl ms der Befehlsdrehzahl ds folgt. Die Beziehung zwischen der Befehlsdrehzahl ds und der Motordrehzahl ms verändert sich je nach der Konfiguration der Befehlserzeugungseinheit 30. **Fig.** 5(a) veranschaulicht einen Fall, in dem die Motordrehzahl ms der Befehlsdrehzahl ds mit einer leichten Verzögerung folgt. In **Fig.** 5 (b) ist die Zeitreihenwellenform des Motordrehmoments mt, das aus Messwerten von dem Stromsensor 310 berechnet wird, durch eine durchgezogene Linie angegeben. Es wird angenommen, dass ein Signal, das direkt von dem Stromsensor 310 erlangt wird, ein Signal ist, das durch Messen von Dreiphasenströmen erlangt wird, die in dem Servomotor 204 in **Fig.** 2 fließen (die Dreiphasenströme sind nicht veranschaulicht). Die Zustandssignalerzeugungseinheit 11 wandelt die Dreiphasenströme um, um das in **Fig.** 5(b) veranschaulichte Motordrehmoment mt als das Zustandssignal ss zu erzeugen.

[0062] Wie in dem Beispiel aus **Fig.** 5 kann ein Sensor gegebenenfalls für die mechanische Einrichtung 2 installiert sein. Der Sensor kann in der Zustandssignalerzeugungseinheit 11 enthalten sein oder kann in der Anomalieerkennungsvorrichtung 1 enthalten sein. Die Zustandssignalerzeugungseinheit 11 kann nach Bedarf eine Umwandlung an Messwerten des Sensors durchführen. Zusätzlich zu oder anstelle des in der Beschreibung von **Fig.** 5 veranschaulichten Sensors kann die Zustandssignalerzeugungseinheit 11 das Zustandssignal ss auf Grundlage der Messergebnisse eines Sensors erzeugen, der den Wert von Drehmoment, Kraft, Schwingung, Drehzahl, Position, Lichtmenge, Schall oder dergleichen erkennt, der in der mechanischen Komponente 21 erzeugt wird. Zu Beispielen für den Sensor gehören ein Drehmomentsensor, ein Kraftsensor, ein Schwingungssensor, ein Kreiselsensor, ein Drehgeber, ein Laserwegmesser, ein Fotosensor und ein Mikrofon. Es ist zu beachten, dass die Zustandssignalerzeugungseinheit 11 das Zustandssignal ss direkt aus Dreiphasenstromwerten erzeugen kann, die durch den Stromsensor 310 erkannt werden. Weiterhin kann die Zustandssignalerzeugungseinheit 11 das Zustandssignal ss aus dem Drehwinkel des Servomotors 204, der von dem Drehgeber 205 erlangt wird, oder der Motordrehzahl ms, die anhand des Drehwinkels durch numerische Differenzierung oder dergleichen bestimmt wird, erzeugen.

[0063] Es werden Zeitreihenveränderungen des Zustandssignals ss beschrieben. Die unter Bezugnahme auf **Fig.** 5(a) beschriebene Zeitreihenwellenform des Motordrehmoments mt ist eine Wellenform, die eine Beschleunigung des Servomotors 204 zwischen dem Zeitpunkt tr1 und dem Zeitpunkt tr2 angibt. Dann gibt die Wellenform eine Verzögerung des Servomotors 204 zwischen dem Zeitpunkt tr3 und dem Zeitpunkt tr4 an. Das in **Fig.** 5(b) veranschaulichte Motordrehmoment mt erhöht sich zwischen dem Zeitpunkt tr1 und dem Zeitpunkt tr2 entsprechend. Das in **Fig.** 5(b) veranschaulichte Motordrehmoment mt sinkt zwischen dem Zeitpunkt tr3 und dem Zeitpunkt tr4.

[0064] Die Zeitwellenform aus **Fig.** 5(b) veranschaulicht, wie sich das Motordrehmoment mt je nach der Motordrehzahl ms aufgrund der Wirkung von Reibungskraft verändert. Beispielsweise beschleunigt die Motordrehzahl ms zwischen dem Zeitpunkt tr1 und dem Zeitpunkt tr2 weiter mit der gleichen Beschleunigung, jedoch erhöht sich das Motordrehmoment mt mit zunehmender Motordrehzahl ms.

[0065] Die **Fig.** 5(a) und 5(b) veranschaulichen die Wellenformen, wenn ein einzelner Antrieb, der Positionierung genannt wird, aus einem Zustand durchgeführt wird, in dem der Servomotor 204 gestoppt wird. In dem Beispiel aus **Fig.** 5 wurde ein Fall veranschaulicht, in dem die Positionierungshäufigkeit eins beträgt, jedoch kann die Positionierung mehrmals durchgeführt werden. In **Fig.** 5 wurde ein Betrieb beschrieben, wenn die Positionierung der mechanischen Komponente 21 durch den Servomotor 204 durchgeführt wird, jedoch ist die Anwendung der Anomalieerkennungsvorrichtung 1 der vorliegenden Ausführungsform nicht auf den Positionierungsvorgang beschränkt. Beispielsweise kann die Anomalieerkennungsvorrichtung 1 der vorliegenden Ausführungsform auch angewandt werden, um eine andere Steuerung als einen Positionierungsvorgang, wie etwa Drehzahlsteuerung und Drehmomentsteuerung, vorzunehmen. Weiterhin kann die Anomalieerkennungsvorrichtung 1 der vorliegenden Ausführungsform zum Beispiel auch zur Anomalieerkennung der mechanischen Einrichtung 2, die nicht gesteuert wird, nach einem Befehl angewandt werden.

[0066] In dem Beispiel aus **Fig.** 5 wurde ein Fall veranschaulicht, in dem die Befehlsdrehzahl ds eine Zeit beinhaltet, in der die Befehlsdrehzahl ds konstant ist. Mit anderen Worten wurde in dem Beispiel aus **Fig.** 5 ein Fall veranschaulicht, in dem die Zeitwellenform der Befehlsdrehzahl ds eine Trapezform aufweist. Die Anomalieerkennungsvorrichtung 1 der vorliegenden Ausführungsform ist auch in einem Fall anwendbar, in dem die Zeitwellenform der Befehlsdrehzahl ds nicht trapezförmig ist, wie etwa in einem Fall, in dem es keine Zeit gibt, in der die Befehlsdrehzahl ds konstant ist, d. h. einem Fall, in dem die Wellenform dreieckig ist. In dem Beispiel aus **Fig.** 5 wurde ein Fall veranschaulicht, in dem die Steigung der Drehzahl zum Zeitpunkt der Beschleunigung konstant ist, d. h., die Beschleunigung der Befehlsdrehzahl ds eine Form aufweist, die nahe einem Rechteck ist. Jedoch ist die Konfiguration, auf welche die Anomalieerkennungsvorrichtung 1 anwendbar ist, nicht je nach der Zeitreihenwellenform des Befehls eingeschränkt. Beispielsweise kann die Anomalieerkennungsvorrichtung 1 der vorliegenden Ausführungsform auch auf die Wellenform der Beschleunigung des Befehls ds angewandt werden, wenn eine Steuerung zum Einstellen einer Ruckobergrenze durchgeführt wird, um das Auftreten von Schwingungen zu verhindern, die mit einer plötzlichen Beschleunigung einhergehen. Weiterhin kann die Anomalieerkennungsvorrichtung 1 der vorliegenden Ausführungsform auch auf eine Konfiguration angewandt werden, in der Filterung oder dergleichen auf Grundlage des Befehls durchgeführt wird, um die Schwingung der mechanischen Einrichtung 2 zu unterdrücken.

[0067] In dem Beispiel aus **Fig.** 2 wurde der durch die SPS 301 erzeugte Befehl an den Servomotor 204 als die Betriebsbedingung oc veranschaulicht, jedoch ist die Betriebsbedingung oc nicht auf den Befehl an den Motor 20 beschränkt. Die Betriebsbedingung oc kann alles sein, was Informationen über

den Betrieb der mechanischen Einrichtung 2 beinhaltet. Es ist wünschenswert, als die Betriebsbedingung oc eine Größe auszuwählen, die eine geringe Korrelation mit dem Vorhandensein oder Nichtvorhandensein eines Auftretens einer Anomalie aufweist und das Zustandssignal ss oder die Zustandsgröße sa als Störung beeinflusst.

[0068] Informationen, die in dem Bedingungssignal cs enthalten sind, sind wünschenswerterweise Informationen, die kaum die Ursache einer Anomalie sind, die in der mechanischen Einrichtung 2 aufgetreten ist. Die in dem Bedingungssignal cs enthaltenen Informationen sind wünschenswerterweise Informationen, die das Zustandssignal ss als eine Störung beeinflussen können. Die Bedingungssignalerzeugungseinheit 15 ist wünschenswerterweise dazu konfiguriert, das Bedingungssignal cs zu erzeugen, wie vorstehend beschrieben.

[0069] Es ist wünschenswert, dass sich der erkannte Wert der Betriebsbedingung oc oder des Bedingungssignals cs zwischen dem Vorhandensein einer Anomalie und dem Nichtvorhandensein einer Anomalie nicht stark verändert. Es ist wünschenswert, dass, wenn eine Differenz zwischen dem Unbekanntheitsgrad bei Vorhandensein einer Anomalie und dem Unbekanntheitsgrad bei Nichtvorhandensein einer Anomalie auftritt, die Differenz keine Veränderung verursacht, die einen Schwellenwert überschreitet, der für den Unbekanntheitsgrad in bereitgestellt ist.

[0070] Die Anomaliebestimmungseinheit 19 gibt ein Bestimmungsergebnis dahingehend, ob sich die mechanische Einrichtung 2 in einem unbekannten Status befindet oder nicht, an die Steuervorrichtung 3 aus. Wenn ein Bestimmungsergebnis erlangt wird, dass sich die mechanische Einrichtung 2 in einem unbekannten Status befindet, gibt die Befehlserzeugungseinheit 30 die Betriebsbedingung oc aus, um den Status der mechanischen Einrichtung 2 in einen bekannten Status zu verändern. Nach Erlangen eines Bestimmungsergebnisses, dass sich die mechanische Einrichtung 2 in dem bekannten Status befindet, auf Grundlage des Werts des Unbekanntheitsgrads un kann die Anomaliebestimmungseinheit 19 eine Anomalieerkennung auf Grundlage des Unbekanntheitsgrads un und des Anomaliegrads an durchführen. Hierbei kann die Anomaliebestimmungseinheit 19 anstelle eines Bestimmungsergebnisses den Unbekanntheitsgrad un an die Steuervorrichtung 3 ausgeben und kann die Steuervorrichtung 3 bestimmen, ob sich die mechanische Einrichtung 2 in einem unbekannten Status oder in einem bekannten Status befindet.

[0071] Die Anomalieerkennungsvorrichtung 1 kann mit einer Anzeigeeinheit versehen sein, die das Bestimmungsergebnis jr dahingehend, ob sich die mechanische Einrichtung 2 in einem unbekannten Status befindet oder nicht, anzeigt. Wenn sich die mechanische Einrichtung 2 in einem unbekannten Status befindet, kann der Bediener einen Vorgang durchführen, um auf die Betriebsbedingung oc umzuschalten, um den Status der mechanischen Einrichtung 2 in einen bekannten Status zu verändern. Hierbei kann anstelle des Bestimmungsergebnisses jr der Unbekanntheitsgrad un auf der Anzeigeeinheit angezeigt werden und kann der Bediener bestimmen, ob sich die mechanische Einrichtung 2 in einem unbekannten Status befindet oder nicht.

[0072] Zu Beispielen für die Informationen, die in dem Bedingungssignal cs enthalten sind, gehören die Außenlufttemperatur, der Schwingungswert in Bezug auf die mechanische Einrichtung 2, die Masse eines Werkstückes, das von der mechanischen Einrichtung 2 bearbeitet wird, und eine Eingabe in die mechanische Einrichtung 2 zum Betreiben der mechanischen Einrichtung 2. Hierbei ist der Schwingungswert in Bezug auf die mechanische Einrichtung 2 ein Wert, der sich auf eine Schwingung bezieht, die in etwas in Kontakt mit mindestens einem Teil der mechanischen Einrichtung 2 auftritt. Der Schwingungswert in Bezug auf die mechanische Einrichtung 2 kann ein Wert sein, der sich auf eine Schwingung an etwas, das Schwingung verursacht oder Schwingung in mindestens einem Teil der mechanischen Einrichtung 2 anregt. Zu Beispielen für das Vorstehende gehören ein Boden oder ein Rahmen, an dem die mechanische Einrichtung 2 installiert ist, und die Umgebungsluft. Zu Beispielen für einen Zahlenwert in Bezug auf eine Schwingung gehören die Amplitude und die Frequenz der Schwingung und eine Kombination davon. Die Bedingungssignalerzeugungseinheit 15 kann das Bedingungssignal cs auf Grundlage dieser Informationen erzeugen. Es versteht sich von selbst, dass das Bedingungssignal cs durch Kombinieren einer Vielzahl von Arten von Informationen erzeugt werden kann.

[0073] Es wird der Betrieb der Zustandsmerkmalserzeugungseinheit 12 und der Bedingungsmerkmalserzeugungseinheit 16 beschrieben. Die **Fig.** 6 und 7 sind Diagramme, die ein Beispiel für Zeitwellenformen der Befehlsdrehzahl ds für eine kontinuierliche Positionierung und des Motordrehmoments mt gemäß der vorliegenden Ausführungsform veranschaulichen. Die **Fig.** 6(a) und 7(a) veranschaulichen die Zeitwellenform der Befehlsdrehzahl ds, die als das Bedingungssignal cs durch die Bedingungssignalerzeugungseinheit 15 ausgegeben wird. **Fig.** 6 (a) veranschaulicht die Zeitwellenform im Zeitbereich von null Sekunden bis zehn Sekunden. **Fig.** 7(a) veranschaulicht die Zeitwellenform im Zeitbereich von zehn Sekunden bis zwanzig Sekunden. Die **Fig.** 6 (b) und 7(b) veranschaulichen die Zeitwellenform des Motordrehmoments mt, das als das Zustandssig-

nal ss durch die Zustandssignalerzeugungseinheit 11 ausgegeben wird. **Fig.** 6(b) veranschaulicht die Zeitwellenform im Zeitbereich von null Sekunden bis zehn Sekunden. **Fig.** 7(b) veranschaulicht die Zeitwellenform im Zeitbereich von zehn Sekunden bis zwanzig Sekunden.

[0074] In den **Fig.** 6(a), 6(b), 7(a) und 7(b) geben die horizontalen Achsen die Zeit in Sekunden (s) wieder. Positionen, die auf der Zeitachse in **Fig.** 6(a) durch Bezugszeichen gekennzeichnet sind, und Positionen, die auf der Zeitachse in **Fig.** 6(b) durch die gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet sind wie die Bezugszeichen in **Fig.** 6(a), geben die gleichen Zeitpunkte wieder. Positionen, die auf der Zeitachse in **Fig.** 7(a) durch Bezugszeichen gekennzeichnet sind, und Positionen, die auf der Zeitachse in **Fig.** 7 (b) durch die gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet sind wie die Bezugszeichen in **Fig.** 7(a), geben die gleichen Zeitpunkte wieder. In den **Fig.** 6(a) und 7 (a) stellen die vertikalen Achsen die Befehlsdrehzahl ds in Umdrehungen pro Minute (U/min) wieder. In den **Fig.** 6(b) und 7(b) stellen die vertikalen Achsen das Motordrehmoment mt in Newtonmetern (Nm) wieder.

[0075] Fig. 5 veranschaulicht eine einmal durchgeführte Positionierung, wohingegen die **Fig.** 6 und 7 eine zehnmal kontinuierlich durchgeführte Positionierung veranschaulichen. Die zehnmalige Positionierung wird als Positionierung D1 bis Positionierung D10 bezeichnet. Die Positionierung D1 bis die Positionierung D10 unterscheiden sich in mindestens einem von Befehlsdrehzahl, Beschleunigung zum Zeitpunkt der Beschleunigung, Beschleunigung zum Zeitpunkt der Verzögerung, Fahrtstrecke und dergleichen voneinander. Beispielsweise beträgt bei der Positionierung D1 die Höchstgeschwindigkeit 3200 U/min und beträgt bei der Positionierung D2 die Höchstgeschwindigkeit 2200 U/min.

[0076] Bei der Positionierung D2 ist die Beschleunigung zum Zeitpunkt der Beschleunigung groß und ist die Beschleunigung zum Zeitpunkt der Verzögerung kleiner als die bei der Positionierung D1. Bei der Positionierung D2 ist der Absolutwert der Beschleunigung zum Zeitpunkt der Beschleunigung kleiner als der bei der Positionierung D1 und ist der Absolutwert der Beschleunigung zum Zeitpunkt der Verzögerung größer als der bei der Positionierung D1. Bei der Positionierung D3 unterscheidet sich die Bewegungsrichtung des Servomotors 204 von jener bei der Positionierung D1 und ist die Drehzahlrichtung negativ. Bei der Positionierung D3 ist die Fahrtstrecke kleiner als jene bei der Positionierung D1 und der Positionierung D2 und ist die Form der Zeitwellenform der Befehlsdrehzahl ds, d. h. der Betriebsbedingung oc, dreieckig. Somit variiert die Form der Befehlsdrehzahl ds zwischen der Positionierung D1 und der Positionierung D10. Die durch die Befehlserzeugungseinheit 30 erzeugte Betriebsbedingung oc variiert zwischen der Positionierung D1 bis zu der Positionierung D10.

[0077] Die Befehlserzeugungseinheit 30 erzeugt die Betriebsbedingung oc gemäß der Betriebssituation der mechanischen Einrichtung 2. Wenn die mechanische Einrichtung 2 zum Beispiel eine Fördereinrichtung ist, befindet sich die mechanische Einrichtung 2 in einer Situation, in der es wünschenswert ist, die Effizienz eines Förderprozesses zu verbessern. Somit ist es wünschenswert, dass die Befehlserzeugungseinheit 30 die Betriebsbedingung oc so erzeugt, dass jede Positionierung in der kürzestmöglichen Zeit abgeschlossen wird. In einer Situation, in der die mechanische Einrichtung 2 ein Werkstück befördert, das ein verringertes Schütteln, Stoßen und dergleichen erfordert, stellt die Befehlserzeugungseinheit 30 eine Obergrenze für die Drehzahl, die Beschleunigung, den Ruck oder dergleichen ein und erzeugt die Betriebsbedingung oc so, dass die Drehzahl, die Beschleunigung, der Ruck oder dergleichen die Obergrenze nicht überschreitet. Beispielsweise erzeugt die Befehlserzeugungseinheit 30 in einer Situation, in der die mechanische Einrichtung 2 eine Montageeinrichtung für eine elektronische Komponente ist und die Installationsposition einer elektronischen Komponente häufig verändert wird, die Betriebsbedingung oc, die bei jeder Positionierung in Fahrtstrecke und Bewegungsrichtung variiert.

[0078] Die Zustandsmerkmalserzeugungseinheit 12 erzeugt die Zustandsmerkmale sc auf Grundlage des Motordrehmoments mt. Ein Beispiel für das Motordrehmoment mt ist in den **Fig.** 6(b) und 7(b) veranschaulicht. Die Zustandsmerkmalserzeugungseinheit 12 erzeugt wünschenswerterweise die Zustandsmerkmale sc derart, dass unter einer Vielzahl von Sätzen von Zustandsmerkmalen sc, die als Zeitreihe erzeugt werden, die Anzahl von Variablen der Zustandsmerkmale sc gleich ist. Hierbei kann die Anzahl der Variablen der Zustandsmerkmale sc zum Beispiel die Anzahl von variablen Parameter oder Parameter jedes Satzes der Zustandsmerkmale sc oder dergleichen sein. Die Parameter können unterschiedliche Werte aus der Vielzahl von Sätzen von Zustandsmerkmalen sc annehmen. Durch Vergleichen der Vielzahl von Sätzen von Zustandsmerkmalen sc werden Veränderungen im Zustand der mechanischen Einrichtung 2 erkannt. Somit kann der Vergleich einfacher und genauer durchgeführt werden, wenn die Anzahl von Variablen unter den Zustandsmerkmalen sc gleich ist. Die erzeugten Zustandsmerkmale sc werden in die Ausgangszustandslerneinheit 13 und die Anomaliegradberechnungseinheit 14 eingegeben. Die Ausgangszustandslerneinheit 13 führt ein Lernen auf Grundlage der Zustandsmerkmale sc aus. Die Anomaliegradbe-

rechnungseinheit 14 berechnet den Anomaliegrad an.

[0079] Beispielsweise verwendet die Zustandsmerkmalserzeugungseinheit 12 als einen Satz von Zustandsmerkmalen sc1 ein Zeitreihensignal des Motordrehmoments mt, das zu N Zeitpunkten in gleichen Zeitintervallen zwischen einem Zeitpunkt ts1 und einem Zeitpunkt te1 erlangt wird. Die Anzahl von Abtastwerten des Motordrehmoments mt zu diesem Zeitpunkt, d. h. die Anzahl von Variablen der Zustandsmerkmale sc, ist N. Der Zeitraum von dem Zeitpunkt ts1 bis zu dem Zeitpunkt te1 wird als Verarbeitungszeit bezeichnet. Es werden spezifische Zahlenwerte veranschaulicht. Wenn der Abtastzeitraum zum Beispiel eine Millisekunde (ms) beträgt, der Zeitpunkt te1 1501 ms beträgt und der Zeitpunkt ts1 1700 ms beträgt, sind die Zustandsmerkmale sc ein Vektor der Anzahl von Variablen N=100. Die hier beschriebenen Zustandsmerkmale sc1 sind lediglich ein Beispiel und die vorliegende Ausführungsform ist nicht auf diese Form beschränkt. Der Abtastzeitraum, der Verarbeitungsstartzeitpunkt ts1, der Verarbeitungsendzeitpunkt te1 und dergleichen können nach Bedarf verändert werden. Beispielsweise kann N auf einen großen Wert eingestellt werden und kann ein Satz von Zustandsmerkmalen sc über eine Vielzahl von Positionierungen erzeugt werden. Weiterhin sind die Zeitreihensignale der Zustandsgröße sa, der Zustandsmerkmale sc, der Betriebsbedingung oc, der Bedingungsmerkmale cc und dergleichen nicht auf Signale in gleichen Zeitintervallen beschränkt. Beispielsweise können die Zeitintervalle der Zeitreihensignale nur in Abschnitten kurz eingestellt werden, in denen es erforderlich ist, eine große Datenmenge zu erlangen.

[0080] Die Zustandsmerkmalserzeugungseinheit 12 erzeugt die Zustandsmerkmale sc nacheinander und verändert eine zu untersuchende Zeit. Das Motordrehmoment mt von dem Zeitpunkt ts2 bis zu dem Zeitpunkt te2 in **Fig.** 6 wird als ein zweiter Satz von Zustandsmerkmalen sc2 verwendet. Dabei kann, um jede der Anzahl von Variablen der Zustandsmerkmale sc gleich N zu machen, ein Wert, der durch Subtrahieren des Zeitpunkts ts2 von dem Zeitpunkt te2 (d. h. te2-ts2) erlangt wird, wobei es sich um das Intervall zwischen dem Startzeitpunkt und dem Endzeitpunkt der Verarbeitung handelt, gleich einem Wert gemacht werden, der durch Subtrahieren des Zeitpunkts ts1 von dem Zeitpunkt te1 (d. h. te1-ts1) erlangt wird.

[0081] Ebenso erzeugt die Zustandsmerkmalserzeugungseinheit 12 Zustandsmerkmale sc3 aus dem Motordrehmoment mt, das während der Ausführung der in **Fig.** 6 veranschaulichten Positionierung D3 erlangt wird. Die Zustandsmerkmalserzeugungseinheit 12 erzeugt Zustandsmerkmale sc4 aus dem Motordrehmoment mt, das während der Ausführung der Positionierung D4 erlangt wird. Die Zustandsmerkmalserzeugungseinheit 12 erzeugt Zustandsmerkmale sc8 aus dem Motordrehmoment mt, das während der Ausführung der in **Fig.** 7 veranschaulichten Positionierung D8 erlangt wird.

[0082] In dem Beispiel aus den **Fig.** 6 und 7 überlappt sich eine Vielzahl von Verarbeitungszeiten, in denen die Zustandsmerkmale sc1 bis sc8 erzeugt werden, nicht miteinander, jedoch ist die vorliegende Ausführungsform nicht auf Fälle beschränkt, in denen Zeiten, in denen die Zustandsmerkmale sc zu erzeugen sind, einander nicht überlappen. Beispielsweise kann die Beziehung zwischen dem Zeitpunkt ts1 und dem Zeitpunkt ts2 entweder vor und nach oder bei dem gleichen Zeitpunkt liegen und kann frei ausgewählt werden.

[0083] Wie vorstehend beschrieben, kann die Vielzahl von Verarbeitungszeiten einander überlappen. Beispielsweise kann eine Zeit, in der eine Abtastung durchzuführen ist, d. h. eine Verarbeitungszeit, als ein Fenster betrachtet werden und kann eine Abtastung durchgeführt werden, wobei das Fenster verschoben wird, wobei der Startzeitpunkt der Verarbeitungszeit um eine Abtastzeit, d. h., das Zeitintervall der in gleichen Intervallen durchgeführten Abtastung, verschoben wird, um die Zustandsmerkmale sc zu erlangen. Wenn die Abtastzeit zum Beispiel eine Millisekunde beträgt und die Anzahl von Variablen N der Zustandsmerkmale sc, wobei es sich um die Abtastanzahl in einem Fenster handelt, 100 beträgt, sind 99 % der Anzahl von Abtastungen der berechneten Zustandsmerkmale sc doppelt und ist 1 % unterschiedlich. Ein Verfahren zum Durchführen einer Abtastung durch ein Fenster, das auf diese Weise nacheinander um eine vorbestimmte Anzahl von Abtastungen verschoben wird, wird als Gleitfensterverfahren bezeichnet. Dieses Gleitfensterverfahren kann angewandt werden.

[0084] In dem Beispiel aus den **Fig.** 6 und 7 wird das als Zeitreihe erlangte Zustandssignal ss für eine vorbestimmte Anzahl von Abtastungen abgetastet und als ein Satz von Zustandsmerkmalen sc ausgegeben. Es wird ein Verfahren zum Erzeugen der Zustandsmerkmale sc, die sich von dem Beispiel aus den **Fig.** 6 und 7 unterscheiden, veranschaulicht. Beispielsweise wird eine Vielzahl von Statistiken aus dem Zeitreihenbedingungssignal cs als ein Satz von Zustandsmerkmalen sc oder Bedingungsmerkmalen cc berechnet. Zahlenwerte, die durch Anwenden eines statistischen Algorithmus auf das als die Zustandsgröße sa erkannte Zeitreihensignal erlangt werden, können als Statistiken verwendet werden. Alternativ können Werte verwendet werden, die durch Zusammenfassen der Merkmale einer bestimmten Anzahl von Abtastdaten erlangt werden. Hierbei gibt es für den statistischen Algorithmus und das Zusammenfassungsverfahren eine Vielzahl von

Verfahren. Zu Beispielen für eine Statistik gehören ein Mittelwert, eine Standardabweichung, eine Varianz, ein quadratischer Mittelwert, ein Höchstwert, ein Mindestwert, ein Spitzenwert, ein Scheitelfaktor, eine Wölbung und eine Schiefe.

[0085] Alternativ kann eine Frequenzanalyse an dem Zeitreihensignal durchgeführt werden, um die Zustandsmerkmale sc oder die Bedingungsmerkmale cc zu erlangen. Beispielsweise kann die Verstärkung einer spezifischen Frequenz, die Phase einer spezifischen Frequenz oder dergleichen durch Frequenzanalyse gemessen werden, um die Zustandsmerkmale sc oder die Bedingungsmerkmale cc zu erlangen. Wenn eine Verarbeitung, wie etwa die Berechnung von Statistiken oder eine Frequenzanalyse, zum Zeitpunkt der Berechnung der Zustandsmerkmale sc oder der Bedingungsmerkmale cc durchgeführt wird, muss die Anzahl von Abtastungen während der Verarbeitungszeiten des Signals, das zum Berechnen der Merkmale verwendet wird, nicht notwendigerweise gleich sein. Im Gegensatz dazu sind die Anzahlen von Variablen der Zustandsmerkmale sc oder der Bedingungsmerkmale cc, die zu berechnen sind, wünschenswerterweise gleich.

[0086] Die Zustandsmerkmalserzeugungseinheit 12 ordnet eine vorbestimmte Anzahl von Abtastwerten des als Zeitreihe erhaltenen Zustandssignals ss an und gibt die angeordneten Abtastwerte als einen Satz von Zustandsmerkmalen sc aus. In diesem Fall sind die Zustandsmerkmale sc1, die Zustandsmerkmale sc2, die Zustandsmerkmale sc3, die Zustandsmerkmale sc4 und die Zustandsmerkmale sc8 Vektoren, die aus einer Vielzahl von Variablen gebildet sind, einschließlich Informationen über den Zustand der mechanischen Einrichtung 2 gemäß den jeweiligen Betriebsbedingungen oc.

[0087] Beispielsweise unterscheiden sich die Zustandsmerkmale sc1 und die Zustandsmerkmale sc2 in der Drehzahl des Servomotors 204. Die Zustandsmerkmale sc3 schließen eine Zeit ein, in der die Drehzahl des Servomotors 204 nicht konstant ist und der Servomotor 204 beschleunigt. Die Positionierung D4 schließt eine Zeit, in welcher der Servomotor 204 beschleunigt, eine Zeit, in der die Drehzahl konstant ist, und eine Zeit, in welcher der Servomotor 204 verzögert, ein. Für die Zustandsmerkmale sc4 wird eine Abtastung zu der Zeit durchgeführt, in welcher der Servomotor 204 beschleunigt. Für die Zustandsmerkmale sc8 ist die Fahrstrecke des Servomotors 204 winzig und die Höchstdrehzahl niedrig.

[0088] In der mechanischen Einrichtung 2, die unter verschiedenen Betriebsbedingungen oc wie diese betrieben wird, ist es schwierig, ein Lernen an einer Kombination sämtlicher Betriebsbedingungen oc im Voraus durchzuführen. Es ist möglich, ein Verfahren zum Extrahieren von Daten in einer Zeit, in der sich der Servomotor 204 mit einer Drehzahl bewegt, die in einem im Voraus spezifizierten Drehzahlbereich eingeschlossen ist, oder in einer Zeit, in der sich der Servomotor 204 mit einer Beschleunigung bewegt, die in einem vorbestimmten Beschleunigungsbereich eingeschlossen ist, anzuwenden. Dieses Verfahren ermöglicht den Erhalt stabiler Daten, weist jedoch das Problem auf, dass die Verarbeitung zum Extrahieren des Signals Zeit und Aufwand erfordert. Weiterhin kann es je nach der Betriebsbedingung oc Fälle geben, in denen Anomalien nicht erkannt werden können.

[0089] Soweit den Erfindern bekannt ist, gibt es bisher keine Verfahren zum quantitativen Bewerten des Grads an Diskrepanz zwischen einem Betriebsstatus, der ein Erkennungsobjekt ist, das als eine große Anzahl von Variablen gemessen wird, die als Zeitreihe erlangt werden, und einem Betriebsstatus zum Zeitpunkt des Lernens, der als eine große Anzahl von Variablen gemessen wird, die auf diese Weise als Zeitreihe erlangt werden. Weiterhin wurde das Problem, dass es schwierig ist, die Diskrepanz zwischen den vorstehend beschriebenen zwei Status quantitativ zu bewerten, nicht erkannt. Hierbei wird in dem Beispiel der **Fig.** 6 und 7 ein Betriebsstatus, der ein Erkennungsobjekt ist, als das Zeitreihenerkennungsbedingungssignal dcs ausgedrückt. Ein Betriebsstatus in einer Ausgangslernzeit wird als das Ausgangslernbedingungssignal lcs ausgedrückt.

[0090] Die Bedingungsmerkmalserzeugungseinheit 16 erzeugt die Ausgangslernbedingungsmerkmale lcc auf Grundlage des Ausgangslernbedingungssignals lcs. Die Bedingungsmerkmalserzeugungseinheit 16 erzeugt die Erkennungsbedingungsmerkmale dcc auf Grundlage des Erkennungsbedingungssignals dcs. In dem Beispiel aus **Fig.** 6 wird die in den **Fig.** 6(a) und 7(a) veranschaulichte Befehlsdrehzahl ds als das Bedingungssignal cs verwendet. Dann verwendet die Bedingungsmerkmalserzeugungseinheit 16 die Befehlsdrehzahl ds, die in jeder der Vielzahl von Verarbeitungszeiten enthalten ist, als die Erkennungsbedingungsmerkmale dcc.

[0091] Die Bedingungsmerkmalserzeugungseinheit 16 verwendet als Bedingungsmerkmale cc1 ein Zeitreihensignal eines Satzes von Befehlsdrehzahlen ds in dem Zeitraum von dem Zeitpunkt ts1 bis zu dem Zeitpunkt te1, in dem die Positionierung D1 durchgeführt wurde. Die Bedingungsmerkmalserzeugungseinheit 16 verwendet als Bedingungsmerkmale cc2 einen Satz von Befehlsdrehzahlen ds in dem Zeitraum von dem Zeitpunkt ts2 bis zu dem Zeitpunkt te2, in dem die Positionierung D2 durchgeführt wurde. Die Bedingungsmerkmalserzeugungseinheit 16 verwendet als Bedingungsmerkmale cc3 einen

Satz von Befehlsdrehzahlen ds in dem Zeitraum von dem Zeitpunkt ts3 bis zu dem Zeitpunkt te3, in dem die Positionierung D3 durchgeführt wurde. Die Bedingungsmerkmalserzeugungseinheit 16 verwendet als Bedingungsmerkmale cc4 einen Satz von Befehlsdrehzahlen ds in dem Zeitraum von dem Zeitpunkt ts4 bis zu dem Zeitpunkt te4, in dem die Positionierung D4 durchgeführt wurde (als die Bedingungsmerkmale cc4 in **Fig.** 6 wiedergegeben). Die Bedingungsmerkmalserzeugungseinheit 16 verwendet als Bedingungsmerkmale cc8 einen Satz von Befehlsdrehzahlen ds in dem Zeitraum von dem Zeitpunkt ts8 bis zu dem Zeitpunkt te8, in dem die Positionierung D8 durchgeführt wurde. Hierbei kann jeder Satz der Bedingungsmerkmale cc1, der Bedingungsmerkmale cc2, der Bedingungsmerkmale cc3, der Bedingungsmerkmale cc4 und der Bedingungsmerkmale cc8 als die Erkennungsbedingungsmerkmale dcc oder als die Ausgangslernbedingungsmerkmale lcc verwendet werden.

[0092] Wie vorstehend beschrieben, entsprechen die Erkennungsbedingungsmerkmale dcc1, die Erkennungsbedingungsmerkmale dcc2, die Erkennungsbedingungsmerkmale dcc3, die Erkennungsbedingungsmerkmale dcc4 und die Erkennungsbedingungsmerkmale dcc8, die durch die Bedingungsmerkmalserzeugungseinheit 16 erzeugt werden, nacheinander den Erkennungszustandsmerkmalen dsc1, den Erkennungszustandsmerkmalen dsc2, den Erkennungszustandsmerkmalen dsc3, den Erkennungszustandsmerkmalen dsc4 bzw. den Erkennungszustandsmerkmalen dsc8. Hierbei bedeutet die Übereinstimmung zwischen den Erkennungsbedingungsmerkmalen dcc und den Erkennungszustandsmerkmalen dsc, dass das Zustandssignal ss und die Betriebsbedingung oc, die jeweils dazu verwendet werden, sie zu erzeugen, während der gleichen Verarbeitungszeiten erkannt wurden.

[0093] In dem Beispiel aus den **Fig.** 6 und 7 sind die Abtastfrequenzen der Befehlsdrehzahl ds und des Motordrehmoments mt zum leichteren Verständnis gleich. Darüber hinaus sind die Anzahl von Variablen eines Satzes von Zustandsmerkmalen sc und die Anzahl von Variablen eines Satzes von Zustandsmerkmalen cc gleich. Die vorliegende Ausführungsform ist jedoch nicht auf diese Form beschränkt. Beispielsweise können die Abtastfrequenz des Bedingungssignals cs und die Abtastfrequenz des Zustandssignals ss unterschiedlich sein. Weiterhin können sich beispielsweise die Anzahl von Variablen eines Satzes von Zustandsmerkmalen sc und die Anzahl von Variablen eines Satzes von Zustandsmerkmalen cc voneinander unterscheiden. Wenn das Erkennungszustandssignal dss und das Erkennungsbedingungssignal dcs, die verwendet werden, um die Erkennungszustandsmerkmale dsc bzw. die Erkennungsbedingungsmerkmale dcc, die einander entsprechen, zu berechnen, während der gleichen Verarbeitungszeiten erlangt werden, werden der Anomaliegrad an und der Unbekanntheitsgrad un auf Grundlage der Daten berechnet, die in den gleichen Verarbeitungszeiten erlangt werden, sodass die Anomalieerkennung genauer durchgeführt werden kann.

[0094] Das Verfahren, mit dem die Bedingungsmerkmalserzeugungseinheit 16 die Bedingungsmerkmale cc erzeugt, und das Verfahren, mit dem die Zustandsmerkmalserzeugungseinheit 12 die Zustandsmerkmale sc erzeugt, können gleich oder unterschiedlich sein. Beispielsweise kann für das Verfahren zum Erzeugen der Zustandsmerkmale cc die Berechnung von Statistiken verwendet werden, und kann als das Verfahren zum Erzeugen der Zustandsmerkmale sc eine Frequenzanalyse verwendet werden.

[0095] Die Ausgangszustandslerneinheit 13 führt ein Lernen auf Grundlage der Ausgangszustandsmerkmale lsc aus und gibt die Ergebnisse des Lernens als die Ausgangszustandslernergebnisse slr aus. Die Ausgangsbedingungslerneinheit 17 führt ein Lernen auf Grundlage der Ausgangslernbedingungsmerkmale lcc aus und gibt die Ergebnisse des Lernens als die Ausgangsbedingungslernergebnisse clr aus. **Fig.** 8 ist eine Darstellung, die ein Beispiel für einen Autoencoder gemäß der vorliegenden Ausführungsform veranschaulicht.

[0096] Der Autoencoder ist eine Art Modell eines neuronalen Netzes. Der in **Fig.** 8 veranschaulichte Autoencoder beinhaltet eine Eingabeschicht, die aus Knoten X1 bis X3 besteht, eine Zwischenschicht, die aus Knoten Y1 und Y2 besteh, und eine Ausgabeschicht, die aus Knoten Z1 bis Z3 besteht. Die Knoten des Autoencoders in **Fig.** 8 sind durch eine Vielzahl von Kanten mit Gewichten W11 bis W26 verbunden, die als Parameter angegeben sind. Gemäß dem Autoencoder aus **Fig.** 8 werden auf Grundlage von in die Eingabeschicht eingegebenen Werten Werte, die mit auf die Kanten eingestellten Funktionen berechnet werden, an die Knoten in der nächsten Schicht übertragen, die über die Kanten verbunden sind, und können die Ergebnisse schließlich aus der Ausgabeschicht erlangt werden.

[0097] Das heißt, das neuronale Netz bildet eine komplizierte Funktion als Ganzes. Der Autoencoder ist eine Art von nicht überwachtem Lerner und erlernt die Parameter (Gewichte), sodass sich die von der Ausgabeschicht ausgegebenen Daten den in die Eingabeschicht eingegebenen Daten annähern. Es wird eine große Anzahl von Daten vorbereitet, die einzugeben ist. Durch Anpassen der Parameter, bei denen es sich um Gewichte handelt, für jedes Datenelement, um den Fehler zwischen Eingabe und Ausgabe zu verringern, erlernt das Netz die Eigenschaften eines Eingangssignals.

[0098] In dem Beispiel aus **Fig.** 8 beträgt zum leichteren Verständnis die Anzahl der Knoten in der Eingabeschicht drei und beträgt die Anzahl der Knoten in der Ausgabeschicht drei. Die Anzahlen der Eingabe- und Ausgabeknoten müssen gleich der Anzahl von Variablen N einer zu untersuchenden Eingabe gemacht werden (z. B. N=100 im Beispiel aus **Fig.** 6). Die Anzahlen der Eingabe- und Ausgabeknoten können jeweils zum Beispiel 100 in dem Beispiel aus den **Fig.** 6 und 7 betragen. Zur Erläuterung ist in dem Beispiel aus **Fig.** 8 die Anzahl der Knoten in der Zwischenschicht zwei und ist die Gesamtanzahl der Zwischenschichten eins, wobei jedoch die Anzahl von Knoten in der Zwischenschicht und die Anzahl von Zwischenschichten nicht darauf beschränkt sind.

[0099] Die Ausgangszustandslerneinheit 13 trainiert das neuronale Netz derart, dass, wenn die Zustandsmerkmale sc1, bei denen es sich um die Ausgangslernzustandsmerkmale lsc handelt, in das Netz eingegeben werden, geschätzte Werte sc1' der Zustandsmerkmale sc1 als Ausgabe erlangt werden. Dann gibt die Ausgangszustandslerneinheit 13 das trainierte Modell eines neuronalen Netzes als die Ausgangszustandslernergebnisse slr aus. Die Ausgangszustandslernergebnisse slr müssen lediglich dazu in der Lage sein, das Modell zu spezifizieren, und können beispielsweise die Modellparameter, die Modellstruktur usw. sein. Die Ausgangsbedingungslerneinheit 17 trainiert das neuronale Netz derart, dass, wenn die Bedingungsmerkmale cc1, bei denen es sich um die Ausgangslernbedingungsmerkmale lcc handelt, in das Netz eingegeben werden, geschätzte Werte cc1' der Bedingungsmerkmale cc1 als Ausgabe erlangt werden. Die Ausgangsbedingungslerneinheit 17 gibt das trainierte Modell eines neuronalen Netzes als die Ausgangsbedingungslernergebnisse clr aus. Die Ausgangsbedingungslernergebnisse clr müssen lediglich dazu in der Lage sein, das Modell zu spezifizieren, und können beispielsweise die Modellparameter, die Modellstruktur usw. sein.

[0100] In **Fig.** 8 wurde die Konfiguration unter Verwendung des Autoencoders als ein Beispiel für die Ausgangszustandslerneinheit 13 und die Ausgangsbedingungslerneinheit 17 beschrieben, jedoch ist die vorliegende Ausführungsform nicht auf diese Konfiguration beschränkt. Zu Beispielen für die Konfiguration der Ausgangszustandslerneinheit 13 und der Ausgangsbedingungslerneinheit 17, die sich von dem Autoencoder unterscheidet, gehören eine selbstorganisierende Karte (SOM), das Mahalanobis-Taguchi(MT)-Verfahren, eine Hauptkomponentenanalyse (HKA), eine Ein-Klassen-Stützvektormaschine (OCSVM), das k-nächste-Nachbarn-Verfahren und ein Isolation Forest. Ein beliebiges Verfahren, das sich von den vorstehend veranschaulichten Verfahren unterscheidet, kann als das Lernverfahren der Ausgangszustandslerneinheit 13 oder der Ausgangsbedingungslerneinheit 17 verwendet werden, solange das Verfahren ein Lernverfahren ist, das im Voraus eingegebene Merkmale erlernen und bewerten kann, wie stark die Eigenschaften von Merkmalen, die nach dem Lernen erlangt werden, von den Eigenschaften der erlernten Merkmale abweichen.

[0101] In dem Beispiel aus **Fig.** 8 wurden die Ausgangszustandslerneinheit 13 und die Ausgangsbedingungslerneinheit 17 so beschrieben, dass sie die gleiche Struktur aufweisen. Die Strukturen der Ausgangszustandslerneinheit 13 und der Ausgangsbedingungslerneinheit 17 müssen nicht gleich sein. Es können unterschiedliche Lernverfahren kombiniert werden. Wenn jedoch die Zustandsmerkmale sc und die Bedingungsmerkmale cc die gleiche Komplexität beibehalten, ist es wünschenswert, die Ausgangszustandslerneinheit 13 und die Ausgangsbedingungslerneinheit 17 durch Lernverfahren mit dem gleichen Erklärbarkeitsniveau zu konfigurieren. Beispielsweise ist es wünschenswert, dass die neuronalen Netze der Ausgangszustandslerneinheit 13 und der Ausgangsbedingungslerneinheit 17 die gleiche Anzahl an Knoten und die gleiche Anzahl an Kanten aufweisen. Darüber hinaus ist es wünschenswert, dass die Ausgangszustandslerneinheit 13 und die Ausgangsbedingungslerneinheit 17 die gleiche Anzahl an eingegebenen Datenelementen aufweisen.

[0102] Es werden die Vorgänge der Anomaliegradberechnungseinheit 14 und der Unbekanntheitsgradberechnungseinheit 18 beschrieben. Die Anomaliegradberechnungseinheit 14 berechnet den Anomaliegrad an auf Grundlage der Ausgangszustandslernergebnisse slr und des Erkennungszustandssignals dss. Der Anomaliegrad an kann der Grad an Diskrepanz zwischen dem Ausgangslernzustandssignal lss und dem Erkennungszustandssignal dss sein. Beispielsweise gibt die Anomaliegradberechnungseinheit 14 die Erkennungszustandsmerkmale dsc in ein Modell ein, das unter Verwendung der Ausgangszustandslernergebnisse slr konfiguriert ist. Dann kann die Anomaliegradberechnungseinheit 14 den Grad an Diskrepanz zwischen den Ausgangslernzustandsmerkmalen lsc und den Erkennungszustandsmerkmalen dsc berechnen und diesen Grad an Diskrepanz, Informationen, die den Grad an Diskrepanz angeben, oder dergleichen als den Anomaliegrad an verwenden.

[0103] Wie in **Fig.** 8 veranschaulicht, kann, wenn der Autoencoder zum Lernen verwendet wird, zum Beispiel die Differenz zwischen den Zustandsmerkmalen sc, die in den Autoencoder eingegeben werden, und den geschätzten Werten der Zustandsmerkmale sc, die von dem Autoencoder ausgegeben werden, als der Anomaliegrad an ver-

wendet werden. Da sowohl die Zustandsmerkmale sc als auch die geschätzten Werte der Zustandsmerkmale sc Vektorgrößen sind, ist die Differenz zwischen den beiden ebenfalls eine Vektorgröße. In dem Beispiel aus **Fig.** 8 wird, um den Anomaliegrad an als einen Skalarwert zu bewerten, die Quadratwurzel der Summe der Quadrate des Restvektors, bei der es sich um die Differenz zwischen den beiden handelt, als der Anomaliegrad an verwendet.

[0104] Als ein anderes Verfahren zum Berechnen des Anomaliegrads an unter Verwendung des Autoencoders gibt es ein Verfahren zum Verwenden der Differenz zwischen Werten in der Zwischenschicht zum Zeitpunkt des Lernens und Werten in der Zwischenschicht zum Zeitpunkt der Bewertung als den Anomaliegrad an, anstatt die Differenz zwischen Eingabe und Ausgabe zu verwenden, wie vorstehend beschrieben. Wenn die Zwischenschicht einen Knoten aufweist, kann die Differenz zwischen einem Mittelwert in der Zwischenschicht zum Zeitpunkt des Lernens und einem Wert in der Zwischenschicht zum Zeitpunkt der Inferenz (zum Zeitpunkt der Erkennung) berechnet werden und kann der Betrag der Differenz als der Anomaliegrad an verwendet werden. Wenn die Zwischenschicht eine Vielzahl von Knoten aufweist, wird, ebenso wie bei dem vorstehend beschriebenen Fall des Berechnens der Differenz zwischen Eingabe und Ausgabe, die Quadratwurzel der Summe der Quadrate des Restvektors, die durch Subtrahieren eines Mittelwerts in der Zwischenschicht zum Zeitpunkt des Lernens von jedem Wert in der Zwischenschicht zum Zeitpunkt der Inferenz erlangt wird, als der Anomaliegrad an verwendet.

[0105] Wenn eine selbstorganisierende Karte als das Lernverfahren verwendet wird, kann ein minimaler Quantisierungsfehler (MQE) als der Anomaliegrad an verwendet werden. Wenn die Hauptkomponentenanalyse verwendet wird, kann die T2-Statistik oder die Q-Statistik als der Anomaliegrad an verwendet werden. Wenn eine Ein-Klassen-Stützvektormaschine verwendet wird, kann der Abstand von dem Ursprung in einem abgebildeten Raum als der Anomaliegrad an verwendet werden. Wenn das k-nächste-Nachbarn-Verfahren verwendet wird, kann der Abstand zwischen einem zu bewertenden Merkmal und k erlernten Merkmalen in der Nähe des zu bewertenden Merkmals als der Anomaliegrad an verwendet werden.

[0106] Die Unbekanntheitsgradberechnungseinheit 18 berechnet den Unbekanntheitsgrad un, bei dem es sich um den Grad an Diskrepanz zwischen dem Ausgangslernbedingungssignal lcs und dem Erkennungsbedingungssignal dcs handelt, auf Grundlage der Ausgangsbedingungslernergebnisse clr und des Erkennungsbedingungssignals dcs. Beispielsweise konfiguriert die Unbekanntheitsgradberechnungseinheit 18 ein Modell unter Verwendung der Ausgangsbedingungslernergebnisse clr. Dann gibt die Unbekanntheitsgradberechnungseinheit 18 die Erkennungsbedingungsmerkmale dcc in das konfigurierte Modell ein und berechnet den Grad an Diskrepanz zwischen der Ausgabe aus dem konfigurierten Modell und den Erkennungsbedingungsmerkmalen dcc. Dieser Grad an Diskrepanz kann als der Unbekanntheitsgrad un verwendet werden.

[0107] Wie in **Fig.** 8 veranschaulicht, kann, wenn der Autoencoder zum Lernen verwendet wird, die Differenz zwischen den eingegebenen Erkennungsbedingungsmerkmalen dcc und den von dem Modell ausgegebenen geschätzten Werten als der Unbekanntheitsgrad un verwendet werden. Da sowohl die Erkennungsbedingungsmerkmale dcc als auch die geschätzten Werte der Erkennungsbedingungsmerkmale dcc, die von dem Modell ausgegeben werden, Vektorgrößen sind, ist die Differenz zwischen den Vektoren ebenfalls ein Vektor. Somit kann, um den Unbekanntheitsgrad un als einen Skalarwert zu bewerten, die Quadratwurzel der Summe der Quadrate des Restvektors, bei der es sich um die Differenz zwischen den Vektoren handelt, als der Unbekanntheitsgrad un verwendet werden.

[0108] **Fig.** 9 ist eine Darstellung, die ein Beispiel für eine Konfiguration veranschaulicht, bei der die Anomaliebestimmungseinheit 19 in der Anomalieerkennungsvorrichtung 1 gemäß der vorliegenden Ausführungsform weggelassen ist. Die Konfiguration, die durch Weglassen der Anomaliebestimmungseinheit 19 aus der Konfiguration der Anomalieerkennungsvorrichtung 1 erlangt wird, wird als eine Anomalieerkennungsvorrichtung 1p bezeichnet. In **Fig.** 9 sind die gleichen Komponenten und Signale wie die in **Fig.** 1 mit den gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet.

[0109] Die Anomalieerkennungsvorrichtung 1p wird durch Weglassen von vier Komponenten, der Bedingungssignalerzeugungseinheit 15, der Bedingungsmerkmalserzeugungseinheit 16, der Ausgangsbedingungslerneinheit 17 und der Unbekanntheitsgradberechnungseinheit 18, aus der in **Fig.** 1 veranschaulichten Konfiguration der Anomalieerkennungsvorrichtung 1 erlangt. Die Anomalieerkennungsvorrichtung 1p beinhaltet eine Anomaliebestimmungseinheit 19a anstelle der Anomaliebestimmungseinheit 19 der in **Fig.** 1 veranschaulichten Anomalieerkennungsvorrichtung 1. Es wird ein Unterscheidungspunkt zwischen der Anomaliebestimmungseinheit 19a und der Anomaliebestimmungseinheit 19 beschrieben. Die Anomaliebestimmungseinheit 19 führt eine Bestimmung auf Grundlage des Anomaliegrads an und des Unbekanntheitsgrads un durch. Im Gegensatz dazu führt die Anomaliebestimmungseinheit 19a eine Bestim-

mung auf Grundlage des Anomaliegrads an ohne Verwendung des Unbekanntheitsgrads un durch.

[0110] Die Anomalieerkennungsvorrichtung 1p ist gleiche wie die Anomalieerkennungsvorrichtung 1 mit Ausnahme des vorstehenden Punkts. **Fig.** 10 ist ein Beispiel für zeitliche Veränderungen des Anomaliegrads an und des Bestimmungsergebnisses jr, die durch die Konfiguration erzeugt werden, bei der die Anomaliebestimmungseinheit 19 in der Anomalieerkennungsvorrichtung 1 gemäß der ersten Ausführungsform weggelassen ist. Mit anderen Worten ist **Fig.** 10 ein Beispiel für zeitliche Veränderungen in dem Anomaliegrad an und des Bestimmungsergebnisses jr, die durch die Anomalieerkennungsvorrichtung 1p erzeugt werden.

[0111] **Fig.** 11 ist ein Beispiel, das sich von dem in **Fig.** 10 unterscheidet, für zeitliche Veränderungen des Anomaliegrads an, des Unbekanntheitsgrads un und des Bestimmungsergebnisses jr, die durch die Konfiguration erzeugt werden, bei der die Anomaliebestimmungseinheit 19 in der Anomalieerkennungsvorrichtung 1 gemäß der vorliegenden Ausführungsform weggelassen ist. Mit anderen Worten ist **Fig.** 11 ein Beispiel für zeitliche Veränderungen in dem Anomaliegrad an und des Bestimmungsergebnisses jr, die durch die Anomalieerkennungsvorrichtung 1p erzeugt werden.

[0112] Das Bestimmungsergebnis jr in den **Fig.** 10 und 11 ist das Bestimmungsergebnis jr, das von der Anomaliebestimmungseinheit 19a der Anomalieerkennungsvorrichtung 1p ausgegeben wird. Im Gegensatz dazu ist **Fig.** 12, die später beschrieben wird, ein Vorgang, bei dem die Anomaliebestimmungseinheit 19 der Anomalieerkennungsvorrichtung 1 eine Anomaliebestimmung unter Verwendung des Unbekanntheitsgrads un durchführt. Die Wirkung der Verwendung des Unbekanntheitsgrads un wird durch Vergleichen der beiden beschrieben.

[0113] In den **Fig.** 10 und 11 geben die horizontalen Achsen die Zeit in Stunden (h) wieder. Die **Fig.** 10(a) und 11(a) sind zeitliche Veränderungen des Anomaliegrads an. In den **Fig.** 10(a) und 11(a) geben die vertikalen Achsen den Anomaliegrad an wieder. Die **Fig.** 10(b) und 11(b) sind zeitliche Veränderungen des Bestimmungsergebnisses jr. In den **Fig.** 10(b) und 11(b) geben die vertikalen Achsen das Bestimmungsergebnis jr wieder. In den **Fig.** 10(a) und 10(b) geben zwei Positionen, die auf den Zeitachsen mit dem gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet sind, die gleiche Zeit wieder. In den **Fig.** 11(a) und 11(b) geben zwei Positionen, die auf den Zeitachsen mit dem gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet sind, die gleiche Zeit wieder.

[0114] In dem Beispiel aus **Fig.** 10 wird der Wert des Anomaliegrads an stündlich von einem Zeitpunkt ta1, bei dem es sich um den Zeitpunkt handelt, zu dem eine Zeit von ta1 seit dem Beginn des Betriebs der Anomalieerkennungsvorrichtung 1p verstrichen ist, bis zu einem Zeitpunkt tg1 aufgetragen. Es wird angenommen, dass das Ausgangszustandslernen an der mechanischen Einrichtung 2 zwischen dem Beginn des Betriebs der Anomalieerkennungsvorrichtung 1p und dem Zeitpunkt ta1 abgeschlossen wurde. Zwischen dem Zeitpunkt ta1 und einem Zeitpunkt td1 beinhaltet der Anomaliegrad an eine gewisse Variation, jedoch sind alle zwischen null und eins aufgetragen, die Eigenschaften von zumeist geringen zeitlichen Veränderungen aufweisen. Zwischen dem Zeitpunkt td1 und dem Zeitpunkt tg1 erhöht sich der Anomaliegrad an allmählich, während die Betriebszeit verstreicht. Dies spiegelt die allmähliche Verschlechterung der mechanischen Einrichtung 2 ab dem Zeitpunkt td1 wider. Zu dem Zeitpunkt te1 überschreitet der Anomaliegrad an zum ersten Mal eins. Ab einem Zeitpunkt tf1 können sämtliche Anomaliegrade an eins überschreiten.

[0115] In dem Beispiel aus **Fig.** 10(a) ist ein Schwellenwert THF1 des Anomaliegrads an, der von der Anomaliebestimmungseinheit 19a beim Berechnen des Bestimmungsergebnisses jr verwendet wird, auf eins eingestellt. Wenn der Wert des Anomaliegrads an den Schwellenwert THF1 überschreitet, bestimmt die Anomaliebestimmungseinheit 19a, dass der Zustand anomal ist. Wenn der Wert des Anomaliegrads an gleich oder kleiner als der Schwellenwert THF1 ist, bestimmt die Anomaliebestimmungseinheit 19a, dass der Zustand normal ist.

[0116] Ferner ist in **Fig.** 10(a) der wahre Anomaliegrad TRUE1 der mechanischen Einrichtung 2 durch eine dicke durchgezogene Linie veranschaulicht. Der wahre Anomaliegrad TRUE1 ist der Anomaliegrad an auf Grundlage der Zustandsgröße sa, aus der die Auswirkungen von Störungen vollständig beseitigt wurden, und ist zur deutlichen Erläuterung der virtuelle Anomaliegrad. Der wahre Anomaliegrad TRUE1 ist der Anomaliegrad an, der erlangt wird, wenn die Zustandsgröße sa zur Erkennung zu jedem Zeitpunkt erlangt wird, wobei die Auswirkungen von Störungen vollständig beseitigt sind, und ferner werden auf Grundlage dieser Zustandsgröße sa die Erkennungszustandsmerkmale dsc und der Anomaliegrad an berechnet. Ein Beispiel für die Störungen ist zum Beispiel eine Veränderung der Betriebsbedingung oc der mechanischen Einrichtung 2 zwischen der Ausgangszustandslernzeit und der Erkennungszeit oder dergleichen. In diesem Fall kann die Störung beseitigt werden, indem die Betriebsbedingung oc auf jene zu der Ausgangszustandslernzeit zurückgesetzt wird, um die Zustandsgröße sa zur Erkennung zu messen. Selbst wenn es tatsächlich schwierig oder unmöglich ist, Störungen zu beseitigen, wird hier der Anomaliegrad an, der berechnet wird, wenn angenommen wird, dass

der wahre Anomaliegrad mit beseitigten Störungen berechnet werden kann, als der wahre Anomaliegrad TRUE1 bezeichnet. Der wahre Anomaliegrad TRUE1 unterscheidet sich von dem Anomaliegrad an, der durch die Anomalieerkennungsvorrichtung 1p geschätzt wird. Der wahre Anomaliegrad TRUE1 wird nicht durch Störungen, wie etwa die Betriebsbedingung oc, beeinflusst. Es kann gesagt werden, dass der ideale Betrieb von typischen Anomalieerkennungsvorrichtungen darin besteht, den wahren Anomaliegrad TRUE1 zu schätzen, um Anomalien zu erkennen. Mit anderen Worten weist, wenn der Anomaliegrad an den Zustand der mechanischen Einrichtung 2 korrekt wiedergibt, der Anomaliegrad an den gleichen Wert wie der wahre Anomaliegrad TRUE1 auf. Es ist ideal, den wahren Anomaliegrad TRUE1 zu erkennen. Der wahre Anomaliegrad TRUE1 kann jedoch in vielen Fällen nicht erkannt werden, da tatsächliche Anomalieerkennungsvorrichtungen von Störungen betroffen sind. In **Fig.** 10 ist der wahre Anomaliegrad TRUE1 zum leichteren Verständnis aufgetragen. Der wahre Anomaliegrad TRUE1 muss nicht unbedingt berechnet werden.

[0117] In **Fig.** 10(b) sind zeitliche Veränderungen des Bestimmungsergebnisses jr durch die Anomalieerkennungsvorrichtung 1p stündlich aufgetragen. Wenn die mechanische Einrichtung 2 normal ist, ist das Bestimmungsergebnis jr null, und wenn die mechanische Einrichtung 2 anomal ist, ist das Bestimmungsergebnis jr eins. Die Form der Ausgabe des Bestimmungsergebnisses jr durch die Anomaliebestimmungseinheit 19a ist nicht auf diese Form beschränkt. Die Form der Ausgabe des Bestimmungsergebnisses jr kann eine sein, welche die Bestimmung, ob der Zustand normal oder anomal ist, aus dem Bestimmungsergebnis jr ermöglicht. Alternativ kann die Form der Ausgabe des Bestimmungsergebnisses jr eine sein, die es ermöglicht, den Anomaliegrad zu kennen.

[0118] Zu Formen der Ausgabe des Bestimmungsergebnisses jr gehören nicht nur die Ausgabe eines Signals, das Informationen zu dem Bestimmungsergebnis jr beinhaltet, die Anzeige (einschließlich der Nicht-Anzeige) des Bestimmungsergebnisses jr an den Bediener, die Ausgabe einer Warnung (z. B. eines Tons wie etwa einer Sirene, einer roten Ampel oder dergleichen) und das Stoppen einer Warnung (einschließlich der Nicht-Ausgabe einer Warnung), sondern auch das Stoppen der mechanischen Einrichtung 2, die Verringerung der Betriebsgeschwindigkeit der mechanischen Einrichtung 2, das Stoppen einer Vorrichtung, die mit der mechanischen Einrichtung 2 verbunden ist, und eine Anweisung zum Aktivieren einer Wartungsvorrichtung der mechanischen Einrichtung 2.

[0119] In dem Beispiel aus **Fig.** 10(b) ist das Bestimmungsergebnis jr von dem Zeitpunkt ta1 bis zu dem Zeitpunkt te1 ein Normalwert, bei dem es sich um einen Wert handelt, der Normalität angibt. Das heißt, der Wert des Bestimmungsergebnisses jr ist null. Zu dem Zeitpunkt te1 verändert sich das Bestimmungsergebnis jr mindestens einmal gegenüber dem Normalwert zu einem anomalen Wert. Von dem Zeitpunkt te1 bis zu dem Zeitpunkt tf1 enthält das Bestimmungsergebnis jr aufgrund von Variationen des Anomaliegrads an sowohl den Normalwert als auch den anomalen Wert.

[0120] gemäß **Fig.** 10(a) beginnt die mechanische Einrichtung 2 bei dem Zeitpunkt td1, sich zu verschlechtern, und schreitet die Verschlechterung ab dem Zeitpunkt td1 allmählich fort. Das Bestimmungsergebnis jr zu und nach dem Zeitpunkt td1, das der anormale Wert ist, entspricht nicht einer Fehlerkennung (fehlerhaften Bestimmung eines normalen Zustands als anormal). Wie vorstehend beschrieben, kann, wenn sich die mechanische Einrichtung 2 in der in **Fig.** 10 veranschaulichten Situation befindet, die Anomalieerkennungsvorrichtung 1p Anomalien erkennen, ohne eine Fehlerkennung zu verursachen. Das heißt, wenn sich die mechanische Einrichtung 2 in der in **Fig.** 10 veranschaulichten Situation befindet, erfolgt keine Fehlerkennung, selbst ohne den Unbekanntheitsgrad un für die Anomalieerkennung zu verwenden. Darüber hinaus kann die Anomalieerkennungsvorrichtung 1p den Anomaliegrad an nahe dem wahren Anomaliegrad TRUE1 ausgeben.

[0121] Es wird **Fig.** 11 beschrieben. Wie vorstehend beschrieben, ist **Fig.** 11 ein Beispiel für Ergebnisse, die durch die Anomalieerkennungsvorrichtung 1p erkannt werden. Der in **Fig.** 11 veranschaulichte Zeitraum und der in **Fig.** 10 veranschaulichte Zeitraum unterscheiden sich voneinander. In dem Beispiel aus **Fig.** 11 beginnt die Verschlechterung der mechanischen Einrichtung 2 bei dem Zeitpunkt td1' und verschlechtert sich die mechanische Einrichtung 2 ab dem Zeitpunkt td1'. Zwischen dem Zeitpunkt tb1' und dem Zeitpunkt tc1' wird die Drehzahl des Motors 20 auf einen Wert verändert, der sich von der Drehzahl des Motors 20 zum Zeitpunkt des Ausgangszustandslernens unterscheidet. In dem Zeitraum zwischen dem Zeitpunkt ta1' und dem Zeitpunkt tg1', mit Ausnahme des Zeitraums von dem Zeitpunkt tb1' bis zu dem Zeitpunkt tc1', ist die Motordrehzahl gleich der Motordrehzahl zum Zeitpunkt des Lernens.

[0122] **Fig.** 11(a) veranschaulicht zeitliche Veränderungen des Anomaliegrads an. **Fig.** 11(b) veranschaulicht zeitliche Veränderungen des Bestimmungsergebnisses jr. Die horizontalen Achsen in den **Fig.** 11(a) und 11(b) geben die Zeit in Stunden (h) wieder. Auf der Zeitachse aus **Fig.** 11(a) und der Zeitachse aus **Fig.** 11(b) sind Zeitpunkte, die durch die gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet sind, die gleichen Zeitpunkte. Das Beispiel aus **Fig.** 11 ver-

anschaulicht Daten von dem Zeitpunkt ta1', bei dem es sich um den Zeitpunkt handelt, zu dem eine Zeit von ta1' seit dem Beginn des Betriebs der Anomalieerkennungsvorrichtung 1p verstrichen ist, bis zu dem Zeitpunkt tg1'. Die Beschreibung erfolgt unter der Annahme, dass die Ausgangszustandslerneinheit 13 das Ausgangszustandslernen vor dem Zeitpunkt ta1' abgeschlossen hat.

[0123] In **Fig.** 11(a) gibt die vertikale Achse den Anomaliegrad an wieder und sind Datenpunkte des Anomaliegrads an stündlich aufgetragen. Zwischen dem Zeitpunkt ta1' und dem Zeitpunkt tb1' sowie zwischen dem Zeitpunkt tc1' und dem Zeitpunkt td1' beinhaltet der Anomaliegrad an eine gewisse Variation, jedoch sind alle im Bereich von null bis eins aufgetragen, sodass sie Eigenschaften von zumeist geringen zeitlichen Veränderungen aufweisen.

[0124] Zwischen dem Zeitpunkt td1' und dem Zeitpunkt tg1' beinhaltet der Anomaliegrad an eine gewisse Variation, weist jedoch die Eigenschaften auf, dass er sich mit Verstreichen der Betriebszeit allmählich erhöht. Es wird der Unterschied zwischen **Fig.** 10(a) und **Fig.** 11(a) beschrieben. In **Fig.** 11(a) überschreitet der Anomaliegrad an eins zwischen dem Zeitpunkt tb1' und dem Zeitpunkt tc1'. Im Gegensatz dazu wird in **Fig.** 10(a) der Anomaliegrad an zwischen dem Zeitpunkt ta1 und dem Zeitpunkt td1 bei Werten gehalten, die niedriger als eins sind. Die Erhöhung des Anomaliegrads an zwischen dem Zeitpunkt tb1' und dem Zeitpunkt tc1' in **Fig.** 11(a) ist nicht auf die Verschlechterung der mechanischen Einrichtung 2 zurückzuführen. Diese Erhöhung des Anomaliegrads ist auf eine Veränderung der Betriebsbedingung zwischen dem Zeitpunkt tb1' und dem Zeitpunkt tc1' gegenüber jener zum Zeitpunkt des Ausgangslernens, d. h. eine Veränderung der Betriebsbedingung oc, zurückzuführen.

[0125] Wie in **Fig.** 11(a) veranschaulicht, wird ein Schwellenwert THF1' für den Anomaliegrad an auf eins eingestellt. Der Schwellenwert THF1' wird anhand der Verteilung des Anomaliegrads an bestimmt, wenn die mechanische Einrichtung 2 normal ist. Ferner ist in **Fig.** 11(a) der wahre Anomaliegrad TRUE1' der mechanischen Einrichtung 2 durch eine dicke durchgezogene Linie veranschaulicht. Die Beschreibung des wahren Anomaliegrads TRUE1' aus **Fig.** 11 ist gleich der Beschreibung des wahren Anomaliegrads TRUE1, die in der Beschreibung aus **Fig.** 10 beschrieben ist, und wird daher weggelassen.

[0126] In **Fig.** 11(b) ist das Bestimmungsergebnis jr auf der vertikalen Achse aufgetragen. Das Bestimmungsergebnis jr in **Fig.** 11(b) ist mit stündlich erlangten Datenpunkten veranschaulicht, die durch eine Linie verbunden sind. In **Fig.** 11(b) ist als ein Beispiel für die Form des Bestimmungsergebnisses jr, wenn die mechanische Einrichtung 2 normal ist, der Wert des Bestimmungsergebnisses jr als null aufgetragen, und ist der Wert des Bestimmungsergebnisses jr, wenn die mechanische Einrichtung 2 anomal ist, als eins aufgetragen.

[0127] Die Anomaliebestimmungseinheit 19a vergleicht den Anomaliegrad an in **Fig.** 10(a) mit dem Schwellenwert THF1'. Wenn der Anomaliegrad an kleiner oder gleich dem Schwellenwert THF1' ist, bestimmt die Anomaliebestimmungseinheit 19a, dass der Zustand der mechanischen Einrichtung 2 normal ist, und stellt das Bestimmungsergebnis jr auf null ein. Wenn im Gegensatz dazu der Anomaliegrad an den Schwellenwert THF1' überschreitet, geht die Anomaliebestimmungseinheit 19a davon aus, dass der Zustand der mechanischen Einrichtung 2 anormal ist und stellt das Bestimmungsergebnis jr auf eins ein. Hierbei bedeutet, dass der Anomaliegrad an kleiner oder gleich dem Schwellenwert THF1' ist, dass der Wert des Anomaliegrads an kleiner als der Schwellenwert THF1' ist oder der Wert des Anomaliegrads an gleich dem Schwellenwert THF1' ist.

[0128] Wie in **Fig.** 11(b) veranschaulicht, gibt die Anomaliebestimmungseinheit 19a null als einen Wert aus, der Normalität als das Bestimmungsergebnis jr in zwei Zeiträumen zwischen dem Zeitpunkt ta1' und dem Zeitpunkt tb1' und dem zwischen Zeitpunkt tc1' und dem Zeitpunkt te1' angibt. Da der Anomaliegrad an eins zwischen dem Zeitpunkt tb1' und dem Zeitpunkt tc1' überschreitet, gibt die Anomaliebestimmungseinheit 19a einen Wert von eins, der eine Anomalie angibt, als das Bestimmungsergebnis jr aus.

[0129] Wie durch Vergleichen der **Fig.** 10 und 11 beschrieben, wird in dem Beispiel aus **Fig.** 10 die Betriebsbedingung oc zum Zeitpunkt der Erkennung gleich der zum Zeitpunkt des Ausgangslernens gehalten. Im Gegensatz dazu wird in dem Beispiel aus **Fig.** 11 die Betriebsbedingung oc gegenüber jener zum Zeitpunkt des Ausgangszustandslernens in einem Teilzeitraum der Erkennungszeit verändert. In dem Beispiel aus **Fig.** 10 erfolgt keine Fehlerkennung in den Erkennungsergebnissen durch die Anomalieerkennungsvorrichtung 1p. Im Gegensatz dazu ist in dem Beispiel aus **Fig.** 11 aufgrund der Veränderung der Betriebsbedingung oc gegenüber jener zum Zeitpunkt des Ausgangslernens eine Fehlerkennung in den Erkennungsergebnissen durch die Anomalieerkennungsvorrichtung 1p aufgetreten. Hierbei wird ein Ereignis, bei dem ein fehlerhaftes Bestimmungsergebnis ausgegeben wird, dass die mechanische Einrichtung 2 anomal ist, wenn die mechanische Einrichtung 2 normal ist, als Fehlerkennung bezeichnet.

[0130] Gemäß dem Vergleich der **Fig.** 10 und 11 kann, wenn die Erkennungszeit einen Zeitraum bein-

haltet, in dem die Betriebsbedingung oc zwischen dem Zeitpunkt des Ausgangszustandslernens und dem Zeitpunkt der Erkennung unterschiedlich ist, eine Fehlerkennung in der Anomalieerkennungsvorrichtung 1p auftreten, die das Bestimmungsergebnis jr ohne Verwendung des Unbekanntheitsgrads un ausgibt.

[0131] Unter Bezugnahme auf **Fig.** 12 wird der Betrieb der Anomaliebestimmungseinheit 19 der Anomalieerkennungsvorrichtung 1 in der vorliegenden Ausführungsform beschrieben. **Fig.** 12 ist ein Diagramm, das zeitliche Veränderungen des Anomaliegrads an, des Unbekanntheitsgrads un und des Bestimmungsergebnisses jr veranschaulicht, die durch die Anomalieerkennungsvorrichtung 1 gemäß der vorliegenden Ausführungsform erzeugt werden. **Fig.** 12 veranschaulicht die zeitlichen Veränderungen, wenn sich die mechanische Einrichtung 2 ab dem Zeitpunkt td1" allmählich verschlechtert. Zwischen dem Zeitpunkt tb1" und dem Zeitpunkt tc1" in **Fig.** 12 wird die Drehzahl des Motors 20 auf eine Einstellung verändert, die sich von jener zum Zeitpunkt des Ausgangslernens unterscheidet. Zwischen dem Zeitpunkt ta1" und dem Zeitpunkt tb1" und zwischen dem Zeitpunkt tc1" und dem Zeitpunkt tg1" in **Fig.** 12 ist die Drehzahl des Motors 20 gleich der zum Zeitpunkt des Ausgangslernens eingestellt.

[0132] **Fig.** 12(a) veranschaulicht zeitliche Veränderungen des Anomaliegrads an. **Fig.** 12(b) veranschaulicht zeitliche Veränderungen des Unbekanntheitsgrads un. **Fig.** 12(c) veranschaulicht zeitliche Veränderungen des Bestimmungsergebnisses jr. In den **Fig.** 12(a), 12(b) und 12(c) geben die horizontalen Achsen die Zeit in Stunden (h) wieder. Von den Zeitpunkten auf den Zeitachsen in den **Fig.** 12(a), 12 (b) und 12(c) geben Zeitpunkte, die mit den gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet sind, die gleichen Zeitpunkte an. Das Beispiel aus **Fig.** 12 veranschaulicht Daten von dem Zeitpunkt ta1', bei dem es sich um den Zeitpunkt handelt, zu dem eine Zeit von ta1' seit dem Beginn des Betriebs der Anomalieerkennungsvorrichtung 1 verstrichen ist, bis zu dem Zeitpunkt tg1'. Es wird angenommen, dass das Ausgangslernen, d. h. das Ausgangszustandslernen und das Ausgangsbedingungslernen an der mechanischen Einrichtung 2, vor dem Zeitpunkt ta1" abgeschlossen wurde.

[0133] Für den Anomaliegrad an in **Fig.** 12(a) sind Datenpunkte stündlich aufgetragen. Zwischen dem Zeitpunkt ta1" und dem Zeitpunkt tb1" und zwischen dem Zeitpunkt tc1" und dem Zeitpunkt td1" in **Fig.** 12 (a) beinhaltet der Wert des Anomaliegrads an eine gewisse Variation, jedoch sind alle in dem Bereich zwischen null und eins aufgetragen und sind die Veränderungen des Werts gering. Zwischen dem Zeitpunkt td1" und dem Zeitpunkt tg1" erhöht sich der Anomaliegrad an mit dem Verstreichen der Zeit.

[0134] In **Fig.** 12(a) überschreitet der Anomaliegrad an eins zwischen dem Zeitpunkt tb1" und dem Zeitpunkt tcl". Die Erhöhung des Anomaliegrads an in diesem Zeitraum ähnelt der Beschreibung des Anomaliegrads zwischen dem Zeitpunkt tb1' und dem Zeitpunkt tc1' in **Fig.** 11(a). Das heißt, die Erhöhung des Anomaliegrads an zwischen dem Zeitpunkt tb1" und dem Zeitpunkt tc1" in **Fig.** 12(a) ist keine Erhöhung des Anomaliegrads an aufgrund des Auftretens einer Verschlechterung der mechanischen Einrichtung 2, sondern ist auf eine Veränderung der Betriebsbedingung, mit anderen Worten der Betriebsbedingung oc, zurückzuführen. Das heißt, die Erhöhung des Anomaliegrads an ist auf eine Veränderung der Drehzahl des Motors 20 gegenüber jener zum Zeitpunkt des Ausgangslernens zwischen dem Zeitpunkt tb1" und dem Zeitpunkt tc1" in **Fig.** 12, ebenso wie zwischen dem Zeitpunkt tb1' und dem Zeitpunkt tc1' in **Fig.** 11, zurückzuführen.

[0135] In **Fig.** 12 erfährt die mechanische Einrichtung 2 zwischen dem Zeitpunkt tb1" und dem Zeitpunkt tc1" keine Verschlechterung. Somit unterscheiden sich die Eigenschaften der Zustandsmerkmale sc, die zwischen dem Zeitpunkt tb1" und dem Zeitpunkt tc1" erlangt werden, von den Eigenschaften der Zustandsmerkmale sc zum Zeitpunkt des Ausgangszustandslernens, obwohl sich die mechanische Einrichtung 2 nicht in einem anomalen Zustand befindet. Aufgrund der Veränderung der Zustandsmerkmale sc gegenüber denen zum Zeitpunkt des Ausgangslernens weist der Anomaliegrad an, der in **Fig.** 11(a) veranschaulicht ist, große Werte auf, die THF1" überschreiten.

[0136] Der Anomaliegrad an in **Fig.** 12 wird zu einem Wert, der eins zu dem Zeitpunkt te1" überschreitet, und alle Anomaliegrade überschreiten eins nach dem Zeitpunkt tf1" . Wie in **Fig.** 12(a) veranschaulicht, wird ein Schwellenwert THF1" für den Anomaliegrad an auf eins eingestellt. Der Schwellenwert THF1" kann anhand der Verteilung des Anomaliegrads an oder dergleichen bestimmt werden, wenn die mechanische Einrichtung 2 normal ist. Weiterhin veranschaulicht **Fig.** 12(a) durch eine dicke durchgezogene Linie den wahren Anomaliegrad TRUE1" der mechanischen Einrichtung 2, der anders als der durch die Anomalieerkennungsvorrichtung 1 ausgegebene Anomaliegrad an nicht durch Störungen, wie etwa die Betriebsbedingung oc, beeinflusst wird. Die Beschreibung des wahren Anomaliegrads TRUE1" ähnelt der Beschreibung des wahren Anomaliegrads TRUE1 in **Fig.** 10.

[0137] Die vertikale Achse in **Fig.** 12(b) ist der Unbekanntheitsgrad un, der durch die Unbekanntheitsgradberechnungseinheit 18 berechnet wird. In **Fig.** 12(b) sind zwischen dem Zeitpunkt ta1" und dem Zeitpunkt tb1" und zwischen dem Zeitpunkt tc1" und dem Zeitpunkt tg1" alle Unbekanntheits-

grade un zwischen null und eins aufgetragen. Im Gegensatz dazu sind zwischen dem Zeitpunkt tb1" und dem Zeitpunkt tc1" alle Unbekanntheitsgrade un zwischen eins und zwei aufgetragen. Wie in **Fig.** 12(b) veranschaulicht, wird ein Schwellenwert THU1" für den Unbekanntheitsgrad un auf eins eingestellt.

[0138] Der Schwellenwert THU1" kann anhand der Verteilung des Unbekanntheitsgrads un oder dergleichen bestimmt werden, wenn das Ausgangsbedingungslernen durchgeführt wird. Durch Bestimmen des Schwellenwerts THU1" anhand der Verteilung des Unbekanntheitsgrads un zum Zeitpunkt des Ausführens des Ausgangsbedingungslernens kann anhand des Unbekanntheitsgrads un bestimmt werden, ob der Anomaliegrad an den Zustand der mechanischen Einrichtung 2 genau wiedergibt oder nicht. Wenn zum Beispiel die Diskrepanz zwischen dem Unbekanntheitsgrad un, der in der Erkennungszeit berechnet wird, und der Verteilung des Unbekanntheitsgrads un zum Zeitpunkt des Ausgangsbedingungslernens groß ist, kann die Anomaliebestimmungseinheit 19 anhand des Unbekanntheitsgrads un bestimmen, dass der Anomaliegrad an den Zustand der mechanischen Einrichtung 2 nicht genau wiedergibt. Wenn zum Beispiel die Diskrepanz zwischen dem berechneten Unbekanntheitsgrad un und der Verteilung des Unbekanntheitsgrads un zum Zeitpunkt des Ausgangsbedingungslernens gering ist, kann die Anomaliebestimmungseinheit 19 anhand des Unbekanntheitsgrads un bestimmen, dass der Anomaliegrad an den Zustand der mechanischen Einrichtung 2 genau wiedergibt.

[0139] Die vertikale Achse in **Fig.** 12(c) gibt das Bestimmungsergebnis jr des Vorhandenseins oder Nichtvorhandenseins einer Anomalie in der mechanischen Einrichtung 2 an, die durch die Anomaliebestimmungseinheit 19 bestimmt wird. In dem Beispiel aus **Fig.** 12(c) ist das Bestimmungsergebnis jr mit stündlich berechneten Datenpunkten aufgetragen, die durch eine Linie verbunden sind. Als ein Beispiel für die Form der Ausgabe des Bestimmungsergebnisses jr wird das Bestimmungsergebnis jr auf null eingestellt, wenn der Zustand der mechanischen Einrichtung 2 normal ist, und wird das Bestimmungsergebnis jr auf eins eingestellt, wenn der Zustand der mechanischen Einrichtung 2 anomal ist. Die Form der Ausgabe des Bestimmungsergebnisses jr in der vorliegenden Ausführungsform ist nicht auf diese Form beschränkt.

[0140] Die Anomaliebestimmungseinheit 19 vergleicht den Anomaliegrad an, der in **Fig.** 12(a) veranschaulicht ist, mit dem Schwellenwert THF1". Ferner vergleicht die Anomaliebestimmungseinheit 19 den in **Fig.** 11(b) veranschaulichten Unbekanntheitsgrad un mit dem Schwellenwert THU1". Wenn der Anomaliegrad an den Schwellenwert THF1" überschreitet und der Unbekanntheitsgrad un kleiner oder gleich dem Schwellenwert THU1" ist, sieht die Anomaliebestimmungseinheit 19 den Zustand der mechanischen Einrichtung 2 als anormal an und stellt das Bestimmungsergebnis jr auf eins ein.

[0141] In einem anderen als dem vorstehenden Fall sieht die Anomaliebestimmungseinheit 19 den Zustand der mechanischen Einrichtung 2 als normal an und stellt das Bestimmungsergebnis jr auf null ein. Hierbei handelt es sich bei dem anderen Fall als dem vorstehenden um mindestens einen von einem ersten Fall oder einem zweiten Fall, die nachstehend beschrieben sind. Der erste Fall ist ein Fall, in dem der Anomaliegrad an kleiner oder gleich dem Schwellenwert THF1" ist. Der zweite Zustand ist ein Fall, in dem der Unbekanntheitsgrad un den Schwellenwert THU1" überschreitet.

[0142] Die Anomaliebestimmungseinheit 19 verwendet den Unbekanntheitsgrad un beim Ausgeben des Bestimmungsergebnisses jr. Wie in **Fig.** 12(c) veranschaulicht, gibt die Anomaliebestimmungseinheit 19 einen Wert von null, der Normalität angibt, als das Bestimmungsergebnis jr zwischen dem Zeitpunkt ta1" und dem Zeitpunkt te1" aus. In der Anomalieerkennungsvorrichtung 1 ist keine Fehlerkennung aufgetreten. Im Gegensatz dazu verwendet die in **Fig.** 11 beschriebene Anomaliebestimmungseinheit 19a nicht den Unbekanntheitsgrad un. Wie in **Fig.** 11(b) veranschaulicht, erzeugt die Anomaliebestimmungseinheit 19a einen Wert von eins, der Anomalie angibt, als das Bestimmungsergebnis jr zwischen dem Zeitpunkt tb1' und dem Zeitpunkt tc1'. In der Anomalieerkennungsvorrichtung 1a ist eine Fehlerkennung aufgetreten. Somit kann die Anomalieerkennungsvorrichtung 1 der vorliegenden Ausführungsform gemäß der Beschreibung, bei der **Fig.** 12 und **Fig.** 11 verglichen werden, eine Anomalieerkennung mit weniger Fehlerkennung unter Verwendung des Unbekanntheitsgrads un durchführen.

[0143] Anstelle der Konfiguration der Anomaliebestimmungseinheit 19, welche die jeweiligen Schwellenwerte für den Anomaliegrad an und den Unbekanntheitsgrad un einstellt, wie vorstehend beschrieben, kann die Anomalieerkennungsvorrichtung 1 mit geringerem Auftreten von Fehlerkennung dazu konfiguriert sein, eine Differenz der Betriebsbedingung oc in der Ausgabe des Bestimmungsergebnisses jr unter Verwendung eines Werts, welcher der Verarbeitung zum Dividieren des Anomaliegrads an durch den Unbekanntheitsgrad un unterzogen wurde (eines Werts, der durch Dividieren des Anomaliegrads an durch den Unbekanntheitsgrad un, d. h. an/un, erlangt wird), widerzuspiegeln. Beispielsweise wird ein Schwellenwert für einen Wert bereitgestellt, der durch Dividieren des Anomaliegrads an durch den Unbekanntheitsgrad un erlangt wird. Wenn die-

ser Wert den Schwellenwert überschreitet, wird bestimmt, dass der Zustand anomal ist. Wenn der Wert, der durch Dividieren des Anomaliegrads an durch den Unbekanntheitsgrad un erlangt wird, kleiner oder gleich dem Schwellenwert ist, wird bestimmt, dass der Zustand normal ist.

[0144] Fig. 13 ist eine Darstellung, die ein Beispiel für einen Betriebsablauf der Anomaliebestimmungseinheit 19 gemäß der vorliegenden Ausführungsform veranschaulicht. In Schritt S101 erlangt die Anomaliebestimmungseinheit 19 einen Satz aus dem Anomaliegrad an, der durch die Anomaliegradberechnungseinheit 14 berechnet wird, und dem Unbekanntheitsgrad un, der durch die Unbekanntheitsgradberechnungseinheit 18 berechnet wird. Der Anomaliegrad an und der Unbekanntheitsgrad un in dem Satz entsprechen einander wünschenswerterweise. Mit anderen Worten basieren der Anomaliegrad an und der Unbekanntheitsgrad un wünschenswerterweise auf Informationen, die während derselben Erkennungszeit erlangt werden. Das heißt, das Erkennungszustandssignal dss, das verwendet wird, um den Anomaliegrad an zu erzeugen, und das Erkennungsbedingungssignal dcs, das verwendet wird, um den Unbekanntheitsgrad zu erzeugen, sind wünschenswerterweise jene, die in derselben Erkennungszeit erlangt werden. Beispielsweise wird, wenn der Unbekanntheitsgrad un unter Verwendung der Befehlsdrehzahl ds zum Betreiben des Motors 20 als das Erkennungsbedingungssignal dcs berechnet wird, der Anomaliegrad an unter Verwendung des Drehmoments, wenn der Motor 20 durch die Befehlsdrehzahl ds betrieben wird, als das Erkennungszustandssignal dss bestimmt. Somit ist es wünschenswert, dass der Anomaliegrad an und der Unbekanntheitsgrad un einander entsprechen.

[0145] Wenn das Erkennungsbedingungssignal dcs, das verwendet wird, um den Unbekanntheitsgrad un zu erzeugen, und das Erkennungszustandssignal dss, das verwendet wird, um den Anomaliegrad an zu erzeugen, einander entsprechen, kann die Anomalieerkennung mit hoher Genauigkeit durchgeführt werden. Darüber hinaus kann die Anomalieerkennung mit weniger Auftreten von Fehlerkennung, Übersehen und dergleichen durchgeführt werden.

[0146] Als Nächstes geht die Anomaliebestimmungseinheit 19 in Schritt S102, wenn der Anomaliegrad an den Schwellenwert THF1" überschreitet und der Unbekanntheitsgrad un kleiner oder gleich dem Schwellenwert THU1" ist, zu Schritt S103 über. Andernfalls geht die Anomaliebestimmungseinheit 19 zu Schritt S104 über. Hierbei ist ein Fall, in dem der Unbekanntheitsgrad un kleiner oder gleich dem Schwellenwert THU1" ist, entweder ein Fall, in dem der Unbekanntheitsgrad un gleich dem Schwellenwert THU1" ist, oder ein Fall, in dem der Unbekanntheitsgrad un kleiner als der Schwellenwert THU1" ist. Schritt S102 ist ein Schritt, in dem die Anomaliebestimmungseinheit 19 bestimmt, ob der Zustand anomal oder normal ist.

[0147] In Schritt S103 gibt die Anomaliebestimmungseinheit 19 ein Bestimmungsergebnis, das angibt, dass eine Anomalie in der mechanischen Einrichtung 2 aufgetreten ist, als das Bestimmungsergebnis jr aus. In Schritt S104 gibt die Anomaliebestimmungseinheit 19 ein Bestimmungsergebnis, das angibt, dass die mechanische Einrichtung 2 normal ist, als das Bestimmungsergebnis jr aus. Die Schritte S103 und S104 können nach Bedarf den Vorgang des Benachrichtigens eines Benutzers über das Bestimmungsergebnis jr über eine Schnittstelle oder dergleichen beinhalten. Das Vorstehende ist die Beschreibung des Betriebsablaufs in **Fig.** 12.

[0148] Fig. 14 ist ein Blockdiagramm, das ein Beispiel für eine Konfiguration eines mechanischen Systems 100x gemäß der vorliegenden Ausführungsform veranschaulicht. Eine Variation der vorliegenden Ausführungsform wird unter Bezugnahme auf **Fig.** 14 veranschaulicht. Im Folgenden wird hauptsächlich ein Unterscheidungspunkt gegenüber der Anomalieerkennungsvorrichtung 1 beschrieben. Das mechanische System 100x beinhaltet eine Anomalieerkennungsvorrichtung 1x. Die Anomalieerkennungsvorrichtung 1x unterscheidet sich von der Anomalieerkennungsvorrichtung 1 dadurch, dass die Anomalieerkennungsvorrichtung 1x beim Überwachen einer Vielzahl von mechanischen Einrichtungen 2-1 bis 2-n die gleichen Lernmodelle verwendet. Wenn die Vielzahl von mechanischen Einrichtungen 2-1 bis 2-n im Wesentlichen die gleichen Eigenschaften aufweisen, werden die Wirkungen der Anomalieerkennungsvorrichtung 1x der vorliegenden Ausführungsform, die unter Bezugnahme auf **Fig.** 14 beschrieben ist, stärker sichtbar.

[0149] Ein Beispiel für die gleichen vorstehend beschriebenen Merkmale ist ein Fall, in dem zum Beispiel die mechanischen Einrichtungen 2-1 bis 2-n mit den gleichen Spezifikationen hergestellt werden und unter unterschiedlichen Betriebsbedingungen oc betrieben werden. Ein anderes Beispiel ist ein Fall, in dem üblicherweise ein Motor zum Antreiben der mechanischen Einrichtungen 2-1 bis 2-n verwendet wird, hauptsächlich Anomalien aufgrund der Bewegung des Motors erkannt werden und sich die Betriebsbedingungen oc und die Zustandsgrößen sa auf den Motor oder Objekte beziehen, die durch den Motor anzutreiben sind. Die Anomalieerkennungsvorrichtung 1x erlangt ein Zustandssignal ss-k von einer mechanischen Einrichtung 2-k (k ist eine ganze Zahl zwischen 1 und n). Die Anomalieerkennungsvorrichtung 1x erlangt eine Betriebsbedingung oc-k von einer Steuervorrichtung 3-k.

[0150] Eine Ausgangszustandslerneinheit 13x gibt Ausgangszustandslernergebnisse slr-1 auf Grundlage von Ausgangszustandsmerkmalen lsc-1 aus. Dann gibt eine Anomaliegradberechnungseinheit 14x den Anomaliegrad an-k auf der mechanischen Einrichtung 2-k auf Grundlage der Ausgangszustandslernergebnisse slr-1 und der Erkennungszustandsmerkmale dsc-k aus.

[0151] Eine Ausgangsbedingungslerneinheit 17x gibt Ausgangsbedingungslernergebnisse clr-1 auf Grundlage von Ausgangslernbedingungsmerkmalen lcc-1 aus. Dann gibt eine Unbekanntheitsgradberechnungseinheit 18x den Unbekanntheitsgrad un-k auf der mechanischen Einrichtung 2-k auf Grundlage der Ausgangsbedingungslernergebnisse clr-1 und der Erkennungsbedingungsmerkmale dcc-k aus.

[0152] Die Anomaliebestimmungseinheit 19 gibt ein Bestimmungsergebnis jr-k auf der mechanischen Einrichtung 2-k auf Grundlage des Anomaliegrads an-k und des Unbekanntheitsgrads un-k aus. Da die Anomalieerkennungsvorrichtung 1x die gleichen Lernmodelle für die mechanische Einrichtung 2-k (k=1 bis n) verwendet, kann die Berechnungslast im Vergleich zu jener verringert werden, wenn Berechnungsmodelle für jede mechanische Einrichtung 2-k (k=1 bis n) vorbereitet werden. Weiterhin kann eine große Anzahl von Datenelementen zum Zeitpunkt des Ausgangszustandserlernens parallel vorbereitet werden. Das Vorstehende ist die Beschreibung der in **Fig.** 14 veranschaulichten Variation der vorliegenden Ausführungsform.

[0153] Es wird eine Variation der in **Fig.** 1 veranschaulichten Anomalieerkennungsvorrichtung 1 der vorliegenden Ausführungsform beschrieben. In dem Ablaufdiagramm aus **Fig.** 13 werden der Anomaliegrad an und der Unbekanntheitsgrad un jeweils mit einem Schwellenwert bereitgestellt. Stattdessen können die Werte des Anomaliegrads an und des Unbekanntheitsgrads un mit einer Vielzahl von Schwellenwerten bereitgestellt werden, die in eine Vielzahl von Bereichen zu unterteilen sind. Eine Bestimmung, ob der Zustand anomal oder normal ist, kann auf Grundlage einer Kombination aus einem Bereich, in den der Anomaliegrad an eingeschlossen ist, und einem Bereich, in den der Unbekanntheitsgrad un eingeschlossen ist, erfolgen.

[0154] In dem Ablaufdiagramm aus **Fig.** 13 wird eine von zwei Arten, Anomalie und Normalität, als das Bestimmungsergebnis jr ausgegeben, jedoch kann die Anomaliebestimmungseinheit 19 dazu konfiguriert sein, drei oder mehr Arten von Bestimmungsergebnissen jr gemäß dem Anomaliegrad an und dem Unbekanntheitsgrad un auszugeben. Beispielsweise kann die Anomaliebestimmungseinheit 19 dazu konfiguriert sein, das Bestimmungsergebnis jr in vier Stufen, schwere Anomalie, leichte Anomalie, ferner Normalität, die eine leichte Beobachtung erfordert, und Normalität, die keine Beobachtung erfordert, zu bestimmen. Dabei kann die Anomaliebestimmungseinheit 19 dazu konfiguriert sein, eine Vielzahl von Schwellenwerten für den Anomaliegrad an oder den Unbekanntheitsgrad un bereitzustellen, wie vorstehend beschrieben. In dem Ablaufdiagramm aus **Fig.** 13 wird die Anomalieerkennung unter Verwendung eines Satzes aus dem Anomaliegrad an und dem Unbekanntheitsgrad un durchgeführt, jedoch kann eine Vielzahl von Sätzen aus dem Anomaliegrad an und dem Unbekanntheitsgrad un berechnet werden und kann ein Bestimmungsergebnis davon, ob der Zustand anomal oder normal ist, zu jedem Satz ausgegeben werden. Hierbei können je nach den Sätzen unterschiedliche Anomaliegrade an verwendet werden oder kann der gleiche Anomaliegrad an verwendet werden. Ferner können je nach den Sätzen unterschiedliche Unbekanntheitsgrade un verwendet werden oder kann der gleiche Unbekanntheitsgrad un verwendet werden. Es ist zu beachten, dass die oben beschriebenen Abwandlungen in Kombination miteinander durchgeführt werden können.

[0155] Die Steuervorrichtung aus Patentliteratur 1 drückt die Lastbedingungen unter Verwendung eines einzelnen Zahlenwerts quantitativ, mit anderen Worten unter Verwendung eines einzelnen Skalarwerts, aus. In der Steuervorrichtung aus Patentliteratur 1 ist, wenn die Lastbedingungen eines einzelnen Zahlenwerts keinen Ausdruck bereitstellen können, der Wert des zweiten Schwellenwerts ungenau und tritt bei dem Bestimmungsergebnis wahrscheinlich Fehleerkennung, Übersehen oder dergleichen auf. Zu Beispielen für einen Fall, in dem eine Veränderung des Zustands der mechanischen Einrichtung nicht durch die Lastbedingungen ausgedrückt werden kann, gehören ein Fall, in dem sich der Zustand der mechanischen Ausrüstung mit der Zeit kompliziert verändert, und ein Fall, in dem sich die äußere Umgebung verändert, während die Lastbedingungen der mechanischen Ausrüstung gleich sind. Die Anomalieerkennungsvorrichtung 1 der vorliegenden Ausführungsform führt ein Bedingungslernen unter Verwendung eines Zeitreihensignals durch. Daher kann, selbst wenn zwischen dem Zeitpunkt des Erzeugens eines Lernmodells und dem Zeitpunkt der Bewertung (Erkennung) eine komplizierte Veränderung auftritt, die Bestimmung genau durchgeführt werden.

[0156] Ein Beispiel für die in der vorliegenden Ausführungsform beschriebene Anomalieerkennungsvorrichtung 1 beinhaltet die Zustandssignalerzeugungseinheit 11, die Bedingungssignalerzeugungseinheit 15, die Zustandsmerkmalserzeugungseinheit 12, die Bedingungsmerkmalserzeugungseinheit 16, die Ausgangszustandslerneinheit 13, die Ausgangsbedin-

gungslerneinheit 17, die Anomaliegradberechnungseinheit 14 und die Unbekanntheitsgradberechnungseinheit 18.

[0157] Die Zustandssignalerzeugungseinheit 11 erzeugt das Zustandssignal ss durch Erkennen des Zustands der mechanischen Einrichtung 2 als Zeitreihe. Die Bedingungssignalerzeugungseinheit 15 erzeugt das Bedingungssignal cs durch Erkennen der Betriebsbedingung, die den Betriebsstatus der mechanischen Einrichtung 2 als Zeitreihe angibt. Die Zustandsmerkmalserzeugungseinheit 12 erzeugt die Zustandsmerkmale sc auf Grundlage des Zustandssignals ss. Die Bedingungsmerkmalserzeugungseinheit 16 erzeugt die Bedingungsmerkmale cc auf Grundlage des Bedingungssignals cs. Die Ausgangszustandslerneinheit 13 gibt die Lernergebnisse auf Grundlage der Ausgangszustandsmerkmale lsc, bei denen es sich um die Zustandsmerkmale sc zum Zeitpunkt des Ausgangszustandslernens handelt, als die Ausgangszustandslernergebnisse slr aus.

[0158] Die Ausgangsbedingungslerneinheit 17 gibt die Lernergebnisse auf Grundlage der Ausgangslernbedingungsmerkmale lcc, bei denen es sich um die Bedingungsmerkmale cc zum Zeitpunkt des Ausgangsbedingungslernens handelt, als die Ausgangsbedingungslernergebnisse clr aus. Die Anomaliegradberechnungseinheit 14 erlangt die Ausgangszustandslernergebnisse slr oder die Zusatzzustandslernergebnisse aslr als die Zustandslernergebnisse aus und berechnet den Anomaliegrad an auf Grundlage der Zustandslernergebnisse und der Erkennungszustandsmerkmale dsc, wobei es sich um die Zustandsmerkmale sc zum Zeitpunkt der Erkennung handelt. Die Unbekanntheitsgradberechnungseinheit 18 erlangt die Ausgangsbedingungslernergebnisse clr oder die Zusatzbedingungslernergebnisse aclr als die Bedingungslernergebnisse und berechnet den Unbekanntheitsgrad un auf Grundlage der Bedingungslernergebnisse und der Erkennungsbedingungsmerkmale dcc, bei denen es sich um die Bedingungsmerkmale cc zum Zeitpunkt der Erkennung handelt. Hierbei ist es wünschenswert, dass der Zeitpunkt der Erkennung der Bedingungsmerkmale cc gleich dem Zeitpunkt der Erkennung der Zustandsmerkmale sc ist.

[0159] Die Anomalieerkennungsvorrichtung 1 der vorliegenden Ausführungsform kann die Anomaliebestimmungseinheit 19 beinhalten. Die Anomaliebestimmungseinheit 19 erkennt Anomalien in der mechanischen Einrichtung 2 auf Grundlage des Anomaliegrads an und des Unbekanntheitsgrads un. Die Anomaliebestimmungseinheit 19 bestimmt, dass der Zustand der mechanischen Einrichtung 2 anomal ist, wenn der Anomaliegrad an größer als der vorbestimmte erste Schwellenwert ist und der Unbekanntheitsgrad un kleiner als der vorbestimmte zweite Schwellenwert ist. Die Anomaliebestimmungseinheit 19 kann bestimmen, dass der Zustand der mechanischen Einrichtung 2 normal ist, wenn der Anomaliegrad an kleiner oder gleich dem ersten Schwellenwert ist oder der Unbekanntheitsgrad un größer oder gleich dem zweiten Schwellenwert ist.

[0160] Die Bedingungsmerkmalserzeugungseinheit 16 kann eine Vielzahl von Statistiken erzeugen, die aus dem Bedingungssignal cs zu einer Vielzahl von Zeitpunkten als die Bedingungsmerkmale cc berechnet werden. Die Bedingungsmerkmalserzeugungseinheit 16 kann Frequenzeigenschaften des Zeitreihenbedingungssignals cs durch Frequenzanalyse als die Bedingungsmerkmale cc erzeugen. Die mechanische Einrichtung 2 kann zum Betrieb durch den Motor 20 angetrieben werden. Die Betriebsbedingung oc kann ein Steuersignal sein, das die Form der Zeitreaktion von mindestens einem von der Position des Motors 20, der Drehzahl des Motors 20, der Beschleunigung des Motors 20, dem Ruck des Motors 20 und der Antriebskraft des Motors 20 definiert.

[0161] Ein Beispiel für das in der vorliegenden Ausführungsform beschriebene mechanische System beinhaltet die mechanische Einrichtung 2, die Zustandssignalerzeugungseinheit 11, Bedingungssignalerzeugungseinheit 15, die Zustandsmerkmalserzeugungseinheit 12, die Bedingungsmerkmalserzeugungseinheit 16, die Ausgangszustandslerneinheit 13, die Ausgangsbedingungslerneinheit 17, die Anomaliegradberechnungseinheit 14 und die Unbekanntheitsgradberechnungseinheit 18.

[0162] Die Zustandssignalerzeugungseinheit 11 erzeugt das Zustandssignal ss durch Erkennen des Zustands der mechanischen Einrichtung 2 als Zeitreihe. Die Bedingungssignalerzeugungseinheit 15 erzeugt das Bedingungssignal cs durch Erkennen der Betriebsbedingung, die den Betriebsstatus der mechanischen Einrichtung 2 als Zeitreihe angibt. Die Zustandsmerkmalserzeugungseinheit 12 erzeugt die Zustandsmerkmale sc auf Grundlage des Zustandssignals ss. Die Bedingungsmerkmalserzeugungseinheit 16 erzeugt die Bedingungsmerkmale cc auf Grundlage des Bedingungssignals cs. Die Ausgangszustandslerneinheit 13 gibt die Lernergebnisse auf Grundlage der Ausgangszustandsmerkmale lsc, bei denen es sich um die Zustandsmerkmale sc zum Zeitpunkt des Ausgangszustandslernens handelt, als die Ausgangszustandslernergebnisse slr aus.

[0163] Die Ausgangsbedingungslerneinheit 17 gibt die Lernergebnisse auf Grundlage der Ausgangslernbedingungsmerkmale lcc, bei denen es sich um die Bedingungsmerkmale cc zum Zeitpunkt des Aus-

gangsbedingungslernens handelt, als die Ausgangsbedingungslernergebnisse clr aus. Die Anomaliegradberechnungseinheit 14 erlangt die Ausgangszustandslernergebnisse slr oder die Zusatzzustandslernergebnisse aslr als die Zustandslernergebnisse aus und berechnet den Anomaliegrad an auf Grundlage der Zustandslernergebnisse und der Erkennungszustandsmerkmale dsc, wobei es sich um die Zustandsmerkmale sc zum Zeitpunkt der Erkennung handelt. Die Unbekanntheitsgradberechnungseinheit 18 erlangt die Ausgangsbedingungslernergebnisse clr oder die Zusatzbedingungslernergebnisse aclr als die Bedingungslernergebnisse und berechnet den Unbekanntheitsgrad un auf Grundlage der Bedingungslernergebnisse und der Erkennungsbedingungsmerkmale dcc, bei denen es sich um die Bedingungsmerkmale cc zum Zeitpunkt der Erkennung handelt. Hierbei ist es wünschenswert, dass der Zeitpunkt der Erkennung der Bedingungsmerkmale cc gleich dem Zeitpunkt der Erkennung der Zustandsmerkmale sc ist.

[0164] Ein Beispiel für ein Anomalieerkennungsverfahren, das in der vorliegenden Ausführungsform beschrieben ist, beinhaltet einen Zustandssignalerzeugungsschritt, einen Bedingungssignalerzeugungsschritt, einen Zustandsmerkmalserzeugungsschritt, einen Bedingungsmerkmalserzeugungsschritt, einen Ausgangszustandslernschritt, einen Ausgangsbedingungslernschritt, einen Anomaliegradberechnungsschritt und einen Unbekanntheitsgradberechnungsschritt.

[0165] Der Zustandssignalerzeugungsschritt erzeugt das Zustandssignal ss durch Erkennen des Zustands der mechanischen Einrichtung 2 als Zeitreihe. Der Bedingungssignalerzeugungsschritt erzeugt das Bedingungssignal cs durch Erkennen der Betriebsbedingung, die den Betriebsstatus der mechanischen Einrichtung 2 angibt, als Zeitreihe. Der Zustandsmerkmalserzeugungsschritt erzeugt die Zustandsmerkmale sc auf Grundlage des Zustandssignals ss. Die Bedingungsmerkmalserzeugungseinheit 16 erzeugt die Bedingungsmerkmale cc auf Grundlage des Bedingungssignals cs. Der Ausgangszustandslernschritt gibt die Lernergebnisse auf Grundlage der Ausgangszustandsmerkmale lsc, bei denen es sich um die Zustandsmerkmale sc zum Zeitpunkt des Ausgangszustandslernens handelt, als die Ausgangszustandslernergebnisse slr aus.

[0166] Der Ausgangsbedingungslernschritt gibt die Lernergebnisse auf Grundlage der Ausgangslernbedingungsmerkmale lcc, bei denen es sich um die Bedingungsmerkmale cc zum Zeitpunkt des Ausgangsbedingungslernens handelt, als die Ausgangsbedingungslernergebnisse clr aus. Der Anomaliegradberechnungsschritt erlangt die Ausgangszustandslernergebnisse slr oder die Zusatzzustandslernergebnisse aslr als die Zustandslernergebnisse aus und berechnet den Anomaliegrad an auf Grundlage der Zustandslernergebnisse und der Erkennungszustandsmerkmale dsc, wobei es sich um die Zustandsmerkmale sc zum Zeitpunkt der Erkennung handelt. Der Unbekanntheitsgradberechnungsschritt erlangt die Ausgangsbedingungslernergebnisse clr oder die Zusatzbedingungslernergebnisse aclr als die Bedingungslernergebnisse und berechnet den Unbekanntheitsgrad un auf Grundlage der Bedingungslernergebnisse und der Erkennungsbedingungsmerkmale dcc, bei denen es sich um die Bedingungsmerkmale cc zum Zeitpunkt der Erkennung handelt. Hierbei ist es wünschenswert, dass der Zeitpunkt der Erkennung der Bedingungsmerkmale cc gleich dem Zeitpunkt der Erkennung der Zustandsmerkmale sc ist.

[0167] Obwohl in der vorliegenden Ausführungsform die Verhinderung von Fehlerkennung beschrieben wurde, kann auch Übersehen auf die gleiche Weise wie bei der Verhinderung von Fehlerkennung verhindert werden. In der vorliegenden Offenbarung wird die Ausgabe des Bestimmungsergebnisses jr, das Anomalie für die mechanische Einrichtung 2 in einem normalen Zustand wiedergibt, in dem keine Anomalien aufgetreten sind, als Fehlerkennung bezeichnet. Andererseits wird die Ausgabe des Bestimmungsergebnisses jr, das Normalität für die mechanische Einrichtung 2 wiedergibt, in der eine Anomalie aufgetreten ist, als Übersehen bezeichnet. Weiterhin kann, selbst wenn drei oder mehr Bestimmungsergebnisse ausgegeben werden, wie etwa, wenn das Bestimmungsergebnis in drei Stufen, schwere Anomalie, leichte Anomalie und normal, ausgegeben wird, die Ausgabe von fehlerhaften Bestimmungsergebnissen ähnlich der Verhinderung von Fehlerkennung verhindert werden. Wie vorstehend beschrieben, kann die Anomalieerkennungsvorrichtung 1 der vorliegenden Ausführungsform, selbst wenn sich die Betriebsbedingung der mechanischen Einrichtung 2 verändert, Anomalieerkennung mit geringerer Ausgabe von fehlerhaften Bestimmungsergebnissen wie etwa Fehlerkennung und Übersehen durchführen. Weiterhin kann, selbst wenn sich die Betriebsbedingung der mechanischen Einrichtung 2 beim Ausführen des Ausgangszustandserlernens von der Betriebsbedingung der mechanischen Einrichtung 2 unter Anomalieerkennung unterscheidet, die Anomalieerkennungsvorrichtung 1 das Auftreten der Ausgabe eines fehlerhaften Bestimmungsergebnisses, wie etwa Fehlerkennung oder Übersehen, verhindern. In der in der vorliegenden Ausführungsform beschriebenen Ausführungsform kann, selbst wenn sich das Ausgangslernbedingungssignal lcs von dem Erkennungsbedingungssignal dcs unterscheidet, das Auftreten einer Ausgabe eines fehlerhaften

Bestimmungsergebnisses, wie etwa einer Fehlerkennung oder eines Übersehens, verhindert werden. Hierbei ist die Betriebsbedingung die Betriebsbedingung oc in der vorliegenden Ausführungsform. Hierbei beinhaltet die Ausgabe eines fehlerhaften Bestimmungsergebnisses in der vorliegenden Offenbarung nicht nur eine fehlerhafte Anzeige an den Bediener, eine fehlerhafte Ausgabe eines Signals, das ein Bestimmungsergebnis angibt, und dergleichen, sondern auch eine fehlerhafte Veränderung des Betriebszustands der mechanischen Einrichtung 2.

[0168] Selbst bei der mechanischen Einrichtung 2, deren Betriebsbedingungen sich in dem System kompliziert verändern, um Anomalien zu erkennen, die in der mechanischen Einrichtung 2 auftreten, kann die Anomalieerkennungsvorrichtung in der vorliegenden Ausführungsform die Ausgabe von fehlerhaften Bestimmungsergebnissen, wie etwa Fehlerkennung und Übersehen, verhindern.

[0169] Zweite Ausführungsform. **Fig.** 15 ist ein Blockdiagramm, das ein Beispiel für eine Konfiguration eines mechanischen Systems 100a gemäß der vorliegenden Ausführungsform veranschaulicht. Das mechanische System 100a beinhaltet eine Anomalieerkennungsvorrichtung 1a anstelle der Anomalieerkennungsvorrichtung 1 der ersten Ausführungsform. Die Anomalieerkennungsvorrichtung 1a beinhaltet zusätzlich zu den Komponenten der Anomalieerkennungsvorrichtung 1 eine Zusatzbedingungslerneinheit 22 und eine Zusatzzustandslerneinheit 23. Die Anomalieerkennungsvorrichtung 1a beinhaltet eine Unbekanntheitsgradberechnungseinheit 18a anstelle der Unbekanntheitsgradberechnungseinheit 18. Die Anomalieerkennungsvorrichtung 1a beinhaltet eine Anomaliegradberechnungseinheit 14a anstelle der Anomaliegradberechnungseinheit 14. Die Anomalieerkennungsvorrichtung 1a beinhaltet eine Anomaliebestimmungseinheit 19a anstelle der Anomaliebestimmungseinheit 19. In diesen Punkten unterscheidet sich die Anomalieerkennungsvorrichtung 1a von der Anomalieerkennungsvorrichtung 1. In **Fig.** 15 sind Komponenten, die mit denen in **Fig.** 1 der ersten Ausführungsform identisch sind oder diesen entsprechen, mit den gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet.

[0170] **Fig.** 16 ist ein Blockdiagramm, das ein Beispiel für eine Konfiguration der Zusatzbedingungslerneinheit 22 gemäß der vorliegenden Ausführungsform veranschaulicht. Die Zusatzbedingungslerneinheit 22 beinhaltet eine Bedingungsmerkmalspeichereinheit 221, welche die Bedingungsmerkmale cc speichert, und eine Bedingungslernbestimmungseinheit 222, die bestimmt, ob Zusatzbedingungslernen, das hinzugefügten Bedingungslernen ist, auszuführen ist oder nicht. Die Zusatzbedingungslerneinheit 22 beinhaltet eine Bedingungsmerkmalsextraktionseinheit 223, welche die Bedingungsmerkmale cc extrahiert, und eine Zusatzbedingungslernausführungseinheit 224, welche das Zusatzbedingungslernen ausführt. Die Zusatzbedingungslernausführungseinheit 224 führt das Zusatzbedingungslernen an den Erkennungsbedingungsmerkmalen dcc aus, die durch die Bedingungsmerkmalsextraktionseinheit 223 extrahiert werden.

[0171] **Fig.** 17 ist ein Blockdiagramm, das ein Beispiel für eine Konfiguration der Zusatzzustandslerneinheit 23 gemäß der vorliegenden Ausführungsform veranschaulicht. Die Zusatzzustandslerneinheit 23 beinhaltet eine Zustandsmerkmalspeichereinheit 231, welche die Zustandsmerkmale sc speichert, und eine Zustandslernbestimmungseinheit 232, die bestimmt, ob Zusatzzustandslernen auszuführen ist oder nicht, das hinzugefügtes Lernen für jeden Unbekanntheitsgrad un ist. Die Zusatzzustandslerneinheit 23 beinhaltet eine Zustandsmerkmalsextraktionseinheit 233, welche die Zustandsmerkmale sc extrahiert, und eine Zusatzzustandslernausführungseinheit 234, die das Zusatzzustandslernen ausführt. Die Zusatzzustandslernausführungseinheit 234 führt das Zusatzzustandslernen an den Erkennungszustandsmerkmalen dsc aus, die von der Zustandsmerkmalsextraktionseinheit 233 extrahiert werden.

[0172] Es wird eine Ausführungsform jeder Komponente der in **Fig.** 16 veranschaulichten Zusatzbedingungslerneinheit 22 veranschaulicht. Die Bedingungsmerkmalsspeichereinheit 221 speichert die Erkennungsbedingungsmerkmale dcc für einen bestimmten Zeitraum. Hierbei wird eine Vielzahl von Sätzen von Erkennungsbedingungsmerkmalen dcc als Zeitreihe ausgegeben. Die Unbekanntheitsgradberechnungseinheit 18a gibt eine Vielzahl von Unbekanntheitsgraden un als Zeitreihe auf Grundlage der Ausgangsbedingungslernergebnisse clr und jedes der Vielzahl von Sätzen von Erkennungsbedingungsmerkmalen dcc, die als Zeitreihe ausgegeben werden, aus. Die Bedingungslernbestimmungseinheit 222 bestimmt, ob das Zusatzbedingungslernen für jeden der Vielzahl von Unbekanntheitsgraden un auszuführen ist oder nicht. Beispielsweise kann die Bedingungslernbestimmungseinheit 222 jeden erlangten Unbekanntheitsgrad un mit einem vorbestimmten Schwellenwert (dritten Schwellenwert) vergleichen.

[0173] Es wird der Betrieb der Bedingungslernbestimmungseinheit 222 veranschaulicht. Einer aus der Vielzahl von Unbekanntheitsgraden un wird als der Unbekanntheitsgrad un-i bezeichnet (i ist eine ganze Zahl größer oder gleich 1). Einer aus der Vielzahl von Unbekanntheitsgraden un, der sich von dem Unbekanntheitsgrad un-i unterscheidet, wird als der Unbekanntheitsgrad un-j bezeichnet (j ist eine ganze

Zahl, die sich von i unterscheidet und größer oder gleich 1 ist). Hierbei sind i und j Argumente des Unbekanntheitsgrads un-i bzw. des Unbekanntheitsgrads un-j. Es wird angenommen, dass als Vergleichsergebnis der Unbekanntheitsgrad un-i kleiner oder gleich dem dritten Schwellenwert ist und der Unbekanntheitsgrad un-j größer als der dritte Schwellenwert ist. In diesem Fall gibt die Bedingungslernbestimmungseinheit 222 das Argument i aus und gibt das Argument j nicht aus. Das Vorstehende ist ein Beispiel für den Betrieb der Bedingungslernbestimmungseinheit 222.

[0174] Die Bedingungsmerkmalsextraktionseinheit 223 erlangt das Argument i, das von der Bedingungslernbestimmungseinheit 222 ausgegeben wird. Dann extrahiert die Bedingungsmerkmalsextraktionseinheit 223 Erkennungsbedingungsmerkmale dcc-i, die dem erlangten Argument i entsprechen, aus der Vielzahl von Sätzen von Erkennungsbedingungsmerkmalen dcc, die in der Bedingungsmerkmalsspeichereinheit 221 gespeichert sind. Die Zusatzbedingungslernausführungseinheit 224 führt ein Bedingungslernen auf Grundlage der extrahierten Erkennungsbedingungsmerkmale dcc-i aus. Dieses Bedingungslernen wird als Zusatzbedingungslernen bezeichnet. Der in der ersten Ausführungsform beschriebene Ausgangsbedingungslernzustand und das Zusatzbedingungslernen sind in dem Bedingungslernen enthalten. Mit anderen Worten sind das Ausgangsbedingungslernen und das Zusatzbedingungslernen jeweils eine Form des Bedingungslernens.

[0175] Die Form des Zusatzbedingungslernens, das durch die Zusatzbedingungslernausführungseinheit 224 ausgeführt wird, kann die gleiche sein wie die Form des in der ersten Ausführungsform beschriebenen Ausgangsbedingungslernens, mit der Ausnahme, dass das Bedingungslernen auf Grundlage der Erkennungsbedingungsmerkmale dcc anstelle der Ausgangslernbedingungsmerkmale lcc ausgeführt wird. Die Abwandlungen des in der ersten Ausführungsform beschriebenen Ausgangsbedingungslernens sind auch auf das Zusatzbedingungslernen anwendbar. Das Zusatzbedingungslernen, das entweder in der gleichen Form wie das Ausgangsbedingungslernen oder in einer anderen Form ausgeführt werden kann, wird wünschenswerterweise in der gleichen Form ausgeführt. Wenn das Zusatzbedingungslernen in der gleichen Form vorliegt wie das Ausgangsbedingungslernen, wird der Unbekanntheitsgrad un nach dem Zusatzbedingungslernen auf die gleiche Weise berechnet wie der Unbekanntheitsgrad un vor dem Zusatzbedingungslernen, sodass Konsistenz für die Bestimmung bereitgestellt werden kann, die von der Anomaliebestimmungseinheit 19a durchgeführt wird. Die durch die vorstehend beschriebenen Anomaliebestimmungseinheit 19a durchgeführte Bestimmung ist eine Bestimmung zur Anomalieerkennung auf Grundlage des Anomaliegrads an und des Unbekanntheitsgrads un. Hierbei werden die Ergebnisse des Zusatzbedingungslernens als Zusatzbedingungslernergebnisse bezeichnet. Wie vorstehend beschrieben, sind die Ausgangsbedingungslernergebnisse clr und die Zusatzbedingungslernergebnisse alcr in den Bedingungslernergebnissen enthalten. In dem Beispiel aus **Fig.** 16 gibt die Zusatzbedingungslernausführungseinheit 224 Zusatzbedingungslernergebnisse alcr-i aus, die dem Argument i entsprechen. Das Vorstehende ist die Beschreibung der Komponenten der in **Fig.** 16 veranschaulichten Zusatzbedingungslerneinheit 22.

[0176] Weiterhin wird die Verarbeitung beschrieben, nachdem die Zusatzbedingungslernausführungseinheit 224 die Zusatzbedingungslernergebnisse alcr ausgegeben hat. Wie in **Fig.** 15 veranschaulicht, aktualisiert die Unbekanntheitsgradberechnungseinheit 18a die Bedingungslernergebnisse anhand der Ausgangsbedingungslernergebnisse clr auf die Zusatzbedingungslernergebnisse alcr. Dann berechnet die Unbekanntheitsgradberechnungseinheit 18a den Unbekanntheitsgrad un auf Grundlage der Zusatzbedingungslernergebnisse alcr, bei denen es sich um die aktualisierten Bedingungslernergebnisse handelt, und der Erkennungsbedingungsmerkmale dcc, die nach der Aktualisierung erlangt werden. In dem Beispiel aus **Fig.** 15 wird das Verfahren zum Berechnen des Unbekanntheitsgrads un durch die Unbekanntheitsgradberechnungseinheit 18a so beschrieben, dass es vor und nach dem Erlangen der hinzugefügten Bedingungslernergebnisse alcr gleich ist, mit der Ausnahme, dass die Zusatzbedingungslernergebnisse alcr anstelle der Ausgangsbedingungslernergebnisse clr verwendet werden. Das Verfahren zum Berechnen des Unbekanntheitsgrads un kann vor und nach dem Erlangen der Zusatzbedingungslernergebnisse alcr verändert werden. Der Betrieb der Anomaliebestimmungseinheit 19a wird später nach der Beschreibung der Zusatzzustandslerneinheit 23 beschrieben.

[0177] In dem Beispiel aus **Fig.** 16 wird das Argument i dem Unbekanntheitsgrad un-i bereitgestellt, um den Unbekanntheitsgrad un mit den Bedingungsmerkmalen cc (in diesem Fall den Erkennungsbedingungsmerkmalen dcc) zuzuordnen. Es kann jedoch etwas Anderes als das Argument verwendet werden, um den Unbekanntheitsgrad un den Bedingungsmerkmalen cc zuzuordnen. Beispielsweise kann ein Zeichen, ein Symbol oder dergleichen, das sich von dem Argument i unterscheidet, das mit den Daten verknüpft sein kann, zur Zuordnung verwendet werden. Alternativ kann zum Beispiel anstelle des Arguments einem Satz von Daten, die einander entsprechen, wie etwa dem Bedingungssignal cs, den Bedingungsmerkmalen cc und dem Unbekanntheitsgrad un, die gleiche Nummer zugewiesen werden,

um einander zugeordnet zu werden. Die Bedingungsmerkmale cc, die verwendet werden, um den Unbekanntheitsgrad un-i zu berechnen, werden als Bedingungsmerkmale cc-i bezeichnet und die Betriebsbedingung oc, die verwendet wird, um die Bedingungsmerkmale cc-i zu erlangen, wird als eine Betriebsbedingung oc-i bezeichnet. In diesem Fall kann anstelle des Arguments i der Zeitpunkt, zu dem die Betriebsbedingung oc-i erlangt wurde, mit dem Unbekanntheitsgrad un und den Bedingungsmerkmalen cc zur Zuordnung verknüpft werden.

[0178] Als Nächstes wird eine Form der in **Fig.** 17 veranschaulichten Zusatzzustandslerneinheit 23 veranschaulicht. Die Zusatzzustandslerneinheit 23 beinhaltet die Zustandsmerkmalspeichereinheit 231, die Zustandslernbestimmungseinheit 232, die Zustandsmerkmalsextraktionseinheit 233 und die Zusatzzustandslernausführungseinheit 234. Die Zustandsmerkmalspeichereinheit 231 speichert die Erkennungszustandsmerkmale dsc für einen bestimmten Zeitraum. Hier wird in dem Beispiel aus **Fig.** 17 eine Vielzahl von Sätzen von Erkennungszustandsmerkmalen dsc als Zeitreihe ausgegeben. Indessen gibt die Unbekanntheitsgradberechnungseinheit 18a eine Vielzahl von Unbekanntheitsgraden un als Zeitreihe auf Grundlage der Ausgangsbedingungslernergebnisse clr und jedes der Vielzahl von Sätzen von Erkennungsbedingungsmerkmalen dcc, die als Zeitreihe ausgegeben werden, aus. Die Zustandslernbestimmungseinheit 232 bestimmt, ob das Zusatzzustandslernen für jeden aus der Vielzahl von Unbekanntheitsgraden un, der von der Unbekanntheitsgradberechnungseinheit 18a ausgegeben wird, auszuführen ist oder nicht.

[0179] Es wird der Betrieb der Zustandslernbestimmungseinheit 232 veranschaulicht. Beispielsweise kann die Zustandslernbestimmungseinheit 232 den erlangten Unbekanntheitsgrad un mit einem vorbestimmten Schwellenwert (vierten Schwellenwert) vergleichen. Einer aus der Vielzahl von Unbekanntheitsgraden un wird als der Unbekanntheitsgrad un-m bezeichnet (m ist eine ganze Zahl größer oder gleich 1). Einer aus der Vielzahl von Unbekanntheitsgraden un, der sich von dem Unbekanntheitsgrad un-m unterscheidet, wird als der Unbekanntheitsgrad un-n bezeichnet (n ist eine ganze Zahl, die sich von i unterscheidet und größer oder gleich 1 ist). Hierbei sind m und n Argumente des Unbekanntheitsgrads un-m bzw. des Unbekanntheitsgrads un-n. Es wird angenommen, dass als Vergleichsergebnis der Unbekanntheitsgrad un-m kleiner oder gleich dem vierten Schwellenwert ist und der Unbekanntheitsgrad un-n größer als der vierte Schwellenwert ist. In diesem Fall gibt die Bedingungslernbestimmungseinheit 222 das Argument m aus und gibt das Argument n nicht aus. Das Vorstehende ist ein Beispiel für den Betrieb der Zustandslernbestimmungseinheit 232.

[0180] Die Zustandsmerkmalsextraktionseinheit 233 extrahiert Erkennungszustandsmerkmale dsc-m, die dem von der Zustandslernbestimmungseinheit 232 ausgegebenen Argument (dem Argument m in dem Beispiel aus **Fig.** 17) entsprechen, aus der Vielzahl von Sätzen von Erkennungszustandsmerkmalen dsc, die in der Zustandsmerkmalspeichereinheit 231 gespeichert sind. Die Zusatzzustandslernausführungseinheit 234 führt Zustandslernen auf Grundlage der extrahierten Erkennungszustandsmerkmale dsc-m aus. Dieses Zustandslernen wird als Zusatzzustandslernen bezeichnet. Wie vorstehend beschrieben, sind das in der ersten Ausführungsform beschriebene Ausgangszustandslernen und das in der vorliegenden Ausführungsform beschriebene Zusatzzustandslernen in dem Zustandslernen beinhaltet. Mit anderen Worten sind das Ausgangszustandslernen und das Zusatzzustandslernen jeweils eine Form des Zustandslernens.

[0181] Wie in **Fig.** 17 veranschaulicht, kann die Form des Zusatzzustandslernens die gleiche wie die Form des Ausgangszustandslernens sein, die in der ersten Ausführungsform beschrieben wird, mit der Ausnahme, dass das Zustandslernen auf Grundlage der Erkennungszustandsmerkmale dsc anstelle der Ausgangslernzustandsmerkmale lsc ausgeführt wird. Das Zusatzzustandslernen, das entweder in der gleichen Form wie das Ausgangszustandslernen oder in einer anderen Form ausgeführt werden kann, wird wünschenswerterweise in der gleichen Form ausgeführt. Wenn das Zusatzzustandslernen in der gleichen Form vorliegt wie das Ausgangszustandslernen, wird der Anomaliegrad an nach dem Zusatzzustandslernen auf die gleiche Weise berechnet wie der Anomaliegrad an vor dem Zusatzzustandslernen, sodass Konsistenz für die Bestimmung bereitgestellt werden kann, die von der Anomaliebestimmungseinheit 19a durchgeführt wird. Die durch die vorstehend beschriebenen Anomaliebestimmungseinheit 19a durchgeführte Bestimmung ist eine Bestimmung zur Anomalieerkennung auf Grundlage des Anomaliegrads an und des Unbekanntheitsgrads un. Es ist zu beachten, dass die Abwandlungen des in der ersten Ausführungsform beschriebenen Ausgangszustandslernens auch auf das Zusatzzustandslernen anwendbar sind.

[0182] Hierbei werden die Ergebnisse des Zusatzzustandslernens als die Zusatzzustandslernergebnisse aslr bezeichnet. Die Ausgangszustandslernergebnisse slr und die Zusatzzustandslernergebnisse aslr sind in den Zustandslernergebnissen enthalten. In dem Beispiel aus **Fig.** 17 gibt die Zusatzzustandslernausführungseinheit 234 Zusatzzustandslernergebnisse aslr-m aus, die dem Argument m entsprechen. Das Vorstehende ist die Beschreibung der Komponenten der in **Fig.** 17 veranschaulichten Zusatzzustandslerneinheit 23.

[0183] Weiterhin wird Verarbeitung zu den ausgegebenen Zusatzzustandslernergebnisse aslr veranschaulicht. Wie in **Fig.** 15 veranschaulicht, aktualisiert die Anomaliegradberechnungseinheit 14a die Zustandslernergebnisse, die von den Ausgangszustandslernergebnissen SLR gehalten werden, auf die Zusatzzustandslernergebnisse aslr. Dann gibt die Anomaliegradberechnungseinheit 14a den Anomaliegrad an auf Grundlage der Zusatzzustandslernergebnissen aslr, bei denen es sich um die aktualisierten Zustandslernergebnisse handelt, und der Erkennungszustandsmerkmale dsc, die nach der Aktualisierung erlangt werden, aus. Hierbei kann vor und nach der Aktualisierung der Zustandslernergebnisse das Verfahren zum Berechnen des Anomaliegrads an durch die Anomaliegradberechnungseinheit 14a gleich oder unterschiedlich sein. Wenn das Verfahren zum Berechnen des Anomaliegrads vor und nach der Aktualisierung gleich ist, kann Konsistenz für den Anomaliegrad bereitgestellt werden.

[0184] Weiterhin gibt die Anomaliebestimmungseinheit 19a das Bestimmungsergebnis jr auf Grundlage des Anomaliegrads an und des Unbekanntheitsgrads un aus, ähnlich wie bei der in der ersten Ausführungsform beschriebenen Anomaliebestimmungseinheit 19. Hierbei sind der Anomaliegrad an und der Unbekanntheitsgrad un, die durch die Anomaliebestimmungseinheit 19a erlangt werden, diejenigen, die ausgegeben werden, nachdem die Unbekanntheitsgradberechnungseinheit 18a die Bedingungslernergebnisse aktualisiert und die Anomaliegradberechnungseinheit 14a die Zustandslernergebnisse aktualisiert. Wie vorstehend beschrieben, führt die Anomalieerkennungsvorrichtung 1a der vorliegenden Ausführungsform das Zusatzbedingungslernen zusätzlich zu dem Lernen der Ausgangsbedingung aus und führt das Zusatzzustandslernen zusätzlich zu dem Ausgangszustandslernen aus.

[0185] Hierbei kann die Bedingungslernbestimmungseinheit 222 ferner den Unbekanntheitsgrad un, der unter Verwendung der Zusatzbedingungslernergebnisse aclr berechnet wurde, verwenden, um zu bestimmen, ob das Zusatzbedingungslernen auszuführen ist oder nicht, um die Bedingungslernergebnisse zu aktualisieren. Die Zustandslernbestimmungseinheit 232 kann ferner den Unbekanntheitsgrad un verwenden, der unter Verwendung der Zusatzzustandslernergebnisse aslr berechnet wird, um zu bestimmen, ob das Zusatzzustandslernen auszuführen ist oder nicht, um die Zustandslernergebnisse nach Bedarf zu aktualisieren. Es ist zu beachten, dass in der Zusatzzustandslerneinheit 23 der Unbekanntheitsgrad un und die Zustandsmerkmale sc durch etwas anderes als das Argument einander zugeordnet werden können, wie es bei der Zuordnung zwischen dem Unbekanntheitsgrad un und den Bedingungsmerkmalen cc in der Zusatzzustandslerneinheit 22 der Fall ist.

[0186] **Fig.** 18 ist ein Ablaufdiagramm, das ein Beispiel für einen Betrieb der Zusatzbedingungslerneinheit 22 veranschaulicht. Als eine Voraussetzung hat die Ausgangsbedingungslerneinheit 17 während der Ausgangslernzeit vor START in **Fig.** 18 bereits die Ausgangsbedingungslernergebnisse clr auf Grundlage der Ausgangslernbedingungsmerkmale lcc ausgegeben. Dann beinhaltet die Unbekanntheitsgradberechnungseinheit 18a die Ausgangsbedingungslernergebnisse clr.

[0187] Im Folgenden wird der Vorgang in der Erkennungszeit beschrieben. Dabei führt die Anomalieerkennungsvorrichtung 1a eine Anomalieerkennung durch. Die Bedingungsmerkmalserzeugungseinheit 16 erzeugt die Erkennungsbedingungsmerkmale dcc auf Grundlage der Betriebsbedingung oc in der Erkennungszeit. Da die Erkennungsbedingungsmerkmale dcc in den Bedingungsmerkmalen cc enthalten sind, ist das Symbol der Bedingungsmerkmale cc in **Fig.** 15 veranschaulicht.

[0188] In Schritt S2021 speichert die Bedingungsmerkmalspeichereinheit 221 die Erkennungsbedingungsmerkmale dcc. In Schritt S2022 setzt die Bedingungslernbestimmungseinheit 222 das Argument um eins hoch. Beispielsweise wird das Argument im Laufe der Zeit nacheinander an die Erkennungsbedingungsmerkmale dcc angefügt, die als Zeitreihe erlangt werden. Das Argument kann von einem Argument i-1 auf das in **Fig.** 16 beschriebene Argument i aktualisiert werden. In Schritt S2023 bestimmt die Bedingungslernbestimmungseinheit 222, ob der Unbekanntheitsgrad un-i größer als der in **Fig.** 16 beschriebene dritte Schwellenwert ist oder nicht. Dieser Schwellenwert kann der gleiche wie oder ein anderer als ein Schwellenwert für die Anomaliebestimmungseinheit 19a sein, um auf Grundlage des Anomaliegrads an zu bestimmen, ob es angemessen ist, zu bestimmen, ob der Zustand normal oder anomal ist. Der Schwellenwert für die Anomaliebestimmungseinheit 19a, um auf Grundlage des Anomaliegrads an zu bestimmen, ob es angemessen ist, zu bestimmen, ob der Zustand normal oder anomal ist, ist zum Beispiel ein Wert wie etwa der Schwellenwert THU1'' , der in dem Betriebsbeispiel in **Fig.** 12 der ersten Ausführungsform beschrieben ist. Es ist bevorzugt, diesen Schwellenwert auf denselben Wert einzustellen wie jenen, wenn die Anomaliebestimmungseinheit 19a auf Grundlage des Anomaliegrads an bestimmt, ob der Zustand normal oder anomal ist, da, wenn es unangemessen ist, dass die Anomaliebestimmungseinheit 19a bestimmt, ob der Zustand normal oder anomal ist, das Zustandsbedingungslernen ausgeführt wird.

[0189] Wenn der Unbekanntheitsgrad un-i kleiner oder gleich dem Schwellenwert ist, bestimmt die Zusatzbedingungslerneinheit 22, dass keine Notwendigkeit besteht, das Zusatzbedingungslernen für den Unbekanntheitsgrad un-i mit dem Argument i durchzuführen, und geht zu Schritt S2022 über. In diesem Fall wird das Zusatzbedingungslernen nicht für das Argument i ausgeführt und werden die von der Unbekanntheitsgradberechnungseinheit 18a gehaltenen Bedingungslernergebnisse beibehalten, ohne aktualisiert zu werden. Dann wird die Berechnung des Unbekanntheitsgrads un auf Grundlage der Bedingungslernergebnisse, die von der Unbekanntheitsgradberechnungseinheit 18a gehalten werden, und der Erkennungsbedingungsmerkmale dcc fortgesetzt. In diesem Fall wird das Argument in Schritt S2022 erneut hochgesetzt und bestimmt die Bedingungslernbestimmungseinheit 222, ob das Zusatzbedingungslernen für den Unbekanntheitsgrad un mit dem aktualisierten Argument i+1 auszuführen ist oder nicht.

[0190] Wenn der Unbekanntheitsgrad un-i in Schritt S2023 größer als der Schwellenwert ist, geht der Prozess zu Schritt S2024 über. In Schritt S2024 erlangt die Bedingungsmerkmalsextraktionseinheit 223 das Argument i und extrahiert die Bedingungsmerkmale cc, die dem Argument i entsprechen, mit anderen Worten die Erkennungsbedingungsmerkmale dcc-i, aus der Bedingungsmerkmalsspeichereinheit 221. Dann geht die Zusatzbedingungslerneinheit 22 zu Schritt S2025 über. In Schritt S2025 gibt die Zusatzbedingungslernausführungseinheit 224 die Zusatzbedingungslernergebnisse aclr-i auf Grundlage der Erkennungsbedingungsmerkmale dcc-i aus, die durch die Bedingungsmerkmalsextraktionseinheit 223 extrahiert werden.

[0191] Wenn der Prozess zu Schritt S2025 übergeht, aktualisiert die Unbekanntheitsgradberechnungseinheit 18a die zuvor gehaltenen Bedingungslernergebnisse auf die Zusatzbedingungslernergebnisse aclr-i. Das Vorstehende ist der Betriebsablauf der in **Fig.** 18 veranschaulichten Zusatzbedingungslerneinheit 22. Nachdem die Bedingungslernergebnisse aktualisiert wurden, berechnet die Unbekanntheitsgradberechnungseinheit 18a den Unbekanntheitsgrad un auf Grundlage der aktualisierten Bedingungslernergebnisse und der Erkennungsbedingungsmerkmale dcc, die nach der Aktualisierung erlangt wurden. Diese Verarbeitung der Unbekanntheitsgradberechnungseinheit 18a wird an jedem Satz von Erkennungsbedingungsmerkmalen dcc durchgeführt, die in der Bedingungsmerkmalserzeugungseinheit 16 erzeugt werden, bis die Bedingungslernergebnisse als Nächstes aktualisiert werden.

[0192] In dem in **Fig.** 18 veranschaulichten Beispiel gibt die Zusatzbedingungslernausführungseinheit 224 die Zusatzbedingungslernergebnisse aclr-i auf Grundlage der Erkennungsbedingungsmerkmale dcc-i aus. Die vorliegende Ausführungsform ist jedoch nicht auf diese Form beschränkt. Die Anzahl der Erkennungsbedingungsmerkmale dcc, die bei dem Zusatzbedingungslernen verwendet werden, und das Argument der Erkennungsbedingungsmerkmale dcc können frei ausgewählt werden. Beispielsweise kann eine Vielzahl von Datenelementen ausgewählt werden, die erlangt werden, nachdem die Erkennungsbedingungsmerkmale dcc-i erlangt wurden. Als ein Beispiel werden 100 Datenelemente von Erkennungsbedingungsmerkmalen dcc-i+1 zu Erkennungsbedingungsmerkmalen dcc-i+100 extrahiert. Dann können die Zusatzbedingungslernergebnisse aclr-i auf Grundlage der extrahierten 100 Datenelemente ausgegeben werden. Beim Extrahieren der Daten kann die Bedingungslernbestimmungseinheit 222 bestimmen, die Bedingungslernergebnisse nicht zu aktualisieren.

[0193] Weiterhin speichert zum Beispiel in **Fig.** 18 die Bedingungsmerkmalspeichereinheit 221 oder dergleichen die Ausgangslernbedingungsmerkmale lcc, die bei dem Ausgangsbedingungslernen verwendet werden. Dann kann in Schritt S2025 aus **Fig.** 18 die Zusatzbedingungslernausführungseinheit 224 das Zusatzbedingungslernen auf Grundlage der gespeicherten Ausgangslernbedingungsmerkmale lcc und der danach erlangten Erkennungsbedingungsmerkmale dcc-i ausführen. Durch Verwenden der Ausgangslernbedingungsmerkmale lcc als Teil von Trainingsdaten für das Zusatzbedingungslernen kann, selbst wenn die Menge der erlangten Erkennungsbedingungsmerkmale dcc nicht ausreichend ist, die Zusatzbedingungslernausführungseinheit 224 den Mangel an Daten zum Ausführen des Lernens ausgleichen.

[0194] Anstelle der Bedingungslernbestimmungseinheit 222 kann die Anomaliebestimmungseinheit 19a bestimmen, ob das Zusatzbedingungslernen auszuführen ist oder nicht. Mit anderen Worten kann, wenn die Anomaliebestimmungseinheit 19a bestimmt, dass der Unbekanntheitsgrad un größer als der Schwellenwert ist, die Zusatzbedingungslerneinheit 22 das Zusatzbedingungslernen ausführen. In dieser Form wird, wenn die Anomaliebestimmungseinheit 19a bestimmt, dass es sich um einen unbekannten Status handelt, in dem es unangemessen ist, zu bestimmen, ob der Zustand normal oder anomal ist, das Zusatzbedingungslernen ausgeführt, sodass die Anomalieerkennung effizient durchgeführt werden kann. Weiterhin kann bei dieser Form die Bedingungslernbestimmungseinheit 222 weggelassen werden.

[0195] Die Bedingungslernbestimmungseinheit 222 muss lediglich auf Grundlage des Unbekanntheitsgrads un, für den das Zusatzbedingungslernen aus-

geführt wird, bestimmen, ob das Zusatzbedingungslernen auszuführen ist oder nicht. Das Verfahren ist nicht auf das unter Bezugnahme auf **Fig.** 18 beschriebene Verfahren beschränkt. Beispielsweise wird ein Schwellenwert für den Unbekanntheitsgrad un eingestellt. Die Bestimmung, ob der Unbekanntheitsgrad un den Schwellenwert überschreitet oder nicht, wird an jedem einer Vielzahl von uns durchgeführt, die als Zeitreihe erlangt werden. Wenn der Unbekanntheitsgrad un den Schwellenwert mit einer vorbestimmten Häufigkeit kontinuierlich überschreitet, kann bestimmt werden, dass das Zusatzbedingungslernen auszuführen ist. Die Zusatzbedingungslernausführungseinheit 224 kann eine Vielzahl von Sätzen von Erkennungsbedingungsmerkmalen dcc, die den Unbekanntheitsgraden un entsprechen, die den Schwellenwert überschreiten, erlangen und das Zusatzbedingungslernen auf Grundlage der erlangten Vielzahl von Sätzen von Erkennungsbedingungsmerkmalen dcc ausführen. Wenn die Bestimmung, ob das Zusatzbedingungslernen auszuführen ist oder nicht, mit dieser Form durchgeführt wird, kann bestimmt werden, ob es notwendig ist oder nicht, das Zusatzbedingungslernen auf Grundlage der Werte einer Vielzahl von Unbekanntheitsgraden un aufeinanderfolgend als Zeitreihe auszuführen. Somit gibt es einen Vorteil, dass es unwahrscheinlich ist, dass eine fehlerhafte Bestimmung davon, ob es notwendig ist oder nicht, das Zusatzbedingungslernen auszuführen, auftritt.

[0196] Wie vorstehend beschrieben, erlangt die Anomalieerkennungsvorrichtung 1a, wenn die unbekannte Betriebsbedingung oc, die Erkennungsbedingungsmerkmale dcc usw. durch Ausführen des Zusatzbedingungslernens berechnet werden, Informationen, wie etwa die unbekannte Betriebsbedingung oc, die Erkennungsbedingungsmerkmale dcc usw. Dann kann eine Anomalieerkennung durchgeführt werden, die für die unbekannte Betriebsbedingung oc, die Erkennungsbedingungsmerkmale dcc usw. angemessen ist. Folglich kann die Anomalieerkennung mit geringerer Ausgabe von fehlerhaften Bestimmungsergebnissen wie etwa Fehlerkennung und Übersehen an verschiedenen Betriebsbedingungen oc und verschiedenen Erkennungsbedingungsmerkmalen dcc durchgeführt werden.

[0197] **Fig.** 19 ist ein Ablaufdiagramm, das ein Beispiel für einen Betrieb der Zusatzzustandslerneinheit 23 gemäß der vorliegenden Ausführungsform veranschaulicht. Als eine Voraussetzung hat die Ausgangszustandslerneinheit 13 während der Ausgangslernzeit vor START in **Fig.** 19 bereits die Ausgangszustandslernergebnisse slr auf Grundlage der Ausgangslernzustandsmerkmale lcs ausgegeben. Dann beinhaltet die Anomaliegradberechnungseinheit 14a die Ausgangszustandslernergebnisse slr.

[0198] Im Folgenden wird der Betrieb in der Erkennungszeit nach der Ausgangslernzeit beschrieben. Dabei führt die Anomalieerkennungsvorrichtung 1a eine Anomalieerkennung durch. Die Zustandsmerkmalserzeugungseinheit 12 erzeugt die Erkennungszustandsmerkmale dsc auf Grundlage der Zustandsgröße sa in der Erkennungszeit. Da die Erkennungszustandsmerkmale dsc in den Zustandsmerkmalen sc enthalten sind, ist das Symbol der Zustandsmerkmale sc in **Fig.** 15 veranschaulicht.

[0199] In Schritt S2151 speichert die Zustandsmerkmalspeichereinheit 231 die Erkennungszustandsmerkmale dsc. In Schritt S2152 setzt die Zustandslernbestimmungseinheit 232 beispielsweise das Argument um eins hoch. Beispielsweise wird das Argument im Laufe der Zeit nacheinander an die Erkennungszustandsmerkmale dcs angefügt, die als Zeitreihe erlangt werden. Dieses Argument kann von einem Argument m-1 auf das in **Fig.** 17 beschriebene Argument m aktualisiert werden. In Schritt S2153 bestimmt die Zustandslernbestimmungseinheit 232, ob der Unbekanntheitsgrad un-m größer als ein vorbestimmter Schwellenwert ist oder nicht. Dieser Schwellenwert kann der gleiche wie oder ein anderer als der Schwellenwert sein, der durch die Anomaliebestimmungseinheit 19a verwendet wird, wenn auf Grundlage des Anomaliegrads an bestimmt wird, ob der Zustand anomal oder normal ist. Es ist bevorzugt, diesen Schwellenwert für die Zustandslernbestimmungseinheit 232 auf den gleichen Wert wie den Schwellenwert einzustellen, der verwendet wird, um auf Grundlage des Anomaliegrads an zu bestimmen, ob der Zustand anomal oder normal ist, da, wenn es unangemessen ist, dass die Anomaliebestimmungseinheit 19a bestimmt, ob der Zustand normal oder anomal ist, das Zusatzzustandslernen ausgeführt wird. Der Schwellenwert für die Zustandslernbestimmungseinheit 232 kann der gleiche wie oder ein anderer sein als der Schwellenwert für die Zustandslernbestimmungseinheit 222. Wenn die Schwellenwerte gleich sind, kann eine von der Bedingungslernbestimmungseinheit 222 und der Zustandslernbestimmungseinheit 232 weggelassen werden. Darüber hinaus kann die Berechnungslast verringert werden. Weiterhin werden, da das Zusatzzustandslernen ebenfalls ausgeführt wird, wenn das Zusatzbedingungslernen ausgeführt wird, die Zustandslernergebnisse und die Bedingungslernergebnisse gleichzeitig aktualisiert. In diesem Fall verwendet die Anomaliegradberechnungseinheit 14a die aktualisierten Zustandslernergebnisse, die mit den aktualisierten Bedingungslernergebnissen übereinstimmen, die in der Unbekanntheitsgradberechnungseinheit 18a verwendet werden, sodass die Anomalieerkennung mit höherer Genauigkeit durchgeführt werden kann.

[0200] Wenn der Unbekanntheitsgrad un-m kleiner oder gleich dem vorbestimmten Schwellenwert ist, bestimmt die Zusatzzustandslerneinheit 23, dass keine Notwendigkeit besteht, das Zusatzzustandslernen für den Unbekanntheitsgrad un-m mit dem Argument m durchzuführen, und geht zu Schritt S2152 über. In diesem Fall wird das Zusatzzustandslernen für das Argument m nicht ausgeführt und werden die Zustandslernergebnisse, die durch die der Anomaliegradberechnungseinheit 14a verwendet werden, beibehalten, ohne aktualisiert zu werden. Dann wird die Berechnung des Anomaliegrads an auf Grundlage der Zustandslernergebnisse, die von der Anomaliegradberechnungseinheit 14a gehalten werden, und der Erkennungszustandsmerkmale dsc fortgesetzt. In Schritt S2152 wird das Argument erneut von m auf m+1 aktualisiert und bestimmt die Zustandslernbestimmungseinheit 232, ob das Zusatzzustandslernen für das nächste Argument m+1 auszuführen ist oder nicht.

[0201] Wenn in Schritt S2153 der Unbekanntheitsgrad un-m größer als der Schwellenwert ist, geht die Zusatzzustandslerneinheit 23 zu Schritt S2154 über. In Schritt S2154 erlangt die Zustandsmerkmalsextraktionseinheit 233 das Argument m und extrahiert die Zustandsmerkmale sc, die dem Argument m entsprechen, mit anderen Worten die Erkennungszustandsmerkmale dsc-m, aus der Zustandsmerkmalspeichereinheit 231. Dann geht die Zusatzzustandslerneinheit 23 zu Schritt S2155 über. In Schritt S2155 gibt die Zusatzzustandslernausführungseinheit 234 die Zusatzzustandslernergebnisse aslr-m auf Grundlage der Erkennungszustandsmerkmale dsc-m aus, die durch die Zustandsmerkmalsextraktionseinheit 233 extrahiert werden. Das Vorstehende ist der Betriebsablauf der in **Fig.** 19 veranschaulichten Zusatzzustandslerneinheit 23.

[0202] Wenn der Prozess zu Schritt S2155 übergeht, aktualisiert die Anomaliegradberechnungseinheit 14a die zuvor gehaltenen Zustandslernergebnisse auf die Zusatzzustandslernergebnisse aslr-m. Nachdem die Zustandslernergebnisse aktualisiert wurden, berechnet die Anomaliegradberechnungseinheit 14a den Anomaliegrad an auf Grundlage der aktualisierten Zustandslernergebnisse und der Erkennungszustandsmerkmale dsc, die nach der Aktualisierung erlangt werden. Die Verarbeitung der Anomaliegradberechnungseinheit 14a, um den Anomaliegrad an auf Grundlage der aktualisierten Zustandslernergebnisse und der Erkennungszustandsmerkmale dsc zu berechnen, die nach der Aktualisierung erlangt werden, wird an jedem Satz von Erkennungszustandsmerkmalen dsc durchgeführt, die in der Zustandsmerkmalserzeugungseinheit 12 erzeugt werden, bis die Zustandslernergebnisse als Nächstes aktualisiert werden.

[0203] Es ist zu beachten, dass bei dem in **Fig.** 19 veranschaulichten Beispiel die Zusatzzustandslernausführungseinheit 234 die Zusatzzustandslernergebnisse aslr-m auf Grundlage der Erkennungszustandsmerkmale dsc-m ausgibt, ist jedoch nicht auf diese Form beschränkt. Die Zustandsmerkmale sc, die bei dem Zusatzzustandslernen zu verwenden sind, können frei ausgewählt werden. Beispielsweise können 100 Sätze von Erkennungsbedingungsmerkmalen dcc, die nach den Erkennungszustandsmerkmalen dsc-m erzeugt werden, wie etwa von den Erkennungszustandsmerkmalen dsc-m+1 zu den Erkennungszustandsmerkmalen dsc-m+100, bei dem Zusatzzustandslernen verwendet werden. Auf Grundlage dessen können die Zusatzzustandslernergebnisse aslr-m ausgegeben werden.

[0204] Wenn die Zusatzzustandslerneinheit 23 dazu konfiguriert ist, das Zusatzzustandslernen für den Unbekanntheitsgrad un auszuführen, für den die Zusatzbedingungslerneinheit 22 das Zusatzbedingungslernen durchgeführt hat, können nicht nur die von der Unbekanntheitsgradberechnungseinheit 18a gehaltenen Bedingungslernergebnisse, sondern auch die von der Anomaliegradberechnungseinheit 14a gehaltenen Zustandslernergebnisse aktualisiert werden. Folglich kann eine genauere Anomalieerkennung erzielt werden. Es kann Anomalieerkennung oder dergleichen mit viel geringerer Ausgabe von fehlerhaften Bestimmungsergebnissen, wie etwa Fehlerkennung und Übersehen, erzielt werden. Es ist zu beachten, dass nur das Zusatzbedingungslernen durch die Zusatzbedingungslerneinheit 22 ausgeführt werden kann und die Aktualisierung der Zustandslernergebnisse in der Anomaliegradberechnungseinheit 14a nicht durchgeführt werden kann. Mit anderen Worten kann die Zusatzzustandslerneinheit 23 weggelassen werden und kann die Anomaliegradberechnungseinheit 14a die Konfiguration zum Berechnen des Anomaliegrads an auf Grundlage der Ausgangszustandslernergebnisse slr und der Erkennungszustandsmerkmale dsc halten. Selbst in dieser Konfiguration werden die Bedingungslernergebnisse aktualisiert, wenn die Betriebsbedingung oc als unbekannt bestimmt wird. Folglich kann eine Anomalieerkennung mit geringerer Ausgabe von fehlerhaften Bestimmungsergebnissen, wie etwa Fehlerkennung und Übersehen, im Vergleich zu der Konfiguration durchgeführt werden, welche die Zusatzbedingungslerneinheit 22 nicht beinhaltet, zum Beispiel der in der ersten Ausführungsform beschriebenen Anomalieerkennungsvorrichtung 1.

[0205] Als Nächstes wird, um die Wirkungen des Zusatzbedingungslernens zu erläutern, ein Vergleich zwischen der Konfiguration, bei der die Zusatzzustandslerneinheit 23 aus der Anomalieerkennungsvorrichtung 1a weggelassen ist, und der Konfiguration, bei der die Zusatzzustandslerneinheit 23 und die Zusatzbedingungslerneinheit 22 aus der Anoma-

lieerkennungsvorrichtung 1a ausgelassen sind, vorgenommen. In der folgenden Beschreibung werden die Konfiguration und der Betrieb der Anomalieerkennungsvorrichtung 1 der ersten Ausführungsform, die unter Bezugnahme auf **Fig.** 1 beschrieben wird, als ein Beispiel für die Konfiguration beschrieben, in der die Zusatzzustandslerneinheit 23 und die Zusatzbedingungslerneinheit 22 aus der Anomalieerkennungsvorrichtung 1a ausgelassen sind.

[0206] **Fig.** 20 ist ein Diagramm, das ein Beispiel für zeitliche Veränderungen des Anomaliegrads an, des Unbekanntheitsgrads un und des Bestimmungsergebnisses jr veranschaulicht, die durch die Konfiguration erzeugt werden, bei der die Zusatzbedingungslerneinheit 22 und die Zusatzzustandslerneinheit 23 aus der Anomalieerkennungsvorrichtung 1a gemäß der vorliegenden Ausführungsform weggelassen sind. **Fig.** 20 veranschaulicht die Erkennungsergebnisse durch die Anomalieerkennungsvorrichtung 1, die in der ersten Ausführungsform beschrieben ist, als ein Beispiel für die Konfiguration, welche die Zusatzbedingungslerneinheit 22 und die Zusatzzustandslerneinheit 23 nicht beinhaltet. **Fig.** 21 ist ein Diagramm, das ein Beispiel für zeitliche Veränderungen des Anomaliegrads an, des Unbekanntheitsgrads un und des Bestimmungsergebnisses jr veranschaulicht, die durch die Konfiguration erzeugt werden, bei der die Zusatzzustandslerneinheit 23 aus der Anomalieerkennungsvorrichtung 1a gemäß der vorliegenden Ausführungsform weggelassen ist. **Fig.** 21 gibt die Erkennungsergebnisse des Zustands der mechanischen Einrichtung 2 durch die Konfiguration wieder, bei der die Zusatzzustandslerneinheit 23 aus der Anomalieerkennungsvorrichtung 1a weggelassen ist. Im Folgenden wird ein Vergleich zwischen den **Fig.** 20 und 21 vorgenommen.

[0207] Bei dem Zustand der mechanischen Einrichtung 2, wenn die in **Fig.** 20 veranschaulichten Daten erlangt werden, tritt bis zu einem Zeitpunkt td2 keine Verschlechterung in der mechanischen Einrichtung 2 auf und verschlechtert sich die mechanische Einrichtung 2 ab dem Zeitpunkt td2 allmählich. Zwischen einem Zeitpunkt tb2 und einem Zeitpunkt tc2 und zwischen dem Zeitpunkt td2 und einem Zeitpunkt tg2 wird die Drehzahl des Motors auf Einstellungen verändert, die sich von denen zum Zeitpunkt des Ausgangslernens unterscheiden. In dem Zeitraum von dem Zeitpunkt ta2 bis zu dem Zeitpunkt tb2 und dem Zeitraum von dem Zeitpunkt tc2 bis zu dem Zeitpunkt td2 ist die Betriebsbedingung oc, d. h. die Drehzahl des Motors, die gleiche wie zu dem Zeitpunkt des Ausgangslernens.

[0208] Die **Fig.** 20(a) und 21(a) veranschaulichen zeitliche Veränderungen des Anomaliegrads an. Datenpunkte des Anomaliegrads sind stündlich aufgetragen. Die **Fig.** 20(b) und 21(b) veranschaulichen zeitliche Veränderungen des Unbekanntheitsgrads un. Die **Fig.** 20(c) und 21(c) veranschaulichen zeitliche Veränderungen des Bestimmungsergebnisses jr. In den **Fig.** 20 und 21 geben die horizontalen Achsen die Zeit in Stunden (h) wieder. Auf den Zeitachsen der **Fig.** 20(a) bis 20(c) geben Positionen, die mit den gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet sind, die gleichen Zeiten an. Auf den Zeitachsen der **Fig.** 21(a) bis 21(c) geben Positionen, die mit den gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet sind, die gleichen Zeiten an.

[0209] Das Beispiel aus **Fig.** 20 veranschaulicht Daten von dem Zeitpunkt ta2, wobei es sich um den Zeitpunkt handelt, zu dem der Zeitpunkt ta2 seit dem Beginn des Betriebs jeder Anomalieerkennungsvorrichtung verstrichen ist, bis zu dem Zeitpunkt tg2. Bei dem in **Fig.** 20 veranschaulichten Beispiel wurden das Ausgangsbedingungslernen und das Ausgangszustandslernen zwischen dem Startzeitpunkt des Betriebs jeder Anomalieerkennungsvorrichtung und dem Zeitpunkt ta2, zu dem die Erkennungszeit beginnt, ausgeführt.

[0210] In **Fig.** 20(a) beinhaltet zwischen dem Zeitpunkt ta2 und dem Zeitpunkt td2 der Anomaliegrad an eine gewisse Variation, jedoch sind alle zwischen null und eins aufgetragen, und die Veränderungen sind größtenteils gering. In **Fig.** 20(a) nimmt der Anomaliegrad an von dem Zeitpunkt td2 bis zu dem Zeitpunkt tg2 allmählich zu, während die Betriebszeit verstreicht. In **Fig.** 20(a) ist ein Schwellenwert THF2 für den Anomaliegrad an auf eins eingestellt. Der Schwellenwert THF2 kann anhand der Verteilung des Anomaliegrads an oder dergleichen bestimmt werden, wenn die mechanische Einrichtung 2 normal ist. Ferner ist in **Fig.** 20(a), um das Verständnis zu erleichtern, der wahre Anomaliegrad TRUE2 der mechanischen Einrichtung 2 durch eine durchgezogene Linie angegeben. Die Beschreibung des wahren Anomaliegrads TRUE2 ist gleich der Beschreibung des wahren Anomaliegrads TRUE1, die in **Fig.** 10 beschrieben ist, und wird daher weggelassen.

[0211] In **Fig.** 20(b) sind zwischen dem Zeitpunkt ta2 und dem Zeitpunkt tb2 und zwischen dem Zeitpunkt tc2 und dem Zeitpunkt td2 sämtliche Unbekanntheitsgrade un zwischen null und eins aufgetragen. Im Gegensatz dazu sind zwischen dem Zeitpunkt tb2 und dem Zeitpunkt tc2 und zwischen dem Zeitpunkt td2 und dem Zeitpunkt tg2 sämtliche Unbekanntheitsgrade un im Bereich zwischen eins und zwei aufgetragen. In **Fig.** 20(b) ist ein Schwellenwert THU2, der ein Schwellenwert für den Unbekanntheitsgrad un ist, auf eins eingestellt. Das Bestimmungsergebnis jr in **Fig.** 20(c) ist mit stündlichen Datenpunkten aufgetragen, die durch eine Linie verbunden sind. Wenn die mechanische Einrichtung 2 normal ist, gibt das Bestimmungsergebnis jr einen

Wert von null an. Wenn die mechanische Einrichtung 2 anomal ist, gibt das Bestimmungsergebnis jr einen Wert von eins an. Die Form der Ausgabe des Bestimmungsergebnisses jr ist nicht auf diese Form beschränkt.

[0212] In dem Beispiel aus **Fig.** 20 gibt die Anomaliebestimmungseinheit 19 das Bestimmungsergebnis jr wie in der Beschreibung aus **Fig.** 12 der ersten Ausführungsform aus. Daher ist, wie in **Fig.** 20(b) veranschaulicht, das Bestimmungsergebnis jr von dem Zeitpunkt ta2 bis zu dem Zeitpunkt tg2 stets ein Wert von null, was Normalität angibt, da der Anomaliegrad an kleiner oder gleich eins ist. Im Gegensatz dazu erhöht sich der wahre Anomaliegrad TRUE2 zu Zeitpunkten nach dem Zeitpunkt td2 in **Fig.** 20(a) allmählich.

[0213] Somit ist gemäß dem Bestimmungsergebnis jr in **Fig.** 20, d. h., dem Bestimmungsergebnis jr der Anomalieerkennungsvorrichtung 1, ein Übersehen aufgetreten, bei dem bestimmt wird, dass sich die mechanische Einrichtung 2 in einem anomalen Zustand in einem normalen Zustand befindet. Das Auftreten des Übersehens ist auf die Tatsache zurückzuführen, dass die Betriebsbedingung oc, die sich von der Betriebsbedingung oc zum Zeitpunkt des Ausgangslernens unterscheidet, ab dem Zeitpunkt td2 auf die mechanische Einrichtung 2 angewandt wird. Mit anderen Worten ist das Übersehen aufgrund der Differenz zwischen dem Erkennungsbedingungssignal dcs und dem Ausgangslernbedingungssignal lcs aufgetreten.

[0214] Als Nächstes wird ein Beispiel aus **Fig.** 21 beschrieben. Das Beispiel aus **Fig.** 21 veranschaulicht Daten von dem Zeitpunkt ta2', wobei es sich um den Zeitpunkt handelt, zu dem der Zeitpunkt ta2' seit dem Beginn des Betriebs der Anomalieerkennungsvorrichtung verstrichen ist, bis zu dem Zeitpunkt tg2'. Bei dem in **Fig.** 21 veranschaulichten Beispiel wurden das Ausgangsbedingungslernen und das Ausgangszustandslernen zwischen dem Startzeitpunkt des Betriebs jeder Anomalieerkennungsvorrichtung und dem Zeitpunkt ta2, zu dem die Erkennungszeit beginnt, ausgeführt. In **Fig.** 21 verschlechtert sich die mechanische Einrichtung 2 ab dem Zeitpunkt td2' allmählich. In **Fig.** 21 wird in dem Zeitraum von dem Zeitpunkt tb2' bis zu dem Zeitpunkt tc2' und in dem Zeitraum von dem Zeitpunkt td2' bis zu dem Zeitpunkt tg2' die Motordrehzahl auf Einstellungen verändert, die sich von jenen zum Zeitpunkt des Ausgangslernens unterscheiden. Das heißt, die Betriebsbedingung oc zum Zeitpunkt der Erkennung wird von der Betriebsbedingung oc zum Zeitpunkt des Ausgangslernens verändert. In dem Zeitraum von dem Zeitpunkt ta2' bis zu dem Zeitpunkt tb2' und dem Zeitraum von dem Zeitpunkt tc2' bis zu dem Zeitpunkt td2' ist die Motordrehzahl gleich der zum Zeitpunkt des Ausgangslernens eingestellt. Das heißt, die Betriebsbedingung oc ist gleich der Betriebsbedingung oc zum Zeitpunkt des Ausgangslernens eingestellt.

[0215] In **Fig.** 21(a) ist der Zeitpunkt ta2' der Zeitpunkt, zu dem die Zeit ta2' seit dem Beginn des Betriebs der Anomalieerkennungsvorrichtung 1a verstrichen ist. Der Zeitpunkt tg2' ist der Zeitpunkt, zu dem die Zeit tg2' seit dem Beginn des Betriebs der Anomalieerkennungsvorrichtung 1a verstrichen ist. Es ist zu beachten, dass das Ausgangszustandslernen und das Ausgangsbedingungslernen, wenn die mechanische Einrichtung 2 normal ist, zu einem Zeitpunkt vor dem Zeitpunkt ta2' abgeschlossen wurden. In **Fig.** 21(a) sind Datenpunkte des Anomaliegrads stündlich aufgetragen.

[0216] In **Fig.** 21(a) ist zwischen dem Zeitpunkt ta2' und dem Zeitpunkt tb2' und zwischen dem Zeitpunkt tb2' und dem Zeitpunkt td2' der Wert des Anomaliegrads an zwischen null und eins aufgetragen. Im Gegensatz dazu ist in **Fig.** 21(a) der Anomaliegrad an bei einem Wert Fv zu dem Zeitpunkt tb2' aufgetragen. Der Wert Fv ist ein Wert über eins. In **Fig.** 21 (a) erhöht sich zwischen dem Zeitpunkt td2' und dem Zeitpunkt tg2' der Anomaliegrad an, während die Betriebszeit verstreicht.

[0217] In **Fig.** 21(a) ist ein Schwellenwert THF2' für den Anomaliegrad an auf eins eingestellt. Der Schwellenwert THF2' ist ein vorbestimmter Schwellenwert. Der Schwellenwert THF2' kann anhand der Verteilung des Anomaliegrads an oder dergleichen bestimmt werden, wenn sich die mechanische Einrichtung 2 in einem normalen Zustand befindet. In **Fig.** 21(a) wird zusätzlich zu dem Anomaliegrad an, der durch die Anomalieerkennungsvorrichtung 1a geschätzt wird, der wahre Anomaliegrad TRUE2' der mechanischen Einrichtung 2, der nicht durch Störungen, wie etwa die Betriebsbedingung oc, beeinflusst wird, durch eine dicke Linie angegeben. Die Beschreibung des wahren Anomaliegrads TRUE2 ist gleich der Beschreibung des wahren Anomaliegrads TRUE1, die in **Fig.** 10 der ersten Ausführungsform beschrieben ist, und wird daher weggelassen.

[0218] In **Fig.** 21(b) ist in den Zeiträumen zwischen dem Zeitpunkt ta2' und dem Zeitpunkt tb2' und zwischen dem Zeitpunkt tb2' und dem Zeitpunkt td2' der Unbekanntheitsgrad un zwischen null und eins aufgetragen. Im Gegensatz dazu ist zu dem Zeitpunkt tb2' der Unbekanntheitsgrad un an einer Position Uv aufgetragen. Die Position Uv gibt an, dass der Wert des Unbekanntheitsgrads un zu dem Zeitpunkt tb2' ein Wert über eins ist.

[0219] Bei dem Beispiel aus **Fig.** 21 führt die Zusatzbedingungslerneinheit 22 das Zusatzbedingungslernen zu dem Zeitpunkt tb2' aus. Folglich wird eine Erhöhung des Unbekanntheitsgrads un in dem Zeit-

raum nach dem Zeitpunkt tb2' verhindert. Im Gegensatz dazu ist in dem Beispiel aus **Fig.** 20 die Zusatzbedingungslerneinheit 22 weggelassen und werden die Bedingungslernergebnisse nicht aktualisiert. Folglich wird der Unbekanntheitsgrad un auf Grundlage der Ausgangsbedingungslernergebnisse clr kontinuierlich in dem Zeitraum nach dem Zeitpunkt tb2 ausgegeben. Daher weist der Unbekanntheitsgrad un in den Zeiträumen zwischen dem Zeitpunkt tb2 und dem Zeitpunkt tc2 und zwischen dem Zeitpunkt td2 und dem Zeitpunkt tg1 Werte größer als eins auf.

[0220] Wie in **Fig.** 21(b) veranschaulicht, unterscheidet sich das Bestimmungsergebnis jr in **Fig.** 21(c) infolge des Verhinderns einer Erhöhung des Unbekanntheitsgrads un in dem Zeitraum nach dem Zeitpunkt tb2' von dem in **Fig.** 20(c) und kann eine Erhöhung des Anomaliegrads an der mechanischen Einrichtung 2 korrekt als eine Anomalie erkannt werden.

[0221] Wie vorstehend beschrieben, bestimmt die Anomalieerkennungsvorrichtung 1a auf Grundlage des Unbekanntheitsgrads un, ob das Zusatzbedingungslernen notwendig ist oder nicht. Bei Bedarf können die Bedingungslernergebnisse aktualisiert werden. Folglich ermöglicht es die Aktualisierung der Bedingungslernergebnisse selbst dann, wenn sich die Betriebsbedingung oc verändert hat, dass eine Anomalieerkennung mit weniger Fehlerkennung und Übersehen durchgeführt wird. Die Anomalieerkennungsvorrichtung 1a bestimmt auf Grundlage des Unbekanntheitsgrads un, ob das Zusatzzustandslernen notwendig ist oder nicht. Bei Bedarf können die Zustandslernergebnisse aktualisiert werden. Folglich ermöglicht die Aktualisierung der Zustandslernergebnisse, selbst wenn sich die Zustandsgröße sa mit einer Veränderung der Betriebsbedingung oc verändert hat, dass die Anomalieerkennung mit weniger Fehlerkennung und Übersehen durchgeführt werden kann. Diese Konfigurationen ermöglichen es der Anomalieerkennungsvorrichtung 1a, Fehlerkennung und Übersehen zu verhindern, selbst wenn sich die Betriebsbedingung oc der mechanischen Einrichtung 2 verändert. Die Anomalieerkennungsvorrichtung 1a bestimmt auf Grundlage des Zeitreihenerkennungsbedingungssignals dcs, ob das Zusatzbedingungslernen, das Zusatzzustandslernen usw. auszuführen ist oder nicht. Folglich kann die Anomalieerkennungsvorrichtung 1a selbst dann, wenn sich die Betriebsbedingung oc je nach Zeit kompliziert verändert, genau bestimmen, ob es notwendig ist oder nicht, das Zusatzbedingungslernen, das Zusatzzustandslernen usw. auszuführen. Beim Ausführen des Zusatzbedingungslernens oder des Zusatzzustandslernens unter Verwendung des Zeitreihenerkennungsbedingungssignals dcs kann die Anomalieerkennungsvorrichtung 1a den Unbekanntheitsgrad un, den Anomaliegrad an usw. genau berechnen, auch wenn sich die Betriebsbedingung oc je nach Zeit kompliziert verändert. Folglich kann die Anomalieerkennungsvorrichtung 1a Anomalien mit hoher Genauigkeit erkennen, während sie die Ausgabe von fehlerhaften Bestimmungsergebnissen, wie etwa Fehlerkennung und Übersehen, verhindert. Die vorliegende Ausführungsform, welche die Verhinderung von Fehlerkennung und Übersehen beschrieben hat, ist nicht darauf beschränkt. Beispielsweise kann, wie in der ersten Ausführungsform, selbst wenn drei oder mehr Bestimmungsergebnisse ausgegeben werden, wie etwa, wenn das Bestimmungsergebnis in drei Stufen, schwere Anomalie, leichte Anomalie und normal, ausgegeben wird, die Ausgabe von fehlerhaften Bestimmungsergebnissen verhindert werden.

[0222] Die Anomalieerkennungsvorrichtung 1a der vorliegenden Ausführungsform kann ferner die Zusatzbedingungslerneinheit 22 zusätzlich zu den Komponenten der Anomalieerkennungsvorrichtung 1, die in der ersten Ausführungsform beschrieben ist, beinhalten. Die Zusatzbedingungslerneinheit 22 beinhaltet die Bedingungsmerkmalspeichereinheit 221, die Bedingungslernbestimmungseinheit 222, die Bedingungsmerkmalsextraktionseinheit 223 und die Zusatzbedingungslernausführungseinheit 224.

[0223] Die Bedingungsmerkmalspeichereinheit 221 speichert die Erkennungsbedingungsmerkmale dcc. Die Bedingungslernbestimmungseinheit 222 bestimmt auf Grundlage des Unbekanntheitsgrads un, ob das Zusatzbedingungslernen auszuführen ist oder nicht. Die Bedingungsmerkmalsextraktionseinheit 223 extrahiert die Erkennungsbedingungsmerkmale dcc, die bei dem Zusatzbedingungslernen zu verwenden sind, aus der Bedingungsmerkmalspeichereinheit 221, wenn die Bedingungslernbestimmungseinheit 222 bestimmt, das Zusatzbedingungslernen auszuführen. Die Zusatzbedingungslernausführungseinheit 224 gibt die Ergebnisse der Ausführung des Zusatzbedingungslernens auf Grundlage der extrahierten Erkennungsbedingungsmerkmale dcc als die Zusatzbedingungslernergebnisse aclr aus.

[0224] Das Anomalieerkennungsverfahren der vorliegenden Ausführungsform kann ferner einen Zusatzbedingungslernschritt zusätzlich zu den Schritten des in der ersten Ausführungsform beschriebenen Anomalieerkennungsverfahrens beinhalten. Der Zusatzbedingungslernschritt beinhaltet einen Bedingungsmerkmalsspeicherschritt, einen Bedingungslernbestimmungsschritt, einen Bedingungsmerkmalsextraktionsschritt und einen Zusatzbedingungslernausführungsschritt.

[0225] Der Bedingungsmerkmalspeicherschritt speichert die Erkennungsbedingungsmerkmale dcc. Der Bedingungslernbestimmungsschritt bestimmt

auf Grundlage des Unbekanntheitsgrads un, ob das Zusatzbedingungslernen auszuführen ist oder nicht. Wenn der Bedingungslernbestimmungsschritt bestimmt, das Zusatzbedingungslernen auszuführen, extrahiert der Bedingungsmerkmalsextraktionsschritt die Erkennungsbedingungsmerkmale dcc, die bei dem Zusatzbedingungslernen zu verwenden sind, aus den Erkennungsbedingungsmerkmalen dcc, die in dem Bedingungsmerkmalsspeicherschritt gespeichert werden. Der Zusatzbedingungslernausführungsschritt gibt die Ergebnisse der Ausführung des Zusatzbedingungslernens auf Grundlage der extrahierten Erkennungsbedingungsmerkmale dcc als die Zusatzbedingungslernergebnisse aclr aus.

[0226] Wenn die Zusatzbedingungslernausführungseinheit 224 die Zusatzbedingungslernergebnisse aclr ausgibt, kann die Unbekanntheitsgradberechnungseinheit 18a die Bedingungslernergebnisse aus den gehaltenen Bedingungslernergebnissen auf die Zusatzbedingungslernergebnisse aclr aktualisieren. Nach dem Aktualisieren der Bedingungslernergebnisse kann die Unbekanntheitsgradberechnungseinheit 18a den Unbekanntheitsgrad un auf Grundlage der aktualisierten Bedingungslernergebnisse und der Erkennungsbedingungsmerkmale dcc berechnen, die nach der Aktualisierung von der Bedingungsmerkmalserzeugungseinheit ausgegeben werden.

[0227] Die Bedingungslernbestimmungseinheit 222 bestimmt, das Zusatzbedingungslernen auszuführen, wenn der Unbekanntheitsgrad un den vorbestimmten dritten Schwellenwert überschreitet. Wenn der Unbekanntheitsgrad un kleiner oder gleich dem vorbestimmten dritten Schwellenwert ist, bestimmt die Bedingungslernbestimmungseinheit 222, dass das Zusatzbedingungslernen nicht auszuführen ist.

[0228] Die Bedingungslernbestimmungseinheit 222 kann bestimmen, dass das Zusatzbedingungslernen nur dann auszuführen ist, wenn eine Vielzahl von Unbekanntheitsgraden un einen vorbestimmten Schwellenwert mit einer vorbestimmten Häufigkeit kontinuierlich als Zeitreihe überschreitet.

[0229] Die Anomalieerkennungsvorrichtung 1a der vorliegenden Ausführungsform kann die Zusatzzustandslerneinheit 23 zusätzlich zu den Komponenten der in der ersten Ausführungsform beschriebenen Anomalieerkennungsvorrichtung 1 beinhalten. Die Zusatzzustandslerneinheit 23 beinhaltet die Zustandsmerkmalspeichereinheit 231, die Zustandslernbestimmungseinheit 232, die Zustandsmerkmalsextraktionseinheit 233 und die Zusatzzustandslernausführungseinheit 234.

[0230] Die Zustandsmerkmalspeichereinheit 231 speichert die Erkennungszustandsmerkmale dsc. Die Zustandslernbestimmungseinheit 232 bestimmt auf Grundlage des Unbekanntheitsgrads un, ob das Zusatzzustandslernen auszuführen ist oder nicht. Die Zustandsmerkmalsextraktionseinheit 233 extrahiert die Erkennungszustandsmerkmale dsc, die bei dem Zusatzzustandslernen zu verwenden sind, aus der Zustandsmerkmalsspeichereinheit 231, wenn die Zustandslernbestimmungseinheit 232 bestimmt, das Zusatzzustandslernen auszuführen. Die Zusatzzustandslernausführungseinheit 234 gibt die Ergebnisse der Ausführung des Zusatzzustandslernens auf Grundlage der extrahierten Erkennungszustandsmerkmale dsc als die Zusatzzustandslernergebnisse aslr aus.

[0231] Das Anomalieerkennungsverfahren der vorliegenden Ausführungsform kann einen Zusatzzustandslernschritt zusätzlich zu den Schritten beinhalten, die bei dem in der ersten Ausführungsform beschriebenen Anomalieerkennungsverfahren beinhaltet sind. Der Zusatzzustandslernschritt beinhaltet einen Zustandsmerkmalsspeicherschritt, einen Zustandslernbestimmungsschritt, einen Zustandsmerkmalsextraktionsschritt und einen Zusatzzustandslernausführungsschritt.

[0232] Der Zustandsmerkmalspeicherschritt speichert die Erkennungszustandsmerkmale dsc. Der Zustandslernbestimmungsschritt bestimmt auf Grundlage des Unbekanntheitsgrads un, ob das Zusatzzustandslernen auszuführen ist oder nicht. Wenn der Zustandslernbestimmungsschritt bestimmt, den Zusatzzustandslernschritt auszuführen, extrahiert der Zustandsmerkmalsextraktionsschritt die Erkennungszustandsmerkmale dsc, die bei dem Zusatzzustandslernen zu verwenden sind, aus den Erkennungszustandsmerkmalen dsc, die in dem Zustandsmerkmalsspeicherschritt gespeichert werden. Der Zusatzzustandslernausführungsschritt gibt die Ergebnisse der Ausführung des Zusatzzustandslernens auf Grundlage der extrahierten Erkennungszustandsmerkmale dsc als die Zusatzzustandslernergebnisse aslr aus.

[0233] Wie vorstehend beschrieben, kann die vorliegende Ausführungsform der Anomalieerkennungsvorrichtung weniger Fehlerkennung und Übersehen bereitstellen, wenn der Zustand der mechanischen Einrichtung 2 mit variablen Betriebsbedingungen erkannt wird. Durch Ausführen des Zusatzbedingungslernen, wenn dies erforderlich ist, können die von der Unbekanntheitsgradberechnungseinheit 18a gehaltenen Bedingungslernergebnisse aktualisiert werden. Durch Ausführen des Zusatzzustandslernens, wenn dies erforderlich ist, können die von der Anomaliegradberechnungseinheit 14a gehaltenen Bedingungslernergebnisse aktualisiert werden. Dies ermöglicht eine genauere Anomalieerkennung, wenn der Zustand der mechanischen Einrichtung 2 mit variablen Betriebsbedingungen erkannt wird.

Ferner kann das Auftreten von Fehlerkennung und Übersehen verringert werden.

Liste der Bezugszeichen

[0234] 1, 1a Anomalieerkennungsvorrichtung; 2 mechanische Einrichtung; 3 Steuervorrichtung; 11 Zustandssignalerzeugungseinheit; 12 Zustandsmerkmalserzeugungseinheit; 13 Ausgangszustandslerneinheit; 14 Anomaliegradberechnungseinheit; 15 Bedingungssignalerzeugungseinheit; 16 Bedingungsmerkmalserzeugungseinheit; 17 Ausgangsbedingungslerneinheit; 18 Unbekanntheitsgradberechnungseinheit; 19 Anomaliebestimmungseinheit; 20 Motor; 22 Zusatzbedingungslerneinheit; 23 Zusatzzustandslerneinheit; 201 Kugelgewindetrieb; 202 beweglicher Teil; 203 Führung; 204 Kugelumlaufspindel; 202 Kupplung; 203 Servomotorwelle; 204 Servomotor; 205 Drehgeber; 221 Bedingungsmerkmalsspeichereinheit; 222 Bedingungslernbestimmungseinheit; 223 Bedingungsmerkmalsextraktionseinheit; 224 Zusatzbedingungslernausführungseinheit; 231 Zustandsmerkmalsspeichereinheit; 232 Zustandslernbestimmungseinheit; 233 Zustandsmerkmalsextraktionseinheit; 234 Zusatzzustandslernausführungseinheit; 310 Stromsensor; 311 Treiber; 301 SPS; 401 PC; 402 SPS-Anzeige; 403 PC-Anzeige; cc Bedingungsmerkmal; clr Bedingungslernergebnis; cs Bedingungssignal; df Antriebskraft; jr Bestimmungsergebnis; oc Betriebsbedingung; Leistung pw; Zustandsgröße sa; Zustandsmerkmal sc; Zustandslernergebnis slr; Zustandssignal ss.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- JP 2021-086220 [0010]

Patentansprüche

1. Anomalieerkennungsvorrichtung, umfassend:
eine Zustandssignalerzeugungseinheit, um ein Zustandssignal durch Erkennen eines Zustands einer mechanischen Einrichtung als Zeitreihe zu erzeugen;
eine Bedingungssignalerzeugungseinheit, um ein Bedingungssignal durch Erkennen einer Betriebsbedingung, die einen Betriebsstatus der mechanischen Einrichtung angibt, als Zeitreihe zu erzeugen;
eine Zustandsmerkmalserzeugungseinheit, um Zustandsmerkmale auf Grundlage des Zustandssignals zu erzeugen;
eine Bedingungsmerkmalserzeugungseinheit, um Bedingungsmerkmale auf Grundlage des Bedingungssignals zu erzeugen;
eine Ausgangszustandslerneinheit, um als Ausgangszustandslernergebnisse Lernergebnissen auf Grundlage von Ausgangslernzustandsmerkmalen, bei denen es sich um die Zustandsmerkmale zu einem Zeitpunkt eines Ausgangszustandslernens handelt, auszugeben;
eine Ausgangsbedingungslerneinheit, um als Ausgangsbedingungslernergebnisse Lernergebnisse auf Grundlage von Ausgangslernbedingungsmerkmalen, bei denen es sich um die Bedingungsmerkmale zu einem Zeitpunkt eines Ausgangsbedingungslernens handelt, auszugeben;
eine Anomaliegradberechnungseinheit, um die Ausgangszustandslernergebnisse oder Zusatzzustandslernergebnisse als Zustandslernergebnisse zu erlangen und einen Anomaliegrad auf Grundlage der Zustandslernergebnisse und Erkennungszustandsmerkmale, bei denen es sich um die Zustandsmerkmale zu einem Zeitpunkt der Erkennung handelt, zu berechnen; und
eine Unbekanntheitsgradberechnungseinheit, um die Ausgangsbedingungslernergebnisse oder Zusatzbedingungslernergebnisse als Bedingungslernergebnisse zu erlangen und einen Unbekanntheitsgrad auf Grundlage der Bedingungslernergebnisse und von Erkennungsbedingungsmerkmalen, bei denen es sich um die Bedingungsmerkmale zum Zeitpunkt der Erkennung handelt, zu berechnen.

2. Anomalieerkennungsvorrichtung nach Anspruch 1, umfassend eine Anomaliebestimmungseinheit, um eine Anomalie in der mechanischen Einrichtung auf Grundlage des Anomaliegrads und des Unbekanntheitsgrads zu erkennen.

3. Anomalieerkennungsvorrichtung nach Anspruch 2, wobei die Anomaliebestimmungseinheit bestimmt, dass der Zustand der mechanischen Einrichtung anomal ist, wenn der Anomaliegrad größer als ein vorbestimmter erster Schwellenwert ist und der Unbekanntheitsgrad kleiner als ein vorbestimmter zweiter Schwellenwert ist.

4. Anomalieerkennungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei
die Bedingungsmerkmalserzeugungseinheit
eine Vielzahl von Statistiken, die aus dem Bedingungssignal zu einer Vielzahl von Zeitpunkten berechnet werden, als die Bedingungsmerkmale erzeugt.

5. Anomalieerkennungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Bedingungsmerkmalserzeugungseinheit Frequenzeigenschaften des Bedingungssignals als Zeitreihe durch Frequenzanalyse als die Bedingungsmerkmale erzeugt.

6. Anomalieerkennungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei
die mechanische Einrichtung zum Betrieb durch einen Motor angetrieben wird und
die Betriebsbedingung ein Steuersignal ist, um eine Form einer Zeitreaktion von mindestens einem von einer Position des Motors, einer Drehzahl des Motors, einer Beschleunigung des Motors, einem Ruck des Motors oder einer Antriebskraft des Motors zu definieren.

7. Anomalieerkennungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, umfassend
eine Zusatzbedingungslerneinheit,
wobei die Zusatzbedingungslerneinheit Folgendes beinhaltet
eine Bedingungsmerkmalsspeichereinheit, um die Erkennungsbedingungsmerkmale zu speichern,
eine Bedingungslernbestimmungseinheit, um zu bestimmen, ob ein Zusatzbedingungslernen auf Grundlage des Unbekanntheitsgrads auszuführen ist oder nicht,
eine Bedingungsmerkmalsextraktionseinheit, um die Erkennungsbedingungsmerkmale, die bei dem Zusatzbedingungslernen zu verwenden sind, aus der Bedingungsmerkmalspeichereinheit zu extrahieren, wenn die Bedingungslernbestimmungseinheit bestimmt, das Zusatzbedingungslernen auszuführen, und
eine Zusatzbedingungslernausführungseinheit, um als die Zusatzbedingungslernergebnisse Ergebnisse einer Ausführung des Zusatzbedingungslernens auf Grundlage der extrahierten Erkennungsbedingungsmerkmale auszugeben.

8. Anomalieerkennungsvorrichtung nach Anspruch 7, wobei, wenn die Zusatzbedingungslernausführungseinheit die Zusatzbedingungslernergebnisse ausgibt, die Unbekanntheitsberechnungseinheit die Bedingungslernergebnisse von den gehaltenen Bedingungslernergebnissen auf die ausgegebenen Zusatzbedingungslernergebnisse aktualisiert, und nach Durchführen der Aktualisierung der Bedingungslernergebnisse die Unbekanntheitsgradberechnungseinheit den Unbekanntheitsgrad auf Grundlage der aktualisierten Bedingungslernergeb-

nisse und der nach der Aktualisierung von der Bedingungsmerkmalserzeugungseinheit ausgegebenen Erkennungsbedingungsmerkmale berechnet.

9. Anomalieerkennungsvorrichtung nach Anspruch 7, wobei die Bedingungslernbestimmungseinheit bestimmt, das Zusatzbedingungslernen auszuführen, wenn der Unbekanntheitsgrad einen vorbestimmten dritten Schwellenwert überschreitet, und bestimmt, das Zusatzbedingungslernen nicht auszuführen, wenn der Unbekanntheitsgrad kleiner oder gleich dem vorbestimmten dritten Schwellenwert ist.

10. Anomalieerkennungsvorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, wobei die Bedingungslernbestimmungseinheit nur dann bestimmt, das Zusatzbedingungslernen auszuführen, wenn der Unbekanntheitsgrad einen vorbestimmten Schwellenwert mit einer vorbestimmten Häufigkeit kontinuierlich als Zeitreihe überschreitet.

11. Anomalieerkennungsvorrichtung nach Anspruch 7, umfassend
eine Zusatzzustandslerneinheit,
wobei die Zusatzzustandslerneinheit Folgendes beinhaltet
eine Zustandsmerkmalspeichereinheit, um die Erkennungszustandsmerkmale zu speichern,
eine Zustandslernbestimmungseinheit, um zu bestimmen, ob ein Zusatzzustandslernen auf Grundlage des Unbekanntheitsgrads auszuführen ist oder nicht,
eine Zustandsmerkmalsextraktionseinheit, um die Erkennungszustandsmerkmale, die bei dem Zusatzzustandslernen zu verwenden sind, aus der Zustandsmerkmalsspeichereinheit zu extrahieren, wenn die Zustandslernbestimmungseinheit bestimmt, das Zusatzzustandslernen auszuführen, und
eine Zusatzzustandslernausführungseinheit, um als die Zusatzzustandslernergebnisse Ergebnisse einer Ausführung des Zusatzzustandslernens auf Grundlage der extrahierten Erkennungszustandsmerkmale auszugeben.

12. Mechanisches System, umfassend:
eine mechanische Einrichtung;
eine Zustandssignalerzeugungseinheit, um ein Zustandssignal durch Erkennen eines Zustands der mechanischen Einrichtung als Zeitreihe zu erzeugen;
eine Bedingungssignalerzeugungseinheit, um ein Bedingungssignal durch Erkennen einer Betriebsbedingung, die einen Betriebsstatus der mechanischen Einrichtung angibt, als Zeitreihe zu erzeugen;
eine Zustandsmerkmalserzeugungseinheit, um Zustandsmerkmale auf Grundlage des Zustandssignals zu erzeugen;
eine Bedingungsmerkmalserzeugungseinheit, um Bedingungsmerkmale auf Grundlage des Bedingungssignals zu erzeugen;
eine Ausgangszustandslerneinheit, um als Ausgangszustandslernergebnisse Lernergebnissen auf Grundlage von Ausgangslernzustandsmerkmalen, bei denen es sich um die Zustandsmerkmale zu einem Zeitpunkt eines Ausgangszustandslernens handelt, auszugeben;
eine Ausgangsbedingungslerneinheit, um als Ausgangsbedingungslernergebnisse Lernergebnisse auf Grundlage von Ausgangslernbedingungsmerkmalen, bei denen es sich um die Bedingungsmerkmale zu einem Zeitpunkt eines Ausgangsbedingungslernens handelt, auszugeben;
eine Anomaliegradberechnungseinheit, um die Ausgangszustandslernergebnisse oder Zusatzzustandslernergebnisse als Zustandslernergebnisse zu erlangen und einen Anomaliegrad auf Grundlage der Zustandslernergebnisse und Erkennungszustandsmerkmale, bei denen es sich um die Zustandsmerkmale zu einem Zeitpunkt der Erkennung handelt, zu berechnen; und
eine Unbekanntheitsgradberechnungseinheit, um die Ausgangsbedingungslernergebnisse oder Zusatzbedingungslernergebnisse als Bedingungslernergebnisse zu erlangen und einen Unbekanntheitsgrad auf Grundlage der Bedingungslernergebnisse und von Erkennungsbedingungsmerkmalen, bei denen es sich um die Bedingungsmerkmale zum Zeitpunkt der Erkennung handelt, zu berechnen.

13. Anomalieerkennungsverfahren, umfassend:
einen Zustandssignalerzeugungsschritt zum Erzeugen eines Zustandssignals durch Erkennen eines Zustands einer mechanischen Einrichtung als Zeitreihe;
einen Bedingungssignalerzeugungsschritt zum Erzeugen eines Bedingungssignals durch Erkennen einer Betriebsbedingung, die einen Betriebsstatus der mechanischen Einrichtung angibt, als Zeitreihe;
einen Zustandsmerkmalserzeugungsschritt zum Erzeugen von Zustandsmerkmalen auf Grundlage des Zustandssignals;
einen Bedingungsmerkmalserzeugungsschritt zum Erzeugen von Bedingungsmerkmalen auf Grundlage des Bedingungssignals;
einen Ausgangszustandslernschritt zum Ausgeben, als Ausgangszustandslernergebnisse, von Lernergebnissen auf Grundlage von Ausgangslernzustandsmerkmalen, bei denen es sich um die Zustandsmerkmale zu einem Zeitpunkt eines Ausgangszustandslernens handelt;
einen Ausgangsbedingungslernschritt zum Ausgaben, als Ausgangsbedingungslernergebnisse, von Lernergebnissen auf Grundlage von Ausgangslernbedingungsmerkmalen, bei denen es sich um die Bedingungsmerkmale zu einem Zeitpunkt eines Ausgangsbedingungslernens handelt;
einen Anomaliegradberechnungsschritt zum Erlan-

gen der Ausgangszustandslernergebnisse oder Zusatzzustandslernergebnisse als Zustandslernergebnisse und Berechnen eines Anomaliegrads auf Grundlage der Zustandslernergebnisse und Erkennungszustandsmerkmale, bei denen es sich um die Zustandsmerkmale zu einem Zeitpunkt der Erkennung handelt; und

einen Unbekanntheitsgradberechnungsschritt zum Erlangen der Ausgangsbedingungslernergebnisse oder Zusatzbedingungslernergebnisse als Bedingungslernergebnisse und Berechnen eines Unbekanntheitsgrads auf Grundlage der Bedingungslernergebnisse und von Erkennungsbedingungsmerkmalen, bei denen es sich um die Bedingungsmerkmale zum Zeitpunkt der Erkennung handelt.

Es folgen 19 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG.1

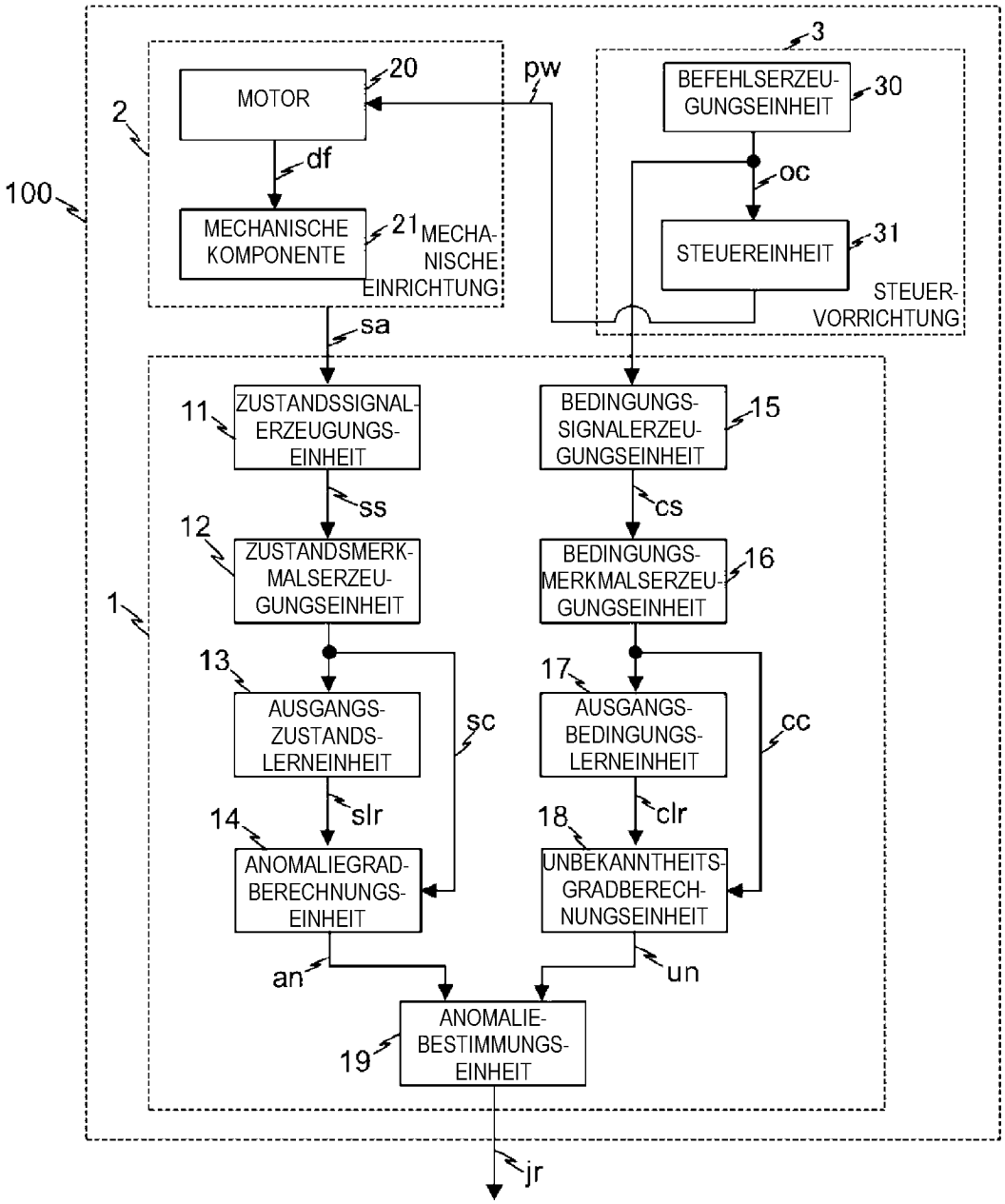


FIG.2

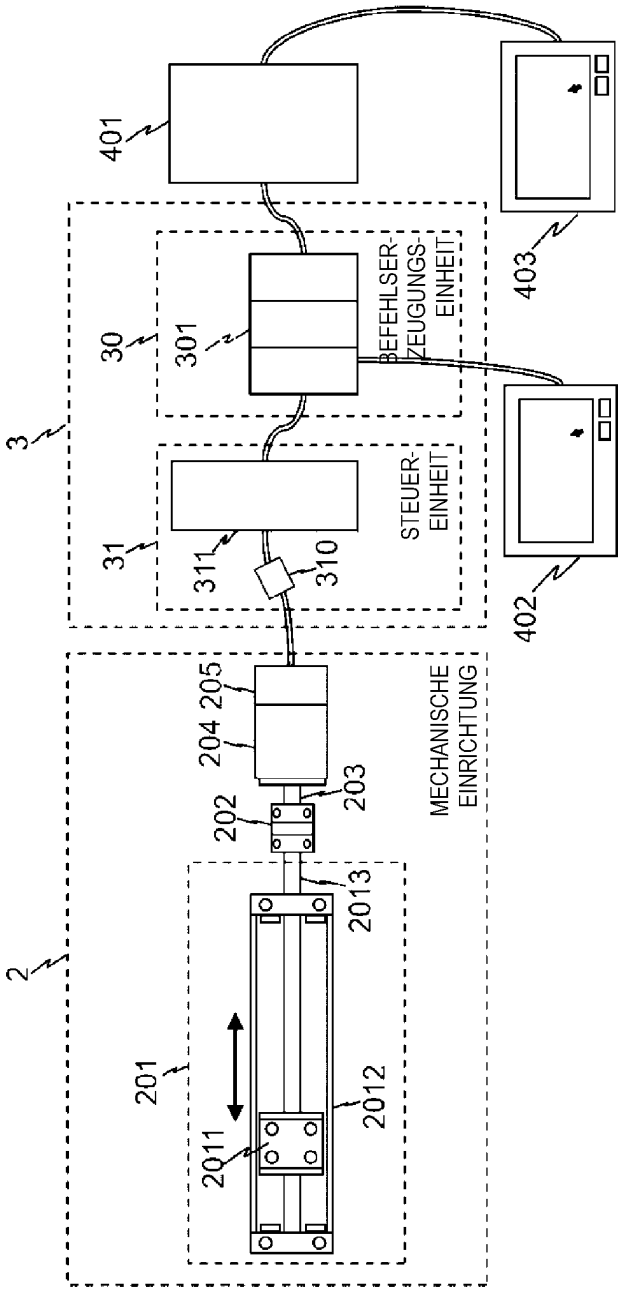

401
403
BEFEHLSER-ZEUGUNGS-EINHEIT
30
301
3
STEUER-EINHEIT
31
311
310
402
MECHANISCHE EINRICHTUNG
204
205
203
202
2013
2
201
2012
2011

FIG.3

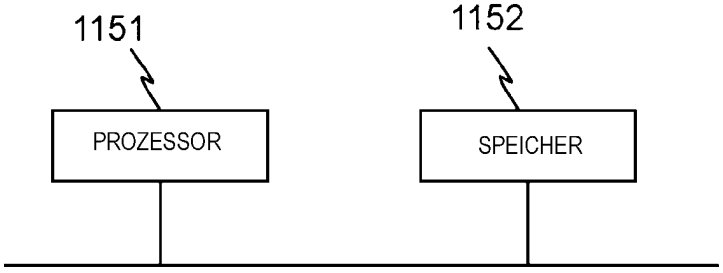

1151
1152
PROZESSOR
SPEICHER

FIG.4

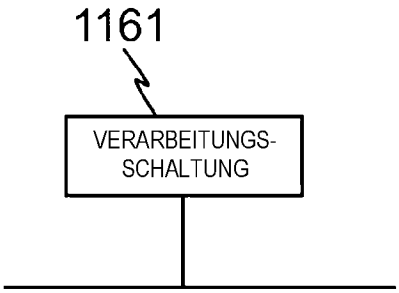

1161
VERARBEITUNGS-
SCHALTUNG

FIG.5

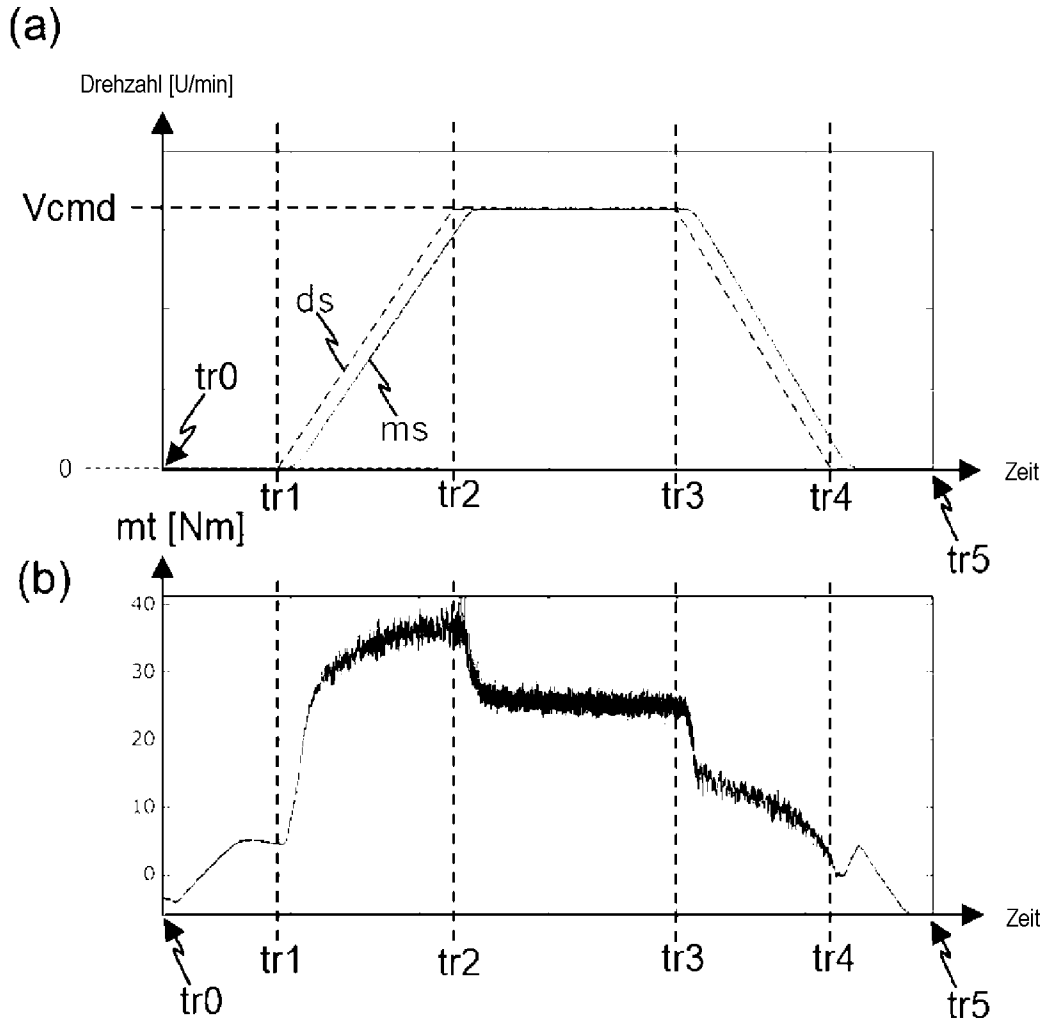

(a)
Drehzahl [U/min]
Vcmd
ds
ms
tr0
0
tr1
tr2
tr3
tr4
tr5
Zeit
mt [Nm]
(b)
40
30
20
10
0
tr0
tr1
tr2
tr3
tr4
tr5
Zeit

FIG.6

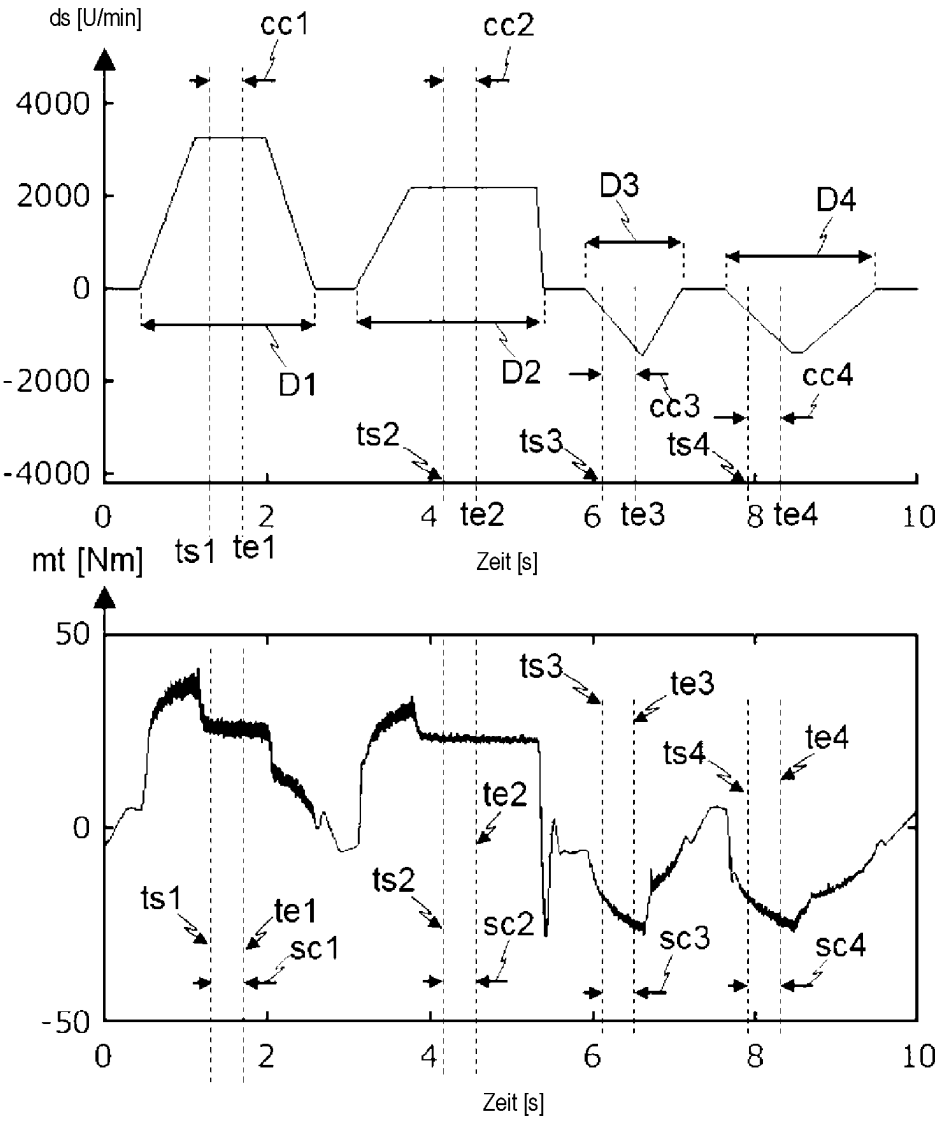

ds [U/min]
cc1
cc2
4000
2000
0
-2000
-4000
D1
D2
D3
D4
cc3
cc4
ts2
ts3
ts4
0
2
4
te2
6
te3
8
te4
10
ts1
te1
Zeit [s]
mt [Nm]
50
0
-50
ts3
te3
ts4
te4
te2
ts2
ts1
te1
sc1
sc2
sc3
sc4
0
2
4
6
8
10
Zeit [s]

FIG.7

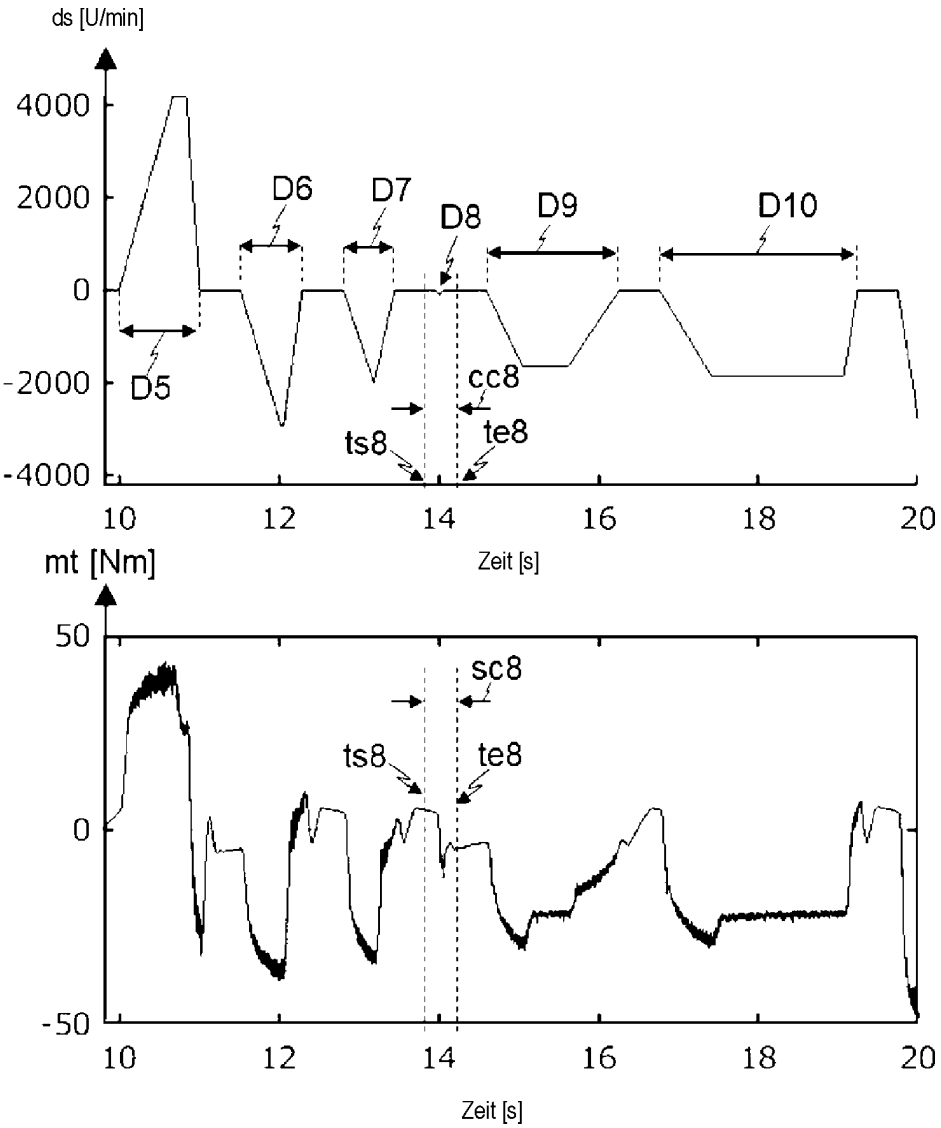

ds [U/min]
4000
2000
0
-2000
-4000
D5
D6
D7
D8
D9
D10
cc8
ts8
te8
10
12
14
16
18
20
Zeit [s]
mt [Nm]
50
0
-50
sc8
ts8
te8
10
12
14
16
18
20
Zeit [s]

FIG.8

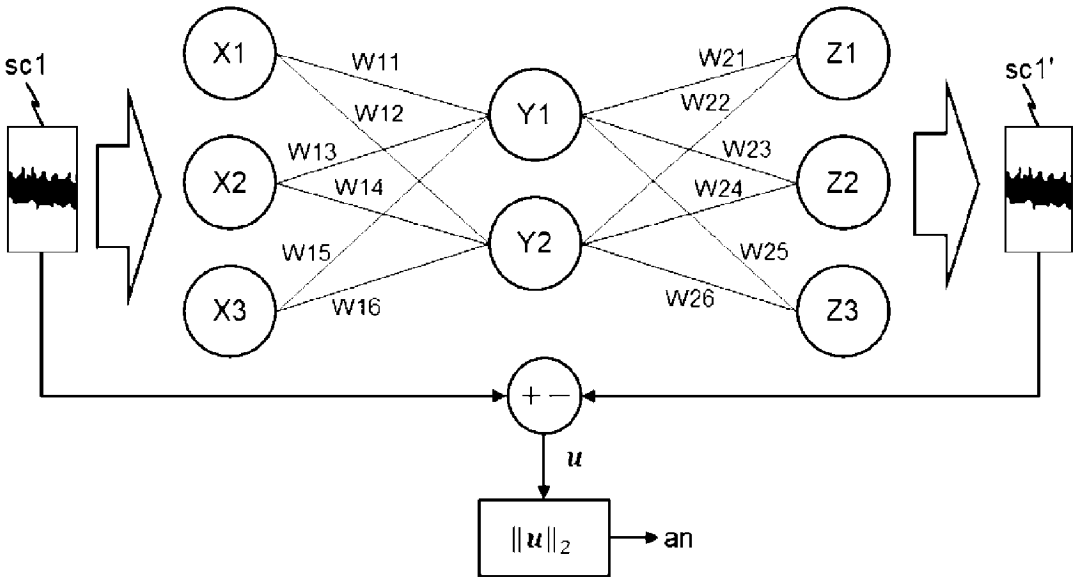

sc1
X1
X2
X3
W11
W12
W13
W14
W15
W16
Y1
Y2
W21
W22
W23
W24
W25
W26
Z1
Z2
Z3
sc1'
+ −
u
$\|u\|_2$
an

FIG.9

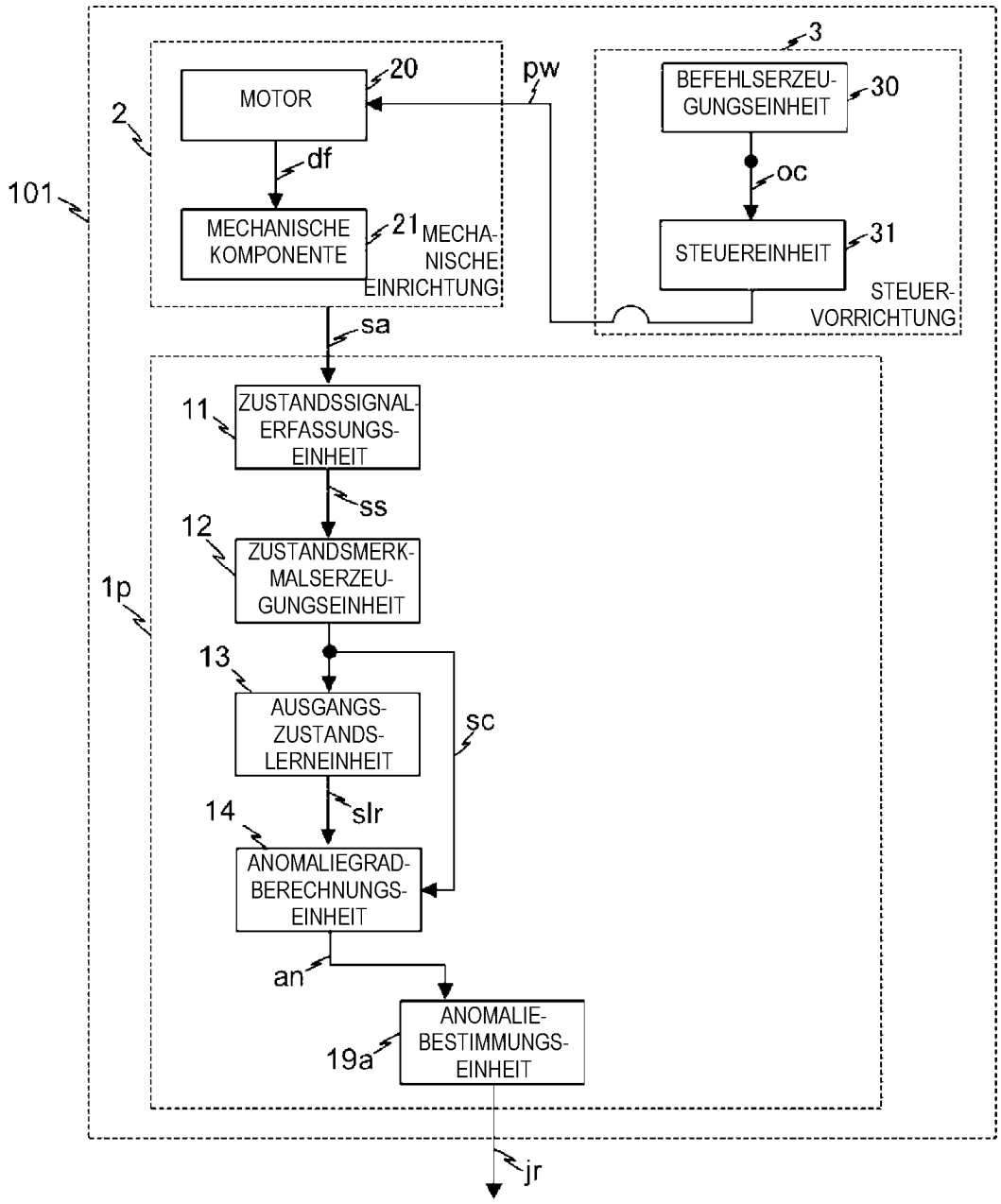

101
2
MOTOR
20
df
MECHANISCHE KOMPONENTE
21
MECHA-NISCHE EINRICHTUNG
pw
3
BEFEHLSERZEU-GUNGSEINHEIT
30
oc
STEUEREINHEIT
31
STEUER-VORRICHTUNG
sa
1p
11
ZUSTANDSSIGNAL-ERFASSUNGS-EINHEIT
ss
12
ZUSTANDSMERK-MALSERZEU-GUNGSEINHEIT
13
AUSGANGS-ZUSTANDS-LERNEINHEIT
sc
slr
14
ANOMALIEGRAD-BERECHNUNGS-EINHEIT
an
19a
ANOMALIE-BESTIMMUNGS-EINHEIT
jr

FIG.10

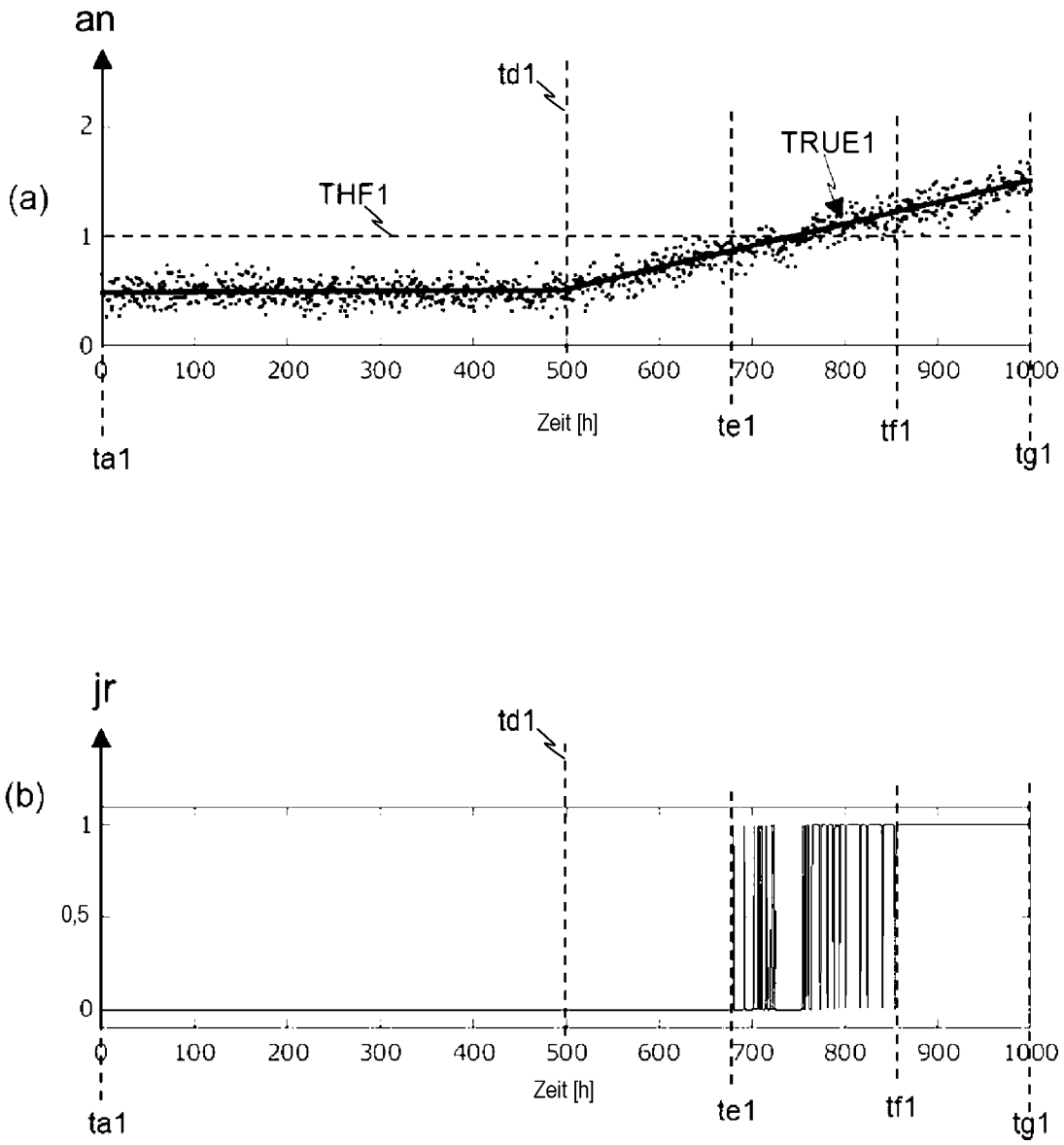

(a)
an
td1
TRUE1
THF1
2
1
0
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000
Zeit [h]
ta1
te1
tf1
tg1
(b)
jr
td1
1
0,5
0
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000
Zeit [h]
ta1
te1
tf1
tg1

FIG.11

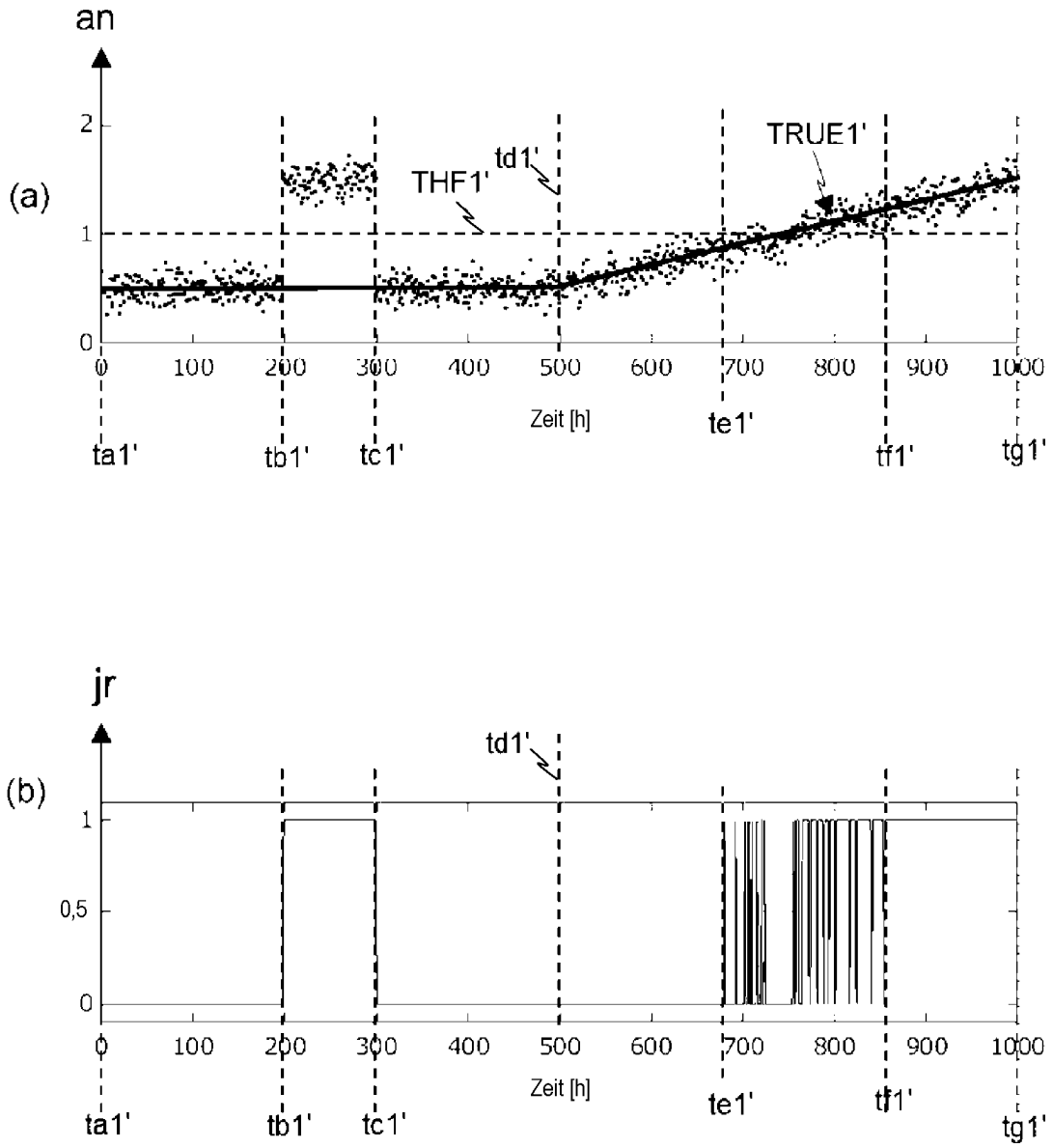

(a)
an
2
1
0
THF1'
td1'
TRUE1'
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000
Zeit [h]
ta1'
tb1'
tc1'
te1'
tf1'
tg1'
(b)
jr
td1'
1
0,5
0
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000
Zeit [h]
ta1'
tb1'
tc1'
te1'
tf1'
tg1'

FIG.12

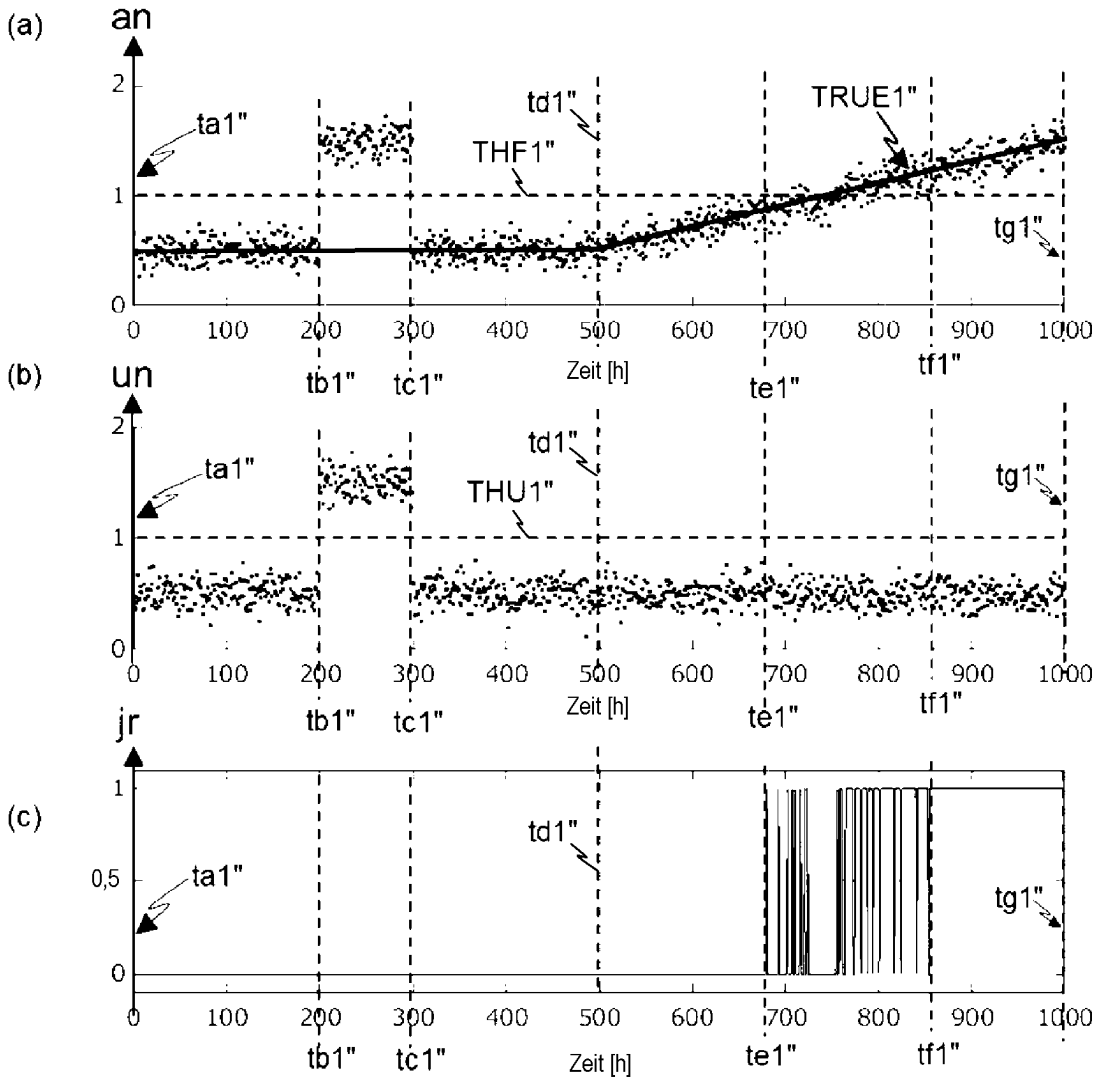

(a)
an
2
1
0
ta1"
td1"
THF1"
TRUE1"
tg1"
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000
Zeit [h]
tb1"
tc1"
te1"
tf1"
(b)
un
2
1
0
ta1"
td1"
THU1"
tg1"
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000
Zeit [h]
tb1"
tc1"
te1"
tf1"
(c)
jr
1
0,5
0
ta1"
td1"
tg1"
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000
Zeit [h]
tb1"
tc1"
te1"
tf1"

FIG.13

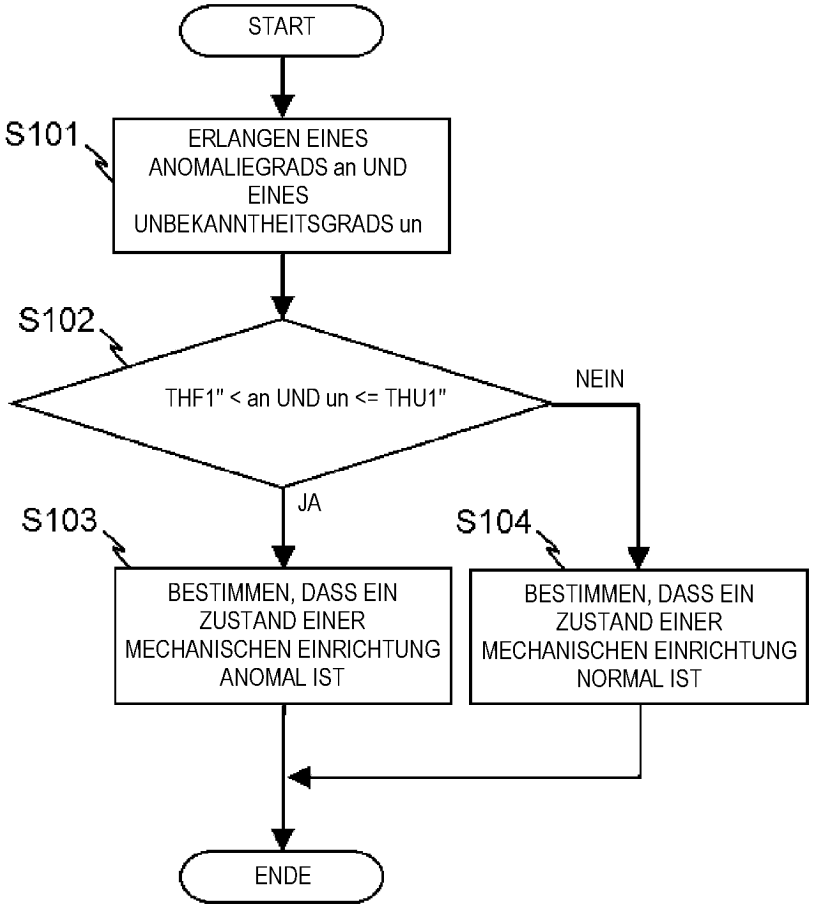

START
S101
ERLANGEN EINES ANOMALIEGRADS an UND EINES UNBEKANNTHEITSGRADS un
S102
THF1" < an UND un <= THU1"
NEIN
JA
S103
BESTIMMEN, DASS EIN ZUSTAND EINER MECHANISCHEN EINRICHTUNG ANOMAL IST
S104
BESTIMMEN, DASS EIN ZUSTAND EINER MECHANISCHEN EINRICHTUNG NORMAL IST
ENDE

FIG.14

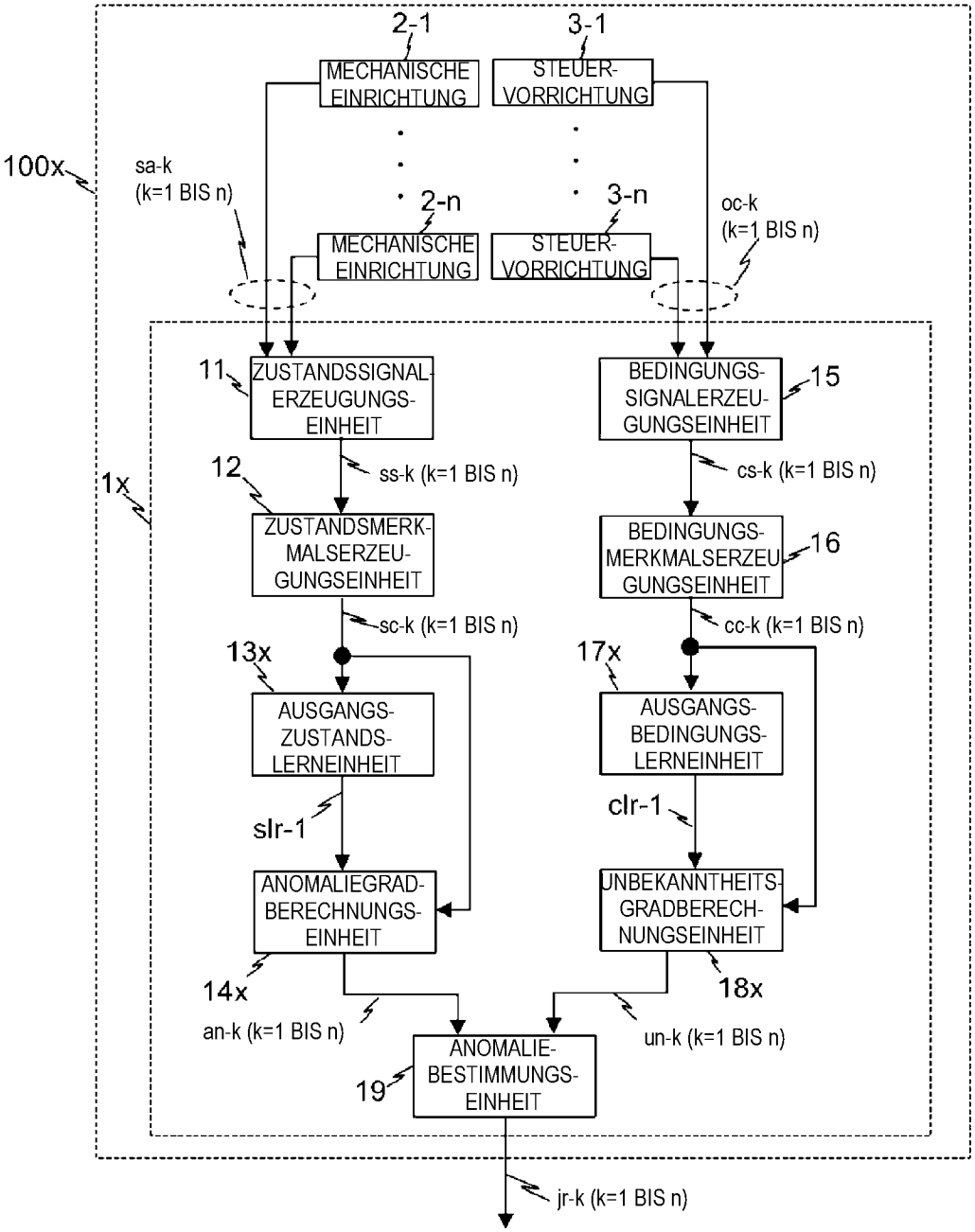

2-1
3-1
MECHANISCHE EINRICHTUNG
STEUER-VORRICHTUNG
100x
sa-k (k=1 BIS n)
2-n
3-n
oc-k (k=1 BIS n)
MECHANISCHE EINRICHTUNG
STEUER-VORRICHTUNG
11
ZUSTANDSSIGNAL-ERZEUGUNGS-EINHEIT
BEDINGUNGS-SIGNALERZEU-GUNGSEINHEIT
15
ss-k (k=1 BIS n)
cs-k (k=1 BIS n)
1x
12
ZUSTANDSMERK-MALSERZEU-GUNGSEINHEIT
BEDINGUNGS-MERKMALSERZEU-GUNGSEINHEIT
16
sc-k (k=1 BIS n)
cc-k (k=1 BIS n)
13x
17x
AUSGANGS-ZUSTANDS-LERNEINHEIT
AUSGANGS-BEDINGUNGS-LERNEINHEIT
slr-1
clr-1
ANOMALIEGRAD-BERECHNUNGS-EINHEIT
UNBEKANNTHEITS-GRADBERECH-NUNGSEINHEIT
14x
18x
an-k (k=1 BIS n)
un-k (k=1 BIS n)
ANOMALIE-BESTIMMUNGS-EINHEIT
19
jr-k (k=1 BIS n)

FIG.15

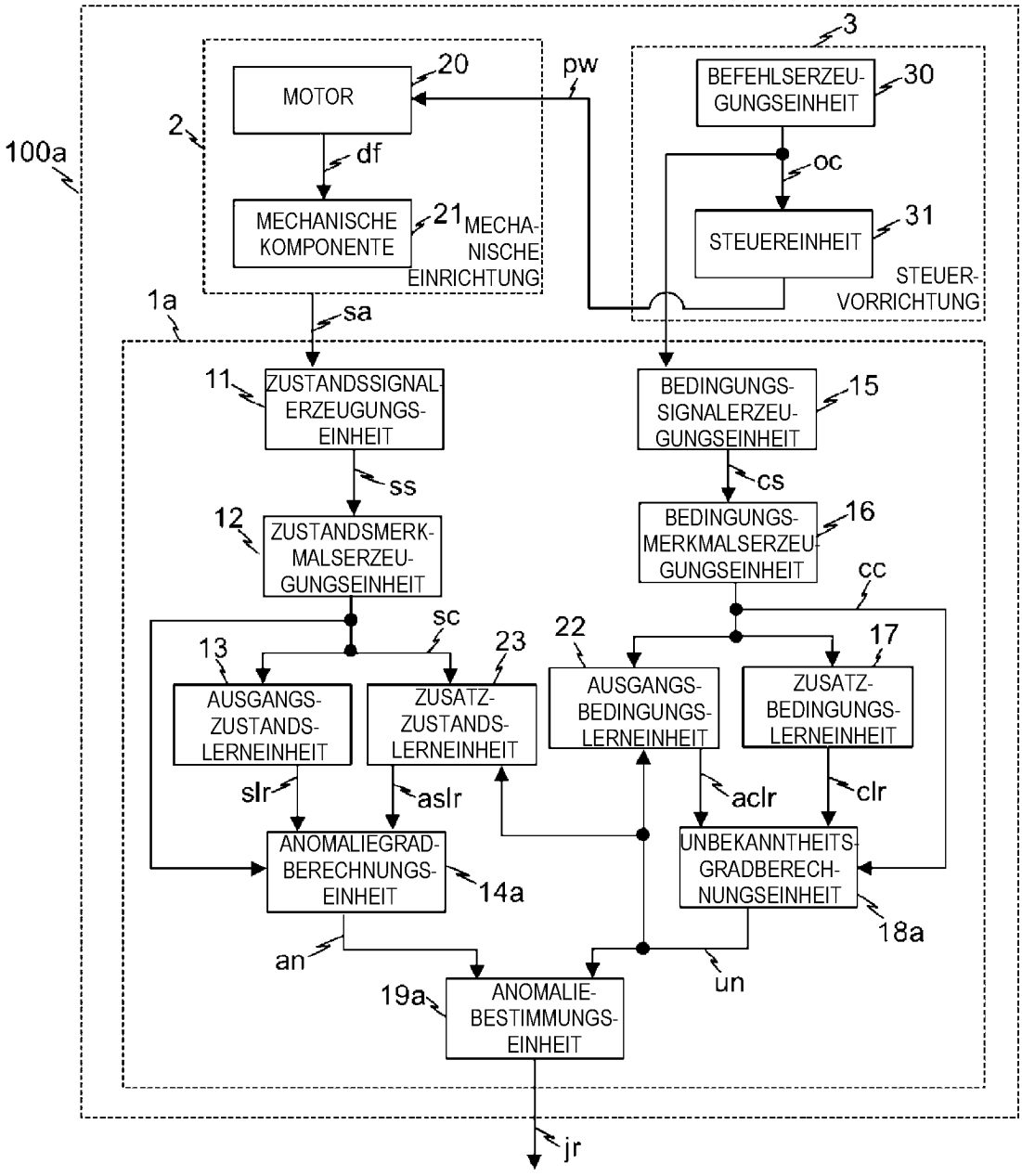

100a
2
MOTOR
20
df
MECHANISCHE KOMPONENTE
21
MECHA-NISCHE EINRICHTUNG
pw
3
BEFEHLSERZEU-GUNGSEINHEIT
30
oc
STEUEREINHEIT
31
STEUER-VORRICHTUNG
1a
sa
11
ZUSTANDSSIGNAL-ERZEUGUNGS-EINHEIT
ss
12
ZUSTANDSMERK-MALSERZEU-GUNGSEINHEIT
sc
13
AUSGANGS-ZUSTANDS-LERNEINHEIT
23
ZUSATZ-ZUSTANDS-LERNEINHEIT
slr
aslr
ANOMALIEGRAD-BERECHNUNGS-EINHEIT
14a
an
19a
ANOMALIE-BESTIMMUNGS-EINHEIT
jr
BEDINGUNGS-SIGNALERZEU-GUNGSEINHEIT
15
cs
BEDINGUNGS-MERKMALSERZEU-GUNGSEINHEIT
16
cc
22
AUSGANGS-BEDINGUNGS-LERNEINHEIT
17
ZUSATZ-BEDINGUNGS-LERNEINHEIT
aclr
clr
UNBEKANNTHEITS-GRADBERECH-NUNGSEINHEIT
18a
un

FIG.16

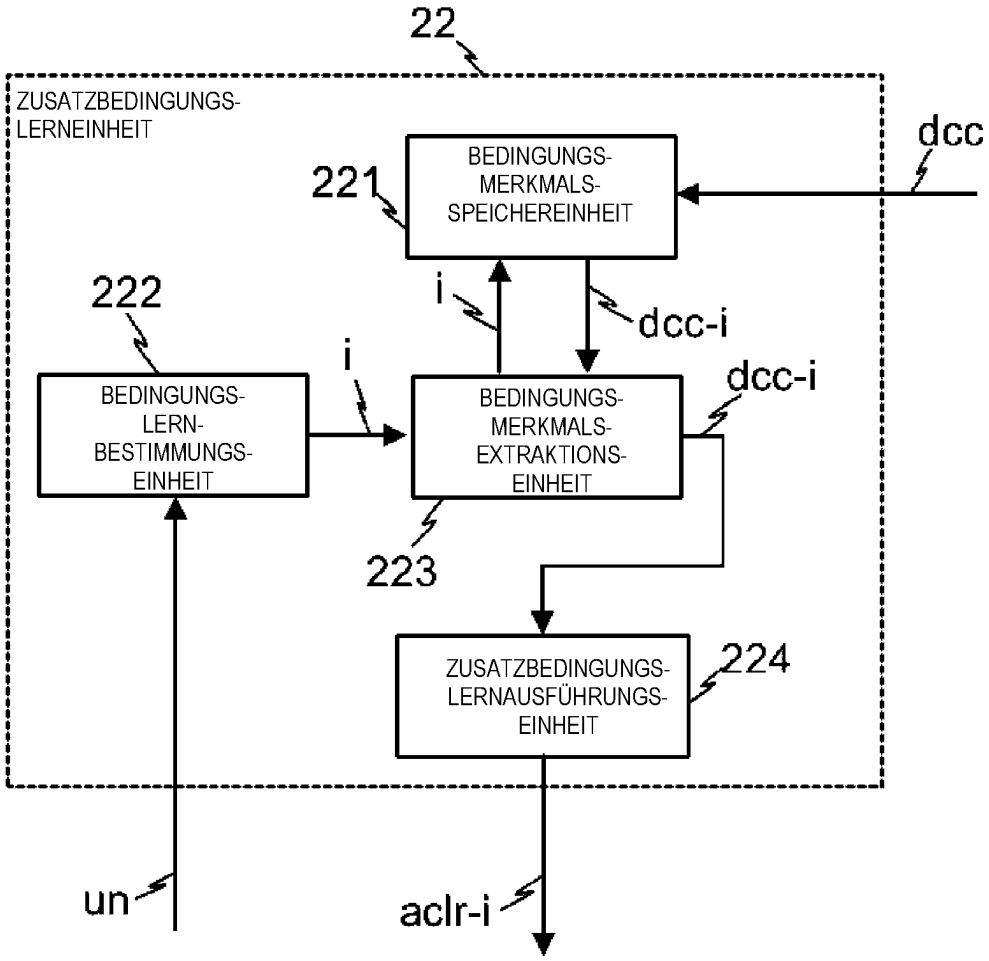

22
ZUSATZBEDINGUNGS-
LERNEINHEIT
dcc
221
BEDINGUNGS-
MERKMALS-
SPEICHEREINHEIT
222
i
dcc-i
i
dcc-i
BEDINGUNGS-
LERN-
BESTIMMUNGS-
EINHEIT
BEDINGUNGS-
MERKMALS-
EXTRAKTIONS-
EINHEIT
223
224
ZUSATZBEDINGUNGS-
LERNAUSFÜHRUNGS-
EINHEIT
un
aclr-i

FIG.17

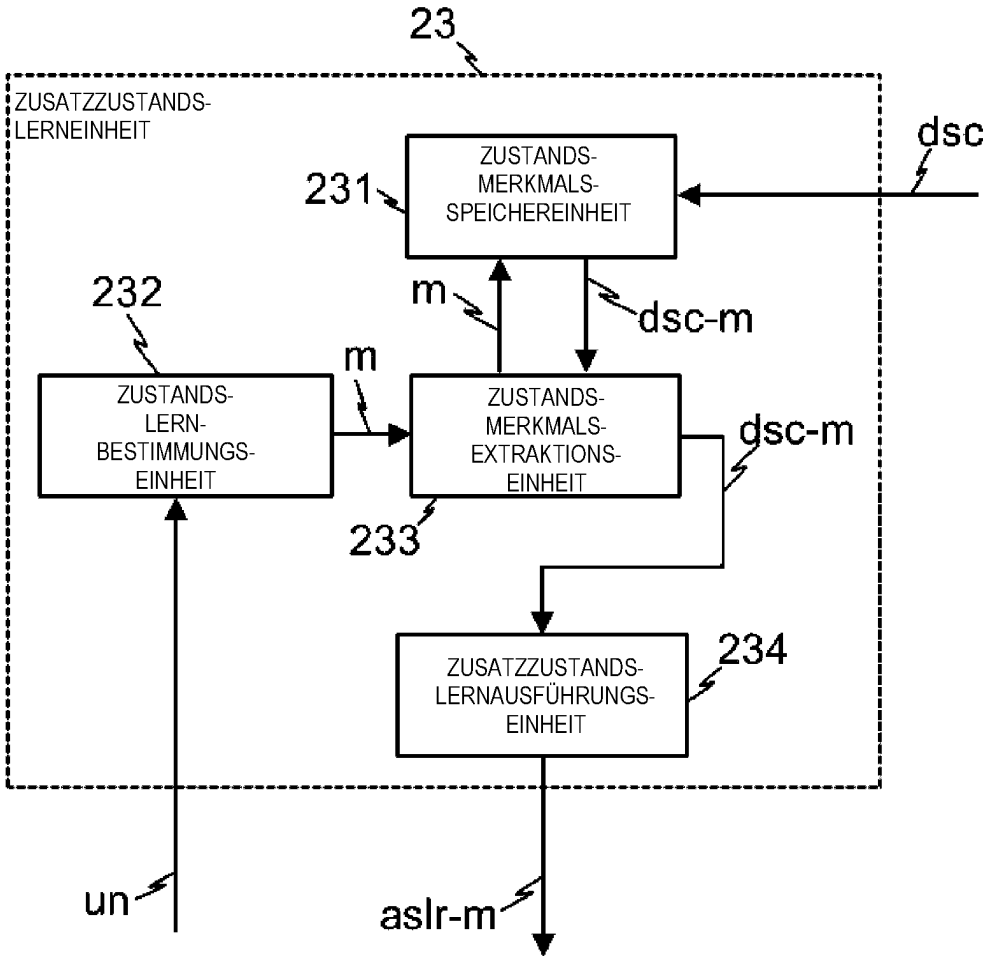

23
ZUSATZZUSTANDS-
LERNEINHEIT
dsc
231
ZUSTANDS-
MERKMALS-
SPEICHEREINHEIT
232
m
dsc-m
m
ZUSTANDS-
LERN-
BESTIMMUNGS-
EINHEIT
ZUSTANDS-
MERKMALS-
EXTRAKTIONS-
EINHEIT
dsc-m
233
234
ZUSATZZUSTANDS-
LERNAUSFÜHRUNGS-
EINHEIT
un
aslr-m

FIG.18

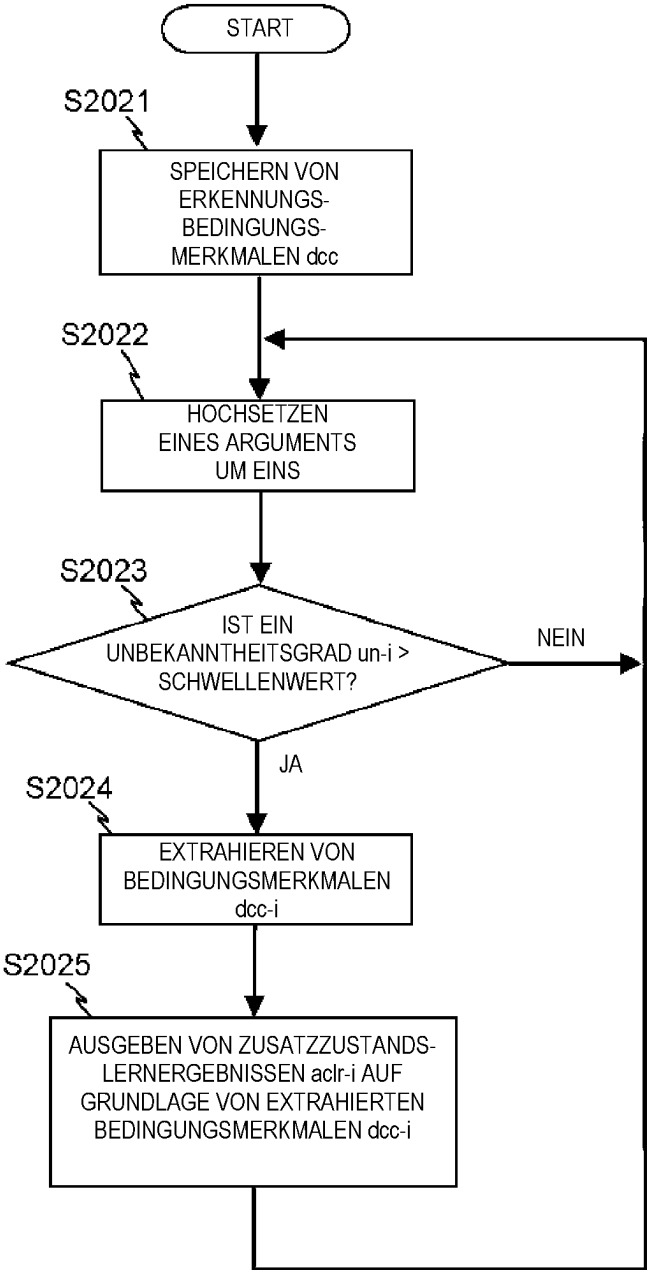

START
S2021
SPEICHERN VON ERKENNUNGS-BEDINGUNGS-MERKMALEN dcc
S2022
HOCHSETZEN EINES ARGUMENTS UM EINS
S2023
IST EIN UNBEKANNTHEITSGRAD un-i > SCHWELLENWERT?
NEIN
JA
S2024
EXTRAHIEREN VON BEDINGUNGSMERKMALEN dcc-i
S2025
AUSGEBEN VON ZUSATZZUSTANDS-LERNERGEBNISSEN aclr-i AUF GRUNDLAGE VON EXTRAHIERTEN BEDINGUNGSMERKMALEN dcc-i

FIG.19

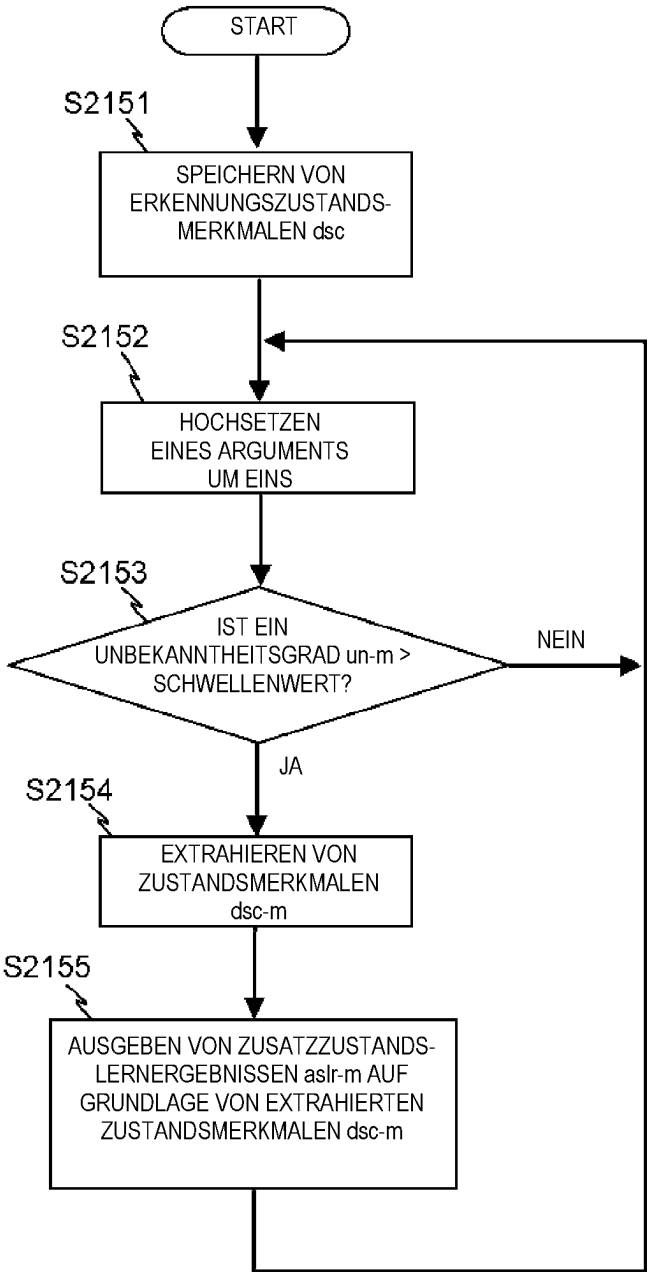

START
S2151
SPEICHERN VON ERKENNUNGSZUSTANDS-MERKMALEN dsc
S2152
HOCHSETZEN EINES ARGUMENTS UM EINS
S2153
IST EIN UNBEKANNTHEITSGRAD un-m > SCHWELLENWERT?
NEIN
JA
S2154
EXTRAHIEREN VON ZUSTANDSMERKMALEN dsc-m
S2155
AUSGEBEN VON ZUSATZZUSTANDS-LERNERGEBNISSEN aslr-m AUF GRUNDLAGE VON EXTRAHIERTEN ZUSTANDSMERKMALEN dsc-m

FIG.20

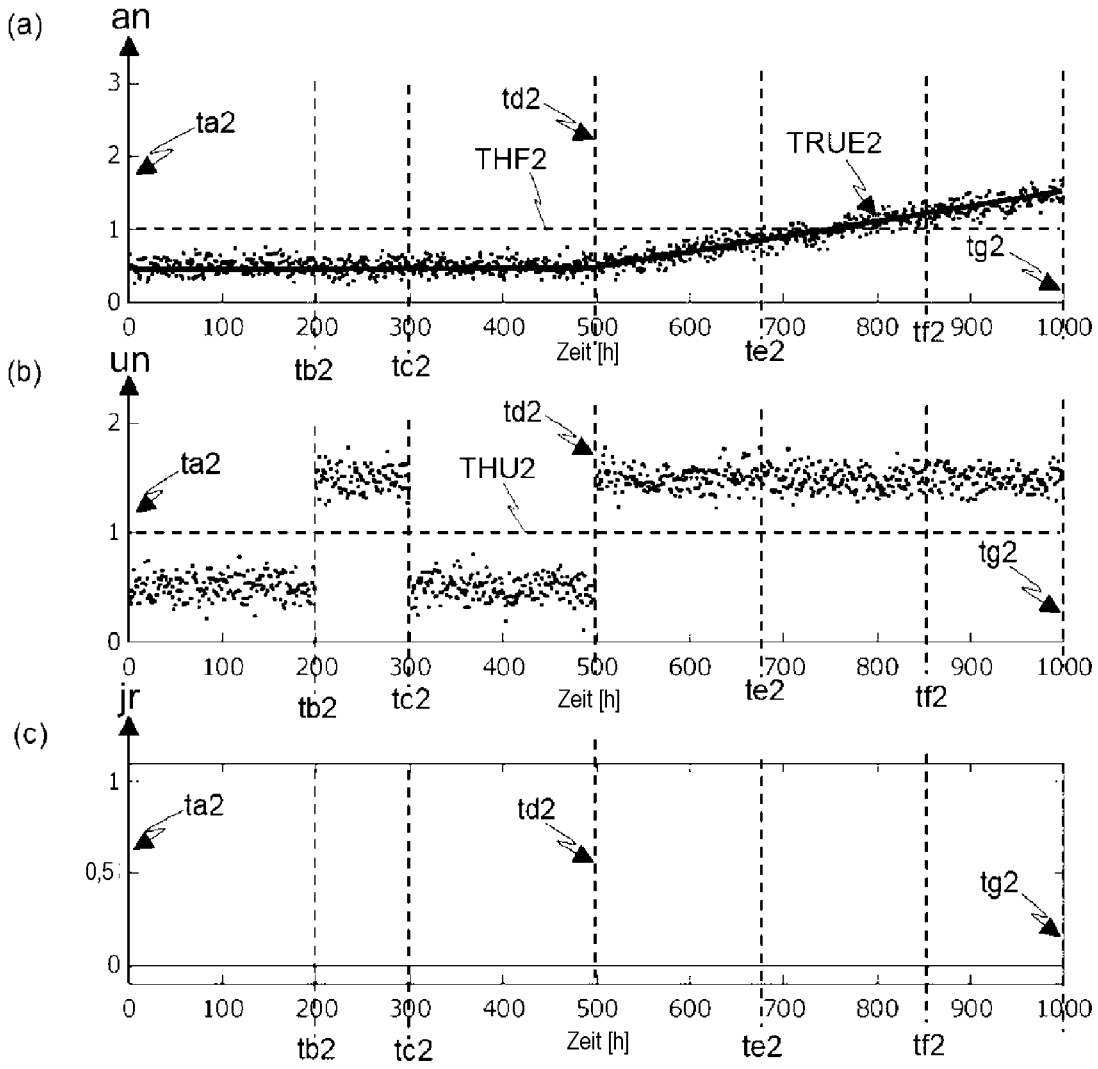
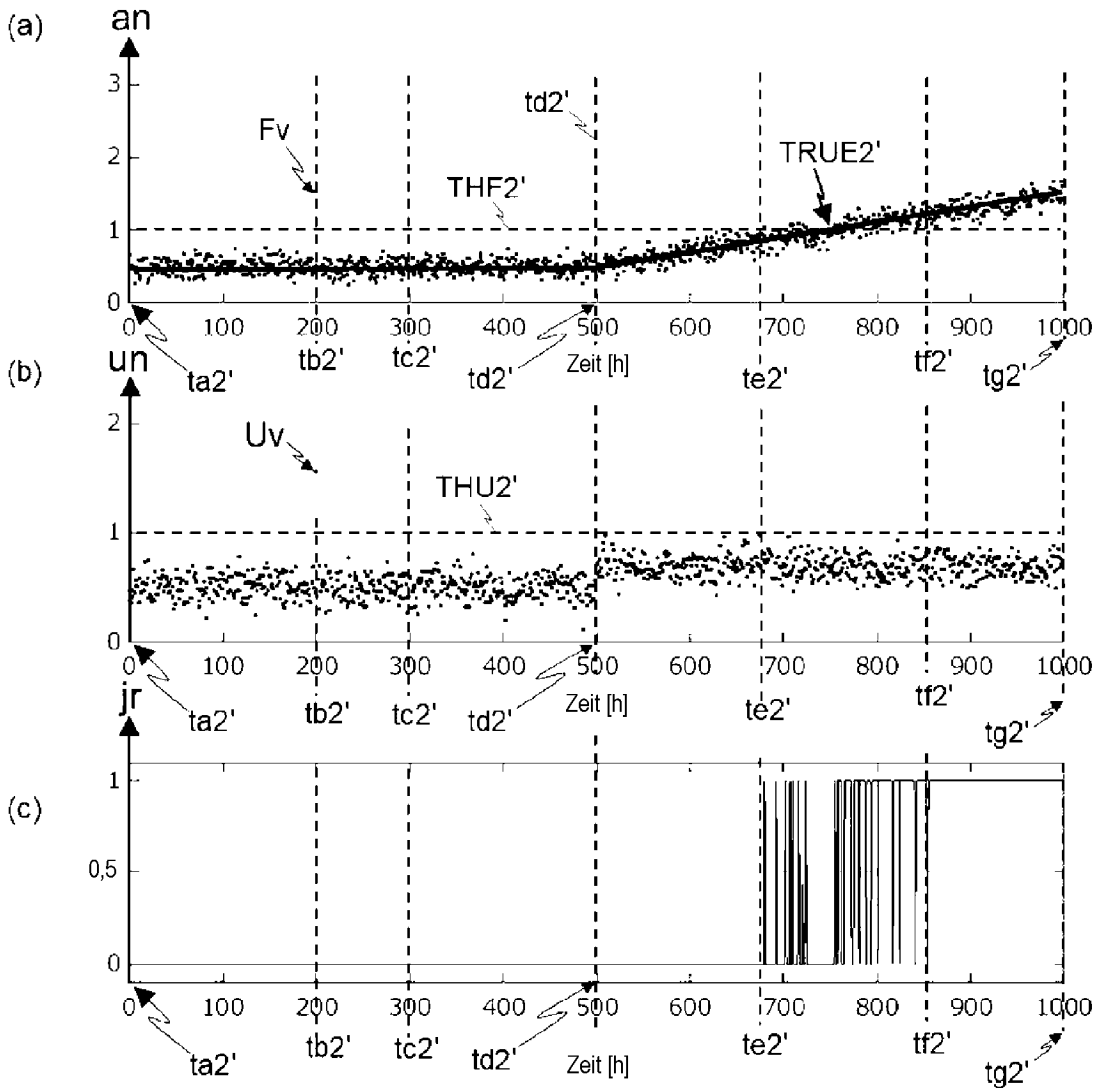

(a)
an
3
2
1
0
ta2
td2
THF2
TRUE2
tg2
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000
tb2
tc2
Zeit [h]
te2
tf2
(b)
un
2
1
0
ta2
td2
THU2
tg2
tb2
tc2
Zeit [h]
te2
tf2
(c)
jr
1
0,5
0
ta2
td2
tg2
tb2
tc2
Zeit [h]
te2
tf2

FIG.21



 Das Dokument wurde durch die Firma Luminess hergestellt.