

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

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
26. März 2015 (26.03.2015)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2015/039660 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation: Nicht klassifiziert
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2014/200402
- (22) Internationales Anmeldedatum:
13. August 2014 (13.08.2014)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2013 219 004.2
20. September 2013 (20.09.2013) DE
- (71) Anmelder: **SCHAEFFLER TECHNOLOGIES AG & CO. KG** [DE/DE]; Industriestraße 1-3, 91074 Herzogenaurach (DE).
- (72) Erfinder: **HODRUS, Erhard**; Tullastraße 28, 76131 Karlsruhe (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,

GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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

Veröffentlicht:

- ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)

(54) Title: MODEL FOR SIMULATING A FRICTION CLUTCH

(54) Bezeichnung : MODELL ZUM SIMULIEREN EINER REIBKUPPLUNG

(57) Abstract: The invention relates to a friction clutch for controlling torque transmission between an input side and an output side. A method for simulating the friction clutch comprises steps of determining the input rotation speed of the input side and an output rotation speed of the output side by means of a first model of the friction clutch. Deviations of the determined input rotation speed from an actual input rotation speed and of the determined output rotation speed from an actual output rotation speed of the friction clutch are determined, and the first model is adjusted on the basis of the determined deviations in order to minimise the deviations. At the same time, an input rotation speed of the input side and an output rotation speed of the output side are also determined by means of a second model of the friction clutch, the second model corresponding to the non-adjusted first model. A quality of the models is determined on the basis of deviations of the actual input rotation speed and the actual output rotation speed from the corresponding rotation speeds determined by means of the second model.

(57) Zusammenfassung: Eine Reibkupplung ist zur Steuerung einer Drehmomentübertragung zwischen einer Eingangsseite und einer Ausgangsseite vorgesehen. Ein Verfahren zum Simulieren der Reibkupplung umfasst Schritte des Bestimmens einer Eingangs-drehzahl der Eingangsseite und einer Ausgangs-drehzahl der Ausgangsseite mittels eines ersten Modells der Reibkupplung. Abweichungen der bestimmten Eingangs-drehzahl von einer tatsächlichen Eingangs-drehzahl und der bestimmten Ausgangs-drehzahl von einer tatsächlichen Ausgangs-drehzahl der Reibkupplung werden bestimmt und auf der Basis der bestimmten Abweichungen wird das erste Modell abgeglichen, um die Abweichungen zu minimieren. Parallel dazu werden eine Eingangs-drehzahl der Eingangsseite und eine Ausgangs-drehzahl der Ausgangsseite auch mittels eines zweiten Modells der Reibkupplung bestimmt, wobei das zweite Modell dem unabgeglichenen ersten Modell entspricht. Auf der Basis von Abweichungen der tatsächlichen Eingangs-drehzahl und der tatsächlichen Ausgangs-drehzahl von den korrespondierenden, mittels des zweiten Modells bestimmten Drehzahlen wird eine Güte der Modelle bestimmt.



WO 2015/039660 A2

Modell zum Simulieren einer Reibkupplung

Die Erfindung betrifft ein Modell zum Simulieren einer Reibkupplung. Insbesondere betrifft die Erfindung die Bestimmung einer Güte des Modells.

In einem Antriebsstrang, beispielsweise an Bord eines Kraftfahrzeugs, ist eine Reibkupplung zur Übertragung von Drehmoment angebracht. Die Reibkupplung kann gesteuert werden, die Übertragung von Drehmoment entlang des Antriebsstrangs zu ermöglichen oder zu unterbrechen. Ferner sind graduelle Zwischenabstufungen steuerbar, bei denen ein Teil des verfügbaren Drehmoments übertragen wird und ein anderer entkoppelt bleibt. Eine Reibkupplung wird üblicherweise als Einscheiben- oder Mehrscheibenkupplung umgesetzt, wobei beide Typen alternativ trocken oder in einem Ölbad laufen können.

Um eine Reibkupplung zu entwickeln, die in einer Vielzahl von Betriebszuständen ein gefordertes oder gewünschtes Verhalten an den Tag legt, kann ein Modell der Reibkupplung verwendet werden. Mittels des Modells können beispielsweise die Effekte unterschiedlicher Reibpartner innerhalb der Reibkupplung auf ihr Verhalten bezüglich eines Öffnungs- oder Schließvorgangs der Reibkupplung untersucht werden. Mittels des Modells können die Beobachtungen häufig und gegebenenfalls unter unterschiedlichen Randbedingungen wie unterschiedlichen Drehzahlen, Temperaturen oder Ölviskositäten, durchgeführt werden. Die Entwicklung einer alltagstauglichen Reibkupplung, insbesondere für ein Kraftfahrzeug, kann so vereinfacht werden.

Ein übliches Kupplungsmodell bestimmt eine Eingangsdrehzahl einer Eingangsseite und einer Ausgangsdrehzahl der Ausgangsseite. In Abhängigkeit von Parametern wie eines Öffnungsgrades der Reibkupplung oder Reibwerten von Reibelementen oder eines übertragenen Drehmoments wird der Zusammenhang zwischen der Eingangsdrehzahl und der Ausgangsdrehzahl ermittelt. Eine Überprüfung des Kupplungsmodells erfolgt beispielsweise im Fahrbetrieb, indem bestimmte Eingangs- und Ausgangsdrehzahlen des Modells mit korrespondierenden Werten einer realen Reibkupplung verglichen werden. Beim so genannten Beobachter-Modell erfolgt eine ständige Abgleichung des Modells mit einer realen Reibkupplung. Eine Abweichung der bestimmten Eingangsdrehzahl von einer tatsächlichen Eingangsdrehzahl und eine Abweichung der bestimmten Ausgangsdrehzahl von einer tatsächlichen Ausgangsdrehzahl werden in das Modell rückgekoppelt, sodass das Modell auf der Basis der bestimmten

Abweichungen abgeglichen wird. Insbesondere kann eine exponentielle Abgleichung erfolgen, sodass die Abweichungen rasch abklingen.

Die DE 102 13 946 A1 zeigt ein derartiges Beobachter-Modell.

Aufgrund der Rückkopplung ist es schwierig, eine Güte des Modells zu bestimmen, die angibt, wie gut die bestimmte Eingangsdrehzahl der tatsächlichen Eingangsdrehzahl und die bestimmte Ausgangsdrehzahl der tatsächlichen Ausgangsdrehzahl folgt. Die Güte ist beispielsweise von Bedeutung, um zu beurteilen, wie gut das Modell für Variationen der Reibkupplung verwendet werden kann, ohne einen Vergleich mit der realen Reibkupplung durchzuführen. Durch die Rückkopplung im Beobachter-Modell klingen die Abweichungen so schnell ab, dass sie häufig im Messrauschen untergehen. Eine Verstärkung des Abweichungssignals würde auch das Messrauschen verstärken und könnte eine verbesserte Bestimmung der Modellabweichung von der realen Reibkupplung nicht unterstützen. Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Simulieren einer Reibkupplung anzugeben, die eine erleichterte Beurteilung der Güte eines verwendeten Modells ermöglicht. Die Erfindung löst diese Aufgaben mittels eines Verfahrens und einer Vorrichtung mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche. Unteransprüche geben bevorzugte Ausführungsformen wieder.

Eine Reibkupplung ist zur Steuerung einer Drehmomentübertragung zwischen einer Eingangsseite und einer Ausgangsseite vorgesehen. Ein erfindungsgemäßes Verfahren zum Simulieren der Reibkupplung umfasst Schritte des Bestimmens einer geschätzten Eingangsdrehzahl der Eingangsseite und einer geschätzten Ausgangsdrehzahl der Ausgangsseite mittels eines ersten Modells der Reibkupplung. Abweichungen der bestimmten Eingangsdrehzahl von einer tatsächlichen Eingangsdrehzahl und der bestimmten Ausgangsdrehzahl von einer tatsächlichen Ausgangsdrehzahl der Reibkupplung werden bestimmt und auf der Basis der bestimmten Abweichungen wird das erste Modell abgeglichen, um die Abweichungen zu minimieren. Parallel dazu werden eine geschätzte Eingangsdrehzahl der Eingangsseite und eine geschätzte Ausgangsdrehzahl der Ausgangsseite auch mittels eines zweiten Modells der Reibkupplung bestimmt, wobei das zweite Modell dem unabgeglichenen ersten Modell entspricht. Auf der Basis von Abweichungen der tatsächlichen Eingangsdrehzahl und der tatsächlichen Ausgangsdrehzahl von den korrespondierenden, mittels des zweiten Modells bestimmten Drehzahlen wird eine Güte der Modelle bestimmt.

Auf diese Weise kann ein bekanntes Beobachtermodell zum Simulieren der Reibkupplung verwendet werden, während die Bestimmung der Güte des zugrunde liegenden ersten Modells rückwirkungsfrei mittels des zweiten Modells durchgeführt wird. Es ist somit nicht erforderlich, das erste Modell abzuändern. Außerdem können durch die Verwendung des parallelen zweiten Modells sich kumulierende Fehler verbessert erfasst und aus ihnen verbessert auf die Güte der Modelle rückgeschlossen werden. Die Güte kann insbesondere ein Maß dafür angeben, wie gut die Modelle die reale Reibkupplung simulieren, wenn keine tatsächlichen Eingangs- bzw. Ausgangsdrehzahlen zur Verfügung stehen.

Bevorzugterweise werden die Eingangsdrehzahl und die Ausgangsdrehzahl auf der Basis eines Drehmoments an der Eingangsseite bestimmt. Das Drehmoment an der Eingangsseite wird üblicherweise von einem Antriebsmotor bereitgestellt, während die Ausgangsseite beispielsweise zu Antriebsrädern eines Kraftfahrzeugs führen kann.

Die Reibkupplung kann zur Steuerung der Drehmomentübertragung graduell geöffnet werden, wobei die Eingangsdrehzahl und die Ausgangsdrehzahl auf der Basis eines Öffnungsgrads der Reibkupplung bestimmt werden. Der Tastpunkt gibt einen Öffnungsgrad an, an dem beim Schließen der Reibkupplung ein rascher Anstieg von übertragenem Drehmoment erfolgt. Der Tastpunkt kann verbessert bestimmt werden, wodurch insbesondere ein Übergang zwischen einem geöffneten und einem geschlossenen Zustand der Reibkupplung verbessert simuliert werden kann.

In einer Ausführungsform wird das zweite Modell einmalig abgeglichen, wenn eine nur teilweise Übertragung von Drehmoment beginnt, um die Abweichungen der Eingangs- und Ausgangsdrehzahl des zweiten Modells auf null zu setzen. Initiale Fehler können so vermieden werden und die Bestimmung der Güte kann einem verringerten Fehler unterworfen sein.

In einer Ausführungsform wird eine Zeit bestimmt, die verstreicht, bis wenigstens eine der bestimmten Abweichungen einen zugeordneten Schwellenwert übersteigt, wobei die Güte auf der Basis der bestimmten Zeit bestimmt wird. Dabei können positive und negative Abweichungen gleich behandelt werden, beispielsweise durch Bildung von Beträgen oder durch Quadrieren der bestimmten Abweichungen. Wird einer der Schwellenwerte rasch erreicht, so ist die bestimmte Zeit kurz, was auf eine hohe Ungenauigkeit und damit eine niedrige Güte der Modelle hinweist. Verstreicht hingegen eine lange Zeit, bis einer der Schwellenwerte er-

reicht wird, so ist dies ein Hinweis auf eine geringe Abweichung und eine hohe Güte der Modelle.

Die zugeordneten Schwellenwerte können in Abhängigkeit eines durch die Reibkupplung übertragenen Drehmoments bestimmt werden. Wird ein hohes Drehmoment übertragen, so ist zu erwarten, dass eine Abweichung zwischen der bestimmten und der tatsächlichen Drehzahl an der Eingangs- oder Ausgangsseite rasch eintritt oder rasch anwächst. Die zugeordneten Schwellenwerte können insbesondere dann angehoben werden, wenn das übertragene Drehmoment ansteigt. Anstelle des übertragenen Drehmoments kann auch ein an der Eingangsseite bereitgestelltes Drehmoment betrachtet werden.

Die Bestimmung der Zeit, bis wenigstens eine der bestimmten Abweichungen den ihr zugeordneten Schwellenwert übersteigt, erfolgt bevorzugterweise, während die Reibkupplung eine nur teilweise Übertragung von Drehmoment ermöglicht. Der Beobachtungszeitraum erstreckt sich somit bevorzugterweise zwischen einem vollständig geöffneten und einem vollständig geschlossenen Zustand der Reibkupplung.

Das zweite Modell kann punktuell abgeglichen werden, wenn eine der bestimmten Abweichungen den ihr zugeordneten Schwellenwert übersteigt, um die Abweichungen auf null zu setzen, wobei die Güte auf der Basis einer Häufigkeit der punktuellen Abgleichungen bestimmt wird. Durch das punktuelle Abgleichen kann das zweite Modell in verbesserter Weise dem ersten Modell nachgeführt werden. Die Häufigkeit bzw. Frequenz der Abgleichungen kann dann ein Maß für die Güte der Modelle ausdrücken, wobei eine hohe Häufigkeit auf eine niedrige Güte und eine niedrige Häufigkeit auf eine hohe Güte der Modelle hinweisen.

Die Häufigkeit kann in zwei oder mehr Klassen unterteilt werden, wobei einer oder mehrere Schwellenwerte vorgegeben sind, um die bestimmte Häufigkeit zu klassifizieren. Übersteigt die Häufigkeit der Abgleichungen eine vorbestimmte Häufigkeit, so kann eine ungenügende Güte der Modelle bestimmt werden. Werden mehr als zwei Schwellenwerte verwendet, so kann auch eine graduelle Angabe der Güte der Modelle erfolgen, je nachdem, in welche zugeordnete Klasse die bestimmte Häufigkeit fällt. So kann beispielsweise eine Einteilung in die Klassen sehr genau – genau – normal – ungenau – sehr ungenau erfolgen. In einem anderen Beispiel werden 100 Klassen gebildet, sodass in Abhängigkeit der bestimmten Klasse ein prozentualer Wert der Güte angegeben werden kann.

- 5 -

Eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur Simulation einer Reibkupplung zur Steuerung einer Drehmomentübertragung zwischen einer Eingangsseite und einer Ausgangsseite umfasst ein erstes Modell der Reibkupplung, wobei das erste Modell dazu eingerichtet ist, eine geschätzte Eingangsdrehzahl der Eingangsseite und eine geschätzte Ausgangsdrehzahl der Ausgangsseite zu bestimmen, wobei das erste Modell ferner dazu eingerichtet ist, auf der Basis von Abweichungen der bestimmten Eingangsdrehzahl von einer tatsächlichen Eingangsdrehzahl und der bestimmten Ausgangsdrehzahl von einer tatsächlichen Ausgangsdrehzahl der Reibkupplung abgeglichen zu werden, um die Abweichungen zu minimieren. Ferner umfasst die Vorrichtung ein zweites Modell der Reibkupplung, das dem unabgeglichenen ersten Modell entspricht, wobei das zweite Modell dazu eingerichtet ist, auf der Basis von Abweichungen zwischen den tatsächlichen Drehzahlen und den korrespondierenden, mittels des zweiten Modells bestimmten Drehzahlen eine Güte der Modelle zu bestimmen.

Die Erfindung wird nun mit Bezug auf die beigefügten Figuren genauer beschrieben, in denen:

Fig. 1 eine Vorrichtung zur Simulation einer Reibkupplung;

Fig. 2 ein Verfahren zum Simulieren einer Reibkupplung, und

Fig. 3 beispielhafte Verläufe von Drehzahlunterschieden zwischen einer Reibkupplung und einem Modell entsprechend einer der Figuren 1 und 2

darstellt.

Fig. 1 zeigt eine Vorrichtung 100 zur Simulation einer Reibkupplung. Eine exemplarische Reibkupplung 105 ist im oberen Bereich von Fig. 1 schematisch dargestellt. Die Reibkupplung 105 umfasst eine Eingangsseite 110 zur Verbindung mit einem Antriebsmotor und eine Ausgangsseite 115 zur Verbindung mit einem Antriebsstrang, der beispielsweise zu Antriebsrädern eines Kraftfahrzeugs führen kann. Die Reibkupplung 105 umfasst ein erstes Reibelement 120 und ein zweites Reibelement 125, die mittels einer Betätigung 130 axial aneinandergespreßt werden können, um einen Reibschluss zwischen ihnen zu erzeugen, sodass Drehmoment zwischen der Eingangsseite 110 und der Ausgangsseite 115 übertragen werden kann. Bevorzugterweise erfolgt die Betätigung der Reibkupplung 105 graduell, sodass ein Betätigungsgrad einem Öffnungsgrad bzw. Schließgrad der Reibkupplung 105 entspricht und bei nur teilweise geöffneter bzw. geschlossener Reibkupplung 105 ein Teil eines an der Ein-

gangsseite 110 bereitgestellten Drehmoments durch die Reibkupplung 105 zur Ausgangsseite 115 übertragen wird und ein anderer Teil zwischen der Eingangsseite 110 und der Ausgangsseite 115 entkoppelt wird.

Die Vorrichtung 100 umfasst ein erstes Modell 135 und ein zweites Modell 140, die einander grundsätzlich entsprechen. Beide Modelle 135, 140 sind dazu eingerichtet, eine Eingangsdrehzahl 145 und eine Ausgangsdrehzahl 150 zu bestimmen, wobei die Bestimmung bevorzugterweise auf der Basis eines Drehmoments 155 erfolgt, das an der Eingangsseite 110 zur Übertragung bereitsteht oder auf der Basis eines Betätigungsgrads der Betätigung 130 durch die Reibkupplung 105 übertragen wird.

Für das erste Modell 135 werden Abweichungen der bestimmten Eingangsdrehzahl 145 von einer tatsächlichen Eingangsdrehzahl 165 und der bestimmten Ausgangsdrehzahl 150 von einer tatsächlichen Ausgangsdrehzahl 170 der realen Reibkupplung 105 bestimmt. Die bestimmten Abweichungen 175 und 180 werden in das erste Modell 135 rückgekoppelt, um dieses fortlaufend so abzugleichen, dass die Abweichungen 175 und 180 möglichst minimal sind.

Die tatsächlichen Drehzahlen 165 und 170 werden auch mit den bestimmten Drehzahlen 145 und 150 des zweiten Modells 140 verglichen. Die Abweichungen 175 und 180 des zweiten Modells 140 werden jedoch allgemein nicht in das Modell 140 rückgekoppelt, sondern mittels einer Verarbeitungseinrichtung 185 weiterverarbeitet, um auf der Basis der Abweichungen 175 und 180 des zweiten Modells 140 eine Güte 190 der Modelle 135 und 140 zu bestimmen.

Optional kann die Verarbeitungseinrichtung 185 einen einmaligen bzw. punktuellen Abgleich des zweiten Modells 140 veranlassen, sodass jeweils die durch das zweite Modell 140 bestimmte Eingangsdrehzahl 145 der tatsächlichen Eingangsdrehzahl 165 und die durch das zweite Modell 140 bestimmte Ausgangsdrehzahl 150 der tatsächlichen Ausgangsdrehzahl 170 der realen Reibkupplung 105 entspricht. Dieser Abgleich erfolgt vorzugsweise punktuell und in Abhängigkeit der Abweichungen 175, 180 des zweiten Modells 140. Die bestimmte Güte 190 kann an einer zugeordneten Schnittstelle bereitgestellt werden oder es kann ein Signal bereitgestellt werden, das auf die Güte 190 hinweist.

Fig. 2 zeigt ein Verfahren 200 zum Simulieren der Reibkupplung 105 aus Fig. 1. Die Erläuterung des Verfahrens 200 bezieht sich exemplarisch auf die Vorrichtung 100 und die Reibkupplung 105 aus Fig. 1.

In einem ersten Schritt 201 wird das Drehmoment 155 für beide Modelle 135, 140 abgetastet. Auf der Basis des abgetasteten Drehmoments erfolgen dann vier Verarbeitungsstränge 202 bis 208, 212 bis 218, 222 bis 230 und 242 bis 250, die in Fig. 2 als vertikale Sequenzen dargestellt sind und bevorzugt nebenläufig abgearbeitet werden können. Eine Synchronisierung der nebenläufigen Abläufe kann beispielsweise im Schritt 201 erfolgen. Die beiden linken Sequenzen 202 bis 208 und 212 bis 218 werden auf der Basis des ersten Modells 135 und die beiden rechten Sequenzen 222 bis 230 und 242 bis 250 auf der Basis des zweiten Modells 140 durchgeführt. Zwischen den Sequenzen jeweils eines Modells 135, 140 kann dabei eine Verflechtung vorgesehen sein, sodass korrespondierende Schritte zweier Sequenzen eines Modells 135, 140 in gegenseitiger Abhängigkeit oder miteinander integriert durchgeführt werden.

In einem Schritt 202 wird die Eingangsdrehzahl 145 mittels des ersten Modells 135 auf der Basis des Drehmoments 155 bestimmt. In einem Schritt 204 wird die tatsächliche Eingangsdrehzahl 165 der realen Reibkupplung 105 abgetastet. In einem Schritt 206 wird die Abweichung 175 auf der Basis der mittels des ersten Modells 135 bestimmten Eingangsdrehzahl 145 von der tatsächlichen Eingangsdrehzahl 165 bestimmt. In einem nachfolgenden Schritt 208 wird das erste Modell 135 auf der Basis der bestimmten Abweichung 175 abgeglichen. Damit ist eine der Sequenzen beendet und das Verfahren kann zum Schritt 201 zurückkehren, um erneut zu durchlaufen.

Die Schritte 212 bis 218 entsprechen paarweise den Schritten 202 bis 208, wobei statt der Eingangsdrehzahlen 145 und 165 die Ausgangsdrehzahlen 150 und 170 betrachtet werden. So wird insbesondere im Schritt 218 die Abweichung 180 der mittels des ersten Modells 135 bestimmten Ausgangsdrehzahl 150 von der tatsächlichen Ausgangsdrehzahl 170 der realen Reibkupplung 105 zum Abgleichen in das erste Modell 135 rückgekoppelt. Nach Durchlaufen dieser Sequenz der Schritte 212 bis 218 kann das Verfahren 200 ebenfalls zum Schritt 201 zurückkehren und erneut durchlaufen.

Schritte 222 bis 226 entsprechen paarweise den Schritten 202 bis 206, wobei jedoch die Bestimmung auf der Basis des zweiten Modells 140 statt des ersten Modells 135 erfolgt. Im Schritt 228 wird insbesondere auf der Basis der Abweichung 175 der mittels des zweiten Modells 140 bestimmten Eingangsdrehzahl 145 von der tatsächlichen Eingangsdrehzahl 165 der realen Reibkupplung 105 eine Güte 190 des zweiten Modells 140 und damit auch des ersten Modells 135 bestimmt. Optional wird die bestimmte Güte in einem Schritt 230 klassifiziert und

es kann eine Warnung bereitgestellt werden, falls die bestimmte Güte 190 einen vorbestimmten Schwellenwert über- bzw. unterschreitet.

Die Schritte 242 bis 250 entsprechen paarweise den Schritten 222 bis 230, wobei statt den Eingangsdrehzahlen 145 und 165 die Ausgangsdrehzahlen 150 und 170 betrachtet werden. In Schritt 248 erfolgt dementsprechend eine Bestimmung der Güte 190 der Modelle 140 bzw. 135 auf der Basis der Abweichung 180 der mittels des zweiten Modells 140 bestimmten Ausgangsdrehzahl 150 von der tatsächlichen Ausgangsdrehzahl 170 der Reibkupplung 105.

Die Schritte 228 und 248 können miteinander integriert durchgeführt werden, sodass die Güte 190 auf der Basis beider Abweichungen 175 und 180 des zweiten Modells 140 erfolgt. Das Klassifizieren und Bereitstellen einer Warnung in den Schritten 230 bzw. 250 kann dann auf der Basis nur eines einzigen Gütewerts 190 erfolgen. Anschließend kann das Verfahren 200 zum Schritt 201 zurückkehren, um erneut durchzulaufen.

Fig. 3 zeigt beispielhaft Verläufe 300 von Drehzahlunterschieden zwischen einer Reibkupplung 105 und einem Modell 135, 140 nach einer der Figuren 1 oder 2. In horizontaler Richtung ist eine Zeit angetragen. Ein oben dargestellter, erster Verlauf 305 zeigt exemplarische Abweichungen 175 der auf der Basis des ersten Modells 135 bestimmten Eingangsdrehzahl 145 von der tatsächlichen Eingangsdrehzahl 165 der realen Reibkupplung 105. Ein in Fig. 3 unten dargestellter zweiter Verlauf 310 zeigt exemplarisch die Abweichung 175 der auf der Basis des zweiten Modells 140 bestimmten Eingangsdrehzahl 145 von der tatsächlichen Eingangsdrehzahl 165 der realen Reibkupplung 105. Während der erste Verlauf 305 ein hohes Messrauschen und nur wenige starke Ausschläge in positiver oder negativer Richtung zeigt, die auf eine Abgleichung des ersten Modells 135 und damit auf eine möglicherweise geringe Güte des ersten Modells 135 hinweisen, ist am zweiten Verlauf 310 nur geringes Messrauschen zu beobachten und der Verlauf 310 erreicht immer wieder signifikante Ausschläge in positiver oder negativer Richtung, die gut auflösbar sind. Sägezahnartige Abschnitte des zweiten Verlaufs 310 zeigen auf, wie die Abweichung 175 über die Zeit kumuliert werden kann.

Die Auswertung der Abweichung 175 des zweiten Verlaufs 310 erfolgt in der Vorrichtung 100 von Fig. 1 bevorzugterweise innerhalb der Verarbeitungseinrichtung 185. Im Rahmen des Verfahrens 200 von Fig. 2 wird die Bestimmung der Güte in den Schritten 228 bzw. 248 und gegebenenfalls in den Schritten 230 bzw. 250 durchgeführt.

In der dargestellten Ausführungsform ist ein Schwellenwert 315 vorgesehen, der sowohl für positive als auch für negative Abweichungen 175 des zweiten Verlaufs 310 angewandt wird. In einer anderen Ausführungsform können für die positive und die negative Abweichung auch unterschiedliche Schwellenwerte 315 verwendet werden. Bei einer korrespondierenden Bestimmung auf der Basis der Ausgangsdrehzahl 150 bzw. 170 können in entsprechender Weise einer oder zwei dedizierte Schwellenwerte 315 verwendet werden, die von den Schwellenwerten 315 der Abweichung 175 der Eingangsdrehzahlen 145, 165 verschieden oder gleich sein können. Außerdem kann jeder der Schwellenwerte 315 dynamisch und beispielsweise von einem durch die Reibkupplung 105 übertragenen Drehmoment oder einem an der Eingangsseite 110 bereitgestellten Drehmoment abhängig sein, beispielsweise über eine direkte Proportionalität.

Eine Zeit 320, die verstreicht, bis der Verlauf 310 den Schwellenwert 315 erreicht, kann als Maß für die Güte 190 der Modelle 135, 140 verwendet werden. Je länger die Zeit 320 ist, desto höher ist die Güte der Modelle 135, 140. In der dargestellten Ausführungsform wird die Abweichung 175 des zweiten Verlaufs 310 bei Erreichen eines der Schwellenwerte 315 auf null zurückgesetzt, indem, gesteuert durch die Verarbeitungseinrichtung 185, ein punktuelles Abgleichen des zweiten Modells 140 auf die tatsächlichen Drehzahlen 165, 170 der realen Reibkupplung 105 erfolgt. Dadurch kann die Bestimmung der Zeit 320 wiederholt hintereinander durchgeführt werden, während das zweite Modell 140 näher an den Betriebsparametern des ersten Modells 135 betrieben wird. Eine Abgleichung 325 findet an den gekennzeichneten Zeitpunkten statt, wenn der zweite Verlauf 310 sprunghaft auf null zurückgeführt wird.

Eine Häufigkeit bzw. Frequenz der Abgleichungen 325 kann in dieser Ausführungsform als Maß für die Güte 190 der Modelle 135, 140 verwendet werden. Bei einer niedrigen Frequenz, wie im linken Bereich von Fig. 3, ist die Güte 190 relativ hoch, während bei einer hohen Frequenz, wie im rechten Bereich von Fig. 3, die Güte 190 relativ gering ist.

Die bestimmte Güte kann auf der Basis von weiteren Schwellenwerten klassifiziert werden. Beispielsweise kann ein Schwellenwert vorgegeben sein, unter dem eine bestimmte Häufigkeit von Abgleichungen 325 so verstanden wird, dass die Güte 190 der Modelle 135, 140 ausreichend ist. Übersteigt die Häufigkeit den Schwellenwert, so kann die Güte 190 der Modelle 135, 140 als nicht ausreichend bestimmt werden. In diesem Fall kann ein entsprechendes Signal ausgegeben werden.

- 10 -

Es können auch mehrere Schwellenwerte vorgesehen sein, um eine Unterteilung der Häufigkeiten in mehrere Klassen zu erlauben. Dabei können beliebig viele Klassen gebildet werden, beispielsweise 3, 5, 10 oder 100.

Bezugszeichenliste

100	Vorrichtung
105	Reibkupplung
110	Eingangsseite
115	Ausgangsseite
120	erstes Reibelement
125	zweites Reibelement
130	Betätigung
135	erstes Modell
140	zweites Modell
145	Eingangsdrehzahl
150	Ausgangsdrehzahl
155	Drehmoment
165	tatsächliche Eingangsdrehzahl
170	tatsächliche Ausgangsdrehzahl
175	Abweichung Eingangsdrehzahl
180	Abweichung Ausgangsdrehzahl
185	Verarbeitungseinrichtung
190	Güte
200	Verfahren
201	Abtasten Drehmoment (beide Modelle)
202	Bestimmen Eingangsdrehzahl (Modell 1)
204	Abtasten tatsächliche Eingangsdrehzahl (Modell 1)
206	Bestimmen Abweichung (Modell 1)
208	Abgleichen Modell (Modell 1)
212	Bestimmen Ausgangsdrehzahl (Modell 1)
214	Abtasten tatsächliche Ausgangsdrehzahl (Modell 1)
216	Bestimmen Abweichung (Modell 1)
218	Abgleichen Modell (Modell 1)
222	Bestimmen Eingangsdrehzahl (Modell 2)
224	Abtasten tatsächliche Eingangsdrehzahl (Modell 2)
226	Bestimmen Abweichung (Modell 2)

- 12 -

228	Bestimmen Güte (Modell 2)
230	Bereitstellen Warnung (Modell 2)
242	Bestimmen Ausgangsdrehzahl (Modell 2)
244	Abtasten tatsächliche Ausgangsdrehzahl (Modell 2)
246	Bestimmen Abweichung (Modell 2)
248	Bestimmen Güte (Modell 2)
250	Bereitstellen Warnung (Modell 2)
300	Verläufe
305	erster Verlauf (Abweichung erstes Modell)
310	zweiter Verlauf (Abweichung zweites Modell)
315	Schwellenwert
320	Zeit
325	Abgleichung

Patentansprüche

1. Verfahren (200) zum Simulieren einer Reibkupplung (105) zur Steuerung einer Drehmomentübertragung zwischen einer Eingangsseite (110) und einer Ausgangsseite (115), wobei das Verfahren (200) folgende Schritte umfasst:
 - Bestimmen (202, 212) einer Eingangsdrehzahl (145) der Eingangsseite (110) und einer Ausgangsdrehzahl (150) der Ausgangsseite (115) mittels eines ersten Modells (135) der Reibkupplung (105);
 - Bestimmen (206, 216) von Abweichungen (175, 180) der bestimmten Eingangsdrehzahl (145) von einer tatsächlichen Eingangsdrehzahl (165) und der bestimmten Ausgangsdrehzahl (150) von einer tatsächlichen Ausgangsdrehzahl (170) der Reibkupplung (105);
 - Abgleichen (208, 218) des ersten Modells (135) auf der Basis der bestimmten Abweichungen (175, 180), um die Abweichungen zu minimieren, gekennzeichnet durch
 - Bestimmen (222, 242) einer Eingangsdrehzahl (145) der Eingangsseite (110) und einer Ausgangsdrehzahl (150) der Ausgangsseite (115) mittels eines zweiten Modells (140) der Reibkupplung (105), wobei das zweite Modell (140) dem unabgeglichenen ersten Modell (135) entspricht;
 - Bestimmen (228, 248) einer Güte (190) der Modelle (235, 140) auf der Basis von Abweichungen (175, 180) der tatsächlichen Eingangsdrehzahl (165) und der tatsächlichen Ausgangsdrehzahl (170) von den korrespondierenden, mittels des zweiten Modells (140) bestimmten Drehzahlen (145, 150).
2. Verfahren (200) nach Anspruch 1, wobei die Eingangsdrehzahl (145) und die Ausgangsdrehzahl (150) auf der Basis eines Drehmoments (155) an der Eingangsseite (110) bestimmt werden.
3. Verfahren (200) nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Reibkupplung (105) zur Steuerung der Drehmomentübertragung graduell geöffnet werden kann und die Eingangsdrehzahl (145) und die Ausgangsdrehzahl (150) auf der Basis eines Öffnungsgrads der Reibkupplung (105) bestimmt werden.
4. Verfahren (200) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das zweite Modell (140) einmalig abgeglichen wird, wenn eine nur teilweise Übertragung von Drehmoment beginnt, um die Abweichungen (175, 180) auf null zu setzen.

5. Verfahren (200) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei eine Zeit (320) bestimmt wird, die verstreicht, bis wenigstens eine der bestimmten Abweichungen (175, 180) einen zugeordneten Schwellenwert (315) übersteigt, und die Güte (190) auf der Basis der bestimmten Zeit (320) bestimmt wird.
6. Verfahren (200) nach Anspruch 5, wobei die zugeordneten Schwellenwerte (315) in Abhängigkeit eines durch die Reibkupplung (105) übertragenen Drehmoments (155) bestimmt werden.
7. Verfahren (200) nach Anspruch 5 oder 6, wobei die Zeit (320) bestimmt wird, während die Reibkupplung (105) eine nur teilweise Übertragung von Drehmoment ermöglicht.
8. Verfahren (200) nach einem der Ansprüche 5 bis 7, wobei das zweite Modell (140) punktuell abgeglichen (325) wird, wenn eine der bestimmten Abweichungen (175, 180) den ihr zugeordneten Schwellenwert (315) übersteigt, um die Abweichungen (175, 180) auf null zu setzen, wobei die Güte (190) auf der Basis einer Häufigkeit der punktuellen Abgleichungen (325) bestimmt wird.
9. Verfahren (200) nach Anspruch 8, wobei eine ungenügende Güte (190) bestimmt wird, wenn die Abgleichungen (325) eine vorbestimmte Häufigkeit übersteigen.
10. Vorrichtung (100) zur Simulation einer Reibkupplung (105) zur Steuerung einer Drehmomentübertragung zwischen einer Eingangsseite (110) und einer Ausgangsseite (115), wobei die Vorrichtung (100) folgendes umfasst:
 - ein erstes Modell (135) der Reibkupplung (105),
 - wobei das erste Modell (135) dazu eingerichtet ist, eine Eingangsdrehzahl (145) der Eingangsseite (110) und eine Ausgangsdrehzahl (150) der Ausgangsseite (115) zu bestimmen,
 - wobei das erste Modell (135) ferner dazu eingerichtet ist, auf der Basis von Abweichungen (175, 180) der bestimmten Eingangsdrehzahl (145) von einer tatsächlichen Eingangsdrehzahl (165) und der bestimmten Ausgangsdrehzahl (150) von einer tatsächlichen Ausgangsdrehzahl (170) der Reibkupplung (105) abgeglichen zu werden, um die Abweichungen zu minimieren,gekennzeichnet durch
 - ein zweites Modell (140) der Reibkupplung (105), das dem unabgeglichenen ersten Modell (135) entspricht;
 - wobei das zweite Modell (140) dazu eingerichtet ist, auf der Basis von Abweichungen (175, 180) zwischen den tatsächlichen Drehzahlen (165, 170) und den korres-

pondierenden, mittels des zweiten Modells (140) bestimmten Drehzahlen (145, 150) eine Güte (190) der Modelle (135, 140) zu bestimmen.

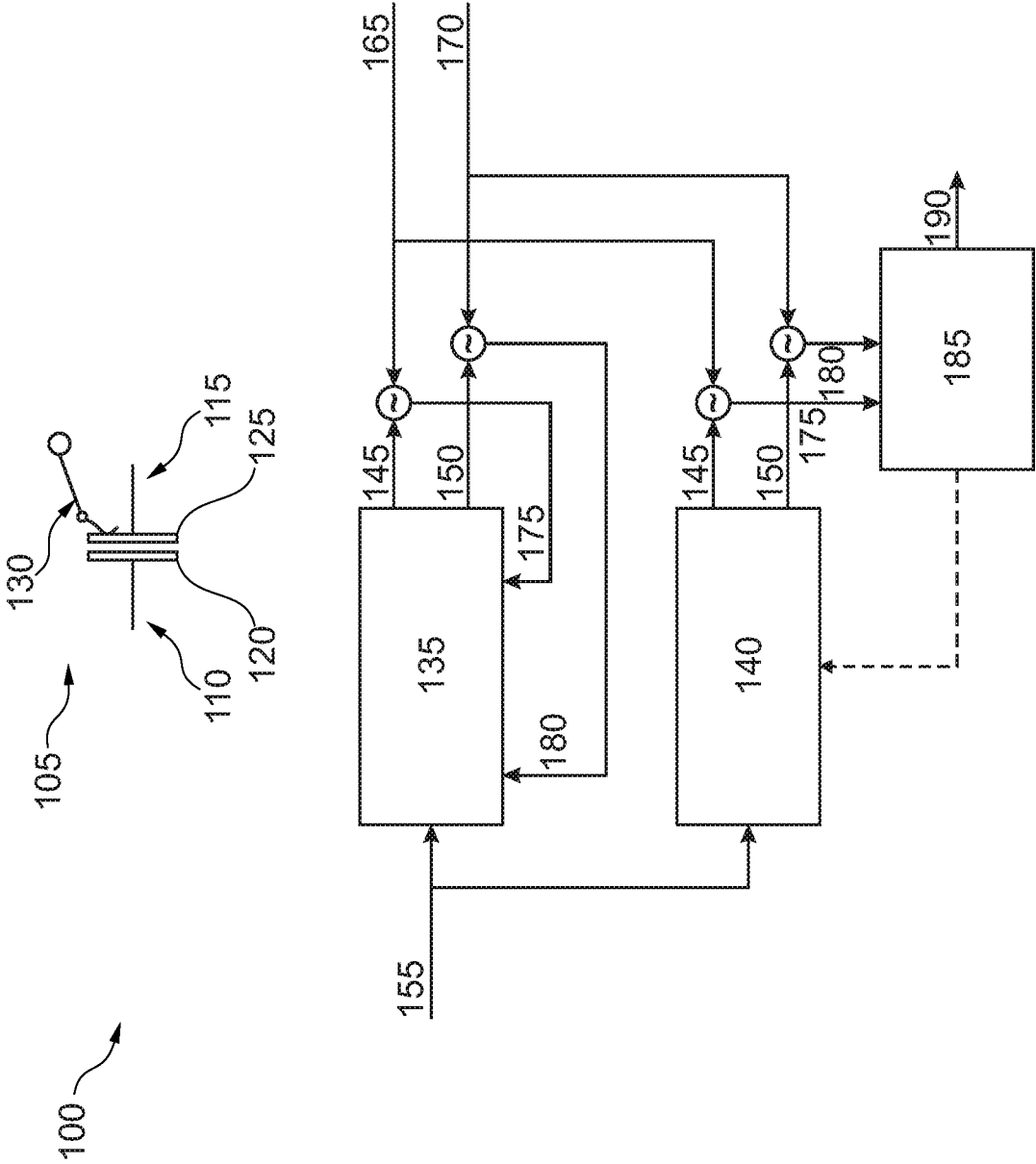


Fig. 1

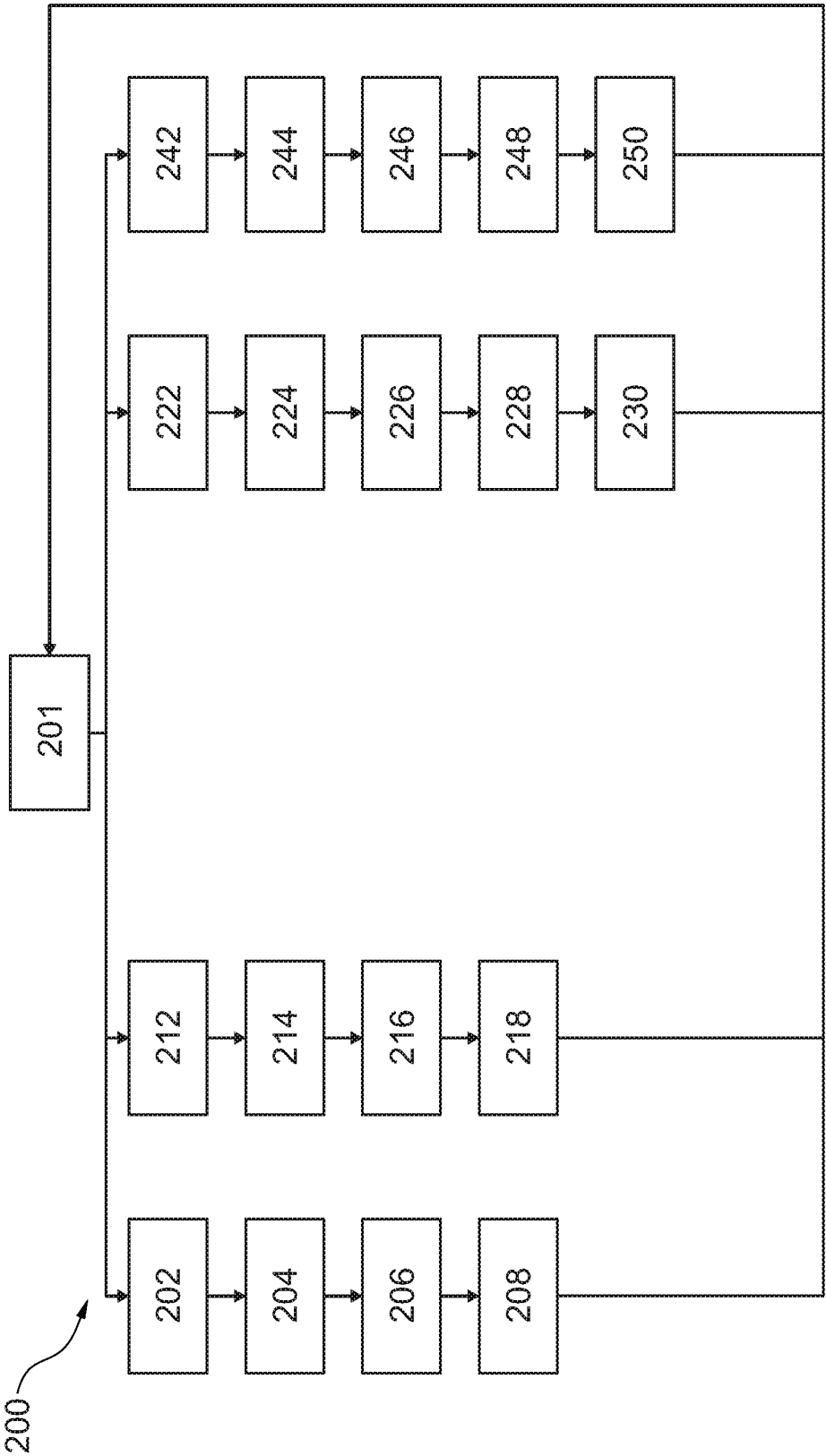


Fig. 2

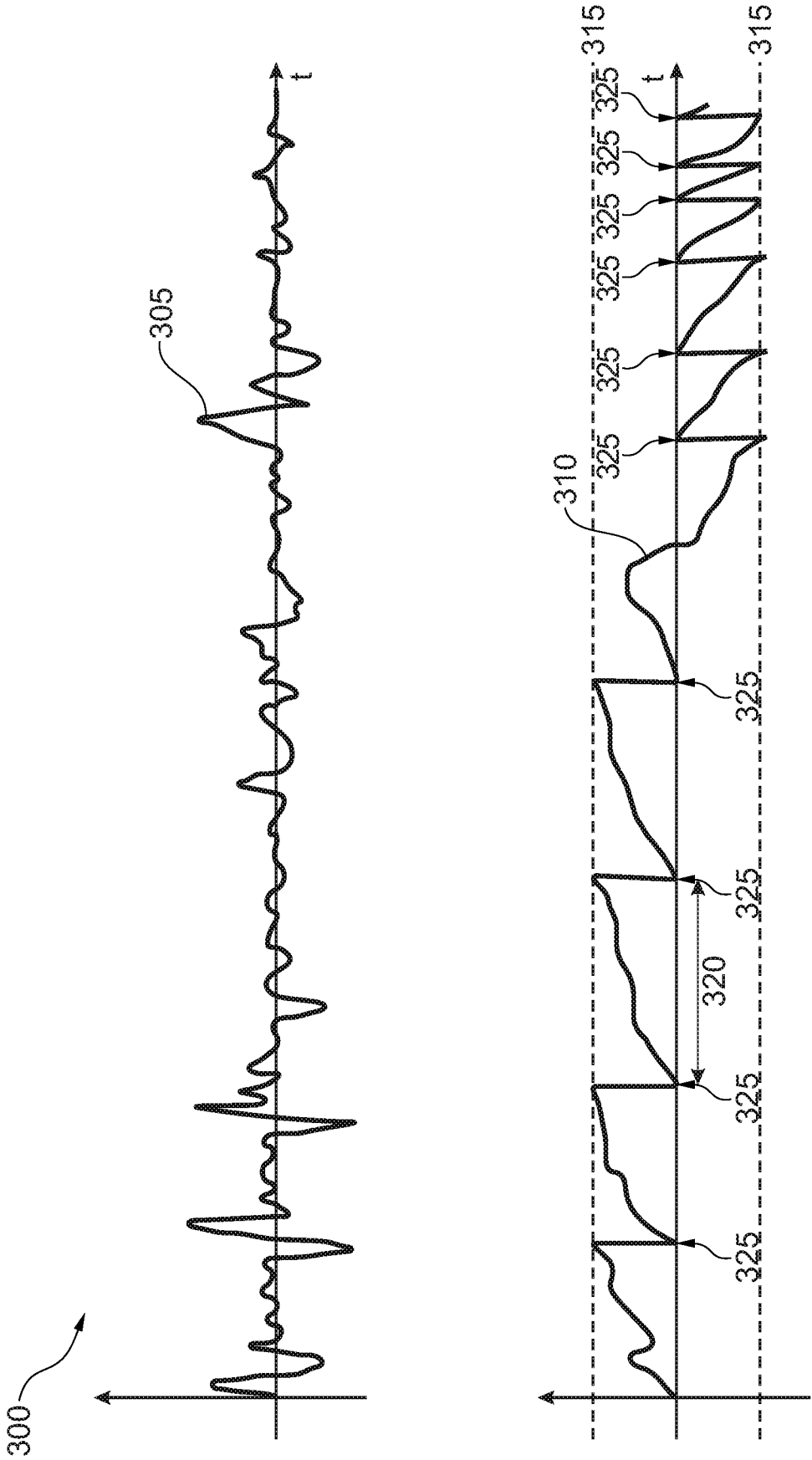


Fig. 3