



(10) **DE 10 2010 050 837 A1** 2012.05.10

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2010 050 837.3**

(22) Anmeldetag: **09.11.2010**

(43) Offenlegungstag: **10.05.2012**

(51) Int Cl.: **G09C 3/04 (2006.01)**

F16H 25/20 (2006.01)

(71) Anmelder:

Robert Bosch GmbH, 70469, Stuttgart, DE

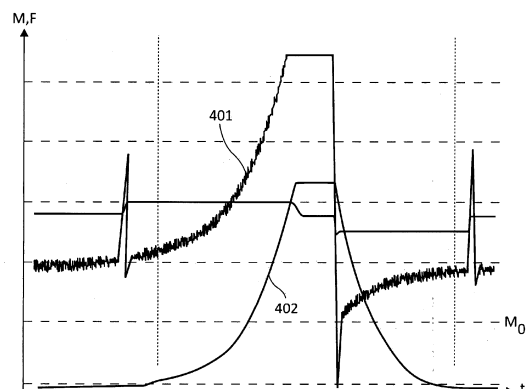
(72) Erfinder:

**Kuebert, Torsten, 97816, Lohr, DE; Hanauer, Emil,
97355, Abtswind, DE; Zoecklein, Klaus, 63768,
Hösbach, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Überwachung des Funktionszustands eines Gewindetriebs**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Überwachung des Funktionszustands eines Gewindetriebs, wobei ein Antriebsmoment beim Entlasten des Gewindetriebs erfasst wird und anhand des Verlaufs (401) des erfassten Antriebsmoments auf einen bevorstehenden Funktionsausfall geschlossen wird.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Überwachung des Funktionszustands eines Gewindetribs. Gewindetribe dienen dazu, eine Rotation in eine Translation zu übersetzen. Dabei wird ein Antriebsmoment (üblicherweise ein Drehmoment) in eine Kraft (üblicherweise eine Schub- oder Zugkraft) übersetzt oder umgekehrt.

Stand der Technik

[0002] Es ist bekannt, Maschinen- bzw. Funktionszustände durch Messung geeigneter Größen zu überwachen (sog. Condition Monitoring), um die Sicherheit und Maschineneffizienz zu erhöhen. Dazu werden die einzelnen Maschinenkomponenten mit verschiedenen Sensoren ausgestattet, die geeignete Größen, wie z. B. Schall oder Schwingungen der Komponenten, messen bzw. erfassen und die Messwerte einem Auswertesystem zuführen. Das Auswertesystem wertet die Messwerte aus, um beispielsweise Sicherheitsprobleme zu erkennen und die Maschine abzuschalten oder den Maschinenzustand langfristig zu überwachen, um auszutauschende bzw. instand zu setzende Maschinenkomponenten zu identifizieren. Diese Überwachung löst die bisher übliche präventive Instandhaltung ab, bei der in festen Zeitabständen Maschinenkomponenten überprüft bzw. ausgetauscht werden. Die präventive Instandhaltung führt nämlich häufig dazu, dass intakte Bauteile ausgetauscht und vorhandene Restlaufzeiten nicht genutzt werden oder dass umgekehrt ein Defekt vor der Instandhaltung auftritt.

[0003] Nachteilig an der bekannten Lösung ist jedoch, dass die Ausstattung von Maschinen mit entsprechenden Erfassungseinrichtungen relativ aufwendig ist, da sämtliche zu überprüfende Komponenten mit einem oder mehreren Sensoren ausgerüstet werden müssen. Weiterhin unterliegen die Messwerte während des Betriebs der Maschine Störungen, die durch den normalen Bearbeitungsprozess hervorgerufen werden (z. B. Geräusch durch zerspanende Bearbeitung usw.), sodass die Maschinenüberwachung oftmals außerhalb des Bearbeitungsprozesses erfolgen muss. Für Gewindetribe sind kaum geeignete Überwachungsverfahren verfügbar. Beispielsweise ist ein bevorstehender Ausfall mittels einer Reibungsmessung erst feststellbar, wenn die Funktion schon nicht mehr vollständig gegeben ist.

[0004] Es ist somit erwünscht, ein brauchbares Verfahren zur Überwachung des Funktionszustands eines Gewindetribs anzugeben.

Offenbarung der Erfindung

[0005] Erfindungsgemäß wird ein Verfahren zur Überwachung des Funktionszustands eines Gewin-

detribs mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 vorgeschlagen. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche sowie der nachfolgenden Beschreibung.

Vorteile der Erfindung

[0006] Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, dass sich das Entlastungsverhalten von Gewindetriben bereits vor dem Ausfall grundlegend ändert. Insbesondere ist der Verlauf des Antriebsmoments beim Entlasten nicht mehr mit der Kraft korreliert. Damit kann auf einfache Weise durch Überwachung des Antriebsmoments insbesondere beim Entlasten auf den Funktionszustand des Gewindetribs geschlossen werden. Dies kann beispielsweise durch Vergleich mit einem Referenzverlauf oder auf besonders einfache aber dennoch zuverlässige Weise durch Schwellwertvergleich geschehen. Unterschreitet das Antriebsmoment beim Entlasten einen vorgebbaren Schwellwert, kann auf einen bevorstehenden Defekt bzw. Funktionsverlust des Gewindetribs geschlossen werden.

[0007] Da das Antriebsmoment besonders einfach zu erfassen ist, beispielsweise über die Stromaufnahme eines den Gewindetrieb antreibenden Elektromotors, handelt es sich um eine Lösung, die auch bei bereits vorhandenen Gewindetriben ohne großen Aufwand nachträglich implementierbar ist. Zusätzliche Sensorik ist im Allgemeinen nicht notwendig.

[0008] Mit der erfindungsgemäßen Lösung kann der Ausfall eines Gewindetribs frühzeitig vorhergesagt werden, bevor die Funktion tatsächlich beeinträchtigt wird, sodass eine ausreichend lange Reaktionszeit für Wartungsmaßnahmen bleibt. Es hat sich gezeigt, dass eine erforderliche Wartung oder Instandsetzung nicht nur wenige Stunden, sondern bis zu mehrere Tage im Vorhinein ersichtlich wird.

[0009] Das beschriebene Verfahren erfordert keine besonderen Signalauswertungen, Signalaufbereitungen oder Fachkenntnisse. Es ist einfach und von Jedermann nachzuvollziehen und anzuwenden. Zur Realisierung genügt bspw. die Implementierung einer einfachen Logikoperation in das Steuergerät des Antriebes.

[0010] Die Erfindung kann überall angewandt werden, wo der Zustand eines Gewindetribs über seine Gebrauchsdauer überwacht werden soll (Condition Monitoring). Insbesondere ist eine Überwachung während des Normalbetriebs möglich. Ein spezieller Testbetrieb ist nicht notwendig.

[0011] Das Verfahren ist für unterschiedliche Typen von Gewindetriben, insbesondere Rollengewindetribe, aber auch Trapezgewindetribe, Kugelgewindetribe, Spitz- und Rundgewindetribe geeignet.

[0012] Eine erfindungsgemäße Recheneinheit, z. B. ein Steuergerät eines Antriebs, ist, insbesondere programmtechnisch, dazu eingerichtet, ein erfindungsgemäßes Verfahren durchzuführen.

[0013] Auch die Implementierung der Erfindung in Form von Software ist vorteilhaft, da dies besonders geringe Kosten ermöglicht, insbesondere wenn eine ausführende Recheneinheit noch für weitere Aufgaben genutzt wird und daher ohnehin vorhanden ist. Geeignete Datenträger zur Bereitstellung des Computerprogramms sind insbesondere Disketten, Festplatten, Flash-Speicher, EEPROMs, CD-ROMs, DVDs u. a. m. Auch ein Download eines Programms über Computernetze (Internet, Intraet usw.) ist möglich.

[0014] Weitere Vorteile und Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung und der beiliegenden Zeichnung.

[0015] Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und die nachfolgend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

[0016] Die Erfindung ist anhand eines Ausführungsbeispiels in der Zeichnung schematisch dargestellt und wird im Folgenden unter Bezugnahme auf die Zeichnung ausführlich beschrieben.

Figurenbeschreibung

[0017] **Fig. 1** zeigt schematisch einen für die Erfindung geeigneten Rollengewindetrieb.

[0018] **Fig. 2** zeigt den Momentverlauf für einen Belastungs- und einen Entlastungsvorgang bei einem neuwertigen Gewindetrieb.

[0019] **Fig. 2** zeigt den Momentverlauf für den Gewindetrieb nach 1.680.000 Belastungszyklen.

[0020] **Fig. 3** zeigt den Momentverlauf für den Gewindetrieb nach 1.720.000 Belastungszyklen.

[0021] **Fig. 4** zeigt den Momentverlauf für den Gewindetrieb nach 1.760.000 Belastungszyklen.

[0022] In **Fig. 1** ist ein für die Erfindung geeigneter Gewindetrieb **100** grob schematisch dargestellt. Der Gewindetrieb **100** ist als Rollengewindetrieb ausgebildet und dient zum Umwandeln eines von einem Elektromotor **110** bereit gestellten Drehmoments M in eine Kraft F . Der Gewindetrieb **100** verfügt dafür über eine mit Gewinderollen **125** ausgestattete Mutter **120**, die auf einer Gewindestange **130** gelagert ist.

Eine Drehung der Gewindestange **130** führt zu einer Translation der Mutter **120**.

[0023] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird zur Überwachung des Funktionszustands des Gewindetriebs das Drehmoment M während des Entlastens überwacht.

[0024] Beispielhafte Drehmomentverläufe, die einen funktionsfähigen Gewindetrieb bzw. einen Gewindetrieb, bei dem ein Funktionsausfall bevorsteht, kennzeichnen, werden im Folgenden unter Bezugnahme auf die **Fig. 2** bis **Fig. 5** beschrieben.

[0025] In den **Fig. 2** bis **Fig. 5** sind Drehmoment-, Kraft- und Geschwindigkeitsverläufe für einen Belastungsvorgang (linke Hälfte der Figur) und einen anschließenden Entlastungsvorgang (rechte Hälfte der Figur) dargestellt. Dabei sind Drehmoment M , Kraft F und Geschwindigkeit auf der Ordinate gegen die Zeit t auf der Abszisse aufgetragen.

[0026] In **Fig. 2** sind Moment **201**, Kraft **202** und Geschwindigkeit **203** gegen die Zeit t während eines Belastungsvorganges und eines anschließenden Entlastungsvorganges für einen im Wesentlichen neuwertigen Rollengewindetrieb dargestellt. Beim Belastungsvorgang steigt das Antriebsmoment **201** an, wobei die Kraft **202** nachfolgt. Beim Entlastungsvorgang fällt das Moment **201** nach einer kurzen Beschleunigungsspitze kontinuierlich ab.

[0027] Dieses charakteristische Abnahmeverhalten des Moments bleibt im Wesentlichen über die gesamte Betriebsdauer vergleichbar und verändert sich kaum. Beispielsweise zeigt **Fig. 3** das Betriebsverhalten desselben Rollengewindetriebs nach 1,68 Millionen Belastungszyklen. Der Verlauf von Moment **301** und Kraft **302** unterscheidet sich kaum vom Verlauf gemäß **Fig. 2**.

[0028] Steht ein Ausfall des Gewindetriebs bevor, zeigt das Betriebsverhalten einen vollkommen anderen Verlauf, wie er beispielsweise in **Fig. 4** dargestellt ist. **Fig. 4** zeigt das Betriebsverhalten desselben Gewindetriebs nach 1,72 Millionen Belastungszyklen. Es ist erkennbar, dass der Belastungsvorgang im Wesentlichen ähnlich verläuft wie in den **Fig. 2** und **Fig. 3**. Deutlich anders verhält sich jedoch der Entlastungsvorgang. Beim Entlastungsvorgang zeigt das Moment **401** einen gänzlich anderen Verlauf als die Kraft **402**. Das Moment **401** zeigt eine weit ausgeprägtere Beschleunigungsspitze als in den **Fig. 2** und **Fig. 3** und hat sogar einen im Vorzeichen umgekehrten Verlauf. Zwischen den **Fig. 3** und **Fig. 4** liegen lediglich 40.000 Belastungszyklen. Eine Schädigung des Gewindetriebs war noch nicht erkennbar. Eine Schädigung kann in bevorzugter Ausführungsform durch Schwellwertvergleich erkannt werden. Unterschreitet das Moment beim Entlasten einen vorgegeb-

baren Schwellwert M_0 , lässt dies auf ein bevorstehendes Versagen des Gewindetriebs schließen. Ein brauchbarer Schwellwert kann insbesondere empirisch aus einer Referenzfahrt bei funktionstüchtigem Gewindetrieb bestimmt werden. Andere Auswertemöglichkeiten bietet die qualitative Beurteilung des Verlaufs, insbesondere unter Beachtung von fallenden und steigenden Abschnitten, wobei die Steigung ausgewertet wird. Weiterhin kann zur Fehlererkennung der momentane Verlauf mit einem Referenzverlauf, bspw. einer Messung in neuem Zustand oder einem langfristig gemittelten Verlauf, verglichen werden.

[0029] In [Fig. 5](#) ist der Betriebsverlauf nach weiteren 40.000 Belastungszyklen dargestellt. Es ist weiterhin der starke Abfall des Moments **501** zu Beginn des Entlastens erkennbar. Der Gewindetrieb war zu diesem Zeitpunkt noch funktionsfähig, fiel jedoch nach wenigen weiteren Belastungszyklen aus.

[0030] Durch Vergleich der [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) einerseits und [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) andererseits ist die Veränderung des Momentenverlaufs **201**, **301** bzw. **401**, **501**, die auf den bevorstehenden Ausfall hinweist, erkennbar. Das Moment selbst ist beispielsweise anhand der Stromaufnahme des Antriebsmotors leicht erfassbar.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Überwachung des Funktionszustands eines Gewindetriebs (**100**), wobei ein Antriebsmoment beim Entlasten des Gewindetriebs (**100**) erfasst wird und anhand des Verlaufs (**201**, **301**, **401**, **501**) des erfassten Antriebsmoments auf einen bevorstehenden Funktionsausfall geschlossen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei auf einen bevorstehenden Funktionsausfall geschlossen wird, wenn das Antriebsmoment beim Entlasten des Gewindetriebs einen vorgebbaren Schwellwert (M_0) unterschreitet.

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei der Schwellwert (M_0) anhand einer Referenzfahrt vorgeben wird.

4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der erfasste Antriebsmomentenverlauf (**201**, **301**, **401**, **501**) mit einem Referenzverlauf verglichen wird und bei einer vorgegebenen Abweichung des erfassten Antriebsmomentenverlaufs von dem Referenzverlauf auf einen bevorstehenden Funktionsausfall geschlossen wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei der Referenzverlauf durch eine Messung in neuwertigem Zustand und/oder durch eine Mittellung über mehrere Verläufe erhalten wird.

6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei auf einen bevorstehenden Funktionsausfall geschlossen wird, wenn die Steigung des erfassten Antriebsmomentenverlaufs (**201**, **301**, **401**, **501**) beim Entlasten des Gewindetriebs einen vorgebbaren Schwellwert Unter- oder überschreitet.

7. Recheneinheit, die dazu eingerichtet ist, ein Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche durchzuführen.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

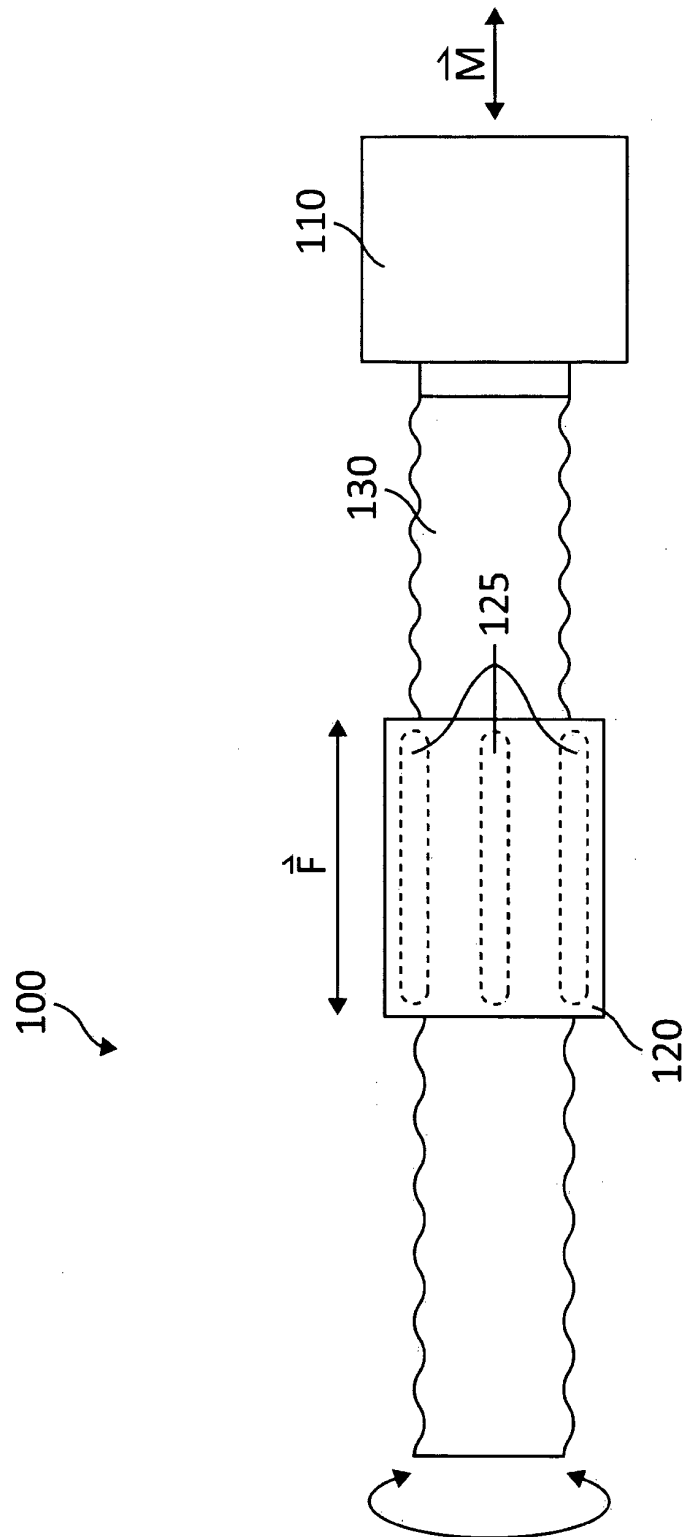


Fig. 1

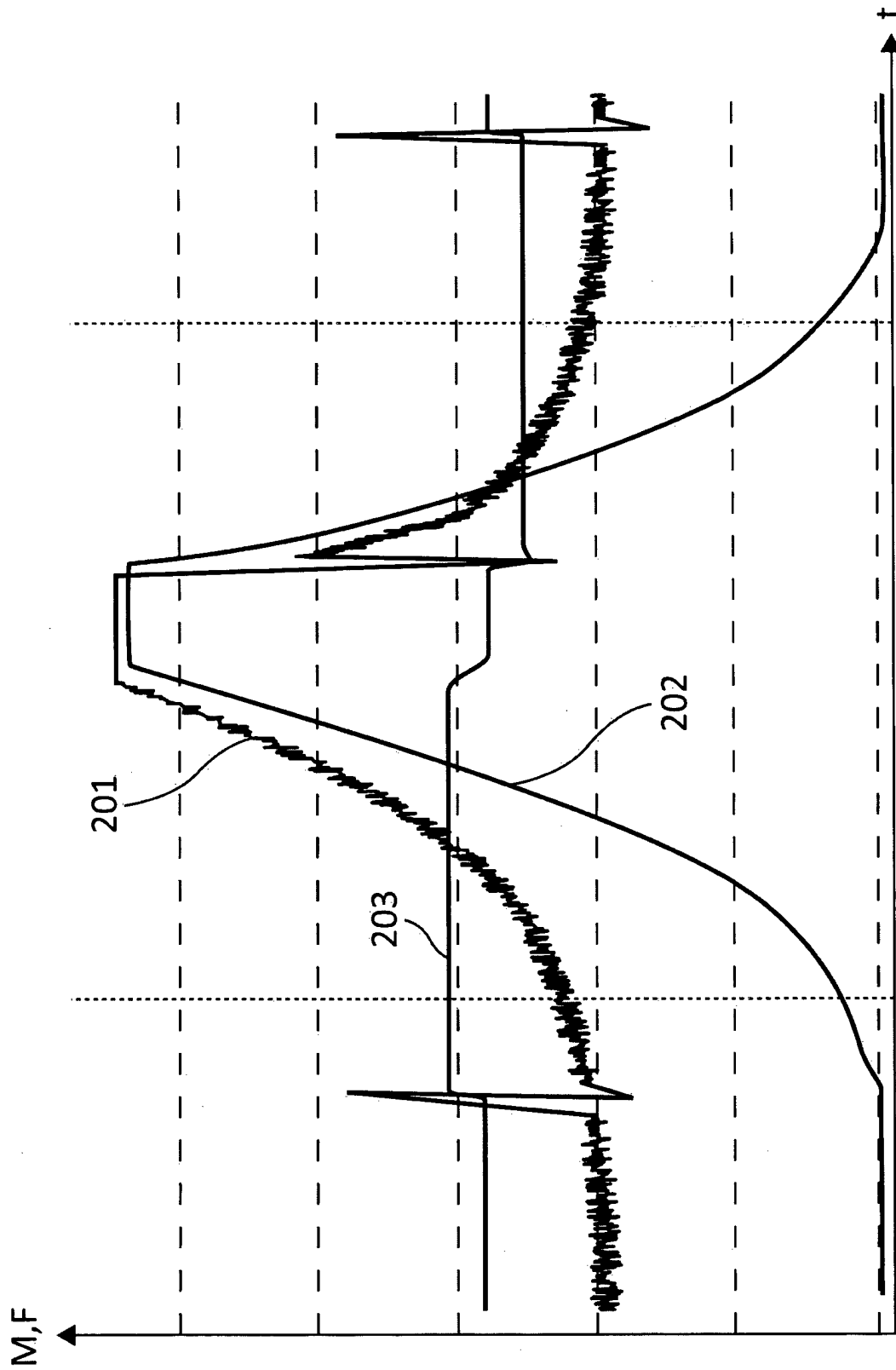


Fig. 2

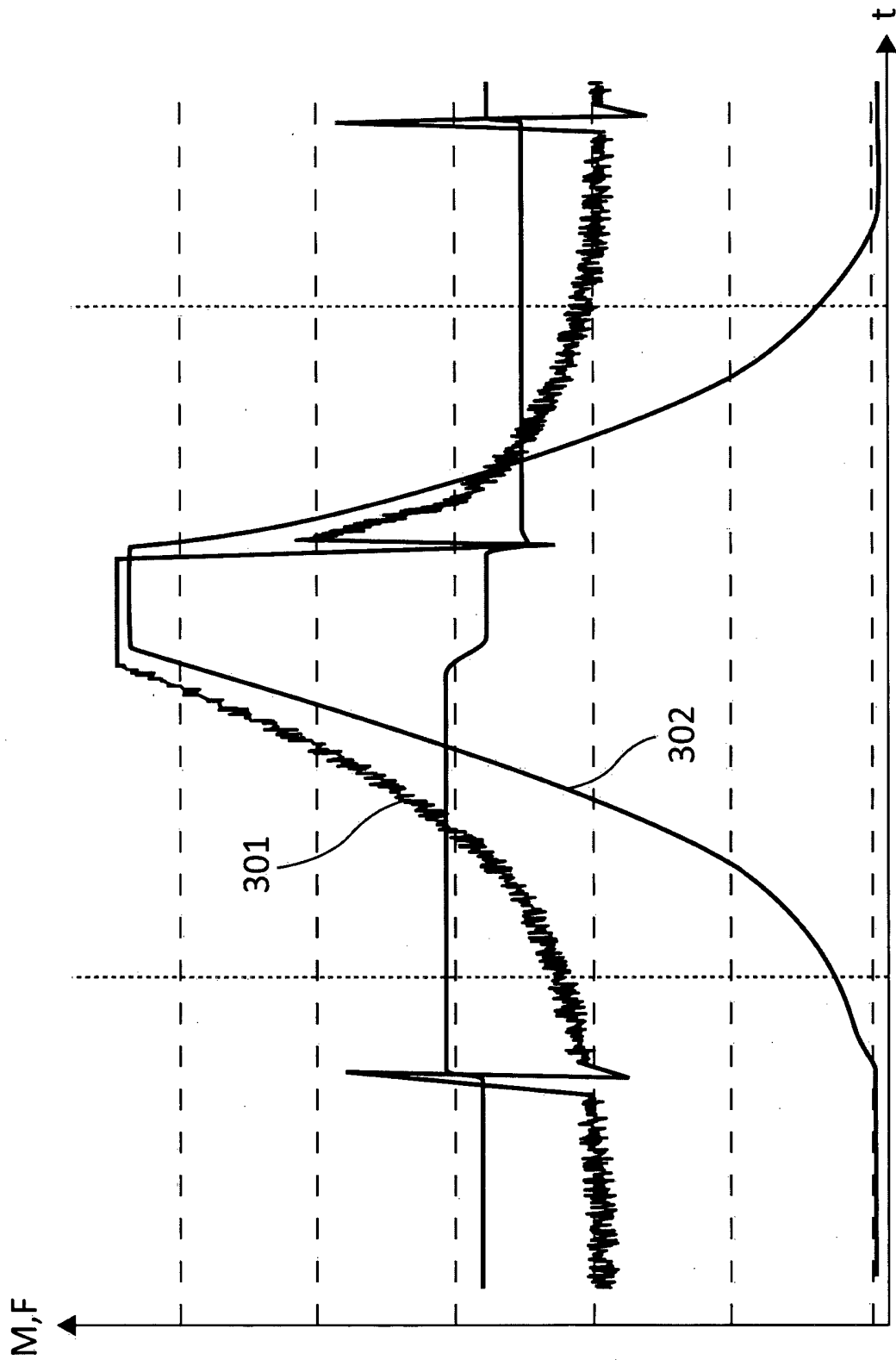


Fig. 3

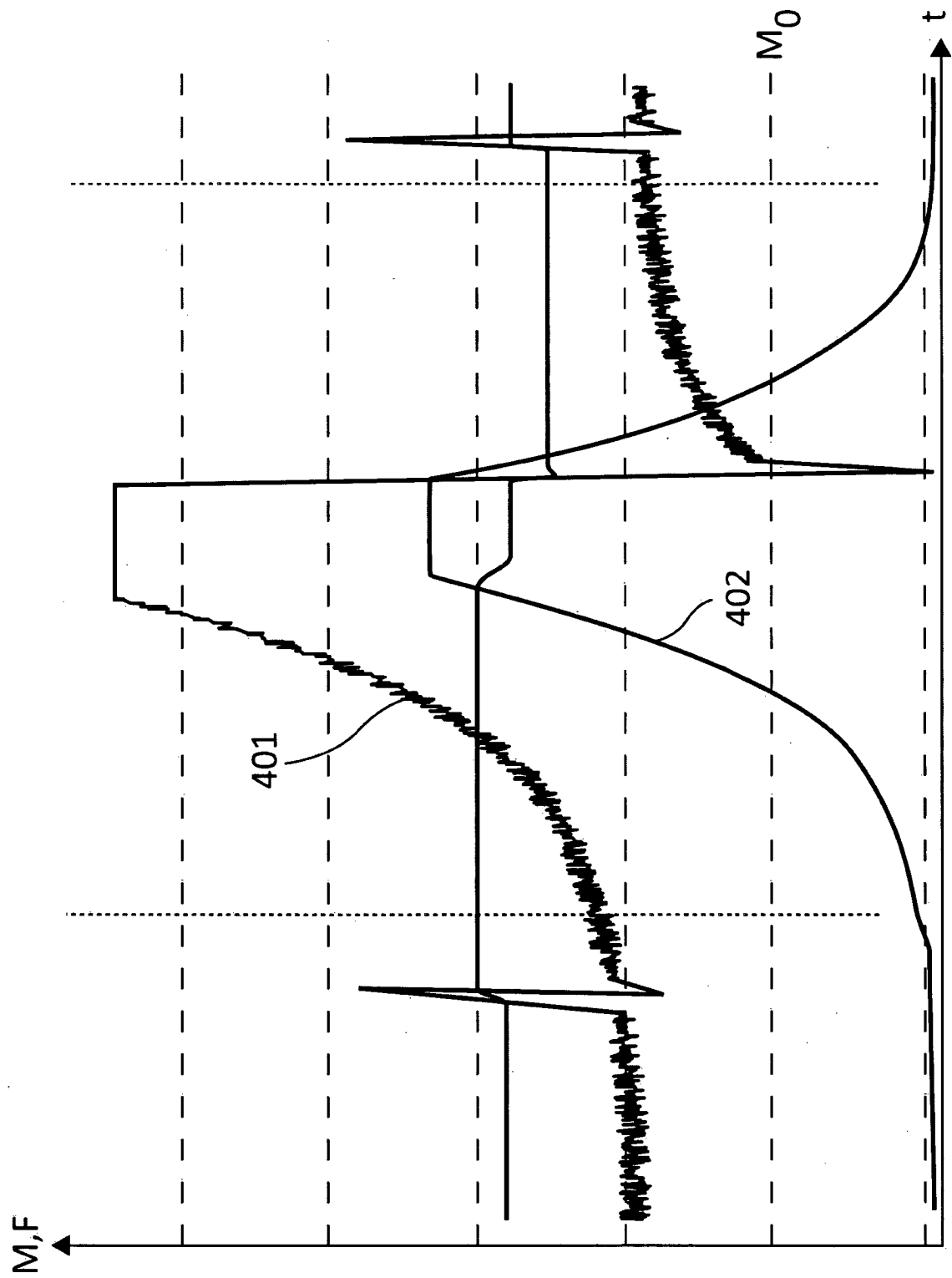


Fig. 4

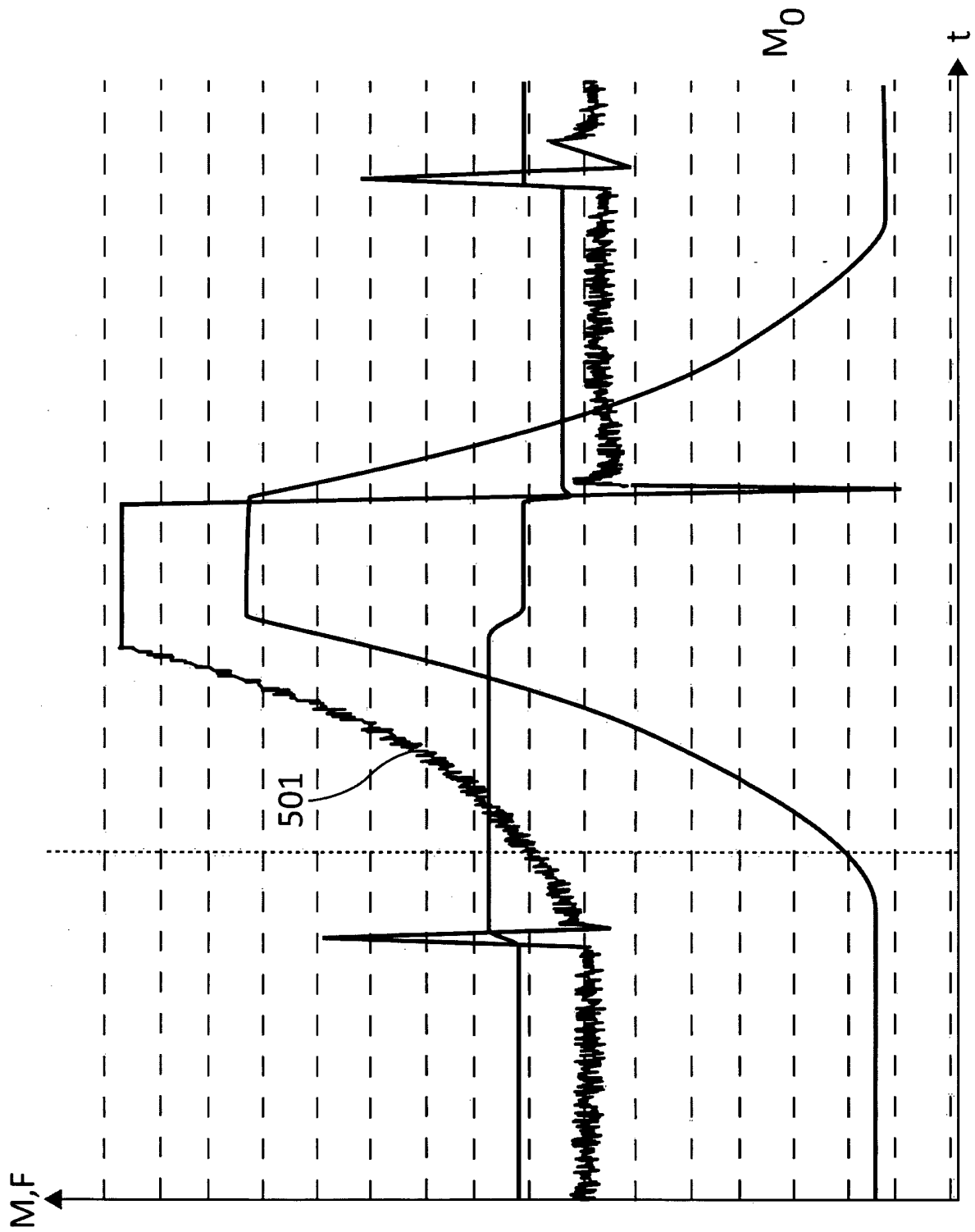


Fig. 5