

(2006.01)

(72) Erfinder:  
COTTOGNI MICHAEL DIPL.ING.  
GRAZ (AT)

(57) Um die hohen Genauigkeitsansprüche in einer Prüfstandsumgebung zu erfüllen, wird ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Kalibrierung einer Drehmomentenmesseinrichtung angegeben, mit dem ein Kalibriervorgang sehr einfach, flexibel und genau durchgeführt werden kann und gleichzeitig auch die Anforderungen an die Sicherheit erfüllt werden können. Dazu wird die Drehmomentenmesseinrichtung 3 mit der der Antriebs- und Belastungsmaschine 2 verbunden, einem Drehzahlregler 10 eine Solldrehzahl  $n_{\text{solld}}$  größer 0  $U_{\text{min}}-1$  vorgegeben, wobei der Drehzahlregler 10 ein Sollmoment  $T_{\text{solld}}$  erzeugt, das durch eine vorgebbare Stellmomentenbegrenzung  $T_{\text{max}}$  nach oben begrenzt wird und das derart begrenzte Sollmoment der Antriebs- und Belastungsmaschine 2 als Stellmoment  $T_{\text{stell}}$  vorgegeben.

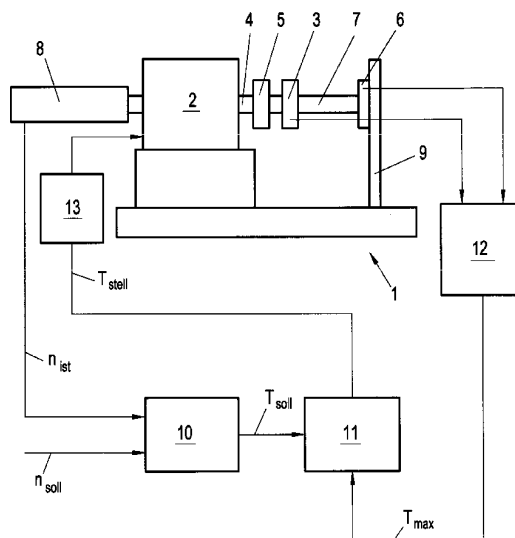


Fig. 1

## Beschreibung

### VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM KALIBRIEREN EINER DREHMOMENTENMESS-EINRICHTUNG

**[0001]** Die gegenständliche Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Kalibrieren einer Drehmomentenmesseinrichtung, die mit einer Antriebs- und Belastungsmaschine verbunden ist, wobei das mit der Drehmomentenmesseinrichtung und das mit einer Referenzmesseinrichtung gemessene Drehmoment zur Kalibrierung verglichen werden.

**[0002]** Auf Prüfständen für Fahrzeuge oder Fahrzeugkomponenten, wie z.B. Getriebe, Antriebsstränge, Verbrennungsmotoren, etc., wird der Prüfling durch eine Antriebs- und Belastungsmaschine, einen sogenannten Dyno, angetrieben oder belastet, um für den Prüfling bestimmte Betriebszustände zu simulieren. Dazu ist in der Regel auch eine Vielzahl von Sensoren im Einsatz, um verschiedenste Messwerte zu erfassen. Insbesondere werden in solchen Prüfstandsaufbauten auch Drehzahl- und Drehmomentensensoren eingesetzt. Während die Drehzahl mit verschiedensten Methoden sehr genau gemessen werden kann, werden für die Messung des Drehmoments als Drehmomentenmesseinrichtungen häufig sogenannten Drehmomenten-Messflansche verwendet, die zwischen Abtriebswelle des Dynos und Antriebswelle des Prüflings angeordnet sind. Es sind aber auch pendelnd gelagerte Dynos bekannt, bei denen als Drehmomentenmesseinrichtung, z.B. ein Biegebalken oder eine Loadcell, eingesetzt wird, die die Kraft zwischen Stator und dem Maschinengehäuse misst womit auf das wirkende Drehmoment rückgeschlossen werden kann. Drehmomentenmesseinrichtungen müssen jedoch kalibriert werden, um genaue Messungen zu ermöglichen. Die Kalibrierung muss im laufenden Betrieb auch regelmäßig wiederholt werden. Dazu gibt es im Stand der Technik eine Fülle von Verfahren, wie eine solche Drehmomentenmesseinrichtung, wie z.B. ein Drehmomenten-Messflansch, ein Biegebalken oder eine Loadcell, kalibriert werden kann.

**[0003]** Häufig verwendet werden Kalibrierhebel, die an einem Hebel, der an der Welle befestigt ist, in einem bestimmten Abstand ein bestimmtes Gewicht angeordnet haben, womit ein definiertes Drehmoment erzeugt wird, das von der Drehmomentenmesseinrichtung erfasst wird. Durch Feststellen einer Differenz zwischen dem Messwert und dem eingebrachten Wert kann die Drehmomentenmesseinrichtung in Folge kalibriert werden. Ein Beispiel dafür findet sich z.B. in der WO 2006/099641 A1. Durch einen solchen Kalibrierhebel werden aber immer auch Biege- und Querkräfte eingebracht, die das Messergebnis verfälschen können.

**[0004]** Aus der DE 10 2007 040 106 A1 ist eine Kalibriereinrichtung bekannt, bei der ein Elektromotor über ein Getriebe an das Drehmomentenmessgerät, hier ein Drehmomenten-Messflansch, angeschlossen wird. Damit kann zur Kalibrierung über den Elektromotor und das Getriebe ein bestimmtes Drehmoment eingebracht werden, das vom Drehmomentenmessgerät gemessen wird, wobei zur Kalibrierung die Leistungsbremse aber blockiert werden muss. Die Kalibriereinrichtung ist aber auch konstruktiv aufwendig und durch ihre Größe und Gewicht auch schwierig zu handhaben.

**[0005]** Es ist weiters von Werkzeugmaschinen her bekannt, z.B. aus der US 4 483 177 A, den Antriebsmotor der Werkzeugmaschine selbst zum Aufbringen des Drehmoments für die Kalibrierung des Drehmomentensensors zu verwenden. Allerdings sind bei Werkzeugmaschinen wesentlich geringere Genauigkeiten erforderlich. Deshalb wird hier auch nur eine bestimmte Drehzahl vorgegeben mit der eine Mutter auf einer Gewindespindel gegen einen Anschlag fährt, womit sich ein bestimmtes Drehmoment einstellt, das von der Drehmomentenmesseinrichtung und einer Referenz-Drehmomentenmesseinrichtung gemessen und anschließend zur Kalibrierung verglichen werden kann. Es ist hier aber nicht möglich (und auch nicht notwendig), beliebige genaue Kalibriermomente einzustellen.

**[0006]** In einer Prüfstandsumgebung müssen aber hohe Genauigkeitsanforderungen erfüllt werden. Für die Kalibrierung der Drehmomentenmesseinrichtung in für Prüfstandsanwendungen ausreichender Genauigkeit, muss das Drehmoment während der Messung (bzw. Kalibrie-

rung) in geeigneter Form aufgebracht werden. Um die Hysterese der zu kalibrierenden Drehmomentenmesseinrichtung feststellen zu können und sie nicht zu zerstören, soll das aufgebrauchte Drehmoment eine möglichst geringe Welligkeit und möglichst kein Überspringen aufweisen. Außerdem werden Drehmomentenmesseinrichtungen in der Regel innerhalb eines bestimmten Kalibrierbereiches und nicht nur an einem einzigen Drehmoment kalibriert, was es notwendig macht, dass (innerhalb der Möglichkeiten) beliebige Kalibriermomente vorgegeben werden. Insbesondere in einer Prüfstandsumgebung müssen aber auch bestimmte Sicherheitsvorkehrungen getroffen werden. Z.B. darf der Dyno bei einem Wellenbruch nicht unkontrolliert weiter antreiben, sondern muss sofort gestoppt werden. Es reicht daher nicht, zur Kalibrierung mit dem Antriebsmotor dem Antriebsmotor einfach ein Drehmoment vorzugeben, da der Antriebsmotor im Falle eines Wellenbruches unkontrolliert losfahren würde.

**[0007]** Es ist daher eine Aufgabe der gegenständlichen Erfindung ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Kalibrierung einer Drehmomentenmesseinrichtung anzugeben, das einfach aufgebaut ist, ausreichend genau und auch einfach handzuhaben ist, eine flexible Vorgabe der Kalibriermomente ermöglicht und auch die Anforderungen an die Sicherheit erfüllt.

**[0008]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Antriebs- und Belastungsmaschine mit der drehfest angeordneten Referenzmesseinrichtung verbunden wird, einem Drehzahlregler eine Solldrehzahl größer  $0 \text{ Umin}^{-1}$  vorgegeben wird und der Drehzahlregler ein Sollmoment erzeugt, das durch eine vorgebbare Stellmomentenbegrenzung nach oben begrenzt wird und das derart begrenzte Sollmoment der Antriebs- und Belastungsmaschine als Stellmoment vorgegeben wird. Damit lassen sich die gestellten Anforderungen, nämlich ein zwischen  $0 \text{ Nm}$  und  $\pm T_{\text{Dyno\_max}}$  beliebig einstellbares Kalibriermoment, hohe Genauigkeit durch Vorgabe eines Stellmoments  $T_{\text{stell}}$  und Sicherheitsfunktion gegen unkontrolliertes Wegdrehen der Antriebs- und Belastungsmaschine bei Wellenbruch, erfüllen. Dabei sorgt der Drehzahlregler für die notwendige Sicherheit, da dieser bei Wellenbruch das Sollmoment sofort reduziert und die Drehzahl nicht über den eingestellten, bevorzugt niedrigen, Wert der Solldrehzahl ansteigen lässt und die Stellmomentenbegrenzung für die Einstellung des Kalibrierbereiches mit ausreichender Genauigkeit. Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist darüber hinaus auch einfach handzuhaben und ermöglicht rasche Kalibrierungen der Drehmomentenmesseinrichtung.

**[0009]** Wenn höherfrequente Drehmomentenanteile gedämpft werden, kann die Kalibriergenauigkeit noch weiter gesteigert werden.

**[0010]** Das Ergebnis der Kalibrierung wird vorteilhaft auch verwendet, um einen Parameter der Regeleinheit der Antriebs- und Belastungsmaschine zu verändern, damit die Antriebs- und Belastungsmaschine hinsichtlich der Einstellung eines vorgegebenen Stellmoments genauer wird. Damit kann ebenfalls die Kalibriergenauigkeit gesteigert werden.

**[0011]** Die gegenständliche Erfindung wird anhand der nachfolgenden beispielhaften, eine vorteilhafte Ausgestaltung zeigenden und nicht einschränkenden Figur 1 näher erläutert, die am Beispiel eines Drehmomenten-Messflansches eine schematische Darstellung der erfindungsgemäßen Kalibriervorrichtung zeigt.

**[0012]** In Fig. 1 ist schematisch ein Prüfstand 1 mit einer Antriebs- und Belastungsmaschine 2 (Dyno) gezeigt. Auf der Welle 4 der Antriebs- und Belastungsmaschine 2 ist eine Drehmomentenmesseinrichtung 3, wie z.B. ein Drehmoment-Messflansch, angeordnet. Im normalen Betrieb ist die Antriebs- und Belastungsmaschine 2 über eine Verbindungswelle 7 mit dem Prüfling, wie z.B. ein Verbrennungsmotor, ein Getriebe oder ein Antriebsstrang, verbunden (hier nicht dargestellt). Zum Kalibrieren der Drehmomentenmesseinrichtung 3 wird der Prüfling entfernt und die Antriebs- und Belastungsmaschine 2 über eine Verbindungswelle 7 mit einer Referenzmesseinrichtung 6 verbunden, die z.B. mittels einer Blockiereinheit 9, wie z.B. eine einfache Stütze, drehfest angeordnet ist. Zum Kalibrieren wird der Antriebs- und Belastungsmaschine 2 ein Stellmoment  $T_{\text{stell}}$  vorgegeben, das durch die drehfeste Abstützung der Referenzmesseinrichtung 6 sowohl an der Drehmomentenmesseinrichtung 3, als auch an der Referenzmesseinrichtung 6 anliegt und gemessen werden kann. Durch Vergleich der Messwerte kann dann die Drehmomentenmesseinrichtung 3 entsprechend kalibriert werden. Für die Kalibrierung wird das

Stellmoment  $T_{\text{stell}}$  in der Regel innerhalb eines Kalibrierbereichs in diskreten Schritten variiert.

**[0013]** Äquivalent erfolgt die Kalibrierung bei einer pendelnd gelagerten Antriebs- und Belastungsmaschine 2, wobei hier die Referenzmesseinrichtung 6 mit der Welle 4 der Antriebs- und Belastungsmaschine 2 verbunden werden kann.

**[0014]** Um der Antriebs- und Belastungsmaschine 2 ein Stellmoment  $T_{\text{stell}}$  für die Kalibrierung vorzugeben, ist nun ein Drehzahlregler 10 vorgesehen, dem über einen Drehzahlsensor 8 die Istzahl  $n_{\text{ist}}$  der Antriebs- und Belastungsmaschine 2 zugeführt wird. Weiters liegt an einem Eingang des Drehzahlreglers 10 eine Sollzahl  $n_{\text{soll}}$  an, die größer als  $0 \text{ Umin}^{-1}$  ist. Bevorzugt wird als Sollzahl  $n_{\text{soll}}$  eine sehr kleine Drehzahl, etwa im Bereich von 1 bis  $10 \text{ Umin}^{-1}$  vorgegeben. Der Drehzahlregler 10 erzeugt am Ausgang ein Sollmoment  $T_{\text{soll}}$ , das aber nicht direkt der Antriebs- und Belastungsmaschine 2 vorgegeben wird, sondern einer Stellmomentenbegrenzungseinheit 11 zugeführt wird. Der Stellmomentenbegrenzungseinheit 11 wird ein maximales Drehmoment  $T_{\text{max}}$  vorgegeben, z.B. von einer Steuereinheit 12, z.B. eine Prüfstands- oder Kalibriersteuereinheit, und begrenzt das Eingangs-Sollmoment  $T_{\text{soll}}$  nach oben auf das vorgegebene maximale Drehmoment. Das derart begrenzte Sollmoment wird dann der Antriebs- und Belastungsmaschine 2 als Stellmoment  $T_{\text{stell}}$  vorgegeben, die dieses dann mit der zugehörigen Regeleinheit 13, wie z.B. ein Frequenzumrichter mit entsprechender Steuerung, einstellt.

**[0015]** Da die Antriebs- und Belastungsmaschine 2 über die drehfeste Referenzmesseinrichtung 6 festgehalten ist ( $n_{\text{ist}}=0$ ), wird der Drehzahlregler 10 aufgrund der Sollzahlvorgabe  $n_{\text{soll}} > 0$  sehr rasch (in Abhängigkeit von der eingestellten Reglerdynamik) in Sättigung gehen und an seinen Ausgang das größte vom Regler vorgegebene Sollmoment  $T_{\text{soll}}$  ausgeben. Durch die Stellmomentenbegrenzung wird dann erreicht, dass der Antriebs- und Belastungsmaschine 2 ein vorgegebenes Stellmoment  $T_{\text{stell}}$  vorgegeben werden kann. Für einen Kalibrierdurchlauf können daher durch Abänderung des maximalen Drehmoments  $T_{\text{max}}$  sehr einfach verschiedene Stellmomente  $T_{\text{stell}}$  vorgegeben werden.

**[0016]** Zur Kalibrierung können die mit der Drehmomentenmesseinrichtung 3 und der Referenzmesseinrichtung 6 gemessenen Werte in einer Steuereinheit 12 verglichen werden, woraufhin die Drehmomentenmesseinrichtung 3 der Abweichung entsprechend kalibriert werden kann, z.B. durch Änderung von bestimmten einstellbaren Parametern der Drehmomentenmesseinrichtung 3 oder deren Mess- oder Auswerteelektronik bzw. Mess- oder Auswertesoftware.

**[0017]** Im Falle eines Wellenbruches würde die Drehzahl der Antriebs- und Belastungsmaschine 2 sehr rasch ansteigen, da die (nun frei durchdrehende) Antriebs- und Belastungsmaschine 2 ( $n_{\text{ist}} \neq 0$ ) ja versucht, ein vorgegebenes Stellmoment  $T_{\text{stell}}$  einzustellen. Bei Erreichen oder Überschreiten der vorgegebenen Sollzahl  $n_{\text{soll}}$  wird der Drehzahlregler 10 jedoch das Sollmoment  $T_{\text{soll}}$  reduzieren (unter die eingestellte Stellmomentenbegrenzung), wodurch die Stellmomentenvorgabe an die Antriebs- und Belastungsmaschine 2 zurückgenommen wird und die Antriebs- und Belastungsmaschine 2 sehr rasch eingefangen wird, womit ein unkontrolliertes Wegdrehen der Antriebs- und Belastungsmaschine 2 bei Wellenbruch vermieden wird. Dazu wird als Sollzahl  $n_{\text{soll}}$  bevorzugt ein sehr kleiner Wert, etwa im Bereich von 1 bis  $10 \text{ Umin}^{-1}$ , vorgegeben.

**[0018]** Die Ergebnisse des Kalibriervorganges können aber auch verwendet werden, um die Genauigkeit der Antriebs- und Belastungsmaschine 2 hinsichtlich der Einstellung eines vorgegebenen Stellmoments  $T_{\text{stell}}$  zu verbessern. Dazu könnte z.B. das Kalibrierergebnis herangezogen werden, um einen oder mehrere Parameter in der Regeleinheit 13, z.B. ein Parameter eines Frequenzumrichters, automatisiert so zu verändern, dass die Antriebs- und Belastungsmaschine 2 im Bezug auf die Referenzmesseinrichtung 6 genauer, z.B. linearer wird. Ein solches Optimierungsproblem kann durch hinlänglich bekannte mathematische Methoden, die z.B. in der Regeleinheit 13 oder der Steuereinheit 12 implementiert sein können, gelöst werden.

**[0019]** Zwischen Antriebs- und Belastungsmaschine 2 und Drehmomentenmesseinrichtung 3 (oder Referenzmesseinrichtung 6), oder zwischen Drehmomentenmesseinrichtung 3 und Referenz-

renzmesseinrichtung 6 oder zwischen Referenzmesseinrichtung 6 und Blockiereinheit 9 kann auch eine Dämpfungseinheit 5 als Schwingungsdämpfer, z.B. eine einfache Schwungscheibe, vorgesehen sein, die dazu dient, höherfrequente Drehmomentanteile zu dämpfen und niederfrequente Drehmomente durchzulassen. Damit sollen unerwünschte höherfrequente Drehmomentschwankungen während des Kalibriervorganges unterbunden werden, womit die Kalibrierung genauer wird.

## Ansprüche

1. Verfahren zum Kalibrieren einer Drehmomentenmesseinrichtung (3), die mit einer Antriebs- und Belastungsmaschine (2) verbunden ist, wobei das mit der Drehmomentenmesseinrichtung (3) und das mit einer Referenzmesseinrichtung (6) gemessene Drehmoment zur Kalibrierung verglichen werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Antriebs- und Belastungsmaschine (2) mit der drehfest angeordneten Referenzmesseinrichtung (6) verbunden wird, einem Drehzahlregler (10) eine Sollzahl ( $n_{\text{soll}}$ ) größer  $0 \text{ Umin}^{-1}$ , vorzugsweise im Bereich von 1 bis  $10 \text{ Umin}^{-1}$ , vorgegeben wird und der Drehzahlregler (10) ein Sollmoment ( $T_{\text{soll}}$ ) erzeugt, das durch eine vorgebbare Stellmomentenbegrenzung nach oben begrenzt wird und das derart begrenzte Sollmoment der Antriebs- und Belastungsmaschine (2) als Stellmoment ( $T_{\text{stell}}$ ) vorgegeben wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass höherfrequente Drehmomentenanteile gedämpft werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Ergebnis der Kalibrierung verwendet wird, um einen Parameter einer Regeleinheit (13) der Antriebs- und Belastungsmaschine (2) zu verändern, damit die Antriebs- und Belastungsmaschine (2) hinsichtlich der Einstellung eines vorgegebenen Stellmoments ( $T_{\text{stell}}$ ) genauer wird.
4. Vorrichtung zum Kalibrieren einer mit einer Antriebs- und Belastungsmaschine (2) verbundenen Drehmomentenmesseinrichtung (3), wobei eine Referenzmesseinrichtung (6) vorgesehen ist und in einer Steuereinheit (10) zur Kalibrierung das mit der Drehmomentenmesseinrichtung (3) und das mit einer Referenzmesseinrichtung (6) gemessene Drehmoment verglichen werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Referenzmesseinrichtung (6) mittels einer Blockiereinrichtung (9) ortsfest angeordnet ist und mit der Antriebs- und Belastungsmaschine (2) verbunden ist, dass ein Drehzahlregler (10) vorgesehen ist, dem eine Sollzahl ( $n_{\text{soll}}$ ) größer  $0 \text{ Umin}^{-1}$ , vorzugsweise im Bereich von 1 bis  $10 \text{ Umin}^{-1}$ , vorgegeben ist und der als Ausgang ein Sollmoment ( $T_{\text{soll}}$ ) erzeugt, dass eine Stellmomentenbegrenzungseinheit (11) mit dem Sollmoment ( $T_{\text{soll}}$ ) als Eingang und einem begrenzten Sollmoment als Ausgang vorgesehen ist und dass als Stellmoment ( $T_{\text{stell}}$ ) der Antriebs- und Belastungsmaschine (2) das begrenzte Sollmoment vorgesehen ist.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Drehmomentenmesseinrichtung (3) an einer Welle (4) der Antriebs- und Belastungsmaschine (2) angeordnet ist und die Referenzmesseinrichtung (6) mit einer Verbindungswelle (7) mit der Drehmomentenmesseinrichtung (3) verbunden ist.
6. Vorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Referenzmesseinrichtung (6) an einer Welle (4) der Antriebs- und Belastungsmaschine (2) angeordnet ist.
7. Vorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen Antriebs- und Belastungsmaschine (2) und Drehmomentenmesseinrichtung (3) oder zwischen Antriebs- und Belastungsmaschine (2) und Referenzmesseinrichtung (6) oder zwischen Drehmomentenmesseinrichtung (3) und Referenzmesseinrichtung (6) oder zwischen Referenzmesseinrichtung (6) und Blockiereinheit (9) eine Dämpfungseinheit (5) vorgesehen ist.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

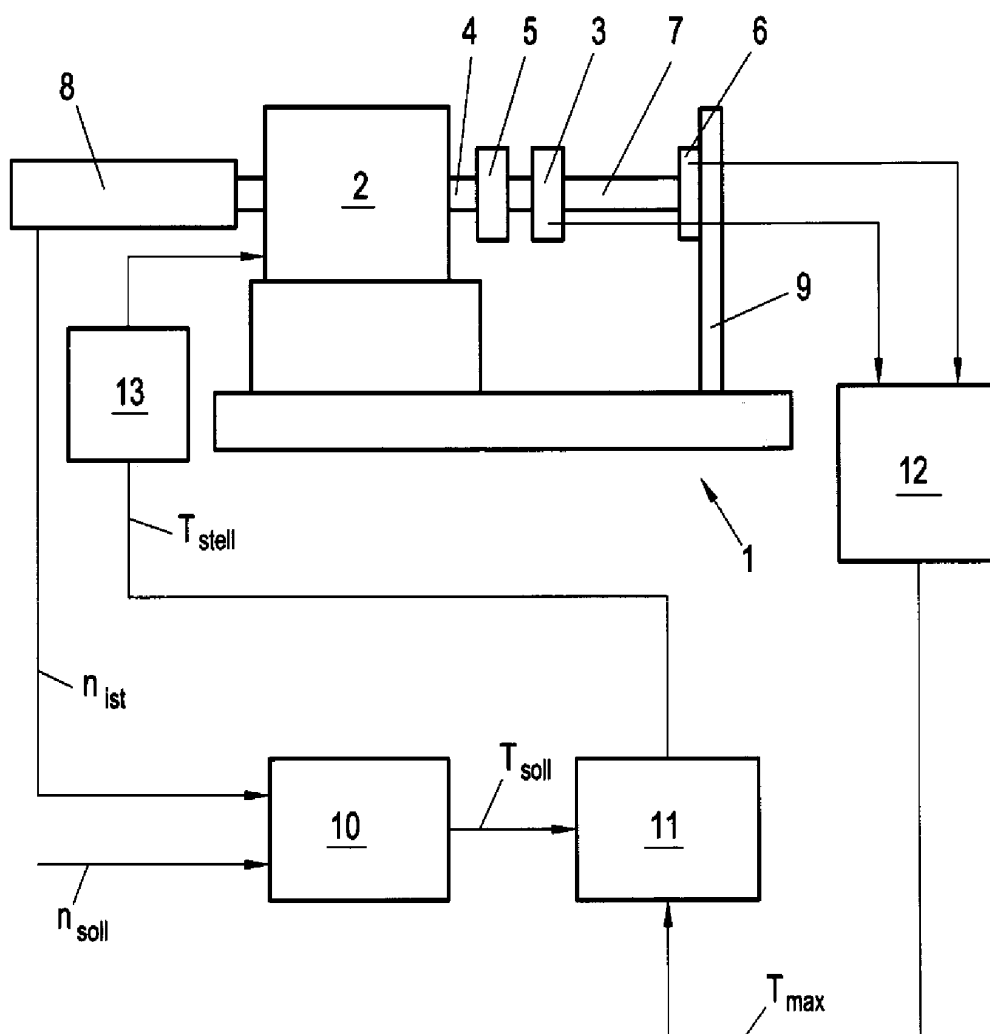


Fig. 1