

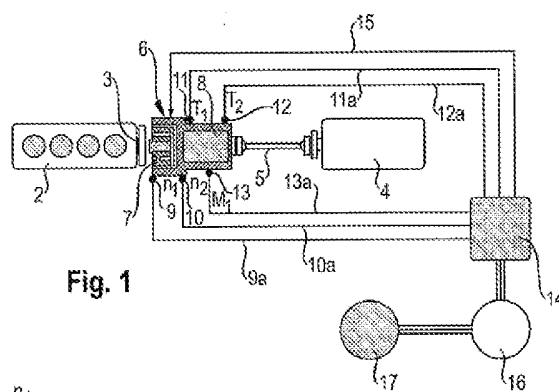
# Österreichische Patentanmeldung

(51) Int. Cl.: **G01M 15/04** (2006.01)  
*F02N 15/00* (2006.01)

(74) Vertreter:  
BABELUK MICHAEL DIPL.ING. MAG.  
WIEN

(54) VERFAHREN ZUM TESTEN DES VERHALTENS EINER BRENNKRAFTMASCHINE

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Testen des Verhaltens einer Brennkraftmaschine (2) mit Start-Stopp-System während eines Startvorganges der Brennkraftmaschine (2), mit einem Prüfstand (1), welcher einen elektrischen Dynamometer (4) und eine mit dem Dynamometer (4) über eine Welle (5) verbundene Kupplungseinheit (6) mit zumindest einer schaltbaren Kupplung (7) aufweist, wobei die Kupplungseinheit (6) mit einer Kurbelwelle (3) der Brennkraftmaschine (2) verbunden wird. Um auf einfache und genaue Weise das Verhalten einer Brennkraftmaschine (2) zu erfassen, ist vorgesehen, dass die Brennkraftmaschine (2) bei geöffneter Kupplung (7) gestartet wird, dass der Dynamometer (4) auf Synchrondrehzahl mit der Brennkraftmaschine (2) gebracht wird, dass bei Erreichen der Synchrondrehzahl die Kupplung (7) geschlossen wird, und dass nach dem Schließen der Kupplung (7) durch den Dynamometer (4) eine sich schließende Fahrzeugkupplung simuliert wird, wobei durch den Dynamometer (4) ein Lastmoment auf die Welle (5) aufgebracht wird, welches der Kupplungskennlinie einer sich schließenden Fahrzeugkupplung entspricht.



## Z U S A M M E N F A S S U N G

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Testen des Verhaltens einer Brennkraftmaschine (2) mit Start-Stopp-System während eines Startvorganges der Brennkraftmaschine (2), mit einem Prüfstand (1) welcher einen elektrischen Dynamometer (4) und eine mit dem Dynamometer (4) über eine Welle (5) verbundene Kupplungseinheit (6) mit zumindest einer schaltbaren Kupplung (7) aufweist, wobei die Kupplungseinheit (6) mit einer Kurbelwelle (3) der Brennkraftmaschine (2) verbunden wird.

Um auf einfache und genaue Weise das Verhalten einer Brennkraftmaschine (2) zu erfassen, ist vorgesehen, dass die Brennkraftmaschine (2) bei geöffneter Kupplung (7) gestartet wird, dass der Dynamometer (4) auf Synchrondrehzahl mit der Brennkraftmaschine (2) gebracht wird, dass bei Erreichen der Synchrondrehzahl die Kupplung (7) geschlossen wird, und dass nach dem Schließen der Kupplung (7) durch den Dynamometer (4) eine sich schließende Fahrzeugkupplung simuliert wird, wobei durch den Dynamometer (4) ein Lastmoment auf die Welle (5) aufgebracht wird, welches der Kupplungskennlinie einer sich schließenden Fahrzeugkupplung entspricht.

Fig. 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Testen des Verhaltens einer Brennkraftmaschine mit Start-Stopp-System während eines Startvorganges oder Stoppvorganges der Brennkraftmaschine, mit einem Prüfstand welcher einen elektrischen Dynamometer und eine mit dem Dynamometer über eine Welle verbundene Kupplungseinheit mit zumindest einer schaltbaren Kupplung aufweist, wobei die Kupplungseinheit mit einer Kurbelwelle der Brennkraftmaschine verbunden wird.

Brennkraftmaschinen von Kraftfahrzeugen werden aufgrund der immer strenger werdenden Abgasgesetzgebung vermehrt mit Start-Stop-Funktionen ausgestattet. Dabei wird die Brennkraftmaschine bei Stillstand des Fahrzeuges abgeschaltet und bei Bedarf wieder gestartet. Dies geschieht bei Betätigen des Gaspedales durch einen eigenen Starter.

Dieser Vorgang muss bei der Entwicklung von Brennkraftmaschinen mitberücksichtigt werden und deshalb realistisch auch am Motorprüfstand abgebildet werden können.

Es ist bekannt, eine Start-Stopp Simulation am Prüfstand entweder über eine Simulation des Startes durch den Dynamometer des Prüfstandes oder durch eine Fahrzeugkupplung die über Aktuatorik betätigt wird, durchzuführen.

Die JP 2003-057152 A offenbart eine Vorrichtung zum Testen des Startverhaltens einer Brennkraftmaschine, wobei ein Startermodellteil verwendet wird, welcher eine Startercharakteristik simuliert. Die reine Simulation des Startvorganges hat aber den Nachteil, dass durch die zusätzlichen Massen und Trägheiten sowie den Totzeiten des Reglers eine Verfälschung des Vorganges hervorgerufen wird.

Bei der Verwendung einer Fahrzeugkupplung ist zwar der Einfluss des Prüfstandes nicht vorhanden, es kommt aber aufgrund des Verschleisses der Kupplung zu einer Abweichung in der Reproduzierbarkeit. Ausserdem ist es nicht möglich, unterschiedliche Kupplungskennlinien zu simulieren.

Aufgabe der Erfindung ist es, die genannten Nachteile zu vermeiden und auf einfache und genaue Weise das Verhalten einer Brennkraftmaschine während eines Start- oder Stoppvorganges zu erfassen.

Erfindungsgemäß kann das Verhalten der Brennkraftmaschine während eines Startvorganges der Brennkraftmaschine dadurch getestet werden, dass die Brennkraftmaschine bei geöffneter Kupplung gestartet wird, dass der Dynamometer auf Synchrondrehzahl mit der Brennkraftmaschine gebracht wird, dass bei Erreichen der Synchrondrehzahl die Kupplung geschlossen wird, und dass nach dem Schließen der Kupplung durch den Dynamometer eine sich schließende Fahrzeugkupplung simuliert wird, wobei durch den Dynamometer ein Lastmoment auf die Welle aufgebracht wird, welches der Kupplungskennlinie einer sich schließenden Fahrzeugkupplung entspricht.

Das Verhalten der Brennkraftmaschine während eines Stoppvorganges der Brennkraftmaschine kann dadurch getestet werden, dass durch den Dynamometer eine sich öffnende Fahrzeugkupplung simuliert wird, während die Brennkraftmaschine bei geschlossener Kupplung betrieben wird, wobei durch den Dynamometer eine Momentencharakteristik auf die Welle aufgebracht wird, welches der Kupplungskennlinie einer sich öffnenden Fahrzeugkupplung entspricht, dass die Drehzahl der Brennkraftmaschine mit der Drehzahl des Dynamometers synchronisiert wird, und dass nach der Synchronisation die Kupplung geöffnet wird und nach dem Öffnen der Kupplung die Brennkraftmaschine gestoppt wird.

Während des Start- oder Stoppvorganges wird der Kupplungszustand erfasst, indem in der Kupplungseinheit zumindest ein Messwert, vorzugsweise die Drehzahl der An- und/oder Abtriebsseite der Kupplung, die Lagertemperatur, das Drehmoment und/oder Wellenschwingungen und/oder -beschleunigungen, gemessen wird.

Die Messwerte werden einer Betätigungseinheit oder einer Automatisierungseinheit übermittelt. Die Kupplung der Kupplungseinheit wird durch die Betätigungseinheit elektrisch oder hydraulisch betätigt. Die Steuerung des Dynamometers und/oder die Betätigungseinheit erfolgt durch eine Automatisierungseinheit auf der Basis eines Start/Stop-Simulationsprogramms.

Vorzugsweise weist die Kupplungseinheit zumindest ein vorzugsweise dynamometerseitig angeordnetes Wellenlager auf. Die Kupplungseinheit ist dabei möglichst nahe der Brennkraftmaschine angeordnet und wird vorzugsweise direkt mit der Brennkraftmaschine - ohne dazwischen angeordnetes Getriebe - verbunden.

Diese Anordnung ermöglicht ein reaktionsschnelles und starres Verbinden der Brennkraftmaschine mit dem Dynamometer des Prüfstandes.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Figuren näher erläutert.

Es zeigen Fig. 1 einen Prüfstand zum Testen des Start-Stop Verhaltens einer Brennkraftmaschine, Fig. 2 die Verläufe der Drehzahlen und der Drehmomente während eines Startvorganges der Brennkraftmaschine und Fig. 3 die Verläufe der Drehzahlen und der Drehmomente während eines Stoppvorganges der Brennkraftmaschine.

Die Fig. 1 zeigt einen Prüfstand 1 zum Testen des Start-Stop Verhaltens einer Brennkraftmaschine 2. Der Prüfstand 1 weist einen mit einer Kurbelwelle 3 der Brennkraftmaschine 2 verbindbaren elektrischen Dynamometer 4 und eine mit dem Dynamometer 4 über eine Welle 5 verbundene Kupplungseinheit 6 mit zumindest einer schaltbaren Kupplung 7 zum Verbinden und Trennen des Dynamometers 4 von der Brennkraftmaschine 2 auf. In die Kupplungseinheit 6 ist auf der Seite des Dynamometers 4 ein Wellenlager 8 integriert.

Weiters weist die Kupplungseinheit 6 Sensoren 9, 10 zum Messen der Drehzahlen  $n_1$ ,  $n_2$  beidseits - also an- und abtriebsseitig - der Kupplung 7, Sensoren 11, 12 zum Messen der Lagertemperaturen  $T_1$ ,  $T_2$ , und eventuell zumindest einen Sensor 13 zum Messen des Drehmomentes  $M_1$  auf. Die Sensoren 9, 10, 11, 12, 13 sind über Sensorleitungen 9a, 10a, 11a, 12a, 13a mit einer Betätigungseinheit 14 verbunden. In der Kupplungseinheit 6 werden somit Messdaten des Kupplungszustandes, die Drehzahlen  $n_1$ ,  $n_2$  der Ein- und Abtriebsseite, sowie die Temperaturen  $T_1$ ,  $T_2$  der Lagerstellen gemessen und an die Betätigungseinheit 14 gemeldet. Gegebenenfalls kann dies um eine Momentenmessung  $M_1$  und Messungen auftretender Beschleunigungen noch erweitert werden. Die Kupplung 7 der Kupplungseinheit wird durch die Betätigungseinheit 14 über eine Betätigungsleitung 15, beispielsweise elektrisch oder hydraulisch, betätigt. An Stelle der elektrischen Leitungen ist selbstverständlich auch eine leitungslose Fernübertragung der Messdaten und Betätigungsbefehle möglich. Die Betätigungseinheit 14 stellt die Verbindung zwischen einem Automatisierungssystem 16 des Prüfstandes 1 und der Kupplungseinheit 6 her. Das Automatisierungssystem 16 wird von einem Start/Stop-Simulationsprogramm 17 gesteuert.

Die Kupplungseinheit 6 erlaubt ein reaktionsschnelles und starres Verbinden der Brennkraftmaschine 2 mit dem Prüfstand 1. Die Kupplung 7 kann beispielsweise als Mehrscheiben-Trockenkupplung oder als Klauenkupplung ausgebildet sein. Die gesamte Kupplungseinheit 6 wird bevorzugt direkt mit der Brennkraftmaschine 2 - ohne dazwischenliegendes Getriebe - verbunden.

In Fig. 2 sind die Drehzahlen  $n_1$ ,  $n_2$  für die Brennkraftmaschine 2 und den Dynamometer 4, sowie eine vom Dynamometer 4 aufgebrachte Momentencharakteristik  $M$  für einen simulierten Startvorgang der Brennkraftmaschine 2 über der Zeit  $t$  aufgetragen. Mit der Linie  $K$  ist der Zustand der Kupplung 7 (Kupplung offen:  $K_0$ ; Kupplung geschlossen  $K_s$ ) angedeutet. Zur Simulation des Startvorganges der Brennkraftmaschine 2 bei der Start-Stopp Simulation wird bei Motorstart die Kupplung 7 geöffnet und die Brennkraftmaschine 2 startet ohne eine Verbindung mit dem Prüfstand 1. Gleichzeitig wird der durch eine elektrische Maschine gebildete Dynamometer 4 auf Synchrondrehzahl  $n_s$  mit der Brennkraftmaschine 2 gebracht. Diese Phase ist mit Bezugszeichen  $S$  bezeichnet. Bei gewünschter Drehzahl  $n_s$  der Brennkraftmaschine 2 wird die Kupplung 7 zum Zeitpunkt  $t_s$  geschlossen, wodurch die Brennkraftmaschine 2 mit dem Prüfstand 1 verbunden wird. Mit Bezugszeichen  $B$  ist der Beginn der  $V$  Verbrennung bezeichnet. Zu diesem Zeitpunkt  $t_s$  wird die Brennkraftmaschine 2 nicht belastet. Das das Automatisierungssystem 16 steuernde Simulationsprogramm 17 legt nun zum Zeitpunkt  $t_m$  über den Dynamometer 4 eine eine Kupplungskennlinie simulierende Momentencharakteristik  $M$  als Last an die Brennkraftmaschine 2 an und simuliert somit das Verhalten des restlichen Fahrzeuges.

In Fig. 3 sind die Drehzahlen  $n_1$ ,  $n_2$  für die Brennkraftmaschine 2 und den Dynamometer 4, sowie eine vom Dynamometer 4 aufgebrachte Momentencharakteristik  $M$  für einen simulierten Stoppvorgang der Brennkraftmaschine 2 über der Zeit  $t$  aufgetragen. Mit der Linie  $K$  ist der Zustand der Kupplung 7 (Kupplung offen:  $K_0$ ; Kupplung geschlossen  $K_s$ ) angedeutet. Zur Simulation des Motorstopps wird bei geschlossener Kupplung 7 und gefeuert betriebener Brennkraftmaschine 2 zuerst durch das Simulationsprogramm 17 eine Kennlinie einer sich öffnenden Kupplung als Momentencharakteristik  $M$  über den Dynamometer 4 eingebracht und die Motordrehzahl  $n_1$  der Brennkraftmaschine 2 synchronisiert. Am Ende des Vorganges ist das Drehmoment  $M$  an der Kupplung 7

gleich null, die Drehzahlen  $n_1$  der Brennkraftmaschine 2 und des Dynamometers 4 sind gleich. Erst dann erfolgt zum Zeitpunkt  $t_0$  das Öffnen der Kupplung 7 und die Brennkraftmaschine 2 wird ohne Verbindung zum Prüfstand 1 gestoppt.

Der Vorteil dieser Methode liegt zum einen darin, dass auch Start-Stopp Vorgänge von Brennkraftmaschinen 2 mit Automatik- oder Doppelkupplungsgetrieben unabhängig vom Getriebe und ohne dessen Einfluss untersucht werden können. Zum anderen ermöglicht es bei Brennkraftmaschinen 2 mit Handschaltgetrieben eine sehr gute Reproduzierbarkeit von Einkuppelvorgängen, da es bei der Verwendung der fahrzeugeigenen Kupplungen während der Erprobung zu Verschleisserscheinungen kommen würde, welche das Ergebnis verfälschen könnten.

## P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Verfahren zum Testen des Verhaltens einer Brennkraftmaschine (2) mit Start-Stopp-System während eines Startvorganges der Brennkraftmaschine (2), mit einem Prüfstand (1) welcher einen elektrischen Dynamometer (4) und eine mit dem Dynamometer (4) über eine Welle (5) verbundene Kupplungseinheit (6) mit zumindest einer schaltbaren Kupplung (7) aufweist, wobei die Kupplungseinheit (6) mit einer Kurbelwelle (3) der Brennkraftmaschine (2) verbunden wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennkraftmaschine (2) bei geöffneter Kupplung (7) gestartet wird, dass der Dynamometer (4) auf Synchrondrehzahl mit der Brennkraftmaschine (2) gebracht wird, dass bei Erreichen der Synchrondrehzahl die Kupplung (7) geschlossen wird, und dass nach dem Schließen der Kupplung (7) durch den Dynamometer (4) eine sich schließende Fahrzeugkupplung simuliert wird, wobei durch den Dynamometer (4) ein Lastmoment auf die Welle (5) aufgebracht wird, welches der Kupplungskennlinie einer sich schließenden Fahrzeugkupplung entspricht.
  
2. Verfahren zum Testen des Verhaltens einer Brennkraftmaschine (2) mit Start-Stopp-System während eines Stoppvorganges der Brennkraftmaschine (2), mit einem Prüfstand (1) welcher einen elektrischen Dynamometer (4) und eine mit dem Dynamometer (4) über eine Welle (5) verbundene Kupplungseinheit (6) mit zumindest einer schaltbaren Kupplung (7) aufweist, wobei die Kupplungseinheit (6) mit einer Kurbelwelle (3) der Brennkraftmaschine (2) verbunden wird, dadurch gekennzeichnet, dass durch den Dynamometer (4) eine sich öffnende Fahrzeugkupplung simuliert wird, während die Brennkraftmaschine (2) bei geschlossener Kupplung (7) betrieben wird, wobei durch den Dynamometer (4) eine Momentencharakteristik auf die Welle (5) aufgebracht wird, welches der Kupplungskennlinie einer sich öffnenden Fahrzeugkupplung entspricht, dass die Drehzahl der Brennkraftmaschine (2) mit der Drehzahl (dem Drehmoment ?) des Dynamometers (4) synchronisiert wird, und dass nach der Synchronisation die Kupplung (7) geöffnet wird und nach dem Öffnen der Kupplung (7) die Brennkraftmaschine (2) gestoppt wird.
  
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass während des Start- oder Stoppvorganges in der Kupplungseinheit (6) zumindest ein Messwert, vorzugsweise die Drehzahl ( $n_1$ ,  $n_2$ ) an der An- und/oder

Abtriebsseite der Kupplung (7), zumindest eine Lagertemperatur ( $T_1$ ,  $T_2$ ), das Drehmoment ( $M_1$ ) und/oder Wellenschwingungen und/oder -beschleunigungen, gemessen wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der zumindest eine Messwert einer Betätigungseinheit (14) und/oder einer Automatisierungseinheit (16) übermittelt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Kupplung (7) der Kupplungseinheit (6) durch die Betätigungseinheit (14) betätigt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Dynamometer (4) und/oder die Betätigungseinheit (14) durch eine Automatisierungseinheit (16) auf der Basis eines Start/Stoppsimulationsprogramms (17) gesteuert werden.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Welle (5) durch die Kupplungseinheit (6) gelagert wird.
8. Prüfstand (1) zum Testen des Start-Stopp Verhaltens einer Brennkraftmaschine (2), mit einem mit einer Kurbelelle (3) der Brennkraftmaschine (2) verbindbaren elektrischen Dynamometer (4) und eine mit dem Dynamometer (4) über eine Welle (5) verbundene Kupplungseinheit (6) mit zumindest einer schaltbaren Kupplung (7) zum Verbinden und Trennen des Dynamometers (4) mit bzw. von der Brennkraftmaschine (2), zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Kupplungseinheit (6) zumindest ein vorzugsweise dynamometerseitig angeordnetes Wellenlager (8) aufweist.
9. Prüfstand (1) nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Kupplungseinheit (6) zumindest einen Sensor (9, 10, 11, 12, 13) zum Messen der Wellendrehzahl ( $n_1$ ,  $n_2$ ), der Lagertemperatur ( $T_1$ ,  $T_2$ ), des Drehmomentes ( $M_1$ ) und/oder von Wellenschwingungen aufweist.
10. Prüfstand (1) nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Kupplungseinheit (6) mit einer Betätigungseinheit (14) verbunden ist.

11. Prüfstand (1) nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Betätigungseinheit (14) und/oder der Dynamometer (4) mit einem Automatisierungssystem (16) verbunden ist.
12. Prüfstand (1) nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Automatisierungssystem (16) ein Start/Stopp-Simulationsprogramm (17) aufweist.

2014 09 10

Fu

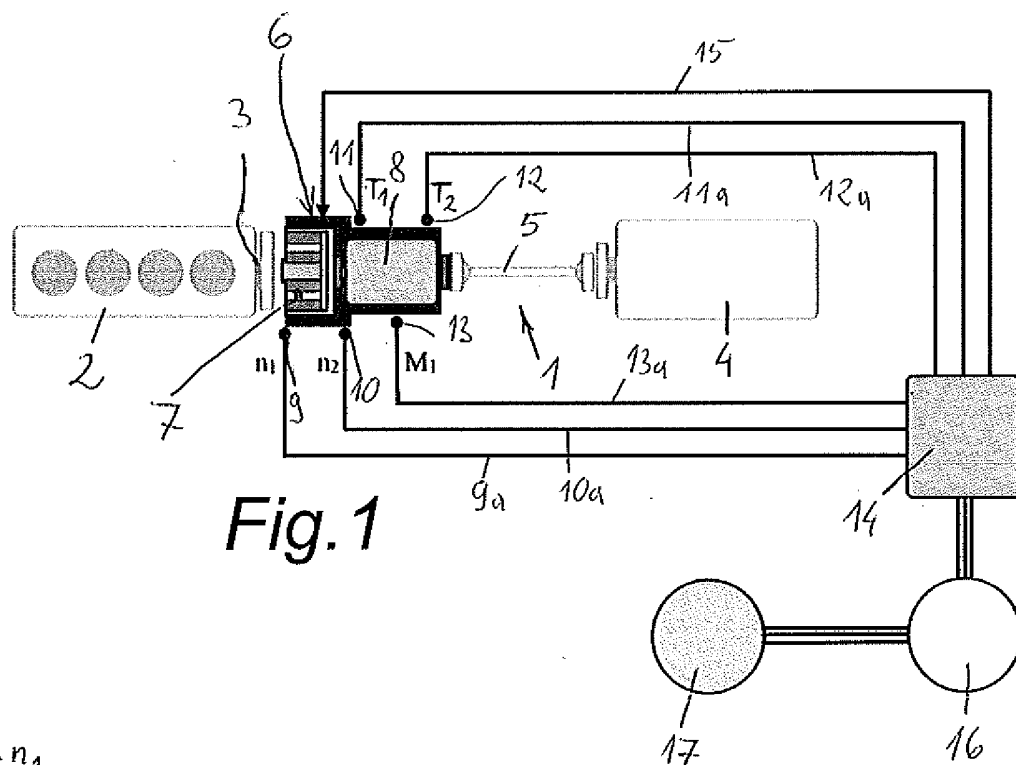


Fig. 1

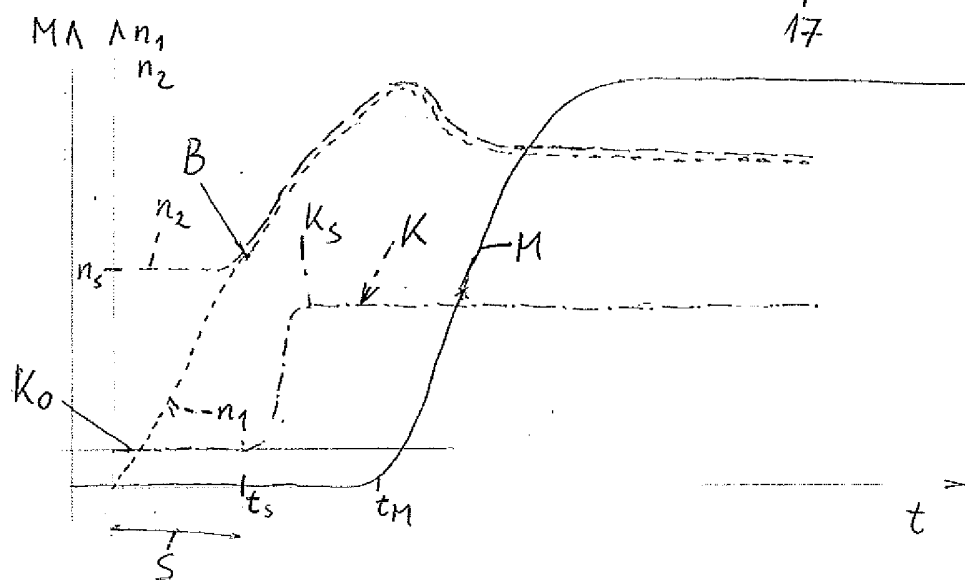


Fig. 2

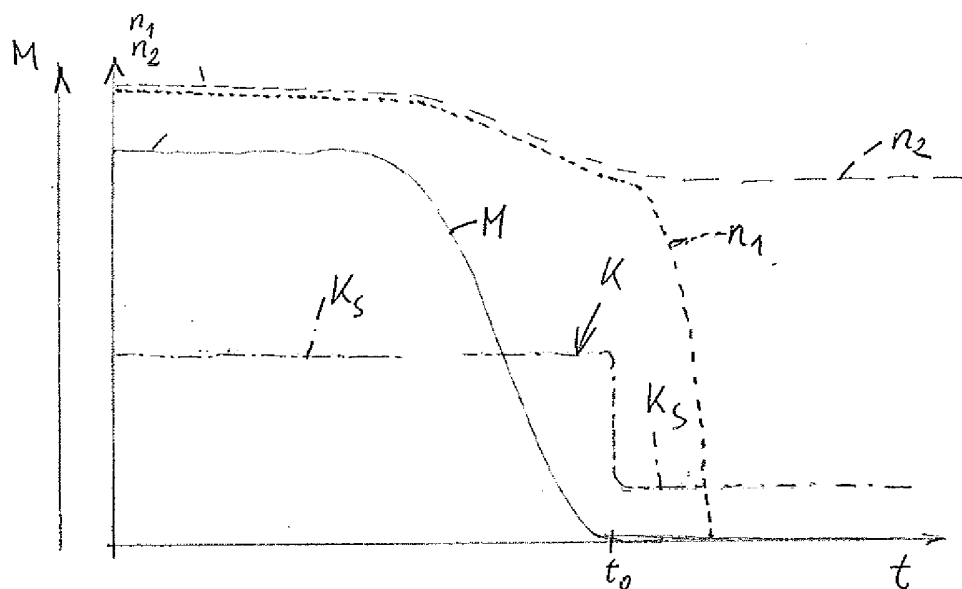


Fig. 3