

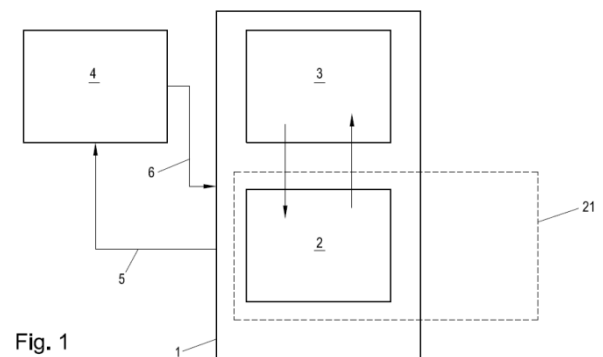
(12) **Patentschrift**

(21) Anmeldenummer:	A 51088/2016	(51) Int. Cl.:	G05B 17/02	(2006.01)
(22) Anmeldetag:	30.11.2016		G01M 15/02	(2006.01)
(45) Veröffentlicht am:	15.03.2018		G01M 17/00	(2006.01)

(56) Entgegenhaltungen: AT 512717 B1 DE 102008020933 A1 AT 10460 U2 DE 102013213863 B3 DE 102009051364 A1	(73) Patentinhaber: AVL List GmbH 8020 Graz (AT) (72) Erfinder: Hochmann Gerald Ing., B.Sc 8151 Hitzendorf (AT) (74) Vertreter: Patentanwälte Pinter & Weiss OG Wien
---	---

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Regelung eines Konditioniersystems**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Regelung einer Regelgröße eines in einer Prüfumgebung (1) mit einem Prüfling (2) verbundenen Konditioniersystems (3) während eines Prüflaufs. Das Verfahren weist die folgenden Schritte auf: Ermitteln von Führungsgrößen-Vorschauwerten (17) aus einer Prüfsequenz (18), Ermitteln einer thermischen Transferfunktion (f_{th}) des Prüflings (2) unter Berücksichtigung der Führungsgrößen-Vorschauwerte (17), Ermitteln einer Betriebstotzeitfunktion (t_{T1}) unter Berücksichtigung der thermischen Transferfunktion (f_{th}), Ermitteln einer Totzeit für die Regelgröße unter Berücksichtigung der Betriebstotzeitfunktion (t_{T1}), Ermitteln eines um die Totzeit zeitversetzten Sollwerts (6), und Übermitteln des Sollwerts (6) an einen Aktuator (7) des Konditioniersystems (3).



Beschreibung

VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR REGELUNG EINES KONDITIONIERSYSTEMS

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung einer Regelgröße eines in einer Prüfumgebung mit einem Prüfling verbundenen Konditioniersystems während eines Prüflaufs.

[0002] Weiters betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Regelung einer Regelgröße eines in einer Prüfumgebung mit einem Prüfling verbundenen Konditioniersystems, wobei die Vorrichtung ein Automatisierungssystem aufweist, welches zur Übermittlung von zumindest einem Sollwert der Regelgröße mit zumindest einem Aktuator des Konditioniersystems in Verbindung steht.

[0003] Als Regelgröße wird im Zusammenhang mit der gegenständlichen Offenbarung die durch Regelung konstant oder gezielt veränderlich zu haltende Größe bezeichnet. Ihr gewünschter Wert wird als Sollwert, ihr momentaner Wert als Istwert bezeichnet.

[0004] Konditioniersysteme, welche zur Medienkonditionierung von Massenströmen in Prüfständen verwendet werden, stellen besondere Anforderungen an die Regelung. So kommt es beispielsweise bei Konditioniersystemen für das Kühlmittel aufgrund der großen Kühlmittelmengen, die in dem Konditioniersystem vorhanden ist, zur erheblichen Zeitverzögerungen beim Wiedergeben gewünschter Temperaturverläufe, sodass der Temperaturverlauf des dem Prüfling zugeführten Kühlmittels dem Temperaturverlauf, der sich bei dem mittels des Prüflaufs simulierten Gegenstand „hinterherläuft“.

[0005] Im Stand der Technik ist es in diesem Zusammenhang bekannt, eine schnelle Konditionierung durch Zumischen von warmen oder kaltem Fluid zu erzielen, was zu einer erheblichen Vergrößerung und Verteuerung der entsprechenden Konditioniersysteme führt.

[0006] AT 010460 U2 offenbart ein Prüfstands-Konditioniersystem, bei dem dem Arbeitsfluid zur optimalen Nachbildung eines realen Temperaturverlaufs über ein System aus Mischventilen und Bypässen kühles bzw. warmes Arbeitsfluid zugemischt werden kann.

[0007] US 6,561,014 B1 offenbart einen Regler für ein Konditioniersystem, welcher eine Feedback- und Feedforward-Regelung verwendet.

[0008] Nachteilig an den bekannten Lösungen ist insbesondere, dass es trotz der vorgeschlagenen komplexen Vorrichtungen nur schwer möglich ist, die realen Vorgänge korrekt abzubilden.

[0009] Es ist daher die Aufgabe der gegenständlichen Erfindung, die Vorrichtungen und Verfahren zur Regelung von Konditioniersystemen für Prüfstände zu verbessern und zu vereinfachen.

[0010] Diese und weitere Aufgaben werden durch das eingangs genannte Verfahren erfindungsgemäß durch die folgenden Schritte gelöst: Ermitteln von Führungsgrößen-Vorschauwerten aus einer Prüfsequenz, Ermitteln einer thermischen Transferfunktion des Prüflings unter Berücksichtigung der Führungsgrößen-Vorschauwerte, Ermitteln einer Betriebstotzeitfunktion unter Berücksichtigung der thermischen Transferfunktion, Ermitteln einer Totzeit für die Regelgröße unter Berücksichtigung der Betriebstotzeitfunktion, Ermitteln eines um die Totzeit zeitversetzten Sollwerts, und Übermitteln des Sollwerts an einen Aktuator des Konditioniersystems.

[0011] In vorteilhafter Weise kann das Verfahren weiters die folgenden Schritte aufweisen: Erstellen eines thermischen Modells eines simulierten Gegenstandes, dessen Eigenschaften im Prüflauf ermittelt werden, und Ermitteln der thermischen Transferfunktion des Prüflings unter Berücksichtigung der Führungsgrößen-Vorschauwerte und des thermischen Modells des simulierten Gegenstandes. Dadurch lassen sich bei der Regelung des Konditionierungssystems auch Wärmeübertragungen berücksichtigen, die beispielsweise zwischen dem Prüfling und dem (simulierten) Mediensystem oder zwischen zwei simulierten Mediensystemen stattfinden. Beispielsweise können Wärmeübertragungen vom Prüfling zu anderen (im Prüfstand nicht vorhan-

den) Elementen, wie etwa Tanks, Batterien und/oder einem Antriebsstrang, bei der Simulation berücksichtigt werden.

[0012] In einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung kann eine Vorschauzeit für die Führungsgrößen-Vorschauwerte auf Basis der Prüfsequenz dynamisch ermittelt werden. Dies ermöglicht eine vorausschauende Berücksichtigung von Lastwechseln und eine Minimierung der erforderlichen Änderungen der Regler-Stellgröße, indem diese zum optimalen Zeitpunkt angepasst werden.

[0013] Als Vorschauzeit wird die Zeitspanne bezeichnet, in der zukünftige Ereignisse in der Prüfsequenz berücksichtigt werden.

[0014] In vorteilhafter Weise kann die Ermittlung der dynamischen Vorschauzeit die folgenden Schritte aufweisen: Bewerten der Auswirkungen zukünftiger Lastwechsel auf den simulierten Gegenstand, Ermitteln der Dauer der Auswirkungen des Lastwechsels auf den simulierten Gegenstand und Ermitteln der Vorschauzeit auf Basis der Dauer und der Auswirkungen.

[0015] Dies erlaubt eine optimale Anpassung des Regelungsverfahrens an unterschiedliche Prüfsequenzen.

[0016] Lastwechsel wirken sich auf vielfältige Weise auf den simulierten Gegenstand aus - insbesondere, wenn es sich dabei um einen Motor, speziell Verbrennungsmotor, handelt - wobei im gegenständlichen Fall insbesondere die Auswirkungen auf die Regelgröße relevant sind. Als Auswirkung kann beispielsweise ein zeitverzögert auftretender Wärmeübergang durch Wärmeleitung und Wärmestrahlung von einem (als Prüfling tatsächlich am Prüfstand vorhandenen) Motor zu einem (nur simulierten) Tank eines Kühlsystems bewertet werden.

[0017] Die erfindungsgemäße Vorrichtung der eingangs genannten Art weist in vorteilhafter Weise eine Prüfsequenzsteuerung zur Ermittlung von Führungsgrößen-Vorschauwerten aus einer Prüfsequenz, eine Funktionsbildungseinheit zur Ermittlung einer thermischen Transferfunktion des Prüflings unter Berücksichtigung der Führungsgrößen-Vorschauwerte und zur Ermittlung einer Betriebstotzeitfunktion unter Berücksichtigung der thermischen Transferfunktion, und eine Kombinationseinheit zur Ermittlung einer Totzeit für die Regelgröße unter Berücksichtigung der Betriebstotzeitfunktion und zur Ermittlung des Sollwerts, der um die Totzeit zeitversetzt ist, auf.

[0018] In vorteilhafter Weise kann die Funktionsbildungseinheit ein thermisches Modell eines simulierten Gegenstandes, dessen Eigenschaften im Prüflauf ermittelt werden, aufweisen, wobei die Funktionsbildungseinheit die thermische Transferfunktion des Prüflings unter Berücksichtigung der Führungsgrößen-Vorschauwerte und des thermischen Modells des simulierten Gegenstandes ermittelt. Dadurch lassen sich die Wärmeübertragungen, die sich aufgrund des Materials und der Ausbildung und Anordnung des Prüflings und/oder des simulierten Gegenstandes ergeben, im Prüflauf berücksichtigen.

[0019] In einer vorteilhaften Ausführungsform kann die Prüfsequenzsteuerung eine Vorschauzeit für die Führungsgrößen-Vorschauwerte auf Basis des Prüflaufs dynamisch ermitteln und an die Funktionsbildungseinheit übermitteln.

[0020] Die gegenständliche Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Figuren 1 und 2 näher erläutert, die beispielhaft, schematisch und nicht einschränkend vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung zeigen. Dabei zeigt

[0021] Fig. 1 ein Blockdiagramm eines Prüfstandes; und

[0022] Fig. 2 ein Blockdiagramm eines Automatisierungssystems eines Prüfstands, welcher das erfindungsgemäße Verfahren umsetzt.

[0023] Fig. 1 zeigt ein verallgemeinertes Blockdiagramm eines Prüfstandes, wobei in einer Prüfumgebung 1 ein Prüfling 2, beispielsweise ein Elektro-, Verbrennungs- oder Hybridmotor, angeordnet ist, der an ein Konditioniersystem 3 angeschlossen ist. Gegebenenfalls können auch mehrere Konditioniersysteme 3 vorgesehen sein. Das Konditioniersystem 3 hat die Auf-

gabe, dem Prüfling 2 „Umgebungsbedingungen“ bereitzustellen, indem beispielsweise die Temperatur und/oder der Druck der dem Prüfling 2 zugeführten Medien, wie etwa Luft, Kühlwasser, Schmieröl oder Treibstoff, auf Werte konditioniert werden, die dem durch die jeweilige Prüfsequenz definierten Ablauf entsprechen. In reellen Einsatzbedingungen (die ja während des Prüflaufs mit dem Prüfling 2 für einen bestimmten Prüfgegenstand möglichst genau nachgestellt werden sollen) werden die Medien von entsprechenden Mediensystemen, beispielsweise Öl-, Wasser- oder Luftkühlsysteme, bereitgestellt, wobei die Funktionalität und die Eigenschaften dieser Mediensysteme in der Prüfumgebung 1 durch das Konditioniersystem 3 (oder gegebenenfalls auch durch mehrere Konditioniersysteme) simuliert werden.

[0024] Die Regelung des Prüflings 2 und des Konditioniersystems 3 erfolgen durch ein gemeinsames Automatisierungssystem 4, welches Istwerte 5 einer Regelgröße (bzw. mehrerer Regelgrößen) von dem Prüfling 2 und dem Konditioniersystem 3 erhält und entsprechende Sollwerte 6 ermittelt und an die jeweiligen Stelleinrichtungen bzw. Aktuatoren 7 für Prüfling 2 und Konditioniersystem 3 vorgibt.

[0025] Fig. 2 zeigt ein Blockschaltbild des Automatisierungssystems 4 gemäß der gegenständlichen Erfindung in einer detaillierteren Darstellung und anhand beispielhafter Größen der Regelung. Als Istwerte 5, die das Automatisierungssystem 4 vom Prüfling 2 erhält, sind hier die Ist-Drehzahl n_{actual} , das Ist-Drehmoment M_{actual} und die Ist-Drosselklappenstellung $\text{pedal}_{\text{actual}}$ beispielhaft angeführt. Das Automatisierungssystem 4 ermittelt Sollwerte 6, die den Aktuatoren 7 des Konditioniersystems 3 vorgegeben werden (dies ist in Fig. 2 der Übersichtlichkeit halber vereinfacht dargestellt).

[0026] Das Automatisierungssystem 4 sorgt dafür, dass der Prüfling 2 Umgebungsbedingungen (Temperatur, Druck, Moment, Umdrehungszahl, etc.) vorfindet, die einer von einer Prüfsequenzsteuerung 8 vorgegebenen Prüfsequenz 18 entsprechen, wobei die Prüfsequenz 18 als mehrere, gemäß einer zeitlichen Abfolge t hintereinander ablaufende Prüfstufen I, II,...,N definiert ist.

[0027] Als „Prüflauf“ wird im Zusammenhang mit der gegenständlichen Offenbarung allgemein ein an einem Prüfstand durchgeführter Vorgang bezeichnet, in welchem zumindest eine definierte Prüfsequenz durchlaufen wird. Als „Prüfstufe“ werden die im Zuge einer Prüfsequenz aufeinanderfolgenden einzelnen Abschnitte bezeichnet, die jeweils einen Satz an Vorgaben definieren (z.B. Steigung, Außentemperatur, Außendruck, Ampelphasen, Kurvenfahrt, etc.).

[0028] Die Prüfsequenz ist dabei im beschriebenen Ausführungsbeispiel für einen bestimmten, lediglich simulierten Gegenstand 21 definiert, also beispielsweise für ein auf einer Straße fahrendes Fahrzeug, in dem ein dem Prüfling 2 entsprechender Motor, z.B. ein Verbrennungs- oder Elektromotor, eingebaut ist. Im Zusammenhang mit der gegenständlichen Offenbarung wird als „Prüfling“ somit das in der Prüfumgebung 1 (d.h. am Prüfstand) tatsächlich physisch vorhandene Objekt bezeichnet. Der Gegenstand, über dessen Verhalten bzw. Eigenschaften mithilfe des Prüflaufs Erkenntnisse erhalten werden sollen, wird hingegen hierin als „simulierter Gegenstand 21“ bezeichnet. Im Allgemeinen ist der Prüfling 2 ein Teil des simulierten Gegenstandes 21.

[0029] Als „Prüfumgebung 1“ wird im Zusammenhang mit der gegenständlichen Beschreibung die Einheit aus Prüfling 2 und Konditioniersystem 3, wie sie in Fig. 1 modelliert ist, bezeichnet. Der Begriff „Prüfstand“ umfasst allgemein alle Einheiten, die an einem Prüflauf beteiligt sind.

[0030] Das Automatisierungssystem 4 verfügt über die Parameter 9 des Prüflings 2, des Konditioniersystems 3, der Prüfumgebung 1, und gegebenenfalls alle weiteren relevanten den Prüfstand betreffenden Parameter, sowie über die Parameter des simulierten Gegenstandes. Die für die gegenständliche Erfindung wichtigsten Parameter lassen sich in Prüflingsparameter 10 und Prüfstandsparameter 11 einteilen. Prüflingsparameter 10 umfassen beispielsweise eine maximale Drehzahl, ein maximales Drehmoment, ein Nenndrehmoment, eine Maximalleistung, eine Nennleistung, Materialkennwerte, Massenkennwerte, Transferwerte für die thermische Übertragung, etc.; Prüfstandsparameter 11 umfassen beispielsweise Leitungslängen, Leitungs-

durchmesser, Kennzahlen und/oder Kennfelder von Wärmetauschern, etc.

[0031] Um die Trägheit des Konditioniersystems 3 und die Regelverzögerung auszugleichen, wird zur Herstellung realistischer Umgebungsbedingungen eine „vorausschauende“ Regelung umgesetzt. Dazu sind Kenntnisse über das Verhalten des Prüfstandsystems (d.h. Prüfling 2, Konditioniersystem 3 und Prüfumgebung 1) erforderlich, wobei das Verhalten in Reaktionswerten 12 abgebildet werden kann. Diese Reaktionswerte 12 des Prüflings 2 und des Konditioniersystems 3 (und gegebenenfalls anderer Einheiten des Prüfstands) können in einer von einer Charakterisierungseinheit 13 gegebenenfalls automatisch ausgeführten Charakterisierungssequenz ermittelt werden, wobei die Charakterisierungssequenz unabhängig von der Prüfsequenz 18 ausgeführt werden kann, beispielsweise vor einem Prüflauf oder zwischen einzelnen Prüfläufen. Bei der automatischen Charakterisierungssequenz kann beispielsweise die Temperatur eines Mediums in einem internen Kreislauf des Konditioniersystems 3 bis zu einer Zieltemperatur erhöht werden. Danach wird das System auf einen Kreislauf durch den Prüfling 2 umgestellt und durch mehrere Messstellen werden Medienlaufzeiten und Temperaturverlaufskurven ermittelt, aus denen dann die Reaktionswerte 12 errechnet werden. Bei dieser Vorgehensweise wird also ein Temperatursprung erzeugt und die Sprungantwort gemessen und ausgewertet.

[0032] Gegebenenfalls können die Reaktionswerte 12 auch während der Prüfsequenz 18 laufend kontrolliert und optimiert werden. Dadurch können möglicherweise fehlerhafte Reaktionswerte 12 während des Prüflaufs erkannt und gegebenenfalls angepasst werden, oder der Prüflauf kann frühzeitig abgebrochen werden, wenn die Richtigkeit bzw. Verwendbarkeit der Messergebnisse in Frage steht.

[0033] Die Charakterisierungssequenz 13 ermittelt eine Einrichtungstotzeitfunktion t_{T2} , wobei als „Einrichtungstotzeit“ im Zusammenhang mit der gegenständlichen Offenbarung eine Totzeit (d.h. eine Zeitverzögerung zwischen der Änderung eines Sollwerts und der dadurch bewirkten Änderung des entsprechenden Istwerts) bezeichnet wird, die sich aufgrund der Prüflingsparameter 10 und der Prüfstandsparameter 11 unabhängig vom Betriebszustand des Prüflings 2 und/oder des Konditioniersystems 3 und/oder der Prüfumgebung 1 ergibt.

[0034] Wenn die Umgebungsbedingungen im Prüfraum konstant bleiben, verändert sich auch die Einrichtungstotzeit nicht. Verändern sich aber die Umgebungsbedingungen (zum Beispiel die Umgebungstemperatur am Prüfstand) führt dies etwa zu veränderten Abstrahlungskoeffizienten und damit würde sich auch die Einrichtungstotzeit verändern. Sollten sich solche ändernden Umgebungsbedingungen relevant auf die Ergebnisse des Prüflaufs auswirken, kann die Einrichtungstotzeit auch während des Prüflaufs kontinuierlich angepasst werden, in vielen Fällen wird jedoch eine vor dem Prüflauf ermittelte und während des Prüflaufs konstant gehaltene Einrichtungstotzeit ausreichend sein.

[0035] Totzeiten, die sich aufgrund von Betriebszuständen des Prüflings 2, des Konditioniersystems 3 und/oder der Prüfumgebung 1 dynamisch ändern können, werden im Zusammenhang mit der gegenständlichen Offenbarung als „Betriebszustandstotzeiten“ bezeichnet. Gemäß der gegenständlichen Erfindung werden diese Betriebszustandstotzeiten in einer dynamischen Betriebstotzeitfunktion t_{T1} abgebildet, die von einer Funktionsbildungseinheit 14 ermittelt wird. Die Funktionsbildungseinheit 14 erstellt dazu eine thermische Transferfunktion f_{th} . Bei der Erstellung der thermischen Transferfunktion f_{th} werden von der Funktionsbildungseinheit 14 die vom Prüfling 2 erhaltenen Istwerte 5 (insbesondere die in Fig. 2 dargestellten Werte für die Ist-Drehzahl n_{actual} , das Ist-Drehmoment $M_{dactual}$ und die Ist-Drosselklappenstellung $pedal_{actual}$), sowie die Prüflingsparameter 10 berücksichtigt.

[0036] Erfindungsgemäß berücksichtigt die Funktionsbildungseinheit 14 auch Modelldaten 15, die mittels eines thermischen Modells 16 des simulierten Gegenstandes 21 ermittelt werden.

[0037] Das thermische Modell 16 des simulierten Gegenstandes 21 stellt Zeitkonstanten für eine beliebige Betriebspunktverschiebung zur Verfügung. Die Zeitkonstanten repräsentieren die Wärmeübertragungseigenschaften des simulierten Gegenstandes bzw. des Prüflings, die sich

etwa aufgrund unterschiedlicher Materialien des Motorblocks oder unterschiedlichen Eigenschaften von Kühlflüssigkeiten ergeben. Bekanntermaßen leitet zum Beispiel Kupfer Wärme besser als Eisen oder Stahl. Die meisten Motorblöcke werden heute aus Alu gegossen, was wiederum andere Zeitkonstanten erfordert. Auch Kühlflüssigkeiten können verschiedene Wärmekapazitäten und Übertragungsfunktionen aufweisen, beispielsweise aufgrund unterschiedlicher Glykolanteile.

[0038] Das thermische Modell 16 des simulierten Gegenstandes 21 kann dabei beispielsweise auch eine Wärmeübertragung vom Prüfling 2 zu einem simulierten Mediensystem, etwa einem Kühlkreislauf, berücksichtigen. Diese thermische Übertragung vom Prüfling 2 zum Mediensystem kann beispielsweise durch ein Kennfeld oder eine Simulation abgebildet werden. Bei der Ermittlung des thermischen Modells 16 des simulierten Gegenstandes 21 werden auch die von der Charakterisierungssequenz 13 ermittelten Reaktionswerte 12 berücksichtigt. Somit kann das thermische Modell 16 des simulierten Gegenstandes 21 auch die im simulierten Gegenstand und im Prüfling 2 vorhandenen Materialmengen und Materialkennwerte berücksichtigen.

[0039] Um die Zeitkonstanten für eine beliebige Betriebspunktverschiebung zu ermitteln, verwendet das thermische Modell des simulierten Gegenstandes 21 Vorschauwerte 17, die anhand der Prüfsequenz 18 erstellt werden. In Fig. 2 sind als Vorschauwerte 17 eine zukünftige Drehzahl n_{future} , ein zukünftiges Drehmoment M_{future} und eine zukünftige Drosselklappenstellung $\text{pedal}_{\text{future}}$ beispielhaft angeführt.

[0040] Die Funktionsbildungseinheit 14 ist in der Lage, mithilfe der Modelldaten 15 eine thermische Transferfunktion f_{th} zu ermitteln, die auch interne Wärmeübertragungen von dem (in der Prüfumgebung 1 tatsächlich vorhandenen) Prüfling 2 zu zumindest einem (nur simulierten) Mediensystem des simulierten Gegenstandes mitberücksichtigt. Diese Wärmeübertragung wurde bisher als nur wenig relevant beurteilt und daher in Prüfständen vernachlässigt. Die gegenständlichen Erfinder haben jedoch herausgefunden, dass der Einfluss solcher Wärmeübertragungen in bestimmten Prüfsituationen erhebliche Auswirkungen haben kann, die die Prüfungsergebnisse signifikant verfälschen können. Beispielsweise wird bei herkömmlich geregelten Konditioniersystemen 3 das Kühlwasser beim Übergang eines Verbrennungsmotors von einer hohen Last zum Leerlauf stärker abgekühlt, als das im realen System passieren würde, da im realen System die bei Hochlast entstandene Wärme zeitverzögert an das Kühlwasser abgegeben wird, beispielsweise wenn der Kühlmittelbehälter in einem KFZ im Motorraum neben dem Motor angeordnet ist und das darin enthaltene Kühlmittel vom warmen Motor zusätzlich erwärmt wird. Insbesondere bei komplexen Prüfsequenzen 18 kommen Betriebspunktveränderungen sehr häufig vor, wodurch auch kleine Abweichungen sich über längere Prüfläufe zu erheblichen Messfehlern aufsummieren können.

[0041] Die Funktionsbildungseinheit 14 kann somit eine genauere thermische Transferfunktion f_{th} erstellen, als dies ohne die Berücksichtigung des thermischen Modells 16 des simulierten Gegenstandes 21 möglich wäre.

[0042] Um für jeden Zeitpunkt des Prüflaufs eine optimierte Betriebstotzeitfunktion t_{T1} erstellen zu können, erhält Funktionsbildungseinheit 14 von der Prüfsequenzsteuerung 8 zusammen mit den Führungsgrößen-Vorschauwerten 17 eine vorzugsweise dynamische Vorschauzeit 19, die auf die Führungsgrößen-Vorschauwerten 17 abgestimmt ist.

[0043] Bei der Erstellung der dynamischen Vorschauzeit werden kontinuierlich die zukünftigen Soll-Betriebspunktverschiebungen ermittelt und berücksichtigt. Je nach Simulationsgegenstand sind die Längen der Zeitschritte (bzw. Steps) unterschiedlich definiert, wobei Zeitschritte häufig mit einer vorgegebenen Dauer von 1, 1/10, 1/100 oder 1/1000 Sekunde definiert sind. Jede Prüfstufe I, II, ... N kann somit einer bestimmten Anzahl an Zeitschritten zugeordnet werden. Bei der Ermittlung der dynamischen Vorschauzeit werden zukünftige Zeitschritte miteinander verglichen, und auf Basis eines Leistungsbedarfsunterschieds wird der optimale Zeitpunkt ermittelt, zu welchem die Sollwerte 6 angepasst werden müssen, um die entsprechende Änderung exakt zum richtigen Zeitpunkt zu bewirken.

[0044] Die Vorgehensweise kann anhand des folgenden Beispiels verdeutlicht werden: Zeitschritt Nr. 34 fordert eine Motorleistung von 34kW, Zeitschritt Nr. 38 fordert 83kW vom Motor. Die Relevanz dieser Leistungsänderung ist abhängig von der maximalen Leistung des Motors. Wenn beispielsweise ein Motor mit einer maximalen Leistung von 100kW betrachtet wird, ist dies eine relativ hohe Veränderung des Leistungsbedarfs des Motors und damit wird auch der Wärmeeintrag sich relativ schnell und hoch verändern, demgemäß muss der Regeleingriff früher erfolgen, um die reale Situation optimal nachzubilden.

[0045] Wenn im obigen Beispiel hingegen bei Zeitschritt Nr. 34 ein Leistungsbedarf von 24kW besteht und in Zeitschritt Nr. 38 der Leistungsbedarf auf 35kW ändert, also nur eine geringe Veränderung vorliegt, kann der Regler die Stellgröße fast unverändert lassen und die dynamische Vorschauzeit kann verlängert werden um die nächste echte Bedarfsveränderung zu „finden“. Die dynamische Vorschauzeit wird also an die Dynamik des Sollprofils angepasst.

[0046] Je dynamischer sich die Sollwerte verändern, desto kürzer können die Vorschauzeiten gewählt werden.

[0047] Ziel ist es immer, eine optimale Regelung mit einer minimalen Änderung der Regler-Stellgröße zu bewirken, indem der Zeitpunkt der Stellgrößenänderung vorausschauend optimiert wird. Dabei kann auch berücksichtigt werden, dass sich die Totzeiten mit der Drehzahl ändern, beispielsweise wenn die Förderleistung einer (gegebenenfalls simulierten) Wasserpumpe von der Drehzahl des Motors abhängig ist.

[0048] Der jeweilige Leistungsbedarf kann anhand der Prüfsequenz beispielsweise aus den Werten für die Drehzahl und das Drehmoment berechnet werden, wobei verschiedene Möglichkeit in Betracht gezogen werden können, um die möglichen Betriebspunkte des Motors zu klassifizieren.

[0049] Einen Sonderfall bilden Prüfläufe, bei denen die Lastwechsel so schnell aufeinanderfolgend auftreten, dass der letzte Lastwechsels noch nicht vollständig auf die Regelgröße ausgewirkt hat, und bereits der nächste Lastwechsel geschieht. Dies kann beispielsweise bei Simulationen von Stadtfahren der Fall sein, etwa wenn ein starkes aber kurzes Beschleunigen zwischen zwei Ampelstopps simuliert wird. Hier können die sich überlagernden Effekte (eine verstärkte Wärmeübertragung aufgrund der Beschleunigung ist noch nicht ausgeglichen, gleichzeitig fällt die Temperatur aufgrund des zweiten Ampelstopps bereits ab) mitberücksichtigt werden.

[0050] Die Ermittlung der dynamischen Vorschauzeit weist somit im Wesentlichen die folgenden Schritte auf:

[0051] • Zukünftige Lastwechsel werden hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf den Motor bewertet

[0052] • Die Dauer der Auswirkungen des Lastwechsels auf den Motor wird abgeschätzt

[0053] • Die Vorschauzeit wird gemäß der Dauer ermittelt

Die auf Basis der Vorschauzeit 19 und der thermischen Transferfunktion f_{th} erstellte Betriebstotzeitfunktion t_{T1} wird dann an eine Kombinationseinheit 20 übermittelt, welche auch die Einrichtungstotzeitfunktion t_{T2} von der Charakterisierungseinheit 13 erhält. Die Kombinationseinheit 20 führt die aus der Betriebstotzeitfunktion und der Einrichtungstotzeitfunktion ermittelten Totzeiten zusammen und ermittelt daraus entsprechende Sollwerte für Aktuatoren 7. In manchen Fällen kann die Ermittlung der Totzeiten durch eine einfache Summenbildung der einzelnen Totzeiten erfolgen, gegebenenfalls können auch Filter angewandt werden, beispielsweise um den einzelnen Totzeiten verschiedenen Gewichtungen zu verleihen oder um ausgewählten Totzeiten reziprok zu ihrem Wert Einfluss auf die Stellgröße zu geben.

BEZUGSZEICHEN:

Prüfumgebung 1

Prüfling 2

Konditioniersystem 3

Automatisierungssystem 4

Istwerte 5

Sollwerte 6

Aktuator 7

Prüfsequenzsteuerung 8

Parameter 9

Prüflingsparameter 10

Prüfstandsparameter 11

Reaktionswerte 12

Charakterisierungseinheit 13

Funktionsbildungseinheit 14

Modelldaten 15

thermisches Modell 16 des simulierten Gegenstandes 21

Führungsgrößen-Vorschauwerte 17

Prüfsequenz 18

Vorschauzeit 19

Kombinationseinheit 20

Simulierter Gegenstand 21

Prüfstufen I, II,...,N

Einrichtungstotzeitfunktion t_{T2}

Betriebstotzeitfunktion t_{T1}

thermische Transferfunktion f_{th}

Patentansprüche

1. Verfahren zur Regelung einer Regelgröße eines in einer Prüfumgebung (1) mit einem Prüfling (2) verbundenen Konditioniersystems (3) während eines Prüflaufs, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:
 - Ermitteln von Führungsgrößen-Vorschauwerten (17) aus einer Prüfsequenz (18),
 - Ermitteln einer thermischen Transferfunktion (f_{th}) des Prüflings (2) unter Berücksichtigung der Führungsgrößen-Vorschauwerte (17),
 - Ermitteln einer Betriebstotzeitfunktion (t_{T1}) unter Berücksichtigung der thermischen Transferfunktion (f_{th}),
 - Ermitteln einer Totzeit für die Regelgröße unter Berücksichtigung der Betriebstotzeitfunktion (t_{T1}),
 - Ermitteln eines um die Totzeit zeitversetzten Sollwerts (6), und
 - Übermitteln des Sollwerts (6) an einen Aktuator (7) des Konditioniersystems (3).
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verfahren weiters die folgenden Schritte aufweist:
 - Erstellen eines thermischen Modells (16) eines simulierten Gegenstandes (21), dessen Eigenschaften im Prüflauf ermittelt werden, und
 - Ermitteln der thermischen Transferfunktion (f_{th}) des Prüflings (2) unter Berücksichtigung der Führungsgrößen-Vorschauwerte (17) und des thermischen Modells (16) des simulierten Gegenstandes (21).
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Vorschauzeit (19) für die Führungsgrößen-Vorschauwerte (17) auf Basis der Prüfsequenz (18) dynamisch ermittelt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ermittlung der dynamischen Vorschauzeit (19) die folgenden Schritte aufweist:
 - Bewerten der Auswirkungen zukünftiger Lastwechsel auf den simulierten Gegenstand (21),
 - Ermitteln der Dauer der Auswirkungen des Lastwechsels auf den simulierten Gegenstand (21) und
 - Ermitteln der Vorschauzeit (19) auf Basis der Dauer und der Auswirkungen.
5. Vorrichtung zur Regelung einer Regelgröße eines in einer Prüfumgebung (1) mit einem Prüfling (2) verbundenen Konditioniersystems (3), wobei die Vorrichtung ein Automatisierungssystem (4) aufweist, welches zur Übermittlung von zumindest einem Sollwert (6) mit zumindest einem Aktuator (7) des Konditioniersystems (3) in Verbindung steht, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung folgende Elemente aufweist:
 - eine Prüfsequenzsteuerung (8) zur Ermittlung von Führungsgrößen-Vorschauwerten (17) aus einer Prüfsequenz (18),
 - eine Funktionsbildungseinheit (14) zur Ermittlung einer thermischen Transferfunktion (f_{th}) des Prüflings (2) unter Berücksichtigung der Führungsgrößen-Vorschauwerte (17) und zur Ermittlung einer Betriebstotzeitfunktion (t_{T1}) unter Berücksichtigung der thermischen Transferfunktion (f_{th}), und
 - eine Kombinationseinheit (20) zur Ermittlung einer Totzeit für die Regelgröße unter Berücksichtigung der Betriebstotzeitfunktion (t_{T1}) und zur Ermittlung des Sollwerts (6), der um die Totzeit zeitversetzt ist.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Funktionsbildungseinheit (14) ein thermisches Modell (16) eines simulierten Gegenstandes (21), dessen Eigenschaften im Prüflauf (18) ermittelt werden, aufweist, wobei die Funktionsbildungseinheit (14) die thermische Transferfunktion (f_{th}) des Prüflings (2) unter Berücksichtigung der Führungsgrößen-Vorschauwerte (17) und des thermischen Modells (16) des simulierten Gegenstandes (21) ermittelt.

7. Vorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Prüfsequenzsteuerung (8) eine Vorschauzeit (19) für die Führungsgrößen-Vorschauwerte (17) auf Basis des Prüflaufs (18) dynamisch ermittelt und an die Funktionsbildungseinheit (14) übermittelt.

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

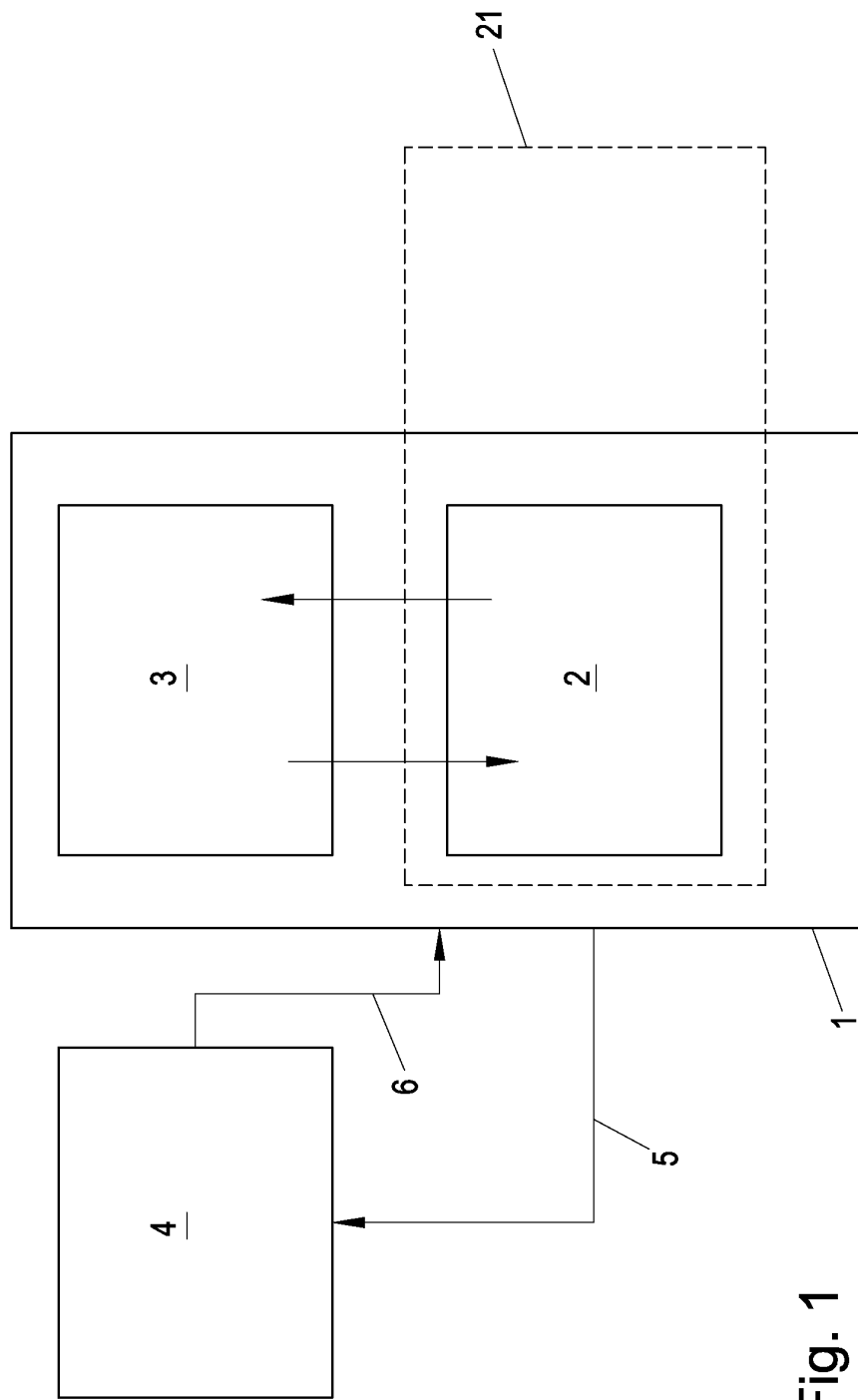


Fig. 1

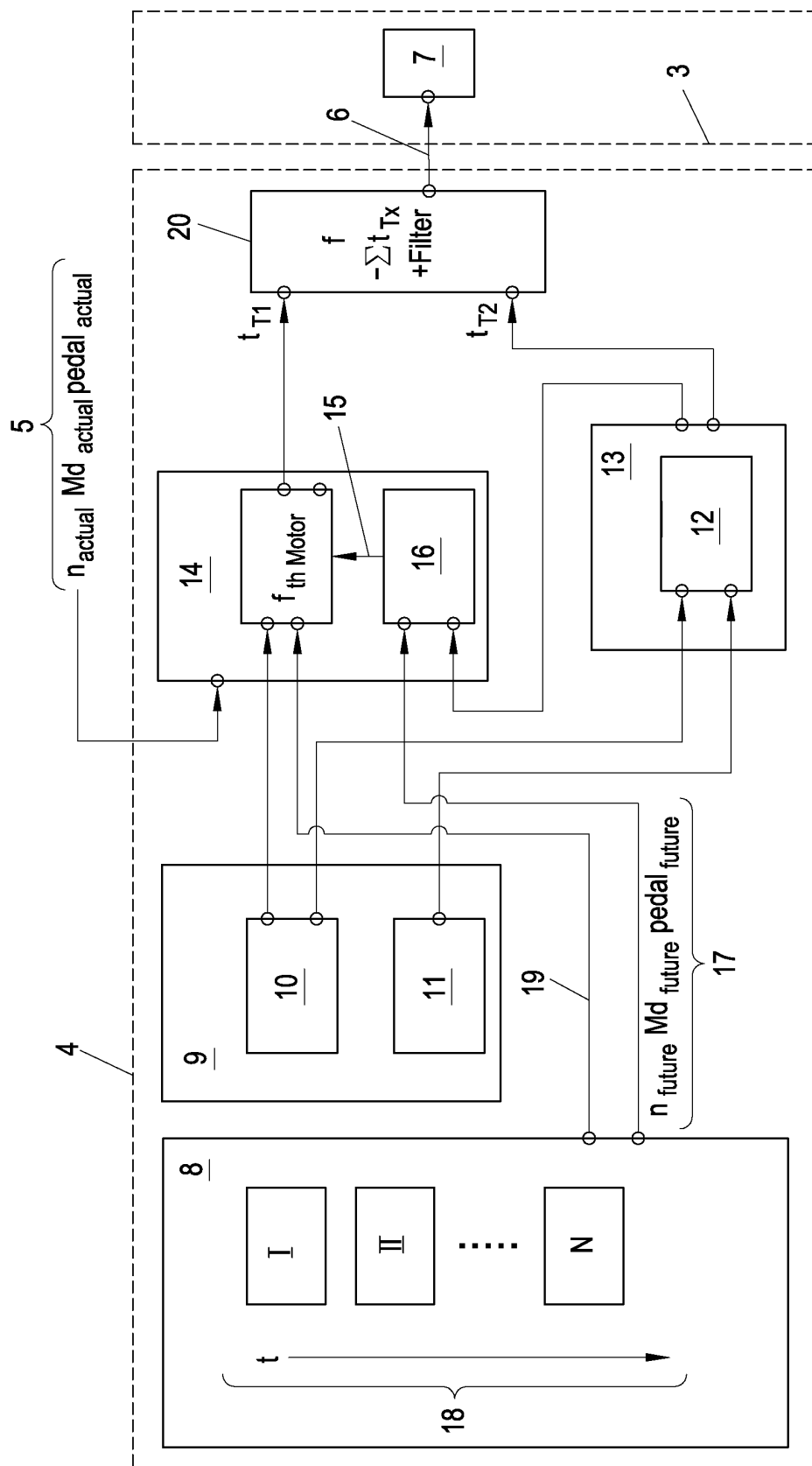


Fig. 2