

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50403/2017
(22) Anmeldetag: 12.05.2017
(45) Veröffentlicht am: 15.02.2019

(51) Int. Cl.: **G01M 17/007** (2006.01)
G01M 15/02 (2006.01)
G01M 15/04 (2006.01)
G05D 23/00 (2006.01)
G05D 23/32 (2006.01)
F02D 41/14 (2006.01)
G01M 99/00 (2011.01)

(30) Priorität:
13.09.2016 AT GM 50193/2016 beansprucht.

(56) Entgegenhaltungen:
DE 102013100099 A1
JP 2008128809 A
WO 2004063600 A1
US 2009266525 A1

(73) Patentinhaber:
IVD PROF. HOHENBERG GMBH
8010 Graz (AT)

(74) Vertreter:
Babeluk Michael Dipl.Ing. Mag.
1080 Wien (AT)

(54) VERFAHREN ZUR REGELUNG ODER STEUERUNG DER THERMISCHEN BEDINGUNGEN AN EINEM PRÜFSTAND

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung oder Steuerung der thermischen Bedingungen an einem Prüfstand (4) für zumindest ein Wärme- oder Kälte abgebendes Testobjekt (UUT), und/oder zur Regelung oder Steuerung der thermischen Bedingungen des Testobjektes (UUT), insbesondere zumindest einer beispielsweise als Brennkraftmaschine ausgebildeten Wärmekraftmaschine und/oder zumindest einer elektrischen Maschine, wobei zur Einhaltung einer vorgegebenen Solltemperatur (T_s) oder eines vorgegebenen Verlaufes einer Solltemperatur (T_s) ein Wärmeträgermedium zwischen dem Testobjekt (UUT) und einer Warmesenke (8a) oder Wärmequelle (8b) einer Konditioniereinrichtung (5) geführt wird.

Um eine möglichst dynamische Steuerung bzw. Regelung der thermischen Umgebungsbedingungen am Prüfstand (4) und/oder am Testobjekt (UUT) zu verwirklichen ist vorgesehen, dass die Wärmeentwicklung (Q) und/oder Temperatur des Testobjektes (UUT) mittels zumindest eines ersten Simulationsmodells (9) momentan und/oder prädiktiv ermittelt wird und in Abhängigkeit der momentanen und/oder prädiktiven Wärmeentwicklung (Q) des Testobjektes (UUT) die Warmesenke (8a) oder eine Wärmequelle (8b) geregelt oder gesteuert wird.

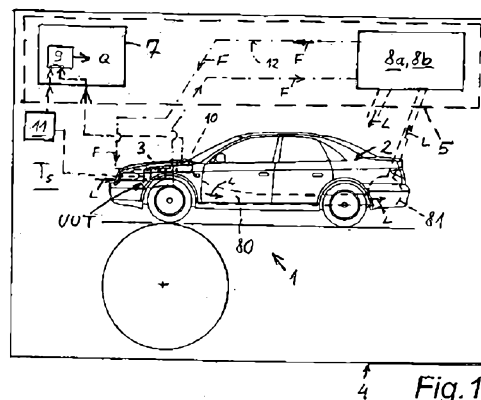


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung oder Steuerung der thermischen Bedingungen an einem Prüfstand für zumindest ein Wärme- oder Kälte abgebendes Testobjekt, insbesondere zumindest einer beispielsweise als Brennkraftmaschine ausgebildeten Wärmekraftmaschine und/oder zumindest einer elektrischen Maschine, wobei zur Einhaltung einer vorgebbaren Solltemperatur oder eines vorgegebenen Verlaufes der Solltemperatur ein Wärmeträgermedium zwischen dem Testobjekt und einer Wärmesenke oder Wärmequelle geführt wird. Weiters betrifft die Erfindung eine Konditioniereinrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

[0002] In Prüfzellen mit Prüfständen, beispielsweise Fahrzeugprüfstände, werden unter definierten Prüfbedingungen interessierende Messgrößen, wie beispielsweise der Emissionsausstoß eines Fahrzeuges, unter realen Betriebsbedingungen, insbesondere Fahrbedingungen (RDE=Real Driving Emissions) gemessen. Für die Messung muss meistens ein relativ enges Toleranzfenster für die Temperatur innerhalb der Prüfzelle und/oder des Testobjektes (UUT=Unit Under Test) eingehalten werden. Üblicherweise wird dabei der Innenraum der Prüfzelle durch eine vorhandene Klimatisiereinrichtung gekühlt, sobald die Temperatur innerhalb der Prüfzelle einen definierten Grenzwert überschreitet. Nachteilig ist, dass die Kühlung der Luft mit einer gewissen Zeitverzögerung erfolgt. Insbesondere für im realen Fahrbetrieb auftretende schnell veränderliche Vorgänge ist diese Art der Temperierungssteuerung zu langsam und zu träge.

[0003] Üblicherweise erfolgt dabei der für die Kühlung der Luft erforderliche Wärmeaustausch über einen eine kalorische Wärmesenke bildenden Wärmetauscher, wobei die Wärme über den Wärmedurchgang durch eine Wärmetauscherwand übertragen wird. Dieser Weg ist allerdings wegen der thermischen Trägheit des Wärmedurchganges der Wärmetauscherwand relativ langsam, was sich ebenfalls nachteilig auf die Dynamik der Steuerung bzw. Regelung auswirkt.

[0004] Es ist die Aufgabe der Erfindung die genannten Nachteile zu vermeiden und auf möglichst einfache Weise eine dynamische Steuerung bzw. Regelung der thermischen Bedingungen an einem Prüfstand für ein Testobjekt bzw. des Testobjektes zu ermöglichen.

[0005] Erfindungsgemäß erfolgt dies dadurch, dass die Wärmeentwicklung und/oder Temperatur des Testobjektes mittels eines virtuellen Wärmesensors momentan und/oder prädiktiv ermittelt wird und in Abhängigkeit der momentanen und/oder prädiktiven Wärmeentwicklung des Testobjektes die Wärmesenke oder eine Wärmequelle geregelt oder gesteuert wird.

[0006] Beim Testobjekt kann es sich beispielsweise um eine Wärmekraftmaschine - insbesondere eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeuges - oder eine elektrische Maschine, oder eine Kombination aus Wärmekraftmaschinen und elektrische Maschinen eines Hybridantriebsystems handeln.

[0007] Virtuelle Sensoren sind nicht körperlich existent, sondern sind in Software realisiert. Sie „messen“ (berechnen) Werte, welche aus den Messwerten realer Sensoren mit Hilfe eines empirisch erlernten und/oder physikalischen Modells abgeleitet werden.

[0008] Vorzugsweise erfolgt die momentane und/oder prädiktive Ermittlung der Wärmeentwicklung des Testobjektes auf der Basis zumindest einer Eingangsgröße mittels eines Wärmemodells des Testobjektes. Rechnerische Wärmemodelle werden beispielsweise bei der DE 10 2004 033 394 B3 verwendet, um die Temperatur von zu schützenden Bauteilen im Abgasstrang zu bestimmen. Das für das erfindungsgemäße Verfahren verwendete Wärmemodell basiert bevorzugt auf einfachen physikalischen Gesetzmäßigkeiten, beispielsweise auf der Energiebilanz des Testobjektes, und wird durch Eingangsgrößen empirisch an den jeweiligen Anwendungsfall angepasst. Das Wärmemodell bildet somit ein in Echtzeit arbeitendes halbempirisches Simulationsmodell. Daraus lassen sich betriebspunktabhängig die notwendigen Daten für eine prädiktive Regelung/Steuerung ermitteln, wobei die Regelparameter ständig optimiert werden können.

[0009] In einer besonders vorteilhaften Ausführung der Erfindung ist vorgesehen, dass dem Wärmemodell als Eingangsgröße zumindest ein Betriebsmesswert der des Testobjektes aus der Gruppe Leistung, Drehzahl, Energiezufuhr und/oder Kühlmitteltemperatur zugeführt wird. Aus diesen üblicherweise bei Wärmekraftmaschinen bekannten Betriebsmesswerten wird mittels des Wärmemodells eine Prognose für den Verlauf der Wärmeabgabe ermittelt, wobei thermische Trägheit, Totzeiten und Laufzeiten im System berücksichtigt werden.

[0010] Zum Unterschied zu der aus dem Stand der Technik bekannten trägen und Verzögerungszeitbehafteten direkten Temperaturregelung über die gemessenen Temperaturen wird beim erfindungsgemäßen Verfahren die jeweilige Wärmeentwicklung des Testobjektes in Echtzeit bzw. schon vor dem tatsächlichen Auftreten erkannt, wodurch sehr frühzeitig und präventiv Maßnahmen eingeleitet werden können, um ein übermäßiges Ansteigen der Umgebungstemperatur rechtzeitig zu verhindern. Dies erfolgt dadurch, dass im regulären Betrieb des Testobjektes üblicherweise erfasste Größen wie zum Beispiel Leistung, Drehzahl, Energiezufuhr, Objekttemperatur oder dergleichen einem geeigneten thermischen Rechenmodell (Wärmemodell) zugeführt werden und so dieses in einem selbstlernenden Prozess für den jeweiligen Anwendungsfall hinsichtlich der Genauigkeit weiter optimiert werden kann. Mittels des auf dem Wärmemodell basierenden virtuellen Wärmesensors wird die momentane Wärmeentwicklung bestimmt, wobei die Softwarelösung so aufgebaut sein muss, dass eine Echtzeitfähigkeit vorliegt. Dieser virtuelle Sensor der Wärmeentwicklung basiert also auf einem halb-empirisch aufgebauten Wärmemodell des Testobjektes und den im Prüfstandbetrieb laufend erfassten Größen. Auf weitere spezielle Sensoren kann verzichtet werden.

[0011] Besonders vorteilhaft ist es, wenn zusätzlich dem Wärmemodell Informationen über den zeitlichen Verlauf des Testzyklus - beispielsweise einem definierten Fahrzyklus eines Fahrzeuges - zugeführt werden. Dies ermöglicht es, auch planmäßige Änderungen der Last und der Drehzahl des Testobjektes in die Prognose für den zeitlichen Verlauf der Wärmeabgabe des Testobjektes einzubeziehen.

[0012] In Weiterführung der Erfindung kann auf der Basis des Wärmemodells eine modellbasierte Diagnose der Funktion der Konditioniereinrichtung durchgeführt werden. Als Ergebnis dieser Diagnose können Informationen, Empfehlungen und/oder Warnungen bei Fehlern im Betrieb an den Betreiber und/oder den Hersteller der Konditioniereinrichtung übermittelt werden. Dies ermöglicht es dem Betreiber bzw. den Hersteller der Konditioniereinrichtung gegebenenfalls eine geeignete Wartung dieser durchzuführen.

[0013] Beispielsweise können je nach Wärmebedarf und Temperaturniveau der vorhandenen Klimatisiereinrichtung der Prü fzelle und des Temperaturniveaus des Testobjektes Regelungs- bzw. Steuerungsparameter der Konditioniereinrichtung online angepasst und optimiert werden. Die bestimmte Totzeit im System kann dabei als Vorgabe für eine prädiktive Steuerung bzw. Regelung verwendet werden. Zusätzlich oder an Stelle einer Optimierung über Fernzugriff kann in die Regeleinrichtung der Konditioniereinrichtung ein Selbstoptimierungsalgorithmus integriert sein.

[0014] Die Daten aus dem ersten Simulationsmodell können als zusätzliche Größen für die Steuerung/Regelung der Konditioniereinrichtung verwendet werden.

[0015] In Weiterführung der Erfindung kann weiters vorgesehen sein, dass Konditioniereinrichtung - insbesondere die Wärmequelle und/oder Wärmesenke der Konditioniereinrichtung bzw. der Konditionierkreislauf der Wärmequelle und/oder Wärmesenke - in einem vorzugsweise halbempirischen zweiten Simulationsmodell abgebildet wird, wobei vorzugsweise auf der Basis des zweiten Simulationsmodells Totzeiten der Konditioniereinrichtung und/oder Regel-/Steuerungsparameter der Konditioniereinrichtung zur Durchführung einer prädiktiven Steuerung/Regelung ermittelt werden. Dies ermöglicht es, die Wärmesenke bzw. Wärmequelle ebenfalls prädiktiv zu optimieren, wobei vorteilhafterweise die Simulationen des Testobjektes und der Konditioniereinrichtungen miteinander kombiniert werden. Die prädiktive Optimierung betrifft sowohl Regelung, als auch Aktuatoren.

[0016] Zur Durchführung des Verfahrens ist eine Konditioniereinrichtung zur Regelung oder Steuerung der thermischen Bedingungen mit einer Steuereinheit und einer von dieser gesteuerten Wärmesenke vorgesehen, welcher die Wärme des Testobjektes zur Einhaltung einer vorgegebenen Solltemperatur zuführbar ist. Die Steuereinheit weist einen virtuellen Wärmesensor ausbildendes, vorzugsweises halbempirisches, Wärmemodell des Testobjektes auf, welches die Wärmeentwicklung und/oder Temperatur des Testobjektes momentan und/oder prädiktiv ermittelt und in Abhängigkeit der vorausgesagten Wärmeentwicklung des Testobjektes die Wärmesenke oder eine Wärmequelle regelt oder steuert. Die Steuereinheit ist - kabelgebunden oder kabellos - mit einer Schnittstelle des Testobjektes verbunden, um zumindest einen Betriebsmesswert des Testobjektes aus der Gruppe Leistung, Drehzahl, Energiezufuhr und/oder Kühlmitteltemperatur zu empfangen. Weiters kann vorteilhafter Weise die Steuereinheit einen Datenspeicher aufweisen oder mit einem Datenspeicher - kabellos oder kabelgebunden - verbunden sein, in welchem Informationen über den zeitlichen Verlauf des Testzyklus abgelegt sind.

[0017] In einer besonders vorteilhaften Ausführung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Wärmesenke als physikalische Wärmesenke ausgebildet ist und ein definiertes Volumen für ein Wärmeträgermedium aufweist, indem das Wärmeträgermedium zwischen dem Testobjekt und der Wärmesenke direkt austauschbar ist. Analog dazu kann die Wärmequelle als physikalische Wärmequelle ausgebildet sein und ein definiertes Volumen für ein Wärmeträgermedium aufweisen, indem das Wärmeträgermedium zwischen dem Testobjekt und der Wärmequelle direkt austauschbar ist. Dabei kann eine besonders rasche thermische Konditionierung erreicht werden, wenn die Entnahme des heißen Wärmeträgermediums - Fluid oder Luft - aus dem Kühlkreislauf möglichst nahe dem Testobjekt erfolgt. Dabei ist das Volumen so auszulegen, dass die Strömung des Wärmeträgermediums im Kühlkreislauf möglichst wenig gestört wird.

[0018] Die Wärmesenke und die Wärmequelle können dabei durch unterschiedliche Einrichtungen gebildet sein und beispielsweise unterschiedliche Kühlkreisläufe aufweisen. Eine besonders kompakte und teilesparende sowie einfach zu regelnde Ausführung der Erfindung sieht vor, dass Wärmesenke und Wärmequelle durch dieselbe Einrichtung, also beispielsweise durch denselben Kühlkreislauf gebildet sind.

[0019] Unter einer physikalischen Wärmesenke wird hier eine Wärmesenke verstanden, bei der direkt ein Wärmeträgermedium zwischen dem Testobjekt und der Wärmesenke mit unterschiedlichen Temperaturniveaus ausgetauscht wird. Analog dazu wird unter einer physikalischen Wärmequelle hier eine Wärmequelle verstanden, bei der direkt ein Wärmeträgermedium zwischen der Wärmequelle und dem Testobjekt mit unterschiedlichen Temperaturniveaus ausgetauscht wird. Zum Unterschied dazu erfolgt der Wärmeaustausch zwischen einem Testobjekt und einer kalorischen Wärmesenke bzw. kalorischen Wärmequelle üblicherweise über einen Wärmetauscher, wobei die Wärme über den Wärmedurchgang durch zumindest eine Wärmetauscherwand übertragen wird.

[0020] Die physikalische Wärmesenke bzw. physikalische Wärmequelle kann beispielsweise durch einen das definiertes Volumen für Wärmeträgermedium aufweisenden zuschaltbaren Behälter gebildet werden, in welchem das Wärmeträgermedium vorkonditioniert und bei Bedarf einem Standard-Kühlkreislauf zugeführt wird.

[0021] Eine bevorzugte Ausführung der Erfindung sieht vor, dass das definierte Kühlvolumen durch einen eine - vorzugsweise drehzahlregelbare - erste Fördereinrichtung aufweisenden Kühlkreislauf gebildet ist, welcher über Zu- und Abfuhrströmungswege mit dem Testobjekt strömungsverbunden oder strömungsverbindbar ist. Optional kann stromabwärts oder stromaufwärts der ersten Fördereinrichtung ein erster Wärmetauscher angeordnet sein. Dieser erste Wärmetauscher kann beispielsweise ein Standardwärmetauscher einer vorhandenen Klimatisierung der Prü fzelle sein.

[0022] Eine Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass der Kühlkreis ein Bypassventil aufweist, mit welchem die Strömungsverbindung des Kühlkreislaufes zum Testobjekt geregelt herstellbar und/oder unterbrechbar ist.

[0023] Eine besonders vorteilhafte Ausführung der Erfindung sieht vor, dass der Kühlkreislauf einen Primärkreis mit der ersten Fördereinrichtung und einen Sekundärkreis mit einer zweiten Fördereinrichtung aufweist, wobei der Sekundärkreis in dem stromabwärts der ersten Fördereinrichtung angeordneten ersten Knotenpunkt vom Primärkreis abzweigt und in einem stromabwärts des ersten Knotenpunktes des Primärkreises angeordneten zweiten Knotenpunkt in den Primärkreis mündet, wobei vorzugsweise die zweite Fördereinrichtung drehzahlregelbar ist. Vorzugsweise ist der Kühlkreislauf zwischen dem ersten Knotenpunkt und dem zweiten Knotenpunkt des Primärkreises einerseits und des Sekundärkreises andererseits ventillos ausgeführt. Zur Kühlung des Wärmeträgermedium im Sekundärkreis ist es vorteilhaft, wenn stromabwärts oder stromaufwärts der zweiten Fördereinrichtung ein zweiter Wärmetauscher angeordnet ist. Die physikalische Wärmesenke/Wärmequelle wird hier vor allem durch den Sekundärkreis des Kühlkreislaufes des Wärmeträgermediums gebildet, wobei der Sekundärkreislauf nur durch Einschalten der zweiten Fördereinrichtung aktiviert bzw. deaktiviert wird. Bei Aktivieren der zweiten Fördereinrichtung wird das Wärmeträgermedium des Sekundärkreises sehr rasch in den Kühlkreislauf eingebunden, wobei das im ersten Knotenpunkt des Primärkreises von diesem abgezweigte und durch die zweite Fördereinrichtung geförderte Wärmeträgermedium durch den zweiten Wärmetauscher strömt, vorkonditioniert wird und schließlich im zweiten Knotenpunkt in den Primärkreis des Kühlkreislaufes eingespeist wird. Durch die Vorkonditionierung des Wärmemediums im Sekundärkreis erfolgt der Wärmeaustausch durch den physikalischen Austausch des Kühlmediums sehr rasch. Eine weitere Beschleunigung des Wärmeaustausches kann erreicht werden, wenn die erste und/oder zweite Fördereinrichtung als Verdrängermaschine(n), vorzugsweise als Zahnradpumpe, ausgebildet sind/ist. Verdrängermaschinen haben im Vergleich zu Strömungsmaschinen ein schnelleres Ansprechverhalten, wodurch entscheidende Totzeit bei Aktivieren der jeweiligen Fördereinrichtung eingespart werden kann.

[0024] Durch Verwendung einer physikalischen Wärmesenke bzw. Wärmequelle kann die Temperatur-Regeldynamik deutlich erhöht werden; diese ist nur näherungsweise von der Änderungsgeschwindigkeit des Wärmeträgermediestromes $\dot{m}$ abhängig. Der Einfluss durch die thermische Trägheit des Systems ist stark reduziert. Eine gegebenenfalls unerwünschte Beeinflussung der Strömung im Primärkreislauf des Wärmeträgermediestromes kann durch entsprechende konstruktive Auslegung bzw. die Anordnung der Zu- und Abfuhr des Wärmeträgermediestromes in strömungstechnisch geeigneten Zonen vermieden werden. Der Durchfluss-Widerstand des Kühlkreislaufes lässt sich so durch angepasste Strömungsführung dem realen Motorkreislauf angleichen.

[0025] Die Erfindung wird im Folgenden an Hand der in den in den Figuren gezeigten nicht einschränkenden Ausführungsbeispielen näher erläutert.

[0026] Darin zeigen schematisch

- [0027]** Fig. 1 einen Prüfstand für Kraftfahrzeuge mit einer erfindungsgemäßen Einrichtung zur Regelung oder Steuerung der thermischen Umgebungsbedingungen an einem Prüfstand,
- [0028]** Fig. 2 ein Kennfeld eines Standard-Wärmetauschers für ein Testobjekt,
- [0029]** Fig. 3 den zeitlichen Verzug bei einer bekannten Konditioniereinrichtung,
- [0030]** Fig. 4 Simulationsmodelle und Steuerung der Konditioniereinrichtung in einer erfindungsgemäßen Ausführungsvariante,
- [0031]** Fig. 5 das zweite Simulationsmodell dieser Konditioniereinrichtung,
- [0032]** Fig. 6 eine Funktionsaufteilung der ersten und zweiten Simulationsmodelle einer erfindungsgemäßen Konditioniereinrichtung in einer Ausführungsvariante,
- [0033]** Fig. 7 das Prinzip einer physikalischen Wärmesenke bzw. physikalischen Wärmequelle, und
- [0034]** Fig. 8 bis 11 erfindungsgemäße Konditioniereinrichtungen in verschiedenen Ausführungsvarianten.

[0035] Fig. 1 zeigt einen Prüfstand 1 für ein Testobjekt UUT (Unit Under Test), wobei der Prüfstand 1 im dargestellten Beispiel als Rollenprüfstand für ein Kraftfahrzeug 2 ausgebildet ist. Das Testobjekt UUT wird im Ausführungsbeispiel durch die Brennkraftmaschine 3 des Kraftfahrzeugs 2 gebildet, wobei die Wärme abgebende Brennkraftmaschine 3 nach einem definierten Testzyklus betrieben wird. Das Testobjekt UUT kann aber auch durch eine andere Wärme-kraftmaschine und/oder durch eine oder mehrere elektrische Maschinen, durch das gesamte Kraftfahrzeug 2, oder aber auch durch eine Kälte abgebende Maschine gebildet sein.

[0036] Der Prüfstand 1 ist in einer Prü fzelle 4 angeordnet, in welchem während der Durchführung der Prüfung eine in einem relativ engen zulässigen Temperaturfenster definierte Solltemperatur T_s durch eine Konditioniereinrichtung 5 zur Regelung und Steuerung der thermischen Umgebungsbedingungen gehalten werden soll. Die Konditioniereinrichtung 5 zur Regelung und Steuerung weist eine Steuereinheit 7 und eine konventionelle oder auch physikalische Wärmesenke 8a und/oder eine Wärmequelle 8b auf, welche von der Steuereinheit 7 geregelt oder gesteuert wird bzw. werden. Die Wärmequelle 8b wird beispielsweise eingesetzt, um das Testobjekt UUT rasch auf Betriebstemperatur zu bringen.

[0037] In Fig. 1 sind zwei Fälle zur Regelung bzw. Steuerung der thermischen Bedingungen mit einer erfindungsgemäßen Konditioniereinrichtung 5 schematisch dargestellt, welche getrennt oder auch in Kombination miteinander durchgeführt werden können.

[0038] Im ersten Fall wird strömt Fluid in einem mit strichpunktieren Linien angedeuteten Kühlkreislauf 12 entsprechend den Pfeilen F zu einem beispielsweise durch die Brennkraftmaschine 3 gebildeten Testobjekt UUT und nimmt dabei Wärme des Testobjektes UUT auf. Das erwärmte Fluid F wird der Wärmesenke 8a (bzw. Wärmequelle 8b bei zu geringer Fluidtemperatur) der Konditioniereinrichtung 5 zugeführt und auf die gewünschte Temperatur konditioniert.

[0039] Im in Fig. 1 mit strichlierten Linien dargestellten zweiten Fall strömt Luft entsprechend den Pfeilen L bei einer Umgebungstemperatur von beispielsweise 20° zum durch das Kraftfahrzeuges 2 samt Brennkraftmaschine 3 gebildeten Testobjekt UUT und nimmt dabei Wärme des Testobjektes UUT auf. Die erwärmte Luft L wird in einem Abluftkanal 80 gesammelt und über ein nahe dem Austritt des Abluftkanals 80 angeordnetes Sauggebläse 81 bei einer Temperatur von beispielsweise 60°C der Wärmesenke 8a (bzw. Wärmequelle 8b bei zu geringer Umgebungstemperatur und/oder Ablufttemperatur) der Konditioniereinrichtung 5 zugeführt und auf die gewünschte Temperatur konditioniert. Danach wird die Kühlluft wieder dem Innenraum der Prü fzelle 4 bzw. der Umgebung des Testobjektes UUT zugeführt.

[0040] Die Entnahme des heißen oder kalten Wärmeträgermediums - Fluid und/oder Luft - erfolgt somit möglichst nahe dem Testobjekt UUT, wodurch eine besonders rasche thermische Konditionierung erreicht werden kann.

[0041] Die Steuereinheit 7 weist zur Abbildung des Testobjektes UUT ein erstes Simulationsmodell 9 auf, welches durch ein halbempirisches thermisches Modell des Testobjektes UUT gebildet wird. Das erste Simulationsmodell 9 kann als virtueller Sensor eingesetzt werden, um zusätzliche - nicht direkt sensorisch erfasste Größen zu nutzen. Mit dem halbempirischen thermischen Modell wird die Wärmeentwicklung Q momentan und/oder prädiktiv ermittelt. Auf Grund der vorausgesagten Wärmeentwicklung Q wird die Wärmesenke 8a oder die Wärmequelle 8b entsprechend geregelt oder gesteuert, um die definierte Solltemperatur T_s bzw. den zeitlichen Verlauf der Solltemperatur T_s des Testobjektes UUT und/oder der Umgebungstemperatur des Testobjektes UUT einzuhalten. Die Steuereinheit 7 ist kabellos oder kabelgebunden mit der Prüfstandsteuerung oder einer Schnittstelle 10 des Testobjektes UUT verbunden, um zumindest einen Betriebsmesswert des Testobjektes UUT aus der Gruppe Leistung, Drehzahl, Energiezufuhr und/oder Objekttemperaturen des Testobjektes UUT zu empfangen. Weiters ist im gezeigten Ausführungsbeispiel die Steuereinheit 7 mit einem Datenspeicher 11 verbunden, in welchem Informationen über den zeitlichen Verlauf des aktuellen Testzyklus für das Testobjekt UUT abgelegt sind.

[0042] Die Konditioniereinrichtung 5 hat die Aufgabe, ein flüssiges oder gasförmiges Wärme-

trägermedium - also Fluid oder Luft - auf eine gewünschte Temperatur zu bringen bzw. zu halten, wobei diesem Wärmeträgermedium vom Testobjekt UUT sehr unterschiedlich (0-100%) Wärme Q zu- oder abgeführt wird.

[0043] Einerseits ist vor allem im instationären Betrieb eines beispielsweise durch eine Brennkraftmaschine 3 gebildeten Testobjektes UUT die zu- oder abzuführende Wärmemenge Q sehr variabel. Andererseits ist auch das Temperaturniveau T bzw. die Wärmeleistung P_{WT} und der Massenstrom $\dot{m}_1, \dot{m}_2$ des Wärmeträgermediums zwischen dem Testobjekt UUT und der Wärmesenke 8a bzw. Wärmequelle 8b sehr unterschiedlich, wie in Fig. 2 schematisch angedeutet ist. Dies bewirkt hinsichtlich der Regelung/Steuerung hohe Anforderungen, die optimalen Regelparameter variieren entsprechend. Hinzu kommt, dass sich die gewünschten Temperaturen des Wärmeträgermediums im Kühlkreislauf der Konditioniereinrichtung 5 durch die thermische Trägheit der Komponenten der Konditioniereinrichtung 5 und durch die Laufzeit des Wärmeträgermediums im Kühlkreislauf der Konditioniereinrichtung 5 nur verzögert einstellen, wie in Fig. 3 schematisch dargestellt ist. Auf eine Leistungsanforderung P_{UUT} und somit plötzliche Wärme-freisetzung am Testobjekt UUT reagieren herkömmliche Konditioniereinrichtungen 5 konzeptbedingt mit einer relativ großen zeitlichen Verzögerung bei der Wärmeabfuhr, einerseits durch die Laufzeit des Wärmeträgermediums (angedeutet mit dem Verlauf der Temperatur T_{0mWT} des Wärmeträgermediums) und andererseits durch die thermische Trägheit von Komponenten der Konditioniereinrichtung 5 (angedeutet durch den Verlauf der Temperatur T_{KE} von Komponenten wie Leitungen, Pumpen, Ventile, Wärmetauscher, etc. der Konditioniereinrichtung 5).

[0044] Gemäß der Erfindung wird die Konditioniereinrichtung 5 parallel zum realen Betrieb in einem zweiten Simulationsmodell 90 thermisch und hinsichtlich der Laufzeiten virtuell abgebildet, wie in Fig. 4 schematisch dargestellt ist. Das zweite Simulationsmodell 90 kann ein physikalisches oder halbempirisches Modell der Konditioniereinheit 5 oder des gesamten Kühlkreislaufes 12 sein. Die Steuereinheit 7 der Konditioniereinheit 5 empfängt laufend Daten des Testobjektes UUT, also sowohl momentane Messdaten, als auch Informationen über bevorstehende Änderungen der Betriebsweise des Testobjektes UUT. Das zweite Simulationsmodell 90 kann wie das erste Simulationsmodell 9 in die Steuereinheit 7 implementiert sein. Aufgaben des zweiten Simulationsmodelles 90 sind:

- [0045]**
- (1) Durchführung einer modellbasierten Diagnose der Funktionen der Konditioniereinrichtung 5, um frühzeitig Informationen, Empfehlungen und/oder Warnungen bei Fehler im Betrieb für Betreiber und Hersteller der Konditioniereinrichtung 5 zur Verfügung stellen zu können. Parallel dazu kann eine konventionelle On-Board-Diagnostik OBD auf der Basis eines Soll-Ist-Vergleiches von Messdaten und Bauteilfunktionen durchgeführt werden, wobei die Daten D aus dem zweiten Simulationsmodell 90 und die Ergebnisse der On Board Diagnostik OBD aufeinander abgestimmt oder gegenseitig ergänzt werden können.
 - (2) Online Anpassung/Optimierung der Regler/Steuerungs-Parameter RS je nach Wärmebedarf und der Temperaturniveaus der prüfstandseigenen Klimatisiereinrichtung 6 und des Testobjektes UUT.
 - (3) Bestimmung der Totzeiten im System der Konditioniereinrichtung 5 als Vorgabe für eine prädiktive Steuerung/Regelung.
 - (4) Durchführen einer integrierten Selbstoptimierung der Konditioniereinrichtung 5.

[0046] Dabei wird das zweite Simulationsmodell 90 als sogenannter virtueller Sensor verwendet, indem Daten aus dem zweiten Simulationsmodell 90 als zusätzliche Größen genutzt werden.

[0047] Der Daten- und Informationsaustausch ist durch Pfeile D angedeutet.

[0048] Daraus lassen sich also folgende Funktionen ableiten:

- [0049]**
- 1.) Überwachung der Sensoren und Aktuatoren durch On-Board Diagnose OBD: durch diese konventionelle Diagnose durch Soll-Istwert-Vergleich von Messdaten und Bauteilparametern können die Funktionen von Sensoren und Aktuatoren mit

- der Simulation verglichen und Fehler frühzeitig entdeckt werden.
- 2.) Betreiber und/oder Hersteller der Konditioniereinrichtung 5 werden ständig und in Echtzeit über den Zustand der Konditioniereinrichtung 5 informiert: Somit können frühzeitig geeignete Maßnahmen zur Wartung der Konditioniereinrichtung 5 ergriffen werden.
 - 3.) Erfassung der thermischen Trägheit und der Laufzeiten im System der Konditioniereinrichtung 5 mittels des halbempirischen zweiten Simulationsmodell 90 in Echtzeit; daraus lassen sich betriebspunktabhängig die notwendigen Parameter für eine prädiktive Regelung/Steuerung ermitteln.
 - 4.) Kontinuierliche Optimierung der Regelparameter: durch die Simulation können die Regelparameter in Echtzeit laufend angepasst und optimiert werden, wodurch ein rasches Nachregeln auf ändernde Verhältnisse gewährleistet ist.

[0050] In Fig. 5 ist das zweite Simulationsmodell 90 der Konditioniereinrichtung 5 schematisch dargestellt. Es besteht aus Software 91, welche auf einem physikalischen oder halbempirischen mathematischen Modell basiert, und Hardware 92. In der Software 91 werden die Anforderungen an die Wärmeab- oder -zufuhr als $\dot{Q}_{soll}$ formuliert, woraus sich der Einsatz einer Wärmesenke oder Wärmequelle der Konditioniereinrichtung 5 ergibt. Dieser Sollwert $\dot{Q}_{soll}$ wird mit dem ermittelten Istwert $\dot{Q}_{ist}$ verglichen.

[0051] Fig. 6 zeigt schematisch das Zusammenwirken des halbempirischen ersten Simulationsmodells 9 des Testobjektes UUT und des zweiten Simulationsmodells 90 der Konditioniereinrichtung 5. Mittels des ersten Simulationsmodells 9 wird eine erste Prädiktion über die zu erwartenden primärseitig auftretenden Wärmemengen $\dot{m}_1$ auf Grund der aktuellen Betriebsparameter und auf Grund des bekannten Testzyklus vorgenommen. Weiters wird mittels des zweiten Simulationsmodells 90 eine zweite Prädiktion über die zu erwartenden Verzögerungen bei der Wärmeabfuhr unter Berücksichtigung der thermischen Trägheiten und Laufzeiten im sekundärseitigen System, also der Konditioniereinrichtung 5 vorgenommen. Als Ergebnis der ersten und zweiten Prädiktion wird der optimale Zeitpunkt zum Aktivieren der Konditioniereinrichtung 5 und/oder die Parameter zum Steuern/Regeln der Konditioniereinrichtung 5 bestimmt.

[0052] In Fig. 7 ist das Prinzip einer durch Bezugszeichen 8 angedeuteten physikalischen Wärmesenke bzw. physikalischen Wärmequelle dargestellt: Bei einer physikalischen Wärmesenke bzw. Wärmequelle 8 erfolgt der erforderliche Wärmeaustausch nicht wie bei konventionellen kalorischen Wärmesenken relativ langsam über den Wärmedurchgang durch eine Wärmetauscherwand, sondern durch direkten Tausch eines Wärmeträgermediums gemäß der Gleichung:

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot c \cdot (T_1 - T_2)$$

Dabei ist $\dot{Q}$ der Wärmestrom, $\dot{m}$ der Wärmeträgermediestrom, c die spezifische Wärmekapazität des Wärmeträgermediums, T_1 die Temperatur des Testobjektes UUT und T_2 die Temperatur der physikalischen Wärmesenke bzw. Wärmequelle 8.

[0053] Dies ermöglicht einen vom Wärmedurchgang durch eine Wärmetauscherwand unabhängigen und damit wesentlich rascheren Wärmetausch, wodurch eine ausreichend hohe Dynamik erzielt werden kann.

[0054] Wie in Fig. 8 dargestellt, kann die Wärmesenke 8a oder Wärmequelle 8b - welche als physikalische Wärmesenke bzw. physikalische Wärmequelle 8 ausgebildet sind, eine Fördereinrichtung 13, zum Beispiel eine drehzahlgeregelte Pumpe, aufweisen, über welche das Wärmeträgermedium gefördert wird, wobei ein Austausch der Massenströme $\dot{m}$ des Wärmeträgermediums der Temperaturniveaus T_1 und T_2 erfolgt.

[0055] Mitunter kann eine Trennung der Kühlmedien des Testobjektes und der prüfstandseigenen Klimatisiereinrichtung 6 gewünscht sein. Um dies zu erreichen, kann eine kalorischer Wärmetauscher 15 zwischen der Konditioniereinrichtung 5 und der prüfstandseigenen Klimatisiereinrichtung 6 vorgesehen sein, wie in Fig. 9 schematisch gezeigt ist.

[0056] Fig. 10 zeigt schematisch eine Ausführung einer - ebenfalls physikalischen - Wärmesen-

ke 8a bzw. Wärmequelle 8b, bei der der Medientausch des Wärmeträgermediums in einem eigenen Kühlkreislauf 12 über eine eigene Fördereinrichtung 13, zum Beispiel eine drehzahlge-regelte Pumpe, erfolgt. Beispielsweise kann über das Bypassventil 14 der Durchfluss durch einen Bypass-Strömungsweg 12a reguliert werden, wodurch die dem Testobjekt UUT entzoge-ne oder zugeführte Wärme variiert werden kann. Die Fördereinrichtung 13 kann beispielsweise als Strömungsmaschine ausgebildet sein. Ein besonders rascher Wärmeaustausch und schnel-les Ansprechverhalten lässt sich erreichen, wenn die Fördereinrichtung 13 als Verdrängerma-schine, beispielsweise als Zahnrادpumpe ausgebildet ist. Mit Bezugszeichen 15 ist eine bei-spielsweise durch einen konventionellen kalorischen Wärmetauscher gebildete Kühleinrichtung bezeichnet, mit welcher - wie in Fig. 9 bereits illustriert - eine Trennung der Wärmeträgermedien der Konditioniereinrichtung 5 und der prüfstandseigenen Klimatisiereinrichtung 6 erfolgt. Alter-nativ zu einer drehzahlgeregelten Pumpe kann für die Fördereinrichtung 13 auch eine Pumpe mit konstanter Drehzahl verwendet werden. In diesem Fall ist es zur Mengenregelung des Wärmeträgermediums im Kühlkreislauf 12 vorteilhaft einen Bypass-Strömungsweg 12a vorzu-sehen, dessen Durchfluss über ein Bypassventil 14 gesteuert bzw. geregelt werden kann, wie durch strichlierte Linien in Fig. 10 angedeutet ist. Über das Bypassventil 14 kann der Durchfluss im Bypass-Strömungsweg 12a reguliert werden, wodurch die dem Testobjekt UUT entzogene oder zugeführte Wärme variiert werden kann. Über das Bypassventil 14 kann der Kühlkreislauf 12 mit dem des Testobjekt UUT verbunden oder von diesem getrennt werden, wobei die Strö-mungsverbindungen des Kühlkreislauf 12 mit dem Testobjekt UUT über zumindest einen Zu-strömungsweg 16 und zumindest einen Abströmungsweg 17 erfolgt.

[0057] Fig. 11 zeigt eine weitere Ausführung der Erfindung wobei der Kühlkreislauf 12 einen Primärkreis 121 und einen Sekundärkreis 122 aufweist. Der Sekundärkreis 122 zweigt vom Primärkreis 121 in einem ersten Knotenpunkt K1 ab und mündet in den Primärkreis 121 in einem zweiten Knotenpunkt K2 wieder ein. Der Primärkreis 121 weist eine erste Fördereinrichtung 131 und der Sekundärkreis 122 eine zweite Fördereinrichtung 132 auf. Mit Bezugszeichen 151 ist ein im Primärkreis 121 angeordneter optionaler erster Wärmetauscher bezeichnet, wel-cher stromabwärts der ersten Fördereinrichtung 131 angeordnet ist. Die erste Fördereinrichtung 131 kann aber auch stromabwärts des zweiten Knotenpunkt K2 vorgesehen sein. Dieser Wär-metauscher kann beispielsweise durch einen konventionellen Systemkühler der prüfstandsei-genen Klimatisiereinrichtung 6 gebildet sein. Im Sekundärkreis 122 ist eine zweite Fördereinrichtung 132 und ein zweiter Wärmetauscher 152 angeordnet, welcher durch ein weiteres Kühlmedium mit der Temperatur T_2 und dem zweiten Massenstrom $\dot{m}_2$ gekühlt wird. Der zweite Wärmetauscher 152 kann stromabwärts oder stromaufwärts der zweiten Fördereinrichtung angeordnet sein. Der Primärkreis 121 mit dem eine kalorische Wärmesenke bildenden ersten Wärmetauscher 151 arbeitet in konventioneller Weise durch Wärmeübergang an den Wärme-tauscherwänden des ersten Wärmetauschers 151. Im stationären Betrieb ist nur die erste För-dereinrichtung 131 eingeschaltet und fördert den ersten Massenstrom $\dot{m}_1$, die zweite Fördereinrichtung 132 dagegen ist deaktiviert, sodass im Sekundärkreis 122 kein Massenfluss erfolgt. Im Falle eines erhöhten Konditionierungsbedarfes wird der Sekundärkreis 122 durch Aktivieren der zweiten Fördereinrichtung 132 dazu geschaltet, wodurch ein dritter Massenstrom $\dot{m}_3$ gefördert wird. Bei entsprechender Dimensionierung der zweiten Fördereinrichtung 132 wird ein Großteil des ersten $\dot{m}_1$ Massenstroms in den Sekundärkreis gefördert - nur ein geringer Teil $\dot{m}_{1a}$ wird durch den Leitungsteil 121a des Primärkreises 121 zwischen den Knotenpunkten K1 und K2 strömen. Somit wird das im Sekundärkreis 122 durch den zweiten Wärmetauscher 152 bereits vorkonditionierte Wärmeträgermedium in den Primärkreis 121 eingeleitet. Es kommt somit zu einem direkten Austausch des Wärmeträgermediums zwischen des Testobjektes UUT und der Wärmesenke 8a bzw. Wärmequelle 8b, welche somit in dem beschriebenen Sinne als physika-lische Wärmesenke bzw. physikalische Wärmequelle 8 ausgebildet sind. Der Kühlkreislauf 12 ist bevorzugt völlig ohne irgendwelche Schaltventile ausgeführt, wodurch Ansprechzeiten dieser Schaltventile wegfallen. Das Zuschalten bzw. Wegschalten des Sekundärkreises 122 erfolgt somit nur durch Aktivieren bzw. Deaktivieren der zweiten Fördereinrichtung 132. Dies ermög-licht einen raschen Wärmeaustausch.

[0058] Um einen besonders raschen Wärmeaustausch zu ermöglichen, ist es besonders vor-

teilhaft, wenn zumindest die zweite Fördereinrichtung 132 als Verdrängermaschine, beispielsweise als Zahnrادpumpe ausgebildet ist.

[0059] Gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren wird mit dem ersten Simulationsmodell 9 in Echtzeit die aktuelle Wärmeentwicklung Q und/oder zukünftige Wärmeentwicklung Q des Testobjektes UUT ermittelt, mit dem zweiten Simulationsmodell 90 die optimalen Regel-/Steuerungsparameter und der optimale Zeitpunkt des Eingriffs unter Berücksichtigung der sekundärseitigen Totzeiten bzw. Laufzeiten bestimmt und damit die Wärmesenke 8a bzw. Wärmequelle 8b geregelt oder gesteuert. Mit dem ersten Simulationsmodell 9 und dem zweiten Simulationsmodell 90 des Testobjektes UUT ist man somit in der Lage, schon zu Beginn einer Änderung der Wärmeentwicklung Q darauf reagieren zu können. Eine solche prädiktive Temperaturregelung ist besser zu gestalten, effizienter bzw. genauer als bisherige Lösungen. Insbesondere kann über die Informationen der aktuellen Wärmeabgabe des Testobjektes UUT nicht nur dieses selbst, sondern auch die Klimatisierung der Prü fzelle 4 wesentlich früher angesteuert werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Regelung oder Steuerung der thermischen Bedingungen an einem Prüfstand (4) für zumindest ein Wärme- oder Kälte abgebendes Testobjekt (UUT), und/oder zur Regelung oder Steuerung der thermischen Bedingungen des Testobjektes (UUT), insbesondere zumindest einer beispielsweise als Brennkraftmaschine ausgebildeten Wärmekraftmaschine und/oder zumindest einer elektrischen Maschine, wobei zur Einhaltung einer vorgegebenen Solltemperatur (T_s) oder eines vorgegebenen zeitlichen Verlaufes der Solltemperatur (T_s) ein Wärmeträgermedium zwischen dem Testobjekt (UUT) und einer Wärmesenke (8a) oder Wärmequelle (8b) einer Konditioniereinrichtung (5) geführt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wärmeentwicklung (Q) und/oder Temperatur des Testobjektes (UUT) mittels zumindest eines ersten Simulationsmodells (9) momentan und/oder prädiktiv ermittelt wird und in Abhängigkeit der momentanen und/oder prädiktiven Wärmeentwicklung (Q) des Testobjektes (UUT) (6) die Wärmesenke (8a) oder eine Wärmequelle (8b) geregelt oder gesteuert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das erste Simulationsmodell (9) ein - vorzugsweise halbempirisches - Wärmemodell des Testobjektes (UUT) aufweist, wobei die momentane und/oder prädiktive Ermittlung der Wärmeentwicklung (Q) des Testobjektes (UUT) auf der Basis zumindest einer Eingangsgröße mittels des Wärmemodells erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem ersten Simulationsmodell (9) als Eingangsgrößen zumindest ein Betriebsmesswert des Testobjektes (UUT) aus der Gruppe Leistung, Drehzahl, Energiezufuhr und/oder Objekttemperatur zugeführt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das Testobjekt (3) nach einem sich zeitlich ändernden Testzyklus betrieben wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem ersten Simulationsmodell (9) als Eingangsgröße Informationen über den zeitlichen Verlauf des Testzyklus zugeführt werden.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Regelung oder Steuerung der thermischen Bedingungen ein Wärmeträgermedium direkt zwischen dem Testobjekt (UUT) und einem definierten Kühlvolumen der Wärmesenke (8a) oder der Wärmequelle (8b) ausgetauscht wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Konditioniereinrichtung (5) in einem vorzugsweise halbempirischen zweiten Simulationsmodell (90) abgebildet wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass auf der Basis des zweiten Simulationsmodells (90) Totzeiten der Konditioniereinrichtung (5) und/oder Regel-/Steuerungsparameter der Konditioniereinrichtung (5) zur Durchführung einer prädiktiven Steuerung/Regelung ermittelt werden.
8. Konditioniereinrichtung (5) zur Durchführung des Verfahrens zur Regelung oder Steuerung der thermischen Bedingungen an einem Prüfstand (4) für zumindest ein Wärme- oder Kälte abgebendes Testobjekt (UUT), und/oder zur Regelung oder Steuerung der thermischen Bedingungen des Testobjektes (UUT), insbesondere zumindest einer beispielsweise als Brennkraftmaschine (3) ausgebildeten Wärmekraftmaschine und/oder zumindest einer elektrischen Maschine, wobei die Konditioniereinrichtung (5) eine Steuereinheit (7) und eine von dieser gesteuerte Wärmesenke (8a) und/oder Wärmequelle (8b) aufweist, wobei zur Einhaltung einer vorgegebenen Solltemperatur (T_s) oder eines vorgegebenen Verlaufes der Solltemperatur (T_s) ein Wärmeträgermedium zwischen dem Testobjekt (UUT) und der Wärmesenke (8a) oder zwischen der Wärmequelle (8b) und dem Testobjekt (UUT) führbar ist, nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuereinheit (7) zumindest ein erstes Simulationsmodell (9) mit einem, vorzugsweise halbempirischen, Wärmemodell des Testobjektes (UUT) aufweist, welches die Wärmeentwicklung (Q) und/

oder Temperatur (T_1) des Testobjektes (UUT) momentan und/oder prädiktiv ermittelt und in Abhängigkeit der momentanen und/oder prädiktiven Wärmeentwicklung (Q) des Testobjektes (UUT) die Wärmesenke (8a) oder eine Wärmequelle (8b) regelt oder steuert.

9. Konditioniereinrichtung (5) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuereinheit (7) mit einer Prüfstandsteuerung oder einer Schnittstelle des Testobjektes (UUT) verbunden ist, um zumindest einen Betriebsmesswert des Testobjektes (UUT) aus der Gruppe Leistung, Drehzahl, Energiezufuhr, und/oder Testobjekttemperatur zu empfangen.
10. Konditioniereinrichtung (5) nach Anspruch 8 oder 9, wobei das Testobjekt (UUT) nach einem sich zeitlich ändernden Testzyklus betreibbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuereinheit (7) einen Datenspeicher aufweist oder mit einem Datenspeicher (11) verbunden ist, in welchem Informationen über den zeitlichen Verlauf des Testzyklus abgelegt sind.
11. Konditioniereinrichtung (5) nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wärmesenke (8a) als physikalische Wärmesenke ausgebildet ist und ein definiertes Volumen für ein Wärmeträgermedium aufweist, wobei das Wärmeträgermedium zwischen dem Testobjekt (UUT) und der Wärmesenke (8a) direkt austauschbar ist.
12. Konditioniereinrichtung (5) nach einem der Ansprüche 8 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wärmequelle (8b) als physikalische Wärmequelle ausgebildet ist und ein definiertes Volumen für ein Wärmeträgermedium aufweist, wobei das Wärmeträgermedium zwischen dem Testobjekt (UUT) und der Wärmequelle (8b) direkt austauschbar ist.
13. Konditioniereinrichtung (5) nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass das definierte Volumen durch einen zumindest eine - vorzugsweise drehzahlregelbare - Fördereinrichtung (13; 131, 132) aufweisenden Kühlkreislauf (12) gebildet ist, welcher über Zu- und Abfuhrströmungswege (16, 17) mit dem Testobjekt (UUT) (UUT) strömungsverbunden oder strömungsverbindbar ist.
14. Konditioniereinrichtung (5) nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass stromabwärts zumindest einer Fördereinrichtung (13; 131, 132) zumindest ein Wärmetauscher (15; 151, 152) angeordnet ist, wobei vorzugsweise stromabwärts einer ersten Fördereinrichtung (131) ein erster Wärmetauscher (151) angeordnet ist.
15. Konditioniereinrichtung (5) nach Anspruch 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kühlkreislauf (12) einen vorzugsweise über ein Bypassventil (14) regulierbaren Bypass-Strömungsweg (12a) aufweist, mit welchem die Strömungsverbindung zum Testobjekt (UUT) variierbar ist.
16. Konditioniereinrichtung (5) nach einem der Ansprüche 13 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kühlkreislauf (12), einen Primärkreis (121) mit einer ersten Fördereinrichtung (131) und einen Sekundärkreis (122) mit einer zweiten Fördereinrichtung (132) aufweist, wobei der Sekundärkreis (122) in einem stromabwärts der ersten Fördereinrichtung (131) angeordneten ersten Knotenpunkt (K1) vom Primärkreis (121) abzweigt und in einem stromabwärts des ersten Knotenpunktes (K1) des Primärkreises (121) angeordneten zweiten Knotenpunkt (K2) in den Primärkreis (121) mündet, wobei vorzugsweise die zweite Fördereinrichtung (132) drehzahlregelbar ist.
17. Konditioniereinrichtung (5) nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kühlkreislauf (12) zwischen dem ersten Knotenpunkt (K1) und dem zweiten Knotenpunkt (K2) des Primärkreises (121) einerseits und des Sekundärkreises (122) andererseits ventillos ausgeführt ist.
18. Konditioniereinrichtung (5) nach Anspruch 16 oder 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass stromabwärts oder stromaufwärts der zweiten Fördereinrichtung ein zweiter Wärmetauscher angeordnet ist.

19. Konditioniereinrichtung (5) nach einem der Ansprüche 13 bis 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest eine Fördereinrichtung (13; 131, 132), vorzugsweise die zweite Fördereinrichtung (132), als Verdrängermaschine, vorzugsweise als Zahnradpumpe, ausgebildet ist.
20. Konditioniereinrichtung (5) nach einem der Ansprüche 8 bis 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuereinheit (7) zumindest ein zweites Simulationsmodell (90) zum Bestimmen der Totzeiten der Konditioniereinrichtung (5) und/oder Regel-/Steuerungsparameter der Konditioniereinrichtung (5) zur Durchführung einer prädiktiven Steuerung/Regelung aufweist.

Hierzu 4 Blatt Zeichnungen

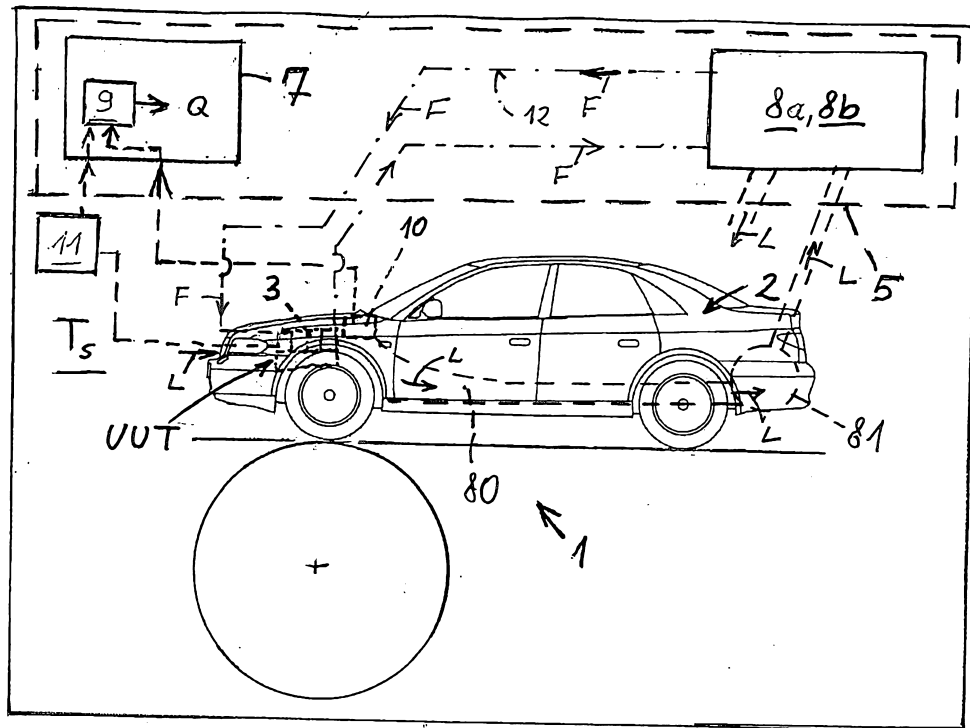


Fig. 1

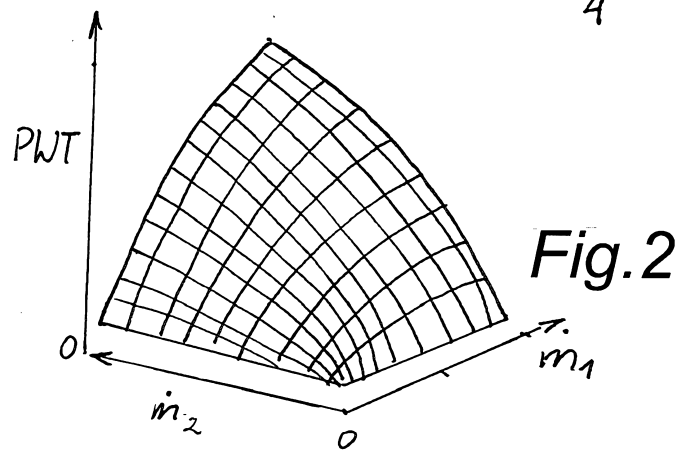


Fig.2

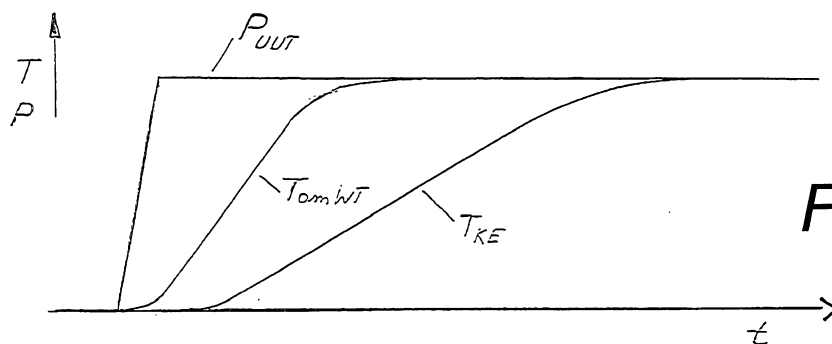


Fig.3

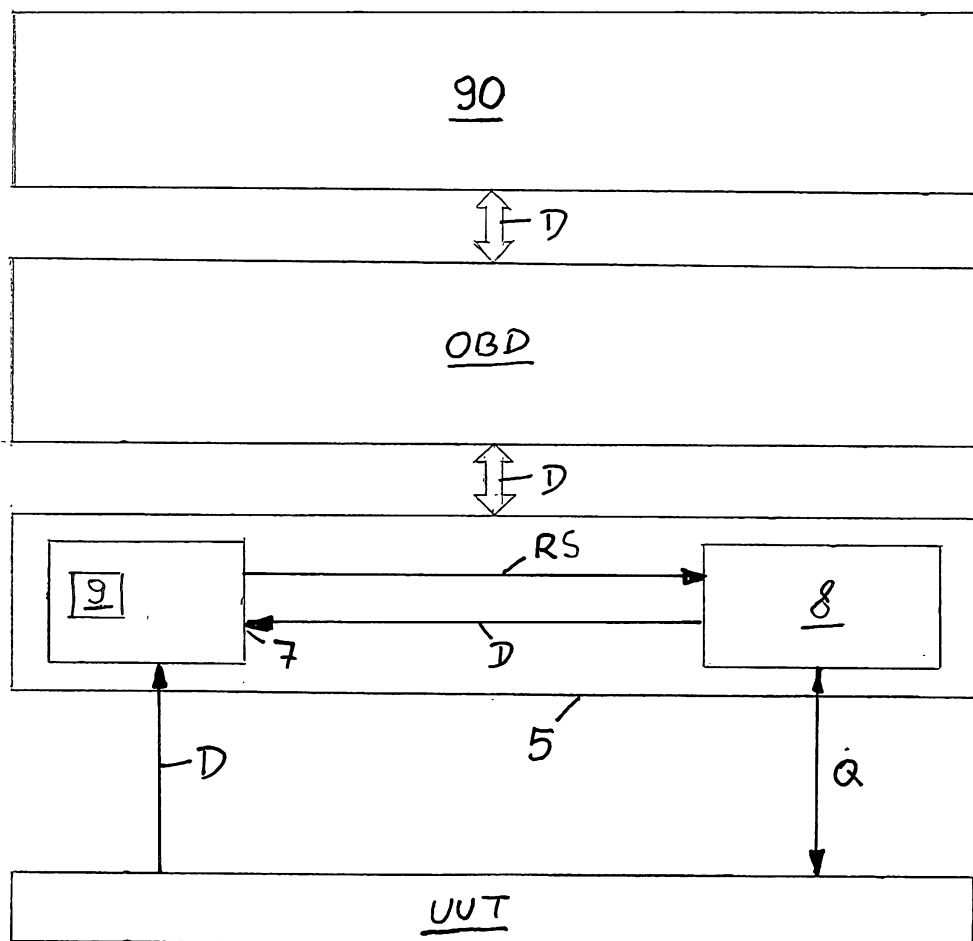


Fig. 4

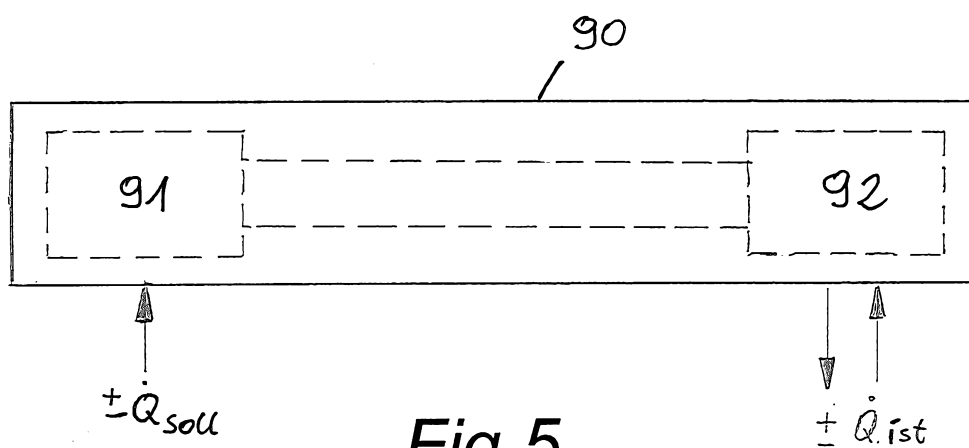


Fig. 5

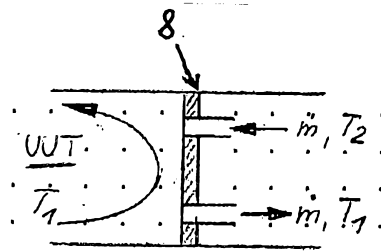
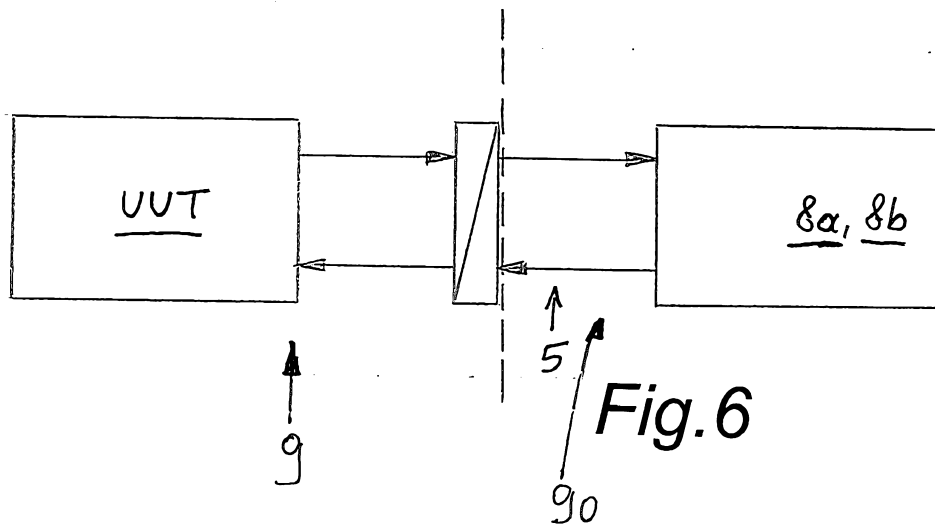


Fig. 7

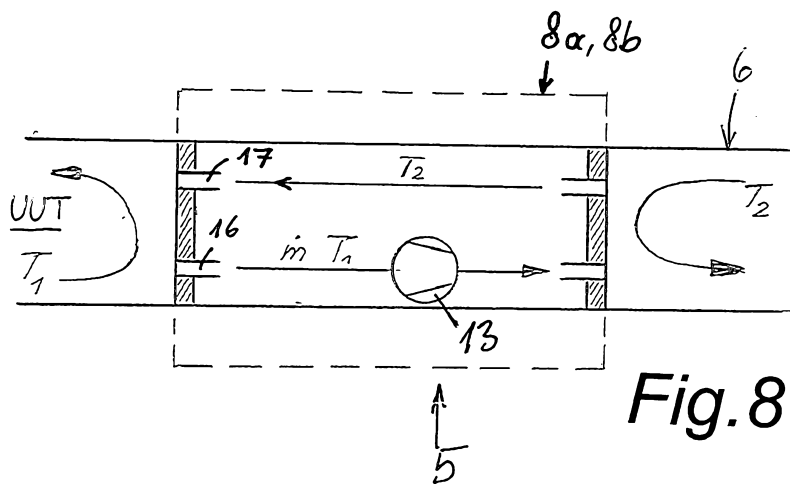


Fig. 8

