(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
21. November 2013 (21.11.2013)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2013/171041 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G05B 11/38 (2006.01) *F15B 15/00* (2006.01)
G05D 3/20 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/058423

(22) Internationales Anmeldedatum:
24. April 2013 (24.04.2013)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
12168164.7 16. Mai 2012 (16.05.2012) EP

(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder: **TAUTZ, Wilfried**; Rotkreuzstr. 28 C, 91301 Forchheim (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

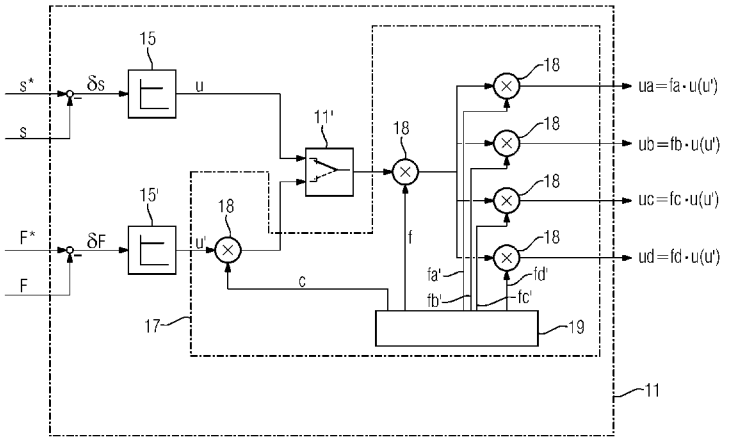
— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

— *vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)*

(54) **Title**: CONTROL DEVICE FOR A HYDRAULIC CYLINDER UNIT WITH AN INDIVIDUAL VALVE CONTROLLER

(54) **Bezeichnung** : REGELEINRICHTUNG FÜR EINE HYDRAULIKZYLINDEREINHEIT MIT EINZELVENTILSTEUERUNG

FIG 3



(57) **Abstract**: A control device for controlling a hydraulic cylinder unit (1) has a controller (15, 15') which receives, on the input side, a setpoint variable (s^*, F^*) and an actual variable (s, F) and determines, on the basis of the difference (δs, δF) between the setpoint variables and the actual variables a preliminary manipulated variable (u, u') for valve control units (7) of the hydraulic cylinder unit (1). The setpoint variable (s^*, F^*) and actual variable (s, F) are a setpoint position (s^*) to be taken up by a piston (3) of the hydraulic cylinder unit (1) and an actual position (s) taken up by the piston (3) or a setpoint force (F^*) to be applied by the piston (3) and an actual force (F) applied by the piston (3). Arranged downstream of the controller (15, 15') is a linearization unit (17) which determines, on the basis of the preliminary manipulated variable (u, u') and linearization factors (fa to fd), definitive manipulated variables (ua to ud) which it outputs to valve control units (7a to 7d), with the result that the piston (3) is adjusted with an adjustment speed (v). The linearization unit (17) determines the linearization factors (fa to fd) dynamically as a function of at least the actual position (s) of the piston (3) and working pressures (pA, pB, pP, pT) prevailing on both sides of the piston (3) and on the pump side and fuel tank

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2013/171041 A1

side of the valve control units (7a to 7d). The linearization unit (17) determines the linearization factors (fa to fd) in such a way that a ratio of the adjustment speed (v) to the difference (δs, δF) between the setpoint variable (s^*, F^*) and the actual variable (s, F) is independent of the actual position (s) of the piston (3) and the working pressures (pA, pB, pP, pT).

(57) Zusammenfassung: Eine Regeleinrichtung zum Regeln einer Hydraulikzylindereinheit (1) weist einen Regler (15, 15') auf, der eingangsseitig eine Sollgröße (s*, F*) und eine Istgröße (s, F) entgegen nimmt und anhand von deren Differenz (δs, δF) eine vorläufige Stellgröße (u, u') für Ventilsteuereinheiten (7) der Hydraulikzylindereinheit (1) ermittelt. Sollgröße (s*, F*) und Istgröße (s, F) sind eine von einem Kolben (3) der Hydraulikzylindereinheit (1) anzunehmende Sollstellung (s*) und eine vom Kolben (3) angenommene Iststellung (s) oder eine vom Kolben (3) auszuübende Sollkraft (F*) und eine vom Kolben (3) ausgeübte Istkraft (F). Dem Regler (15, 15') ist eine Linearisierungseinheit (17) nachgeordnet, welche anhand der vorläufigen Stellgröße (u, u') und Linearisierungsfaktoren (fa bis fd) endgültige Stellgrößen (ua bis ud) ermittelt, die sie an Ventilsteuereinheiten (7a bis 7d) ausgibt, so dass der Kolben (3) mit einer Verstellgeschwindigkeit (v) verstellt wird. Die Linearisierungseinheit (17) bestimmt die Linearisierungsfaktoren (fa bis fd) dynamisch als Funktion zumindest der Iststellung (s) des Kolbens (3) und beidseitig des Kolbens (3) sowie pumpen- und tankseitig der Ventilsteuereinheiten (7a bis 7d) herrschender Arbeitsdrücke (pA, pB, pP, pT). Die Linearisierungseinheit (17) bestimmt die Linearisierungsfaktoren (fa bis fd) derart, dass ein Verhältnis der Verstellgeschwindigkeit (v) zur Differenz (δs, δF) von Sollgröße (s*, F*) und Istgröße (s, F) unabhängig von der Iststellung (s) des Kolbens (3) und den Arbeitsdrücken (pA, pB, pP, pT) ist.

Beschreibung

Regeleinrichtung für eine Hydraulikzylindereinheit mit Einzelventilsteuerung

Die vorliegende Erfindung geht aus von einer Regeleinrichtung zum Regeln einer Hydraulikzylindereinheit,

- wobei die Regeleinrichtung einen Regler aufweist, der eingangsseitig eine Sollgröße und eine Istgröße entgegen nimmt und anhand der Differenz von Sollgröße und Istgröße eine vorläufige Stellgröße für eine Ventilsteuereinheit der Hydraulikzylindereinheit ermittelt,
- wobei die Sollgröße eine von einem Kolben der Hydraulikzylindereinheit anzunehmende Sollstellung und die Istgröße eine vom Kolben angenommene Iststellung sind oder die Sollgröße eine vom Kolben auszuübende Sollkraft und die Istgröße eine vom Kolben ausgeübte Istkraft sind,
- wobei dem Regler eine Linearisierungseinheit nachgeordnet ist, welche anhand der vorläufigen Stellgröße und eines Linearisierungsfaktors eine endgültige Stellgröße ermittelt, die sie an eine Ventilsteuereinheit ausgibt, so dass der Kolben mit einer Verstellgeschwindigkeit verstellt wird,
- wobei die Linearisierungseinheit den Linearisierungsfaktor dynamisch als Funktion der Iststellung des Kolbens und beidseitig des Kolbens sowie pumpen- und tankseitig der Ventilsteuereinheit herrschender Arbeitsdrücke bestimmt,
- wobei die Linearisierungseinheit den Linearisierungsfaktor derart bestimmt, dass ein Verhältnis der Verstellgeschwindigkeit zur Differenz von Sollgröße und Istgröße unabhängig von der Iststellung des Kolbens und den Arbeitsdrücken ist.

Hydraulikzylindereinheiten zeigen ein Regelverhalten, das stark vom Betriebspunkt der Hydraulikzylindereinheit abhängig ist. Ein Regler, der für einen bestimmten Betriebspunkt optimiert wurde, arbeitet in anderen Betriebspunkten weniger gut oder schlecht.

Zum Verbessern des Regelverhaltens ist im Stand der Technik bekannt, als Regelcharakteristik des Reglers eine so genannte Schmetterlingskurve vorzusehen. Die Schmetterlingskurve deckt jedoch nicht den gesamten Raum möglicher Betriebspunkte ab und arbeitet daher nicht in jedem Betriebszustand optimal.

Weiterhin ist es für Positionsregler für Hydraulikzylindereinheiten bekannt, für die Sollstellung und die Iststellung unabhängig voneinander je eine nichtlineare Transformation vorzunehmen und zusätzlich eine Teillinearisierung des Positionsreglers vorzunehmen. Diese Vorgehensweise ist sehr aufwändig.

Aus der DE 10 2007 051 857 B3 und der inhaltsgleichen US 2010/294 125 A1 ist eine Regeleinrichtung zum Regeln einer Hydraulikzylindereinheit der obenstehend erläuterten Art bekannt. Diese Regeleinrichtung liefert sowohl bei Positionsregelung als auch bei Kraftregelung optimale Regelergebnisse.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, Möglichkeiten zu schaffen, mittels derer eine Regeleinrichtung der eingangs genannten Art auf einfache Weise flexibler einsetzbar ist.

Die Aufgabe wird durch eine Regeleinrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Die Ansprüche 2 bis 6 betreffen vorteilhafte Ausgestaltungen der Regeleinrichtung.

Erfindungsgemäß wird vorgeschlagen, eine Regeleinrichtung zum Regeln einer Hydraulikzylindereinheit zu schaffen,

- wobei die Regeleinrichtung einen Regler aufweist, der eingangsseitig eine Sollgröße und eine Istgröße entgegen nimmt und anhand der Differenz von Sollgröße und Istgröße eine vorläufige Stellgröße für Ventilsteuereinheiten der Hydraulikzylindereinheit ermittelt,
- wobei die Sollgröße eine von einem Kolben der Hydraulikzylindereinheit anzunehmende Sollstellung und die Istgröße eine vom Kolben angenommene Iststellung sind oder die Soll-

größe eine vom Kolben auszuübende Sollkraft und die Istgröße eine vom Kolben ausgeübte Istkraft sind,

- wobei dem Regler eine Linearisierungseinheit nachgeordnet ist, welche anhand der vorläufigen Stellgröße und Linearisierungsfaktoren endgültige Stellgrößen ermittelt, die sie an Ventilsteuereinheiten ausgibt, so dass der Kolben mit einer Verstellgeschwindigkeit verstellt wird,
- wobei die Linearisierungseinheit die Linearisierungsfaktoren dynamisch als Funktion zumindest der Iststellung des Kolbens und beidseitig des Kolbens sowie pumpen- und tankseitig der Ventilsteuereinheiten herrschender Arbeitsdrücke bestimmt,
- wobei die Linearisierungseinheit die Linearisierungsfaktoren derart bestimmt, dass ein Verhältnis der Verstellgeschwindigkeit zur Differenz von Sollgröße und Istgröße unabhängig von der Iststellung des Kolbens und den Arbeitsdrücken ist.

Erfindungsgemäß sind also mehrere Ventilsteuereinheiten vorhanden, für die individuell jeweils eine endgültige Stellgröße ermittelt wird.

Vorzugsweise wird der Linearisierungseinheit zusätzlich ein Parameter zugeführt, den die Linearisierungseinheit bei der Bestimmung der Linearisierungsfaktoren berücksichtigt. Dadurch kann mindestens eine weitere Randbedingung eingehalten werden.

Im einfachsten Fall bestimmt die Linearisierungseinheit in dem Fall, dass der Parameter einen ersten Wert aufweist, die Linearisierungsfaktoren derart, dass zwei der Linearisierungsfaktoren den Wert Null aufweisen und zwei andere der Linearisierungsfaktoren von Null verschiedene Werte aufweisen. Die beiden anderen Linearisierungsfaktoren können insbesondere untereinander den gleichen Wert aufweisen. In diesem Fall ergibt sich das gleiche Verhalten wie bei einer konventionellen einzelnen Ventilsteuereinheit, also wie bei der DE 10 2007 051 857 B3.

Alternativ oder zusätzlich ist es möglich, dass die Linearisierungseinheit in dem Fall, dass der Parameter einen zweiten Wert aufweist, die Linearisierungsfaktoren derart bestimmt, dass die Summe der beidseitig des Kolbens herrschenden Arbeitsdrücke sich der Summe der pumpen- und tankseitig der Ventilsteuereinheiten herrschenden Arbeitsdrücke annähert. In diesem Fall ergibt sich eine besonders niedrige Druckdifferenz an den Ventilsteuereinheiten.

Es ist möglich, dass die Ventilsteuereinheiten als Proportionalventile ausgebildet sind. Vorzugsweise sind die Ventilsteuereinheiten jedoch als binär geschaltete Schaltventile ausgebildet.

Die Regeleinrichtung kann als Hardwarestruktur ausgebildet sein. Vorzugsweise ist sie jedoch als softwareprogrammierbare Regeleinrichtung ausgebildet und mit einem Softwaremodul programmiert, so dass sie auf Grund der Programmierung mit dem Softwaremodul erfindungsgemäß ausgebildet ist.

Das Softwaremodul umfasst Maschinencode, dessen Abarbeitung durch eine an eine Hydraulikzylindereinheit angebundene softwareprogrammierbare Regeleinrichtung bewirkt, dass die Regeleinrichtung wie obenstehend beschrieben ausgebildet wird. Das Softwaremodul kann in maschinenlesbarer Form auf einem Datenträger gespeichert sein.

Prinzipiell ist die erfindungsgemäße Regeleinrichtung universell verwendbar. Vorzugsweise jedoch wird sie zur Anstellungsregelung eines Walzgerüsts verwendet.

Die oben beschriebenen Eigenschaften, Merkmale und Vorteile dieser Erfindung sowie die Art und Weise, wie diese erreicht werden, werden klarer und deutlicher verständlich im Zusammenhang mit der folgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele, die in Verbindung mit den Zeichnungen näher erläutert werden. Hierbei zeigen in schematischer Darstellung:

FIG 1 ein Blockschaltbild einer Regeleinrichtung und einer Hydraulikzylindereinheit,
FIG 2 den Aufbau einer Ventilsteuereinrichtung,
FIG 3 den Aufbau der Regeleinrichtung,
FIG 4 und 5 je eine Ermittlungseinrichtung einer Linearisierungseinheit und
FIG 6 eine Anstellungseinrichtung für eine Walze eines Walzgerüsts.

Gemäß FIG 1 weist eine Hydraulikzylindereinheit 1 einen Hydraulikzylinder 2 auf, in dem ein Kolben 3 beweglich gelagert ist. Der Kolben 3 ist innerhalb des Hydraulikzylinders 1 zwischen einer Minimalstellung smin und einer Maximalstellung smax bewegbar. Er befindet sich also zu jedem Zeitpunkt bei einer Iststellung s, die zwischen der Minimalstellung smin und der Maximalstellung smax liegt.

Der Kolben 3 weist eine erste Arbeitsfläche 4A und eine zweite Arbeitsfläche 4B auf. Jede Arbeitsfläche 4A, 4B ist einem entsprechenden Arbeitsvolumen 5A, 5B zugewandt.

Die Arbeitsvolumina 5A, 5B sind über Hydraulikpfade 6A, 6B und eine Ventilsteuereinrichtung 7 mit einer Hydraulikpumpe 8 und einem Hydraulikreservoir 9 hydraulisch verbunden. Die Hydraulikpfade 6A, 6B erstrecken sich hierbei von dem jeweiligen Arbeitsvolumen 5A, 5B bis zur Ventilsteuereinrichtung 7.

Wenn der Kolben 3 sich in seiner Minimalstellung smin befindet, befindet sich im Hydraulikpfad 6A ein bestimmtes Volumen einer Hydraulikflüssigkeit 10. Dieses Volumen ist die minimale Menge an Hydraulikflüssigkeit 10, die sich zwischen der Ventilsteuereinrichtung 7 und der Arbeitsfläche 4A des Kolbens 3 befindet. Diese Menge an Hydraulikflüssigkeit 10 ist das minimal mögliche wirksame Volumen für das Arbeitsvolumen 5A. Es wird nachfolgend mit dem Bezugszeichen VminA bezeichnet.

In analoger Weise befindet sich im Hydraulikpfad 6B eine bestimmte Menge an Hydraulikflüssigkeit 10, wenn der Kolben 3 sich in seiner Maximalstellung smax befindet. Diese Menge an Hydraulikflüssigkeit 10 stellt ein minimal mögliches wirksames Volumen für das Arbeitsvolumen 5B dar. Dieses Minimalvolumen wird nachfolgend mit dem Bezugszeichen VminB bezeichnet.

Wenn der Kolben 3 sich bei einer beliebigen Iststellung s befindet, weist das Arbeitsvolumen 5A einen Volumenwert VA auf, der sich zu

$$VA = VminA + AKA\ (s - smin)$$

ergibt. Mit dem Bezugszeichen AKA ist hierbei der Flächenwert der dem Arbeitsvolumen 5A zugewandten Arbeitsfläche 4A des Kolbens 3 bezeichnet. Es ist weiterhin möglich, das wirksame Volumen VA durch den Flächenwert AKA zu dividieren. Der Quotient

$$hA = VA/AKA$$

entspricht einer effektiven Höhe einer Säule der Hydraulikflüssigkeit 10 über dem Kolben 3.

In analoger Weise können anhand des minimal möglichen wirksamen Volumens VminB, des Flächenwerts AKB der dem Arbeitsvolumen 5B zugewandten Arbeitsfläche 4B, der Iststellung s und der Maximalstellung smax gemäß den Beziehungen

$$VB = VminB + AKB\ (smax - s)$$

und

$$hB = VB/AKB$$

korrespondierende Werte VB und hB für die zweite Arbeitsfläche 4B bzw. das zweite Arbeitsvolumen 5B ermittelt werden.

Im Arbeitsvolumen 5A herrscht ein erster Arbeitsdruck pA, im zweiten Arbeitsvolumen 5B ein zweiter Arbeitsdruck pB. Über die Hydraulikpumpe 8 wird die Hydraulikflüssigkeit 10 mit einem Pumpendruck pP beaufschlagt. Im Hydraulikreservoir 9 herrscht ein Tankdruck pT. Der Pumpendruck pP und der Tankdruck pT entsprechen einem pumpenseitig und einem tankseitig der Ventilsteuereinheit 7 herrschenden Arbeitsdruck.

Die Ventilsteuereinrichtung 7 weist gemäß FIG 2 mehrere Ventilsteuereinheiten 7a bis 7d auf. Insbesondere sind die beiden Arbeitsvolumina 5A, 5B über je eine eigene Ventilsteuereinheit 7a, 7b mit der Hydraulikpumpe 8 und über je eine eigene weitere Ventilsteuereinheit 7c, 7d mit dem Hydraulikreservoir 9 verbunden. Jeder der vier Ventilsteuereinheiten 7a bis 7d wird jeweils eine eigene endgültige Stellgröße ua bis ud zugeführt. Die jeweilige Ventilsteuereinheit 7a bis 7d wird entsprechend der jeweiligen endgültigen Stellgröße ua bis ud angesteuert.

Es ist möglich, dass die Ventilsteuereinheiten 7a bis 7d Proportionalventile sind. Vorzugsweise handelt es sich jedoch um binär geschaltete Schaltventile, die also nur zwischen den Zuständen vollständig geöffnet und vollständig geschlossen hin und her geschaltet werden können, aber keine definierten Zwischenzustände annehmen können. Die Ansteuerung der Ventilsteuereinheiten 7a bis 7d erfolgt in diesem Fall durch eine pulsweitenmodulierte und/oder pulscodemodulierte Ansteuerung.

Die Ventilsteuereinrichtung 7 und mit ihr die gesamte Hydraulikzylindereinheit 1 wird mittels einer Regeleinrichtung 11 geregelt. Die Regeleinrichtung 11 ist vorzugsweise entsprechend FIG 1 als softwareprogrammierbare Regeleinrichtung 11 ausgebildet. Die Regeleinrichtung 11 wird in diesem Fall mittels eines Softwaremoduls 12 programmiert. Das Softwaremodul 12 kann der Regeleinrichtung 11 beispielsweise mittels eines Datenträgers 13 zugeführt werden, auf dem das Softwaremodul 12 in maschinenlesbarer Form gespeichert ist. Als Datenträger 13 kommt hierbei prinzipiell ein beliebiger Datenträger in

Frage. Dargestellt ist (rein beispielhaft) in FIG 1 eine CD-ROM 13.

Das Softwaremodul 12 umfasst Maschinencode 14, der von der Regeleinrichtung 11 abarbeitbar ist. Das Abarbeiten des Maschinencodes 14 durch die Regeleinrichtung 11 bewirkt, dass die Regeleinrichtung 11 die Hydraulikzylindereinheit 1 so regelt, wie dies nachfolgend näher erläutert wird. Die Programmierung der Regeleinrichtung 11 mit dem Softwaremodul 12 bewirkt die entsprechende Ausbildung der Regeleinrichtung 11.

Der Regeleinrichtung 11 werden gemäß FIG 1 zunächst eine Sollgröße s*, F* und eine Istgröße s, F zugeführt. Es ist möglich, dass es sich bei den zugeführten Größen s*, F*, s, F um eine vom Kolben 3 anzunehmende Sollstellung s* und die vom Kolben 3 angenommene Iststellung s handelt. Alternativ ist es möglich, dass es sich bei den zugeführten Größen s*, F*, s, F um eine vom Kolben 3 auszuübende Sollkraft F* und eine vom Kolben 3 ausgeübte Istkraft F handelt. Gemäß FIG 3 ist es alternativ weiterhin möglich, dass der Regeleinrichtung 11 beide Wertepaare s*, s, F*, F zugeführt werden und dass mittels einer Umschalteinrichtung 11‘ festgelegt wird, ob ein Positionsregler 15 oder ein Kraftregler 15‘ der Regeleinrichtung 11 aktiv ist. Die Regler 15, 15‘ können prinzipiell beliebige Regler sein. Eine Ausgestaltung der Regler 15, 15‘ als P-Regler ist jedoch in der Regel ausreichend und auch bevorzugt.

Unabhängig davon, ob die Regeleinrichtung 11 als Positionsregler 15 oder als Kraftregler 15‘ oder als zwischen Positions- und Kraftregelung umschaltbarer Regler ausgebildet ist, ermittelt die Regeleinrichtung 11 mittels des entsprechenden Reglers 15, 15‘ anhand der Differenz δs, δF von Sollgröße s*, F* und Istgröße s, F eine vorläufige Stellgröße u, u‘ für die Ventilsteuereinrichtung 7 und gibt die Stellgröße u, u‘ aus. Die Regeleinrichtung 11 führt dadurch die entsprechende Regelung der Hydraulikzylindereinheit 1 (genauer: des Kolbens 3) durch.

Den Reglern 15, 15‘ ist gemäß FIG 3 eine Linearisierungseinheit 17 nachgeordnet. Die Linearisierungseinheit 17 weist Multiplizierer 18 und eine Ermittlungseinrichtung 19 auf. Die Ermittlungseinrichtung 19 bestimmt in noch zu erläuternder Weise Linearisierungsfaktoren fa bis fd und gibt die Linearisierungsfaktoren fa bis fd an die Multiplizierer 18 aus. Die Multiplizierer 18 nehmen weiterhin vom Regler 15 die vorläufige Stellgröße u, u’ entgegen und multiplizieren die vorläufige Stellgröße u, u’ mit den ihnen zugeführten Linearisierungsfaktoren fa bis fd. Die Linearisierungseinheit 17 ermittelt auf diese Weise die endgültigen Stellgrößen ua bis ud, welche an die Ventilsteuereinheiten 7a bis 7d ausgegeben werden.

Die Ventilsteuereinheiten 7a bis 7d stellen sich entsprechend den an sie übermittelten Stellgrößen ua bis ud ein. Dadurch wird bewirkt, dass der Kolben 3 mit einer Verstellgeschwindigkeit v verschoben bzw. verstellt wird.

Die Ermittlungseinrichtung 19 der Linearisierungseinheit 17 bestimmt die Linearisierungsfaktoren fa bis fd dynamisch als Funktion zumindest der Iststellung s des Kolbens 3, der beidseitig des Kolbens 3 herrschenden Arbeitsdrücke pA, pB sowie der pumpen- und tankseitig der Ventilsteuereinheiten 7a bis 7d herrschenden Arbeitsdrücke pP, pT. Die Ermittlungseinrichtung 19 bestimmt die Linearisierungsfaktoren fa bis fd derart, dass ein Verhältnis der Verstellgeschwindigkeit v bei Positionsregelung zur Differenz δs von Sollstellung s* und Iststellung s und bei Kraftregelung zur Differenz δF von Sollkraft F* und Istkraft F unabhängig von der Iststellung s und den Arbeitsdrücken pA, pB, pP, pT ist.

Die Wirkungsweise der Ermittlungseinrichtung 19 wird nachfolgend in Verbindung mit den FIG 4 und 5 detaillierter erläutert.

Die Regeleinrichtung 11 ist üblicherweise mit einem Arbeitstakt T getaktet. Mit der Frequenz des Arbeitstaktes T nimmt

die Regeleinrichtung 11 jeweils eine neue Sollgröße s*, F* und eine neue Istgröße s, F entgegen, ermittelt die Stellgrößen ua bis ud und gibt die Stellgrößen ua bis ud an die Ventilsteuereinheiten 7a bis 7d aus.

Ebenfalls mit dem Arbeitstakt T wird der Ermittlungseinrichtung 19 jeweils ein neuer Wert für die Iststellung s und die beidseitig des Kolbens 3 herrschenden Arbeitsdrücke pA, pB zugeführt. Weiterhin wird der Ermittlungseinrichtung 19 das Vorzeichen der Regeldifferenz δs, δF zugeführt. Das taktweise Zuführen dieser Größen s, pA, pB, δs, δF ist in den FIG 4 und 5 dadurch angedeutet, dass der Ermittlungseinrichtung 19 ein Latch 19' vorgeordnet ist, das mit dem Arbeitstakt T getaktet ist.

Der Pumpendruck pP und der Tankdruck pT sind in der Regel konstant. Es ist daher möglich, diese beiden Drücke pP, pT der Ermittlungseinrichtung 19 einmalig (d. h. vorab und damit als Parameter) zuzuführen. Alternativ ist jedoch ebenfalls möglich, den pumpenseitigen Arbeitsdruck pP und den tankseitigen Arbeitsdruck pT der Ermittlungseinrichtung 19 getaktet und damit als Variable zuzuführen.

In der Regel benötigt die Ermittlungseinrichtung 19 zur exakten Berechnung der Linearisierungsfaktoren fa bis fd weitere Daten. Die weiteren Daten umfassen in der Regel Leistungsdaten pN, QNA, QNB der Ventilsteuereinheit 7, die beidseitig des Kolbens 3 wirksamen Arbeitsflächen AKA, AKB sowie die beidseits des Kolbens 3 minimal möglichen wirksamen Volumina VminA, VminB. Diese Werte können der Ermittlungseinrichtung 19 fest vorgegeben sein, beispielsweise durch das Softwaremodul 12. Alternativ können die weiteren Daten - zumindest teilweise - der Ermittlungseinrichtung 19 nach der Programmierung der Regeleinrichtung 11 als Parameter (d. h. im Rahmen der Inbetriebsetzung der Regeleinrichtung 11) vorgegeben werden, die während des Betriebs der Regeleinrichtung 11 unverändert beibehalten werden.

Die Linearisierungsfaktoren fa bis fd lassen sich gemäß FIG 3 als Produkt eines Basislinearisierungsfaktors f und eines jeweiligen Zusatzlinearisierungsfaktors fa‘ bis fd‘ schreiben. Der Basislinearisierungsfaktor f ist für alle Linearisierungsfaktoren fa bis fd einheitlich. Die Zusatzlinearisierungsfaktoren fa‘ bis fd‘ sind individuell für den jeweiligen Linearisierungsfaktor fa bis fd.

Der Basislinearisierungsfaktor f ist abhängig vom Vorzeichen der Regeldifferenz δs, δF. Im Falle einer Positionsregelung ist der Basislinearisierungsfaktor f damit abhängig von der Bewegungsrichtung des Kolbens 3, das heißt von der Richtung, in die der Kolben 3 verschoben werden soll. Nachfolgend wird angenommen, dass die Regeldifferenz δs, δF größer als Null ist. In diesem Fall bestimmt die Ermittlungseinrichtung 19 den Basislinearisierungsfaktor f vorzugsweise zu

$$f = K \cdot \frac{\frac{AKA}{hA} + \frac{AKB}{hB}}{\sqrt{\frac{pP - pA}{pN}} \cdot \frac{QNA1}{hA} + \sqrt{\frac{pB - pT}{pN}} \cdot \frac{QNB2}{hB}}$$

Die in obiger Formel verwendeten Größen sind – mit Ausnahme der Leistungsdaten pN, QNA, QNB der Ventilsteuereinheit 7 bereits definiert. Die Leistungsdaten pN, QNA und QNB der Ventilsteuereinheit 7 haben folgende Bedeutung:

- pN ist ein (prinzipiell beliebiger) Nominaldruck. Er entspricht einem Referenzdruck, auf den die Größen QNA1, QNA2, QNB1 und QNB2 normiert sind.
- QNA1 ist ein Nennvolumenstrom, der in das Arbeitsvolumen 5A strömt, wenn eine Differenz zwischen dem Pumpendruck pP und dem im Arbeitsvolumen 5A herrschenden Arbeitsdruck pA gleich dem Nominaldruck pN ist.
- QNA2 ist ein Nennvolumenstrom, der aus dem Arbeitsvolumen 5A strömt, wenn eine Differenz zwischen dem Arbeitsdruck pA und dem Tankdruck pT gleich dem Nominaldruck pN ist.

- QNB1 und QNB2 sind - bezogen auf das Arbeitsvolumen 5B - in analoger Weise definiert.
- K ist ein frei wählbarer Skalierungsfaktor.

Wie bereits erwähnt, ist der Basislinearisierungsfaktor f vom Vorzeichen der Regeldifferenz δs, δF abhängig. In dem Fall, dass die Regeldifferenz δs, δF negativ ist, ergibt sich der Basislinearisierungsfaktor f vorzugsweise zu

$$f = K \cdot \frac{\frac{AKB}{hB} + \frac{AKA}{hA}}{\sqrt{\frac{pP - pB}{pN}} \cdot \frac{QNB1}{hB} + \sqrt{\frac{pA - pT}{pN}} \cdot \frac{QNA2}{hA}}$$

Der Basislinearisierungsfaktor f entspricht somit dem (einzigen) Linearisierungsfaktor, der in der DE 10 2007 051 857 B3 und der korrespondierenden US-Schrift ermittelt wird.

Bei der Bestimmung der Zusatzlinearisierungsfaktoren fa‘ bis fd‘ berücksichtigt die Ermittlungseinrichtung 19 gemäß den FIG 4 und 5 vorzugsweise zusätzlich einen Parameter P, welcher der Ermittlungseinrichtung 19 von außen zugeführt wird, beispielsweise von einer Bedienperson. Der Parameter P kann - je nach Ausgestaltung - ein binärer Wert sein, eine analoge Größe sein, eine Mehrzahl von binären Werten sein und unter Umständen sogar eine Mehrzahl von analogen Größen sein.

Wenn die Regeldifferenz δs, δF positiv ist und der Parameter P einen ersten Wert P1 aufweist, setzt die Ermittlungseinrichtung 19 gemäß FIG 4 die Zusatzlinearisierungsfaktoren fa‘ und fd‘ auf von Null verschiedene Werte, die Zusatzlinearisierungsfaktoren fb‘ und fc‘ auf den Wert Null. Die Zusatzlinearisierungsfaktoren fa‘ und fd‘ können insbesondere den gleichen Wert aufweisen, beispielsweise den Wert 1.

Wenn die Regeldifferenz δs, δF negativ ist und der Parameter P einen ersten Wert P1 aufweist, setzt die Ermittlungseinrichtung 19 gemäß FIG 4 die Zusatzlinearisierungsfaktoren fb‘

und fc' auf von Null verschiedene Werte, die Zusatzlinearisierungsfaktoren fa' und fd' auf den Wert Null. Die Zusatzlinearisierungsfaktoren fb' und fc' können insbesondere den gleichen Wert aufweisen, beispielsweise den Wert 1.

Wenn der Parameter P einen zweiten Wert P2 aufweist, bestimmt die Ermittlungseinrichtung 19 die Zusatzlinearisierungsfaktoren fa' bis fd' gemäß FIG 5 derart, dass die Arbeitsdrücke pA, pB, pP, pT sich der Beziehung

$$pP + pT = pA + pB$$

annähern. Wenn die Regeldifferenz δs, δF positiv ist, bestimmt die Ermittlungseinrichtung 19 in diesem Fall die Zusatzlinearisierungsfaktoren fa' und fd' zu

$$fa' = g \cdot \frac{AKA}{QNA1} \qquad \text{und} \qquad fd' = g \cdot \frac{AKB}{QNB2}$$

mit
$$g = \frac{\sqrt{\frac{pP - pA}{pN}} \cdot \frac{QNA1}{hA} + \sqrt{\frac{pB - pT}{pN}} \cdot \frac{QNB2}{hB}}{\sqrt{\frac{pP - pA}{pN}} \cdot \frac{AKA}{hA} + \sqrt{\frac{pB - pT}{pN}} \cdot \frac{AKB}{hB}}$$

Die Zusatzlinearisierungsfaktoren fb' und fc' weisen in diesem Fall den Wert Null auf.

Wenn die Regeldifferenz δs, δF hingegen negativ ist, bestimmt die Ermittlungseinrichtung 19 in diesem Fall die Zusatzlinearisierungsfaktoren fb' und fc' zu

$$fb' = g' \cdot \frac{AKB}{QNB1} \qquad \text{und} \qquad fc' = g' \cdot \frac{AKA}{QNA2}$$

mit
$$g' = \frac{\sqrt{\frac{pA - pT}{pN}} \cdot \frac{QNA2}{hA} + \sqrt{\frac{pP - pB}{pN}} \cdot \frac{QNB1}{hB}}{\sqrt{\frac{pA - pT}{pN}} \cdot \frac{AKA}{hA} + \sqrt{\frac{pP - pB}{pN}} \cdot \frac{AKB}{hB}}$$

Die Zusatzlinearisierungsfaktoren fa‘ und fd‘ weisen in diesem Fall den Wert Null auf.

Obenstehend wurde eine Vorgehensweise erläutert, bei welcher die Linearisierungsfaktoren fa bis fd als Produkt des Basislinearisierungsfaktors f und eines jeweiligen Zusatzlinearisierungsfaktors fa‘ bis fd‘ ermittelt werden. Es ist selbstverständlich auch eine direkte Ermittlung der Linearisierungsfaktoren fa bis fd - also ohne Umweg über die Produktbildung - möglich.

Obenstehend wurden weiterhin die Linearisierungsfaktoren fa bis fd ermittelt, welche erforderlich sind, um eine Linearisierung im positionsgeregelten Betrieb der Hydraulikzylindereinheit 1 zu bewirken. Falls eine Kraftregelung erfolgt, ist gemäß der Darstellung in FIG 3 lediglich noch eine Skalierung mit einer Federkonstante c der Hydraulikflüssigkeit 10 erforderlich. Die Federkonstante c ergibt sich zu

$$c = \left(\frac{AKA}{hA} + \frac{AKB}{hB} \right) \cdot E$$

E bedeutet hierbei die Elastizitätskonstante der Hydraulikflüssigkeit 10.

Die erfindungsgemäße Anordnung aus Hydraulikzylindereinheit 1 und Regeleinrichtung 11 ist prinzipiell beliebig einsetzbar. Vorzugsweise wird sie jedoch gemäß FIG 6 zur Anstellungsregelung eines in FIG 6 schematisch angedeuteten Walzgerüsts 20 verwendet.

Die vorliegende Erfindung weist viele Vorteile auf. Insbesondere erfolgt in jedem Betriebspunkt der Hydraulikzylindereinheit 1 ein optimaler Betrieb der Regeleinrichtung 11. Die Regelung ist vollständig linearisiert. Transformationen (vergleiche nicht lineares HGC) sind nicht erforderlich. Weiterhin ist - ebenfalls im Gegensatz zum nicht linearen HGC - auf einfache Weise eine Einbindung der vorliegenden Erfindung in

bereits vorhandene Regelsysteme möglich, da bereits vorhandene überlagerte Regelstrukturen (vermaschte Regelungen und dergleichen) nicht verändert werden müssen. Es ergibt sich damit eine vereinfachte Inbetriebsetzung und Wartbarkeit der Regeleinrichtung 11 gemäß der vorliegenden Erfindung.

Obwohl die Erfindung im Detail durch das bevorzugte Ausführungsbeispiel näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzumfang der Erfindung zu verlassen.

Patentansprüche

1. Regeleinrichtung zum Regeln einer Hydraulikzylindereinheit (1),
- wobei die Regeleinrichtung einen Regler (15, 15‘) aufweist, der eingangsseitig eine Sollgröße (s*, F*) und eine Istgröße (s, F) entgegen nimmt und anhand der Differenz (δs, δF) von Sollgröße (s*, F*) und Istgröße (s, F) eine vorläufige Stellgröße (u, u’) für Ventilsteuereinheiten (7) der Hydraulikzylindereinheit (1) ermittelt,
- wobei die Sollgröße (s*, F*) eine von einem Kolben (3) der Hydraulikzylindereinheit (1) anzunehmende Sollstellung (s*) und die Istgröße (s, F) eine vom Kolben (3) angenommene Iststellung (s) sind oder die Sollgröße (s*, F*) eine vom Kolben (3) auszuübende Sollkraft (F*) und die Istgröße (s, F) eine vom Kolben (3) ausgeübte Istkraft (F) sind,
- wobei dem Regler (15, 15‘) eine Linearisierungseinheit (17) nachgeordnet ist, welche anhand der vorläufigen Stellgröße (u, u’) und Linearisierungsfaktoren (fa bis fd) endgültige Stellgrößen (ua bis ud) ermittelt, die sie an Ventilsteuereinheiten (7a bis 7d) ausgibt, so dass der Kolben (3) mit einer Verstellgeschwindigkeit (v) verstellt wird,
- wobei die Linearisierungseinheit (17) die Linearisierungsfaktoren (fa bis fd) dynamisch als Funktion zumindest der Iststellung (s) des Kolbens (3) und beidseitig des Kolbens (3) sowie pumpen- und tankseitig der Ventilsteuereinheiten (7a bis 7d) herrschender Arbeitsdrücke (pA, pB, pP, pT) bestimmt,
- wobei die Linearisierungseinheit (17) die Linearisierungsfaktoren (fa bis fd) derart bestimmt, dass ein Verhältnis der Verstellgeschwindigkeit (v) zur Differenz (δs, δF) von Sollgröße (s*, F*) und Istgröße (s, F) unabhängig von der Iststellung (s) des Kolbens (3) und den Arbeitsdrücken (pA, pB, pP, pT) ist.

2. Regeleinrichtung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass der Linearisierungseinheit (17) zusätzlich ein Parameter (P) zugeführt wird und die Lineari-

sierungseinheit (17) den Parameter (P) bei der Bestimmung der Linearisierungsfaktoren (fa bis fd) berücksichtigt.

3. Regeleinrichtung nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet, dass die Linearisierungseinheit (17) in dem Fall, dass der Parameter (P) einen ersten Wert (P1) aufweist, die Linearisierungsfaktoren (fa bis fd) derart bestimmt, dass zwei der Linearisierungsfaktoren (fa bis fd) den Wert Null aufweisen und zwei andere der Linearisierungsfaktoren (f) von Null verschiedene Werte aufweisen.

4. Regeleinrichtung nach Anspruch 2 oder 3,
dadurch gekennzeichnet, dass die Linearisierungseinheit (17) in dem Fall, dass der Parameter (P) einen zweiten Wert (P2) aufweist, die Linearisierungsfaktoren (fa bis fd) derart bestimmt, dass die Summe der beidseitig des Kolbens (3) herrschenden Arbeitsdrücke (pA, pB) sich der Summe der pumpen- und tankseitig der Ventilsteuereinheiten (7a bis 7d) herrschenden Arbeitsdrücke (pP, pT) annähert.

5. Regeleinrichtung nach einem der obigen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Ventilsteuereinheiten (7a bis 7d) als binär geschaltete Schaltventile ausgebildet sind.

6. Regeleinrichtung nach einem der obigen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass sie als softwareprogrammierbare Regeleinrichtung ausgebildet ist und mit einem Softwaremodul (12) programmiert ist, so dass sie aufgrund der Programmierung mit dem Softwaremodul (12) nach einem der obigen Ansprüche ausgebildet ist.

7. Softwaremodul, das Maschinencode (14) umfasst, dessen Abarbeitung durch eine an eine Hydraulikzylindereinheit (1) angebundene softwareprogrammierbare Regeleinrichtung (11) bewirkt, dass die Regeleinrichtung (11) gemäß Anspruch 6 ausgebildet wird.

8. Datenträger, auf dem in maschinenlesbarer Form ein Softwaremodul (12) nach Anspruch 7 gespeichert ist.

9. Verwendung einer mittels einer Regeleinrichtung (11) nach einem der Ansprüche 1 bis 6 geregelten Hydraulikzylindereinheit (1) zur Anstellungsregelung eines Walzgerüsts (20).

FIG 1

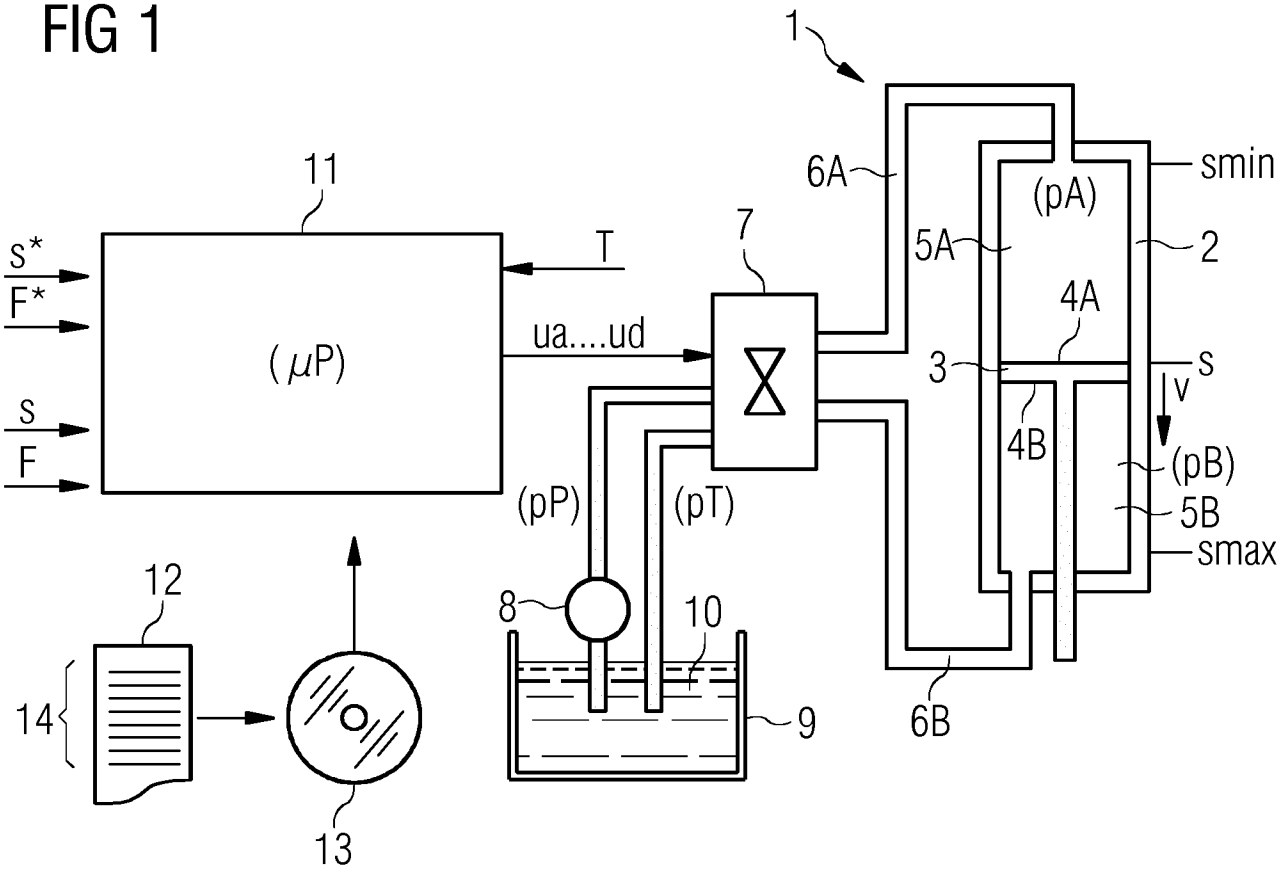

1
11
6A
smin
(pA)
s*
F*
T
7
5A
2
4A
(μP)
ua....ud
3
s
v
s
F
4B
(pB)
(pP)
(pT)
5B
smax
12
8
10
14
9
6B
13

FIG 2

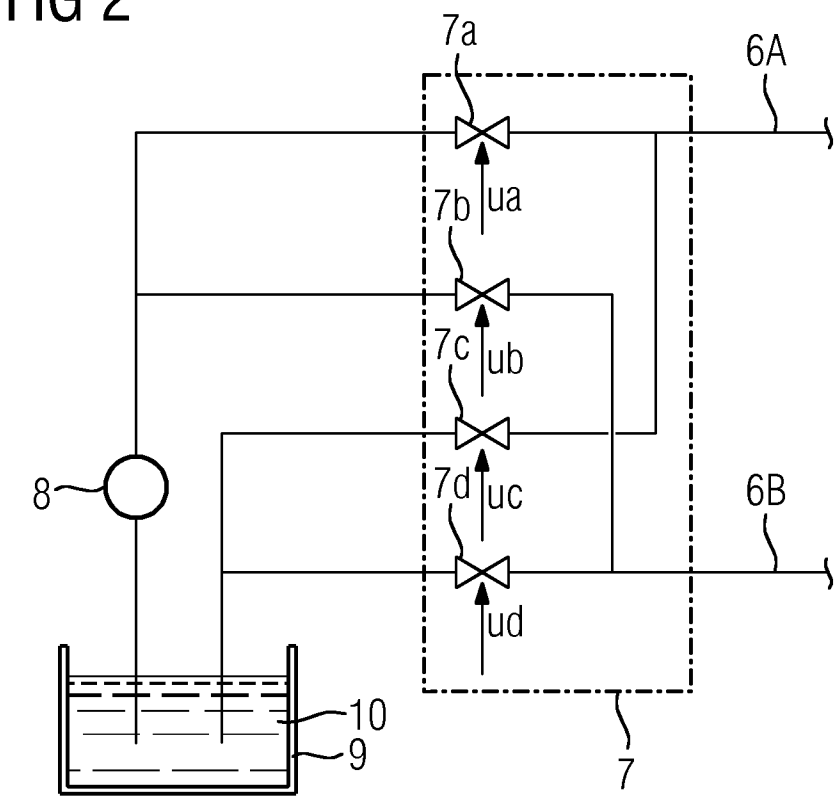

7a
6A
ua
7b
ub
7c
8
uc
7d
6B
ud
10
9
7

FIG 3

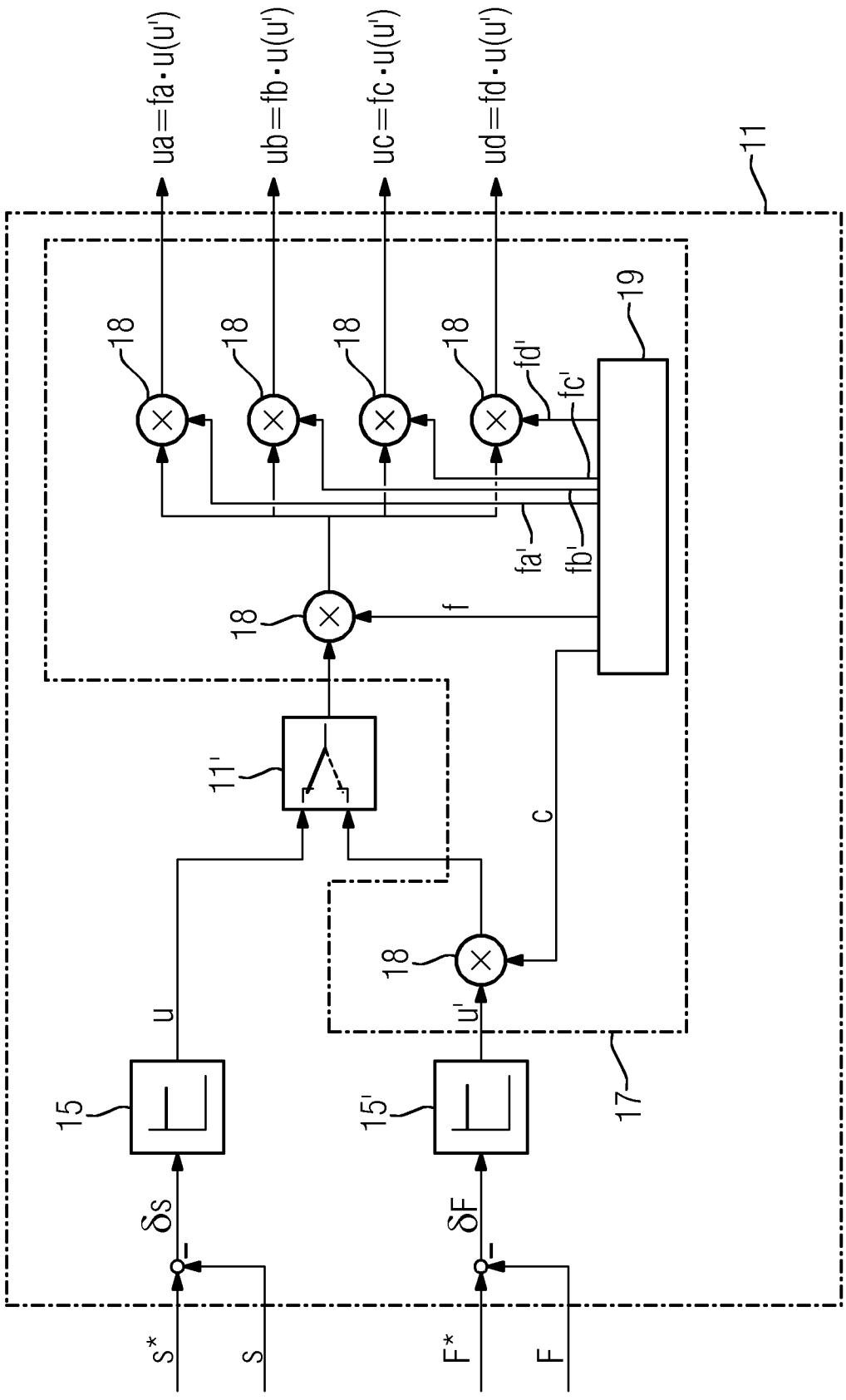

ua=fa·u(u')
ub=fb·u(u')
uc=fc·u(u')
ud=fd·u(u')
11
18
19
fd'
fc'
fa'
fb'
f
11'
c
u
u'
15
15'
17
δs
δF
s*
s
F*
F

FIG 4

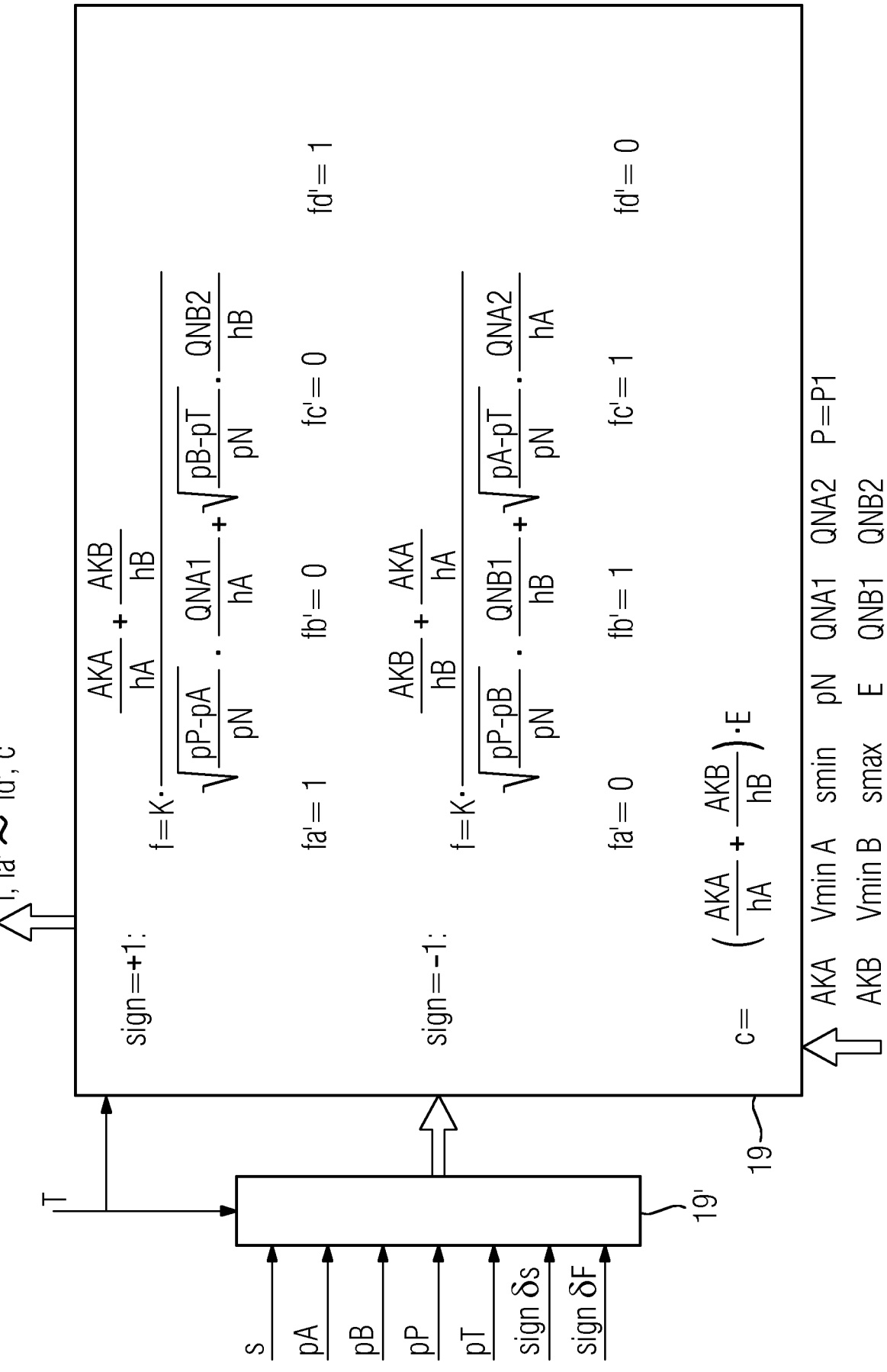

f, fa' ~ fd', c
sign=+1:
f=K·
fa'= 1
fb'= 0
fc'= 0
fd'= 1
sign=-1:
f=K·
fa'= 0
fb'= 1
fc'= 1
fd'= 0
c=
AKA Vmin A smin pN QNA1 QNA2 P=P1
AKB Vmin B smax E QNB1 QNB2
T
s
pA
pB
pP
pT
sign δs
sign δF
19'
19

FIG 5

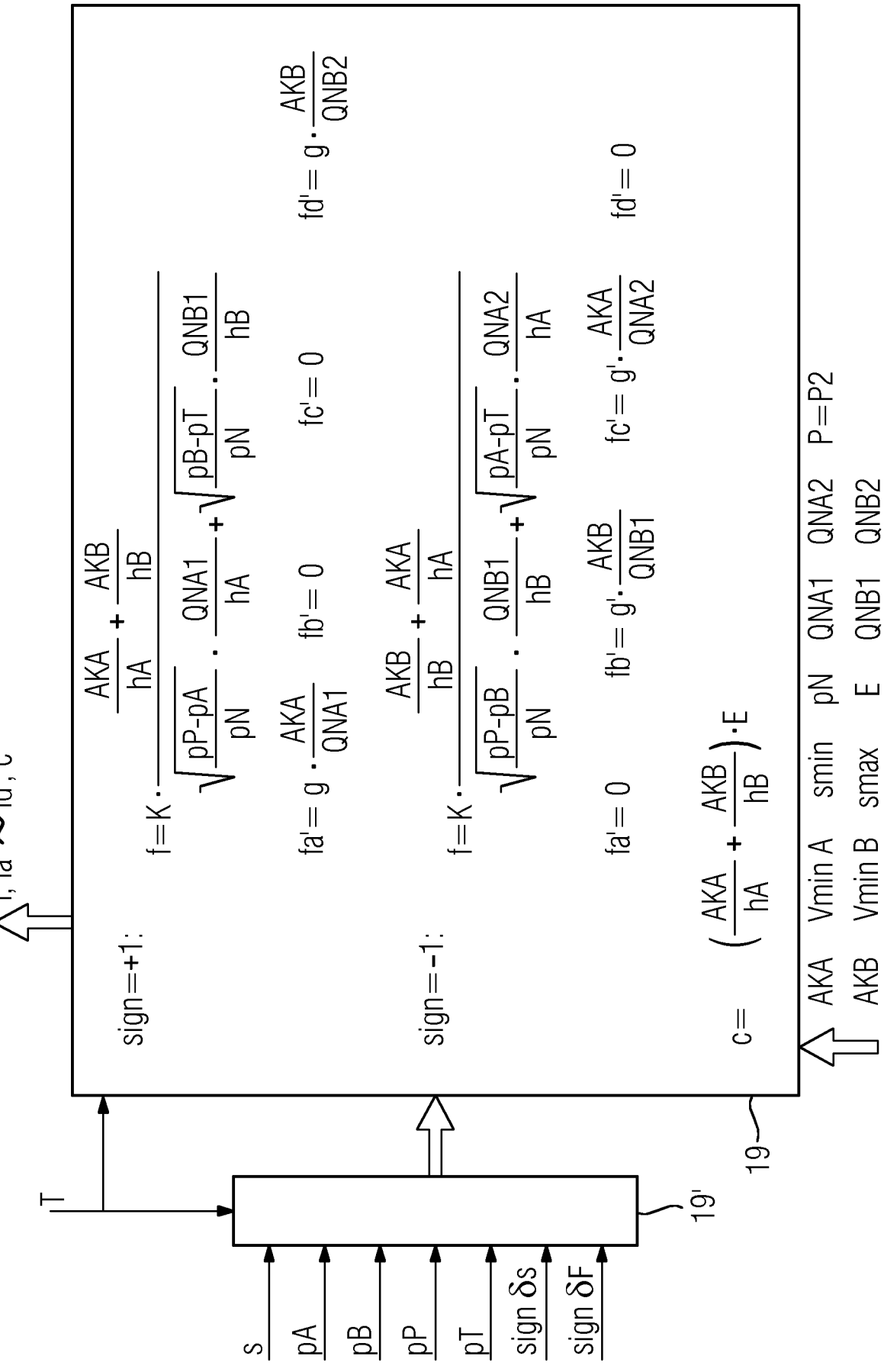
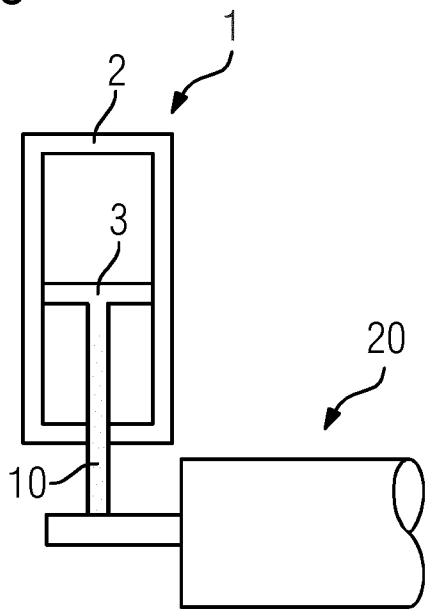

f, fa' ~ fd', c
sign=+1:
f=K · √((pP-pA)/pN) · (AKA/hA + AKB/hB) / (√((pP-pA)/pN) · QNA1/hA + √((pB-pT)/pN) · QNB1/hB)
fa'= g · AKA/QNA1
fb'= 0
fc'= 0
fd'= g · AKB/QNB2
sign=-1:
f=K · √((pP-pB)/pN) · (AKB/hB + AKA/hA) / (√((pP-pB)/pN) · QNB1/hB + √((pA-pT)/pN) · QNA2/hA)
fa'= 0
fb'= g' · AKB/QNB1
fc'= g' · AKA/QNA2
fd'= 0
c= (AKA/hA + AKB/hB) · E
AKA Vmin A smin pN QNA1 QNA2 P=P2
AKB Vmin B smax E QNB1 QNB2
19
19'
T
s
pA
pB
pP
pT
sign δs
sign δF

FIG 6



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/058423

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G05B11/38 G05D3/20 F15B15/00
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G05B G05D F15B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 10 2007 051857 B3 (SIEMENS AG [DE]) 23 April 2009 (2009-04-23) cited in the application abstract paragraphs [0001], [0007], [0008] paragraphs [0022] - [0043] pages 1-9 figures 1,2,4	1-9
A	DE 10 2007 003243 A1 (SIEMENS AG [DE]) 31 July 2008 (2008-07-31) abstract paragraphs [0001], [0013] figures 1,2	1-9
A	EP 1 965 083 A1 (DAIKIN IND LTD [JP]) 3 September 2008 (2008-09-03) claim 1 figure 1	1-9

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
4 September 2013	10/09/2013

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Dörre, Thorsten

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2013/058423

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102007051857 B3	23-04-2009	AT 504873 T	15-04-2011
		CN 101842760 A	22-09-2010
		DE 102007051857 B3	23-04-2009
		EP 2206031 A2	14-07-2010
		PT 2206031 E	31-05-2011
		RU 2010121777 A	10-12-2011
		US 2010294125 A1	25-11-2010
		WO 2009056378 A2	07-05-2009
DE 102007003243 A1	31-07-2008	AT 528080 T	15-10-2011
		BR PI0806818 A2	13-09-2011
		CN 101588876 A	25-11-2009
		DE 102007003243 A1	31-07-2008
		EP 2125258 A1	02-12-2009
		RU 2009131689 A	27-02-2011
		US 2010005844 A1	14-01-2010
		WO 2008090112 A1	31-07-2008
EP 1965083 A1	03-09-2008	AT 528512 T	15-10-2011
		CN 101360917 A	04-02-2009
		EP 1965083 A1	03-09-2008
		JP 4425253 B2	03-03-2010
		JP 2008057611 A	13-03-2008
		KR 20080087084 A	30-09-2008
		US 2009097986 A1	16-04-2009
		WO 2008026544 A1	06-03-2008

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2013/058423

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G05B11/38 G05D3/20 F15B15/00
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G05B G05D F15B

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 10 2007 051857 B3 (SIEMENS AG [DE]) 23. April 2009 (2009-04-23) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung Absätze [0001], [0007], [0008] Absätze [0022] - [0043] Seiten 1-9 Abbildungen 1,2,4	1-9
A	DE 10 2007 003243 A1 (SIEMENS AG [DE]) 31. Juli 2008 (2008-07-31) Zusammenfassung Absätze [0001], [0013] Abbildungen 1,2	1-9
A	EP 1 965 083 A1 (DAIKIN IND LTD [JP]) 3. September 2008 (2008-09-03) Anspruch 1 Abbildung 1	1-9

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
4. September 2013	10/09/2013

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Dörre, Thorsten

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2013/058423

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102007051857 B3	23-04-2009	AT 504873 T	15-04-2011
		CN 101842760 A	22-09-2010
		DE 102007051857 B3	23-04-2009
		EP 2206031 A2	14-07-2010
		PT 2206031 E	31-05-2011
		RU 2010121777 A	10-12-2011
		US 2010294125 A1	25-11-2010
		WO 2009056378 A2	07-05-2009
DE 102007003243 A1	31-07-2008	AT 528080 T	15-10-2011
		BR PI0806818 A2	13-09-2011
		CN 101588876 A	25-11-2009
		DE 102007003243 A1	31-07-2008
		EP 2125258 A1	02-12-2009
		RU 2009131689 A	27-02-2011
		US 2010005844 A1	14-01-2010
		WO 2008090112 A1	31-07-2008
EP 1965083 A1	03-09-2008	AT 528512 T	15-10-2011
		CN 101360917 A	04-02-2009
		EP 1965083 A1	03-09-2008
		JP 4425253 B2	03-03-2010
		JP 2008057611 A	13-03-2008
		KR 20080087084 A	30-09-2008
		US 2009097986 A1	16-04-2009
		WO 2008026544 A1	06-03-2008