

(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  
13. September 2018 (13.09.2018)



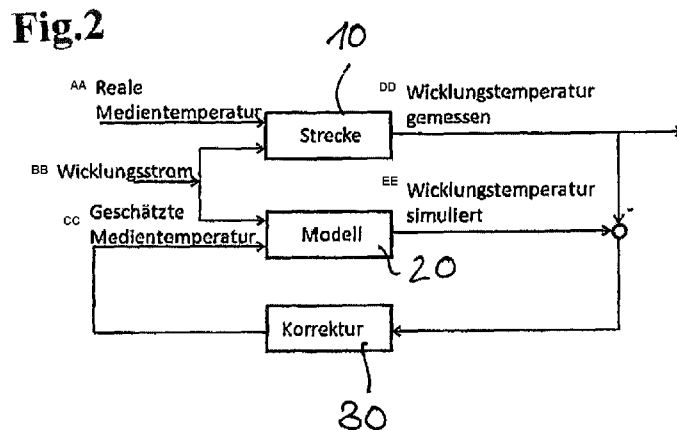
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2018/162289 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:  
G01K 7/42 (2006.01) G01K 13/02 (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2018/054886
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
28. Februar 2018 (28.02.2018)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
10 2017 203 925.6  
09. März 2017 (09.03.2017) DE
- (71) Anmelder: KSB SE & CO. KGAA [DE/DE]; Johann-Klein-Straße 9, 67227 Frankenthal (DE).
- (72) Erfinder: ECKL, Martin; c/o KSB SE & Co. KGaA, Johann-Klein-Straße 9, 67227 Frankenthal (DE). SCHULLERER, Joachim; c/o KSB SE & Co. KGaA, Johann-Klein-Straße 9, 67227 Frankenthal (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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, SA, 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, ST, 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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(54) Title: METHOD FOR DETERMINING THE TEMPERATURE OF THE CONVEYANCE MEDIUM IN A CIRCULATION PUMP, AND CIRCULATION PUMP

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR BESTIMMUNG DER TEMPERATUR DES FÖRDERMEDIUMS IN EINER UMWÄLZPUMPE SOWIE UMWÄLZPUMPE



- 10 System
- 20 Model
- 30 Correction
- AA Real medium temperature
- BB Winding current
- CC Estimated medium temperature
- DD Measured winding temperature
- EE Simulated winding temperature

(57) Abstract: The invention relates to a method for determining the temperature of the conveyed medium of a circulation pump, in particular a heating circulation pump, having an integrated electric drive unit, the temperature of the conveyance medium being determined or calculated on the basis of the winding temperature of the electric pump unit and the winding current that is present.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Temperatur des geförderten Mediums einer Umwälzpumpe, insbesondere einer Heizungsumwälzpumpe, mit integralem elektrischem Antriebsaggregat, wobei die Temperatur des Fördermediums auf Grundlage der Wicklungstemperatur des elektrischen Pumpenaggregats und des anliegenden Wicklungsstromes bestimmt bzw. berechnet wird.



WO 2018/162289 A1

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

5

## Beschreibung

---

Verfahren zur Bestimmung der Temperatur des Fördermediums in einer Umwälzpumpe  
sowie Umwälzpumpe

10

---

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Temperatur des geförderten  
Mediums einer Umwälzpumpe, insbesondere einer Heizungsumwälzpumpe, mit integra-  
lem elektrischem Antriebsaggregat. Darüber hinaus betrifft die Erfindung eine entspre-  
chende Umwälzpumpe zur Verfahrensausführung.

Umwälzpumpen, insbesondere Heizungsumwälzpumpen, dienen zur Umwälzung des  
Heizungswassers innerhalb eines Heizungskreislaufes. Im ständigen Blickpunkt solcher  
Heizungsanlagen steht deren Energieoptimierung. Als probates Mittel zur Energieein-  
sparung hat sich die sogenannte Nachtabenkung der Vorlauftemperatur herauskristalli-  
siert. Es ist wünschenswert, die Leistung der Umwälzpumpe an die Nachtabenkung zu  
koppeln, um auch für die Pumpe durch Leistungsabsenkung eine Energieeinsparung zu  
erzielen. Dazu benötigt die Umwälzpumpe jedoch Kenntnis über den aktuellen Hei-  
zungsbetrieb, d.h. ob eine Nachtabenkung aktiv ist.

Eine Möglichkeit besteht darin, die Aktivierung der Nachtabenkung anhand der gemes-  
senen Temperatur des Fördermediums zu erkennen. Dies wird im Stand der Technik  
bereits durch entsprechende Temperaturfühler praktiziert, die in die Umwälzpumpe inte-  
griert werden und der Pumpensteuerung die aktuelle Fördermediumtemperatur mittei-  
len. Die Integration eines zusätzlichen Temperatursensors bedeutet jedoch einen er-

höhten konstruktiven Aufwand und damit einhergehend ansteigende Herstellungskosten. Informationen über die Fördermediumtemperatur sind aber nicht nur in Bezug auf eine Nachtabenkung von Interesse. Auch für eine temperaturgeführte Regelung, Verkalkungserkennung kann das Wissen über die Mediumtemperatur von Interesse sein.

5

Gesucht wird daher nach einer alternativen Möglichkeit zur Temperaturmessung des Fördermediums.

Gelöst wird diese Aufgabe durch ein Verfahren gemäß den Merkmalen des Anspruchs

10

1. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens sind Gegenstand der abhängigen Unteransprüche.

Erfindungsgemäß wird vorgeschlagen, die Temperatur des Fördermediums auf Grundlage der Temperatur wenigstens einer Motorwicklung des elektrischen Pumpenaggre-

15

gats zu bestimmen bzw. berechnen, insbesondere auf Grundlage des zeitlichen Verlaufs der Wicklungstemperatur des Pumpenantriebs. Daneben wird für die Berechnung/Bestimmung ergänzend der aktuelle Wicklungsstrom berücksichtigt. Das Verfahren benötigt demzufolge keinen zusätzlichen Temperatursensor für die Bestimmung der Fördermediumtemperatur, sondern kommt stattdessen mit bestehenden Komponenten

20

der Umwälzpumpe aus. Die Umwälzpumpe ist typischerweise eine Kreiselpumpe.

Ausgangspunkt der Erfindung sind die folgenden physikalischen Erkenntnisse. Die

Temperatur der Wicklungen des Elektromotors stellt physikalisch einen Energiespeicher

dar. Der Wicklungsstrom führt aufgrund von Kupferverlusten zur Erwärmung der Wick-

25

lungen. Aufgrund der konstruktiven Ausgestaltung solcher Umwälzpumpen als Nassläufer hat zudem auch das geförderte Medium der Umwälzpumpe Einfluss auf die Temperatur der Wicklungen des Pumpenaggregats. In der Regel hat das Fördermedium eine

kühlende Wirkung auf die Wicklungen, in Ausnahmefällen kann auch eine wärmende

Wirkung vorliegen. Unter der Voraussetzung, dass sowohl die vorliegende Wicklungs-

30

temperatur als auch der anliegende Wicklungsstrom bekannt sind, lässt sich der Einfluss der Fördermediumtemperatur und damit die Temperatur des Fördermediums

selbst bestimmen.

Die tatsächlich vorliegende Wicklungstemperatur des Motors wird idealerweise direkt gemessen, insbesondere durch einen integralen Fühler der Umwälzpumpe. Zudem könnte die Wicklungstemperatur auch aus anderen, geeigneten Messwerten abgeleitet werden. Der Einfachheit halber wird nachfolgend stets von einer Messung der Wicklungstemperatur gesprochen, auch wenn die Wicklungstemperatur aus geeigneten Messgrößen abgeleitet wird.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird zur Berechnung der Fördermediumtemperatur auf die Funktion eines Beobachters zurückgegriffen, der aus dem Wicklungsstrom und der Wicklungstemperatur die entsprechende Fördermediumtemperatur bestimmt. Bevorzugt verwendet der Beobachter ein Pumpenmodell zur Simulation des Pumpenverhaltens, wobei hier als Eingangsgrößen der Wicklungsstrom und eine geschätzte Fördermediumtemperatur dienen. Auf Basis dieser Eingangsgrößen gibt das Modell eine simulierte Wicklungstemperatur aus. Die Beobachterfunktion ist innerhalb der Pumpensteuerung der Umwälzpumpe implementiert.

Weiterhin kann der Beobachter die Differenz zwischen simulierter und gemessener Wicklungstemperatur bestimmen, um darauf basierend eine Anpassung der geschätzten Fördermediumtemperatur vorzunehmen. Idealerweise wird auf Grundlage der Differenz ein Korrekturwert ermittelt, der dem eingesetzten Pumpenmodell des Beobachters zugeführt wird.

Da der Beobachter bei Inbetriebnahme die reale Fördermediumtemperatur nicht kennt, ist die Differenz zwischen gemessener und simulierter Wicklungstemperatur zu Beginn groß, dies wird jedoch mittels der Korrekturrückführung rasch auf null eingeregelt, vorzugsweise nach dem Prinzip der kleinsten Fehlerquadrate. Da der Ausgang des Korrekturblocks der realen Fördermediumtemperatur mit kurzem Zeitversatz folgt, steht der Pumpensteuerung nach kurzer Zeit die nahezu exakte Fördermediumtemperatur zur Verfügung.

Gemäß einer besonders bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung wird der physikalische Zusammenhang zwischen Wicklungsstrom, Wicklungstemperatur und Fördermediumtemperatur innerhalb des Pumpenmodells des Beobachters durch wenigstens zwei Tiefpassfilter mathematisch beschrieben, vorzugsweise Tiefpassfilter erster Ordnung.

5 Beide Tiefpassfilter teilen sich einen gemeinsamen Energiespeicher in Form der Motorwicklungen.

Insbesondere wird ein erster Tiefpassfilter mit der statischen Verstärkung  $K_1$  und der Zeitkonstante  $T_1$  definiert, der den Zusammenhang zwischen Wicklungsstrom und

10 Wicklungstemperatur modelliert.

Der Einfluss des Fördermediums auf die Wicklungstemperatur wird hingegen durch einen weiteren, zweiten Tiefpassfilter mit der statischen Verstärkung  $K_2$  und der Zeitkonstanten  $T_2$  modelliert, d.h. dieser definiert den Zusammenhang zwischen Wicklungstemperatur und der Differenz zwischen Fördermediumtemperatur und Wicklungstemperatur. Da dieser Zusammenhang zudem durch die Strömungsgeschwindigkeit des Fördermediums durch die Umwälzpumpe beeinflusst sein kann, ist es besonders hilfreich,

15 wenn der Tiefpassfilter in Abhängigkeit der Strömungsgeschwindigkeit spezifisch definiert ist, vorteilhafterweise durch die Auswahl individueller Parameter  $K_2$  und  $T_2$  in Abhängigkeit der Strömungsgeschwindigkeit.

Besonders vorteilhaft ist es in diesem Zusammenhang, wenn innerhalb der Pumpensteuerung entsprechende Parameter verfügbar sind, beispielsweise tabellarisch hinterlegt sind, um eine eindeutige Zuordnung der Parameter  $K_2$ ,  $T_2$  für unterschiedliche Strömungsgeschwindigkeitswerte sicherzustellen. Die Pumpensteuerung kann dann im Pumpenbetrieb die passenden Parameter in Abhängigkeit der Strömungsgeschwindigkeit für die sensorlose Bestimmung der Fördermediumtemperatur heraussuchen und einsetzen.

30 Gemäß einer Erweiterung des Verfahrens wird die bestimmte Fördermediumtemperatur dazu eingesetzt, um in der Pumpe eine aktivierte Nachtabsenkung des Heizkreislaufs

zu erkennen. Denkbar ist es ebenso, auf Grundlage der erfassten Fördermediumtemperatur eine temperaturgeführte Regelung der Pumpendrehzahl umzusetzen. Ferner könnte die ermittelte Fördermediumtemperatur auch dazu eingesetzt werden, um innerhalb der Pumpensteuerung eine Verkalkungserkennung zu implementieren. Grundsätzlich ist das Verfahren für jede Anwendung vorteilhaft, die Informationen bezüglich der  
5 aktuellen Fördermediumtemperatur benötigt.

Neben dem erfindungsgemäßen Verfahren betrifft die vorliegende Erfindung zudem eine Umwälzpumpe, insbesondere eine Heizungsumwälzpumpe, mit einer Pumpensteuerung zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Dementsprechend gelten  
10 für die erfindungsgemäße Umwälzpumpe dieselben Vorteile und Eigenschaften, wie sie zuvor anhand des erfindungsgemäßen Verfahrens ausführlich erläutert wurden. Auf eine wiederholende Beschreibung wird aus diesem Grund verzichtet.

Die Umwälzpumpe ist typischerweise eine Kreiselpumpe. Besonders bevorzugt umfasst die Umwälzpumpe wenigstens einen Sensor zur Messung der Wicklungstemperatur ihres elektrischen Antriebsaggregates. Darüber hinaus sieht die Umwälzpumpe keinen  
15 gesonderten Sensor zur Messung der Fördermediumtemperatur vor, sondern diese wird stattdessen mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens berechnet.

Die unbekannt Parameter für die mathematischen Zusammenhänge der zuvor beschriebenen Pumpengrößen lassen sich beispielsweise mathematisch anhand der Materialkennwerte sowie der Geometrie von Motor und Pumpenkonstruktion bestimmen. Besser geeignet ist jedoch eine messtechnische Parametrierung. Nachfolgend werden  
20 zwei erfindungsgegenständliche Verfahren zur messtechnischen Parametrierung der für die zuvor beschriebene Verfahrensausführung optional notwendigen Parameter  $K_1$ ,  $T_1$  sowie  $K_2$ ,  $T_2$  beschrieben.

Für die Bestimmung der zuerst genannten Parameter  $K_1$ ,  $T_1$  wird die erfindungsgemäße  
30 Umwälzpumpe zunächst in einem Versuchsstand bei konstanter Fördermediumtemperatur betrieben. Nacheinander wird das Antriebsaggregat mit unterschiedlichen Wicklungsströmen gespeist und die resultierende Sprungantwort der Wicklungstemperatur

aufgezeichnet. Anhand dieser unterschiedlichen Kurvenverläufe lassen sich individuelle Zeitkonstanten und statische Verstärkungen für die Definition der Tiefpassfilter erster Ordnung herausarbeiten. Da es sich bei dem Tiefpassfilter um ein lineares System handelt, kann durch Mittelung der aus den Kurvenverläufen bestimmten unterschiedlichen  
5 Werte der Zeitkonstanten ( $T$ ) als auch der Verstärkungswerte ( $K$ ) ein universeller Wert für die Parameter  $K_1$  und  $T_1$  bestimmt werden.

Des Weiteren betrifft die Anmeldung ein Verfahren zur Bestimmung der Parameter  $K_2$  und  $T_2$  für eine Umwälzpumpe. Hierbei wird in einem Versuchsstand die Umwälzpumpe  
10 bei konstantem Wicklungsstrom mit unterschiedlichen Fördermediumtemperaturen betrieben. Aus der erfassten Sprungantwort der gemessenen Wicklungstemperatur lassen sich ebenfalls die Parameter für die Zeitkonstante  $T_2$  und die statische Verstärkung  $K_2$  bestimmen. Aufgrund des möglichen Einflusses der Strömungsgeschwindigkeit werden hierbei idealerweise für unterschiedliche Strömungsgeschwindigkeiten individuelle  
15 Werte für  $T_2$  und  $K_2$  ermittelt.

Weitere Vorteile und Eigenschaften der Erfindung sollen im Folgenden anhand eines in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert werden. Es zeigen:

20 Figur 1: ein Blockschaltbild zur Verdeutlichung des Zusammenhangs zwischen Fördermediumtemperatur, Wicklungsstrom und Wicklungstemperatur,

Figur 2: ein Blockschaltbild zur Verdeutlichung der in der Pumpensteuerung implementierten Beobachterstruktur und

25

Figur 3: ein Zeit-Wicklungstemperatur-Diagramm mit mehreren exemplarischen Sprungantworten .

Das erfindungsgemäße Verfahren soll anhand eines konkreten Ausführungsbeispiels in  
30 Form einer Heizungsumwälzpumpe beschrieben werden. Das Pumpenlaufrad wird durch ein elektrisches Antriebsaggregat angetrieben, wobei die Pumpe als sogenannter



Nassläufer ausgeführt ist. Die Temperatur der Wicklungen von Stator und/oder Rotor lässt sich durch einen Sensor erfassen und der Pumpensteuerung mitteilen.

Das Ziel des Verfahrens ist die sensorlose Erfassung der Fördermediumtemperatur, was durch mathematische Berechnung innerhalb der Pumpensteuerung erfolgen soll. Hierbei wird ein sogenannter Beobachter in der Pumpensteuerung implementiert, der auf Grundlage bekannter Eingangsgrößen die Temperatur des Fördermediums mit Hilfe eines Pumpenmodells ausreichend exakt rekonstruiert.

Ausgangspunkt für die Definition eines geeigneten Pumpenmodells ist hier die Erkenntnis, dass die Temperatur der Wicklungen des Pumpenantriebs physikalisch einen Energiespeicher darstellt. Der durch die Wicklungen durchfließende Wicklungsstrom führt aufgrund von Kupferverlusten der Wicklungen zu deren Erwärmung. Der Zusammenhang zwischen Wicklungsstrom und Wicklungstemperatur kann mathematisch als Tiefpass erster Ordnung beschrieben werden. Da es sich um einen Nassläufer handelt, wird der Motor gleichzeitig durch das Fördermedium gekühlt (oder in seltenen Betriebs-situationen erwärmt). Der Einfluss der Wicklungstemperatur auf die Differenz zwischen Fördermedium und Wicklungstemperatur ist ebenfalls ein Tiefpass erster Ordnung. Der gesuchte Zusammenhang zwischen Wicklungsstrom, Wicklungstemperatur und Fördermediumtemperatur kann folglich durch zwei Tiefpassfilter, die sich einen gemeinsamen Energiespeicher teilen, modelliert werden.

Verdeutlicht wird dieser mathematische Zusammenhang durch das Blockschaltbild der Figur 1. Jeder Tiefpass erster Ordnung wird durch zwei Parameter, nämlich die *statische Verstärkung*  $K$  und seine *Zeitkonstante*  $T$  eindeutig beschrieben. In der Darstellung der Figur 1 besitzt der den Zusammenhang zwischen anliegendem Stromsignal des Pumpenantriebs und der Wicklungstemperatur beschreibende Tiefpassfilter die statische Verstärkung  $K_1$  und die Zeitkonstante  $T_1$ . Der zweite Tiefpassfilter mit der statischen Verstärkung  $K_2$  und der Zeitkonstanten  $T_2$  beschreibt den Einfluss der Differenz der Fördermediumtemperatur zur Wicklungstemperatur auf die Wicklungstemperatur.

Die unbekannt Parameter  $T_1$ ,  $K_1$ ,  $T_2$ ,  $K_2$  können mathematisch anhand der Materialkennwerte sowie der Geometrie von Motor und Pumpe bestimmt werden. Besser geeignet ist jedoch die messtechnische Parametrierung. Hierfür werden zunächst im Versuchsstand die Fördermedientemperatur konstant gehalten und der Elektromotor der Umwälzpumpe nacheinander mit unterschiedlichen Wicklungsströmen  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$ ,  $I_4$  gespeist. Das Stromsignal und die resultierenden Wicklungstemperaturen werden aufgezeichnet. Figur 3 zeigt exemplarisch die resultierenden Sprungantworten der Wicklungstemperaturen auf die vier unterschiedlichen Eingangsströme ( $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$ ,  $I_4$ ).

Aus jedem dieser vier Kurvenverläufe lässt sich eine entsprechende Zeitkonstante  $T$  und statische Verstärkung  $K$  bestimmen. Die Zeitkonstante entspricht hier der Anfangssteigung des gezeigten Kurvenverlaufs der Sprungantwort. Die statische Verstärkung  $K$  ist der Quotient zwischen Temperaturendwert (Zeit  $\rightarrow \infty$ ) und dem entsprechenden Eingangsstrom  $I$ . Die so bestimmten Parameter aus den vier Messungen werden anschließend gemittelt. Der gemittelte Wert wird für  $K_1$ ,  $T_1$  verwendet. Dies ist zulässig, da es sich bei einem Tiefpass um ein lineares System handelt.

Im Anschluss erfolgt analog die Bestimmung der Parameter  $K_2$ ,  $T_2$  des zweiten Tiefpasses. Hierfür wird der anliegende Motorstrom konstant gehalten und die Temperatur des durch die Umwälzpumpe geförderten Mediums variiert. Der Einfluss auf die gemessene Wicklungstemperatur wird aufgezeichnet und ausgewertet. Hier ist zu beachten, dass sich die Parameter  $K_2$  und  $T_2$  in Abhängigkeit der Strömungsgeschwindigkeit des Fördermediums ändern können. Dieser Einfluss ist im Versuchsstand zu untersuchen. Falls es einen signifikanten Einfluss der Strömungsgeschwindigkeit gibt, so muss dieser mit Hilfe von Messreihen erfasst werden. Im nachfolgenden Pumpenbetrieb werden dann Tabellen verwendet, die die Parameter  $K_2$  und  $T_2$  in Abhängigkeit der Strömungsgeschwindigkeit festlegen. Alternativ zu den Tabellen kann auch ein Polynom verwendet werden. Da die Strömungsgeschwindigkeit in der Pumpensteuerung bekannt ist, hätte dieser Einfluss keinen Nachteil auf die Qualität des hier vorgestellten Verfahrens.

Sind die vier Parameter  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $K_1$  und  $K_2$  bekannt, so kann die Fördermediumtemperatur aus dem Stromsignal und der Wicklungstemperatur unter Einsatz eines Beobachters

bestimmt werden. Die grundlegende Struktur des in der Pumpensteuerung implementierten Beobachters ist in Figur 2 gezeigt.

Der Block „Strecke“, gekennzeichnet mit dem Bezugszeichen 10, beschreibt die reale Umwälzpumpe. Der Block „Modell“, gekennzeichnet mit dem Bezugszeichen 20, entspricht dem zuvor beschriebenen Modell gemäß Figur 1, das die Zusammenhänge der bekannten Eingangsgrößen mit der zu rekonstruierenden Ausgangsgröße (Fördermediumtemperatur) mathematisch beschreibt.

10 Beide Blöcke 10, 20 haben als Eingangsgröße den Wicklungsstrom. Die Strecke 10 hat als weiteren Eingang die reale Temperatur des Fördermediums. Das Modell 20 kann diesen Eingang aufgrund des fehlenden Sensors nicht nutzen. Da das Modell 20 die reale Fördermedientemperatur nicht kennt, startet die Simulation zunächst mit einem initialen Temperaturwert für das Fördermedium. Dadurch bedingt wird in der Praxis regelmäßig zunächst eine vergleichsweise große Differenz zwischen gemessener und simulierter Wicklungstemperatur vorliegen. Der bestimmte Differenzwert wird über den Korrekturblock 30 ins Modell 20 als „korrigierte geschätzte Fördermediumtemperatur“ zurückgeführt. Hierdurch wird nach dem Prinzip der kleinsten Fehlerquadrate die Differenz zwischen gemessener und simulierter Wicklungstemperatur zu null geregelt. Da der  
15  
20 Ausgang des Korrekturblocks 30 der realen Fördermediumtemperatur mit kurzem Zeitversatz folgt, steht die reale Fördermedientemperatur der Pumpensteuerung zur Verfügung.

## Patentansprüche

5

- 10 1. Verfahren zur Bestimmung der Temperatur des geförderten Mediums einer Umwälz-  
pumpe, insbesondere einer Heizungsumwälzpumpe, mit integralem elektrischem  
Antriebsaggregat,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

15

die Temperatur des Fördermediums auf Grundlage der Wicklungstemperatur des  
elektrischen Pumpenaggregats und des anliegenden Wicklungsstromes bestimmt  
bzw. berechnet wird.

- 20 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Wicklungstempera-  
tur sensorisch gemessen wird.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,  
dass die Fördermediumtemperatur aus dem anliegenden Wicklungsstrom und der  
25 gemessenen Wicklungstemperatur unter Einsatz eines Beobachters bestimmt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Beobachter ein  
Pumpenmodell zur Simulation des Pumpenbetriebs verwendet, das in Abhängigkeit  
einer geschätzten Fördermediumtemperatur und des Wicklungsstroms eine simu-  
30 lierte Wicklungstemperatur ausgibt.

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Beobachter einen Korrekturwert zur Korrektur der geschätzten Fördermediumtemperatur aus der Differenz der simulierten und gemessenen Wicklungstemperatur bestimmt, der an das Pumpenmodell zurückgeführt wird.
- 5
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Pumpenmodell des Beobachters den Zusammenhang zwischen Wicklungsstrom, Wicklungstemperatur und Fördermediumtemperatur durch wenigstens zwei Tiefpassfilter 1. Ordnung modelliert.
- 10
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass ein erster Tiefpassfilter mit der statischen Verstärkung  $K_1$  und der Zeitkonstante  $T_1$  den Zusammenhang zwischen Wicklungsstrom und Wicklungstemperatur modelliert.
- 15
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass ein zweiter Tiefpassfilter mit der statischen Verstärkung  $K_2$  und der Zeitkonstante  $T_2$  den Zusammenhang zwischen Fördermediumtemperatur und gemessener Wicklungstemperatur modelliert.
- 20
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Parameter  $K_2$ ,  $T_2$  in Abhängigkeit der Strömungsgeschwindigkeit gewählt werden, insbesondere in der Pumpensteuerung eine Tabelle hinterlegt ist, die in Abhängigkeit der Strömungsgeschwindigkeit passende Parameter  $K_2$ ,  $T_2$  zuordnet.
- 25
10. Umwälzpumpe, insbesondere Heizungsumwälzpumpe, mit einer Pumpensteuerung zur Ausführung des Verfahrens gemäß den vorhergehenden Ansprüchen.
11. Umwälzpumpe nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Umwälzpumpe wenigstens einen Sensor zur Messung der Wicklungstemperatur und keinen
- 30
- Sensor zur Messung der Fördermediumtemperatur umfasst.

12. Verfahren zur Bestimmung der Parameter  $K_1$ ,  $T_1$  für eine Umwälzpumpe nach einem der Ansprüche 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Pumpe bei konstanter Fördermediumtemperatur mit unterschiedlichen Wicklungsströmen gespeist wird und aus den erfassten Sprungantworten der Wicklungstemperatur stromspezifische Zeitkonstanten und stromspezifische statische Verstärkungen bestimmt werden, wobei vorzugsweise durch deren Mittelung Werte für die Parameter  $K_1$  und  $T_1$  des Pumpenmodells berechnet werden.
13. Verfahren zur Bestimmung der Parameter  $K_2$ ,  $T_2$  für eine Umwälzpumpe nach einem der Ansprüche 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Pumpe bei konstantem Wicklungsstrom mit unterschiedlichen Fördermediumtemperaturen betrieben wird und aus der erfassten Sprungantwort der gemessenen Wicklungstemperatur die Zeitkonstante  $T_2$  und die statische Verstärkung  $K_2$  des Pumpenmodells bestimmt werden, wobei vorzugsweise individuelle Werte für  $T_2$ ,  $K_2$  des Pumpenmodells in Abhängigkeit der vorliegenden Strömungsgeschwindigkeit bestimmt werden.

Fig.1

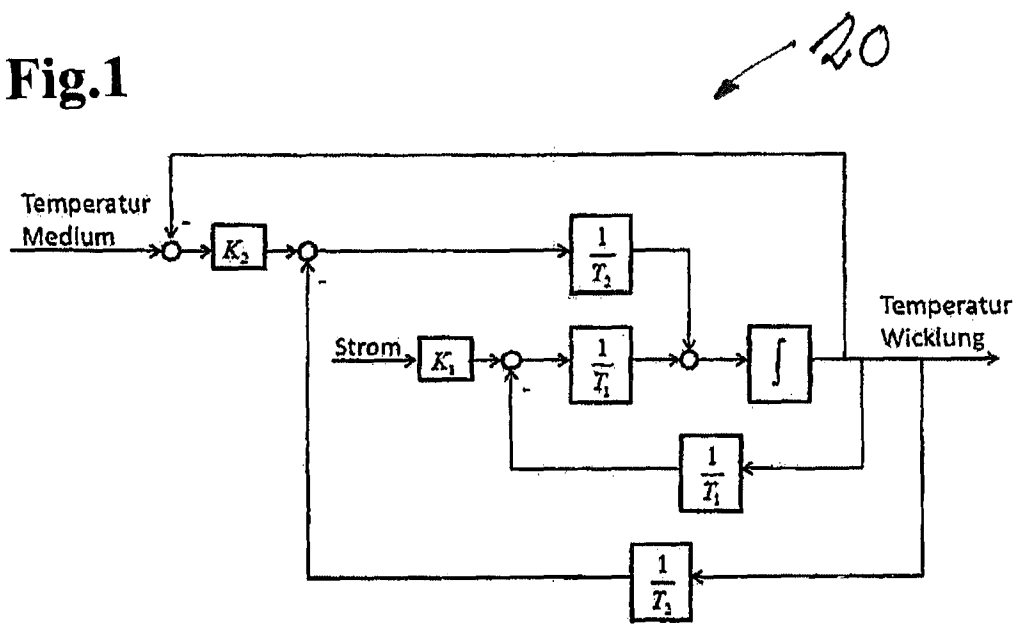
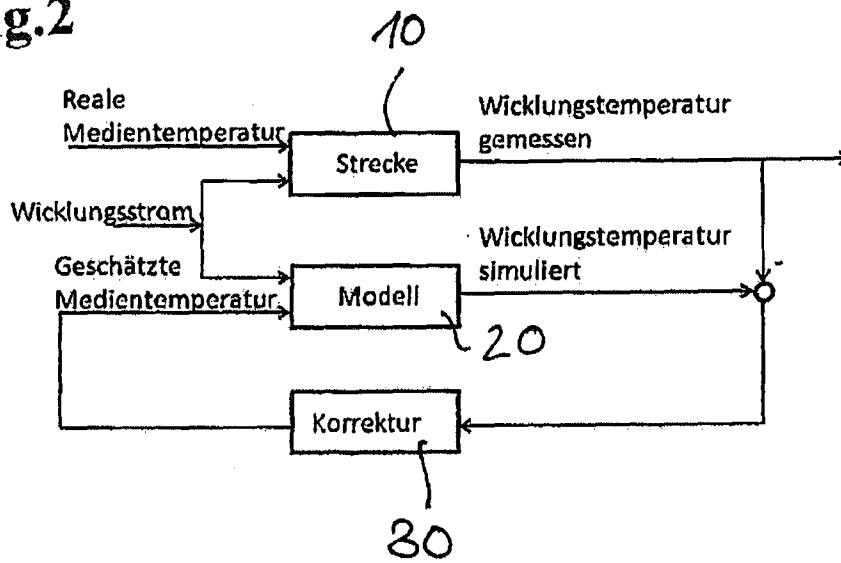


Fig.2



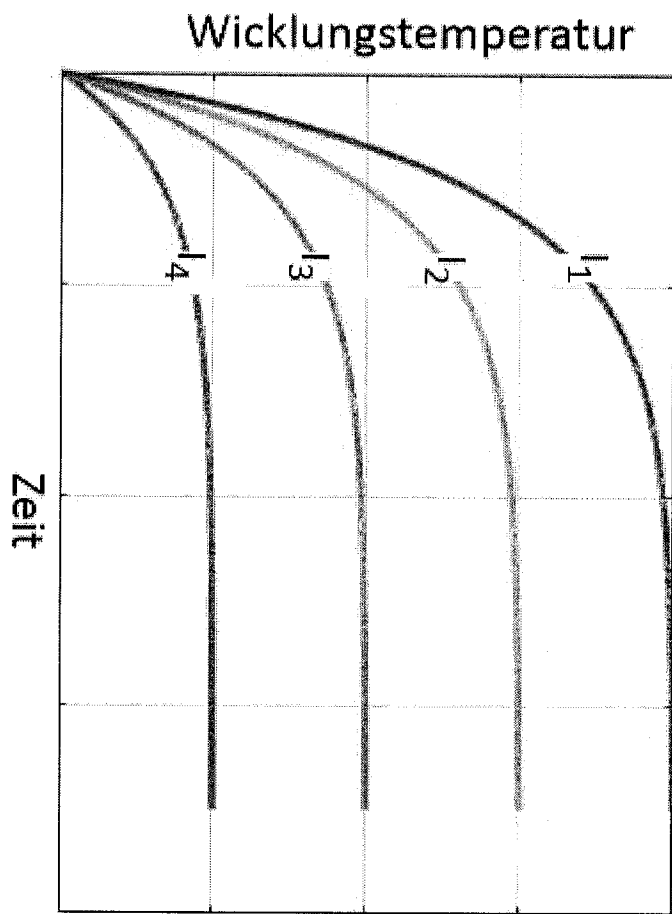


Fig. 3



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No  
PCT/EP2018/054886

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. G01K7/42 G01K13/02  
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)  
G01K

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.
X	EP 2 006 545 A1 (GRUNDFOS MANAGEMENT AS [DK]) 24 December 2008 (2008-12-24)	1-3
A	paragraphs [0001], [0003] - [0006], [0011], [0017], [0019] - [0022]	4-13
X	DE 10 2008 014085 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 17 September 2009 (2009-09-17)	1
A	paragraphs [0001], [0008] - [0010], [0012], [0014], [0017], [0029]	2-13
X	DE 10 2011 077237 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 13 December 2012 (2012-12-13)	1
A	paragraphs [0001], [0006], [0007], [0009] - [0011], [0015], [0026]	2-13
	----- -/--	

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 <b>19 April 2018</b>	Date of mailing of the international search report <b>02/05/2018</b>
---	---

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

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2018/054886

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2005 299450 A (TOYOTA IND CORP) 27 October 2005 (2005-10-27) abstract paragraphs [0005] - [0008], [0019], [0022], [0023] -----	1-13

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2018/054886

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 2006545	A1	24-12-2008	AT 470793 T 15-06-2010
			CN 101328897 A 24-12-2008
			EP 2006545 A1 24-12-2008
			JP 5414206 B2 12-02-2014
			JP 2009002345 A 08-01-2009
			US 2008319702 A1 25-12-2008
-----			
DE 102008014085	A1	17-09-2009	NONE
-----			
DE 102011077237	A1	13-12-2012	CN 102818645 A 12-12-2012
			DE 102011077237 A1 13-12-2012
-----			
JP 2005299450	A	27-10-2005	NONE
-----			

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
 INV. G01K7/42 G01K13/02  
 ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
 G01K

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.
X	EP 2 006 545 A1 (GRUNDFOS MANAGEMENT AS [DK]) 24. Dezember 2008 (2008-12-24)	1-3
A	Absätze [0001], [0003] - [0006], [0011], [0017], [0019] - [0022]	4-13
X	DE 10 2008 014085 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 17. September 2009 (2009-09-17)	1
A	Absätze [0001], [0008] - [0010], [0012], [0014], [0017], [0029]	2-13
X	DE 10 2011 077237 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 13. Dezember 2012 (2012-12-13)	1
A	Absätze [0001], [0006], [0007], [0009] - [0011], [0015], [0026]	2-13
	----- -/--	

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

19. April 2018

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

02/05/2018

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

Bevollmächtigter Bediensteter

Phleps, Stefanie

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	JP 2005 299450 A (TOYOTA IND CORP) 27. Oktober 2005 (2005-10-27) Zusammenfassung Absätze [0005] - [0008], [0019], [0022], [0023] -----	1-13

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2018/054886

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 2006545	A1	24-12-2008	AT 470793 T 15-06-2010
			CN 101328897 A 24-12-2008
			EP 2006545 A1 24-12-2008
			JP 5414206 B2 12-02-2014
			JP 2009002345 A 08-01-2009
			US 2008319702 A1 25-12-2008
-----			
DE 102008014085	A1	17-09-2009	KEINE
-----			
DE 102011077237	A1	13-12-2012	CN 102818645 A 12-12-2012
			DE 102011077237 A1 13-12-2012
-----			
JP 2005299450	A	27-10-2005	KEINE
-----			