

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 121/2007

(51) Int. Cl.⁸: F24J 2/40

(22) Anmeldetag: 2007-01-24

(43) Veröffentlicht am: 2009-04-15

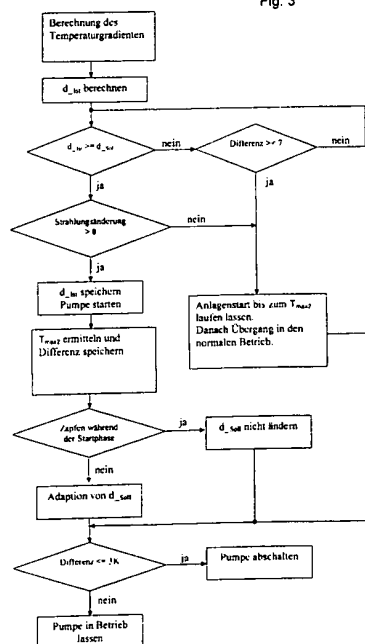
(56) Entgegenhaltungen:
DE 102004039908B3 DE19643530A1
DE 19654037C1

(73) Patentinhaber:
VAILLANT AUSTRIA GMBH
A-1230 WIEN (AT)

(54) VERFAHREN ZUM BETRIEB EINER SOLARTHERMISCHEN ANLAGE

(57) Verfahren zum Betrieb einer Solaranlage, bei der die zur erwärmenden Flüssigkeit mittels einer Pumpe in einem Kreislauf zwischen einer Speichervorrichtung und mindestens einem Kollektor befördert wird, mit dem über eine Messung der Temperaturdifferenz und eine Anpassung eines vordefinierten anlagenspezifischen Startwertes ein zuverlässiger Pumpenstart und Betrieb der Solaranlage in der Anfangsphase sichergestellt wird.

Fig. 3



Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Betrieb einer solarthermischen Anlage, insbesondere in einer Startphase.

Eine solarthermische Anlage besteht grundsätzlich aus Sonnenkollektoren, welche die Sonnenenergie einfangen und an ein Wärmeträgermedium (Wasser-Glykol, Wasser-Ethanol) abgeben, einem Speicher und einem geschlossenen Kreislauf, der die im Kollektor aufgenommene Wärme zum Speicher transportiert, einer Regelung, die die Umwälzung des Wärmeträgermediums, auch Sole genannt, bei entsprechenden Temperaturdifferenzen von dem Kollektor zum Speicher steuert. Die Sole wird durch die Sonnenstrahlung im Kollektor erwärmt und dann über den Solekreislauf dem Speicher zugeführt. Anschließend kann die Sonnenwärme zum Beispiel zur Warmwasserbereitung, Heizungsunterstützung oder Schwimmbaderwärmung genutzt werden.

Der neben Flachkollektoren relativ weit verbreitete Kollektortyp ist der Vakuum-Röhrenkollektor, bei dem die Absorberflächen statt in einem Gehäuse in evakuierten Glasröhren eingeschlossen sind. Der Vorteil ist hierbei, dass der Anteil des Wärmeverlustes durch Konvektion kleiner ist und die Röhre dem Sonnenstand optimal angepasst werden können. Die Wärmeabgabe an die Kühlflüssigkeit erfolgt u.a. durch die direkte Durchströmung der Flüssigkeit durch den Absorber.

Meistens ist ein einfacher Temperaturdifferenzregler für die Regelung einer kleinen Solaranlage zur Warmwasserbereitung ausreichend. Der Regler stellt über zwei Temperaturfühler fest, wann die Temperatur am Kollektoraustritt höher ist als die auf der Höhe des Solarkreis-Wärmetauschers gemessene Temperatur im Speicher und setzt daraufhin die Solarkreis-Umwälzpumpe in Betrieb. Üblicherweise werden die Solarregler so eingestellt, dass eine Temperaturdifferenz von etwa 5 - 8 K zwischen dem Kollektor und dem Speicher für den Pumpenstart gewährleistet ist. Sinkt diese auf 2 bis 3 K ab, wird die Umwälzpumpe durch den Solarregler wieder außer Betrieb genommen. Trotz dieser Einstellung des Solarreglers können Probleme beim Start der Anlage auftreten, in dem die Anlage gar nicht startet oder zu früh abschaltet. So gelangt nach dem Pumpenstart kalte Flüssigkeit in den Kollektor, die diesen durchströmt und erhitzt wieder verlässt. Demzufolge fällt die Temperatur wieder rapide ab. Aufgrund der nun vorliegenden Temperaturdifferenz kann es gemäß dem Stand der Technik zum Abschalten der Pumpe kommen. Läuft die Pumpe weiter, so steigt die Temperatur wieder an, da die heiße Flüssigkeit, welche beim Pumpenstart im Kollektor verweilte, nach dem Durchströmen des Speichers wieder in den Kollektor einströmt. Erst nach einigen Umwälzungen stellt sich ein quasi-stationärer Zustand ein.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren für eine solarthermische Anlage zur Verfügung zu stellen, mit dem ein zuverlässiger Pumpenstart und Betrieb der Anlage in der Startphase ermöglicht wird.

Erfindungsgemäß wird dies gemäß den Merkmalen des Anspruchs 1 dadurch erreicht, dass ein Verfahren zum Betrieb einer Solaranlage, insbesondere in einer Startphase, bei der das zur erwärmende Wärmeträgermedium mittels einer Pumpe (3) in einem Kreislauf zwischen einer Speichervorrichtung (2) und mindestens einem Kollektor (1) befördert wird, mit einem Temperatursensor (4) angeordnet am Ausgang des Kollektors (1) in Richtung zum Speicher (2) sowie mit einem Temperatursensor (5) im Speicher (2) mit folgenden Verfahrensschritten zur Verfügung gestellt wird:

- die mittels des Temperatursensors (4) gemessene Temperatur T_1 am Kollektor (1) und die mittels des Temperatursensors (5) gemessene Temperatur T_2 im Speicher (2) werden erfasst,

- der Temperaturgradient $\frac{dT_1}{dt}$ am Kollektor (1) wird berechnet,

- die Temperaturdifferenz ΔT zwischen der gemessenen Temperatur T_1 am Kollektor (1) und der gemessenen Temperatur T_2 im Speicher (2) wird berechnet,

- ein Hilfsgrößenwert d_{Ist} für die Pumpe wird in Abhängigkeit von der Temperaturdifferenz ΔT , einer Konstanten und dem Temperaturgradienten $\frac{dT_1}{dt}$ berechnet und mit einem vordefinierten Sollwert d_{Soll} verglichen,
- wenn der berechnete Hilfsgrößenwert d_{Ist} größer oder gleich dem vordefinierten Sollwert (d_{Soll}) ist oder die Temperaturdifferenz ΔT einen vorgegebenen Grenzwert ΔT_{Start} überschreitet, wird die Pumpe eingeschaltet und der berechnete Hilfsgrößenwert $d_{\text{Ist}}(t_0)$ zu diesem Zeitpunkt t_0 gespeichert,
- die mittels des Temperatursensors (4) gemessene Temperatur T_1 am Kollektor (1) wird weiterhin erfasst, wobei durch die Beobachtung des zeitlichen Verlaufs Maxima erkannt werden,
- nach dem Erkennen einer definierten Anzahl von Maxima, deren Anzahl 2 nicht unterschreiten darf, wird die Pumpe abgeschaltet, wenn die Temperaturdifferenz ΔT kleiner oder gleich einem vorgegebenen Grenzwert ΔT_{Stop} ist.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Merkmalen der abhängigen Ansprüche und der Beschreibung. Die Erfindung wird nun anhand der Figuren näher erläutert. Hierbei zeigen

Figur 1 eine schematisch dargestellte Solaranlage,
 Figur 2 einen Temperaturverlauf am Kollektorfühler nach einem Pumpenstart und
 Figur 3 ein Ablaufdiagramm eines möglichen Regelungsvorgangs des Pumpenstarts.

Bei der in Figur 1 vereinfacht dargestellte Solaranlage pumpt eine Pumpe (3) ein Wärmeträgermedium (z.B. Wasser-Glykol, Wasser-Ethanol) in einem geschlossenen Kreislauf zwischen einem Kollektor (1) und einem Speicher (2). Eine Regelung (6) steuert die Umwälzung des Wärmeträgermediums bei entsprechenden Temperaturdifferenzen von dem Kollektor (1) zum Speicher (2).

Figur 2 zeigt beispielhaft einen gemessenen Temperaturverlauf (b) am Kollektorfühler (4) nach einem Pumpenstart, bei dem zwei gemessene Temperaturmaxima T_{max1} und T_{max2} nach dem Vermischen eines Wärmeträgermediums aus dem Kollektor T_K und dem Rücklauf T_R dargestellt sind. Mit (a) ist die Pumpendrehzahlkennlinie bezeichnet.

In Figur 3 können die Verfahrensschritte des erfindungsgemäßen Regelungsverfahrens einem Ablaufdiagramm entnommen werden. Demnach erfolgt zunächst eine Temperaturmessung mittels eines am Kollektor (1) angebrachten Temperaturfühlers (4) und im Speicher (2) mittels eines am Speicherboden befindlichen Temperaturfühlers (5). Mit den gemessenen Werten erfolgt eine Berechnung des Temperaturgradienten am Kollektorfühler (4) und der Temperaturdifferenz (ΔT) zwischen der Kollektor- (1) und Speichertemperatur (2).

Ein Hilfsgrößenwert d_{Ist} für die Pumpe wird mit folgender Formel, bei der C eine Konstante (z.B. 10 K) ist, definiert:

$$d_{\text{Ist}} = (T_1 - T_2 + C) \cdot \frac{dT_1}{dt} = (\Delta T + C) \cdot \frac{dT_1}{dt}. \quad \text{Gl. 1}$$

Die Addition der frei gewählten Temperaturkonstante C in der Gleichung 1 hat folgende Bedeutung: der Wert d_{Ist} soll nur positive Werte annehmen. Damit die Anlage aber auch starten kann, wenn die gemessene Kollektortemperatur (T_1) geringer als die Speichertemperatur (T_2) ist, muss die Kollektortemperatur (T_1) eine Angleichung bekommen. Mit dieser Angleichung wird weiterhin der Temperatur im unteren Temperaturbereich ein höheres Gewicht verliehen.

Der berechnete Hilfsgrößenwert d_{Ist} wird mit einem vorher definierten Soll-Wert d_{Soll} verglichen, der bei der Erstinbetriebnahme werkseitig als Startwert d_{Start} vorgegeben wird. Der später ermittelte Soll-Wert d_{Soll} berücksichtigt anlagenspezifische Einstellungen bei der Inbetriebnahme.

- 5 Wenn $d_{\text{Ist}} \geq d_{\text{Soll}}$ ist, wird die Pumpe in Betrieb gesetzt und der berechnete Hilfsgrößenwert d_{Ist} zum Zeitpunkt des Pumpenanlaufs t_0 gespeichert. Die Pumpe läuft mindestens so lange, bis am Kollektorfühler (4) zwei Temperaturmaxima - Werte (T_{max1} , T_{max2}) ermittelt werden. Nach dem zweiten Temperaturmaximum erfolgt die Berechnung der Temperaturdifferenz (ΔT) der am Kollektor (1) und im Speicher (2) gemessenen Temperaturen. Eine Anpassung des Soll-Wertes d_{Soll} erfolgt in Abhängigkeit von ΔT vorzugsweise gemäß folgender Tabelle:

ΔT nach zweitem Temperaturmaximum	Änderung des d-Wertes
Kleiner als 0 K	$d_{\text{Soll}} = d_{\text{Ist}}(t_0) + 0,2$
Zwischen 0 K und 3 K	$d_{\text{Soll}} = d_{\text{Ist}}(t_0) + 0,1$
Zwischen 3 K und 7 K	$d_{\text{Soll}} = d_{\text{Ist}}(t_0)$
Zwischen 7 K und 10 K	$d_{\text{Soll}} = d_{\text{Ist}}(t_0) - 0,1$
Größer als 10 K	$d_{\text{Soll}} = d_{\text{Ist}}(t_0) - 0,2$

Es können auch andere Anpassungsschritte als die in der Tabelle aufgeführten Änderungsschritte Anwendung finden. Eine Änderung des Soll - Wertes findet nicht statt, wenn äußere Einflüsse (z.B. Wasserzapfen oder Strahlungsabfall) auf das System einwirken.

Anschließend läuft die Pumpe weiter unter der Bedingung, dass die Temperaturdifferenz ΔT größer als einen vorgegebenen Grenzwert ΔT_{Stop} , vorzugsweise 3 K, ist.

Sollte der d_{Ist} - Wert nicht zu einem Start der Pumpe bzw. der Anlage führen (z.B. wegen Wasserzapfung oder Fehler bei der d-Wert Berechnung) und die Bedingung erfüllt wird, dass ΔT größer als 7 K ist, dann soll die Pumpe auch starten. In diesem Fall findet jedoch keine Adaption des Soll-Wertes d_{Soll} statt.

Aus der DE 38 35 012 ist u.a. eine Steuerungsanlage für eine Solaranlage bekannt. Diese Steuerungsanlage enthält eine Steuereinrichtung zum Einschalten einer Pumpe, wobei die Steuereinrichtung von Temperaturfühlern, ansteuerbar ist. Die Temperaturdifferenz zwischen dem Temperaturfühler an den Solarkollektoren und dem Temperaturfühler für die Vorlauftemperatur wird bestimmt. Ist diese Temperaturdifferenz größer als ein vorher eingegebener anlagenabhängiger Wert, so wird die Pumpe eingeschaltet. Nach einer gewissen Zeit, nach der sich eine gleichmäßige Strömung eingestellt hat, wird die Temperaturdifferenz zwischen dem von den Kollektoren zurückströmenden Wasser und dem zu den Kollektoren führenden Wasser im Vorlauf bestimmt. Dann kann diese Temperaturdifferenz entweder mit einem fest eingestellten Temperaturwert oder nach Multiplikation mit der Förderleistung der Pumpe mit einem vorher eingestellten Leistungswert verglichen werden. Fällt dieser Vergleich negativ aus, wird die Pumpe wieder ausgeschaltet. Bei der hier beschriebenen Regelung werden die Startbedingungen auch über eine Temperaturdifferenz jedoch unter Zwischenschaltung einer Wartezeit geregelt.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren ist im Gegensatz zur DE 38 35 012 keine Wartezeit vorgesehen. Es werden kontinuierlich Temperaturminima und Temperaturmaxima am Kollektorfühler (4) bzw. die Temperaturdifferenz zwischen der Temperatur gemessen am Kollektor und im Speicher bestimmt. Somit wird ein zuverlässiger Pumpenstart und Betrieb der Anlage in der Anfangsphase sichergestellt.

Bezugszeichenliste

Kollektor (1)
 Speicher (2)
 Pumpe (3)
 Temperaturfühler am Kollektor (4)
 5 Temperaturfühler im Speicher (5)
 Temperatur am Kollektor (T_1)
 Temperatur am Speicherboden (T_2)
 Temperaturdifferenz (ΔT)
 Erstes Temperaturmaximum ($T_{\max 1}$)
 10 Zweites Temperaturmaximum ($T_{\max 2}$)

Patentansprüche:

- 15 1. Verfahren zum Betrieb einer Solaranlage, insbesondere in einer Startphase, bei der das zur erwärmende Wärmeträgermedium mittels einer Pumpe (3) in einem Kreislauf zwischen einer Speichervorrichtung (2) und mindestens einem Kollektor (1) befördert wird, mit einem Temperatursensor (4) am Ausgang des Kollektors (1) in Richtung zum Speicher (2) sowie einem Temperatursensor (5) im Speicher (2) mit folgenden Verfahrensschritten:
 - 20 - die mittels des Temperatursensors (4) gemessene Temperatur T_1 am Kollektor (1) und die mittels des Temperatursensors (5) gemessene Temperatur T_2 im Speicher (2) werden erfasst,
 - der Temperaturgradient $\frac{dT_1}{dt}$ am Kollektor (1) wird berechnet,
 - 25 - die Temperaturdifferenz ΔT zwischen der gemessenen Temperatur T_1 am Kollektor (1) und Temperatur T_2 im Speicher (2) wird berechnet,
 - ein Hilfsgrößenwert d_{Ist} für die Pumpe (3) wird in Abhängigkeit von der Temperaturdifferenz ΔT , einer Konstanten und dem Temperaturgradienten $\frac{dT_1}{dt}$ berechnet und mit
 - 30 einem vordefinierten Sollwert d_{Soll} verglichen,
 - wenn der berechnete Hilfsgrößenwert d_{Ist} größer oder gleich dem vordefinierten Sollwert (d_{Soll}) ist oder die Temperaturdifferenz ΔT einen vorgegebenen Grenzwert ΔT_{Start} überschreitet, wird die Pumpe (3) eingeschaltet und der berechnete Hilfsgrößenwert $d_{\text{Ist}}(t_0)$ zu diesem Zeitpunkt t_0 gespeichert,
 - 35 - die mittels des Temperatursensors (4) gemessene Temperatur T_1 am Kollektor (1) wird weiterhin erfasst, wobei durch die Beobachtung des zeitlichen Verlaufs Maxima erkannt werden,
 - 40 - nach dem Erkennen einer definierten Anzahl von Maxima, deren Anzahl 2 nicht unterschreiten darf, wird die Pumpe (3) abgeschaltet, wenn die Temperaturdifferenz ΔT kleiner oder gleich einem vorgegebenen Grenzwert ΔT_{Stop} ist.
- 45 2. Verfahren zum Betrieb einer Solaranlage nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet*, dass nach dem Erkennen einer definierten Anzahl von Maxima, deren Anzahl 2 nicht unterschreiten darf, der vordefinierte Sollwert (d_{Soll}) in Abhängigkeit der aktuellen Temperaturdifferenz ΔT und des Hilfsgrößenwerts $d_{\text{Ist}}(t_0)$ zum Zeitpunkt t_0 des letzten Pumpenstarts neu berechnet wird.
- 50 3. Verfahren zum Betrieb einer Solaranlage nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet*, dass der Sollwert (d_{Soll}) bei der Erstinbetriebnahme durch einen werksseitig vorgegebenen Wert (d_{Start}) vorgegeben wird.

55 **Hiezu 3 Blatt Zeichnungen**



Fig. 1

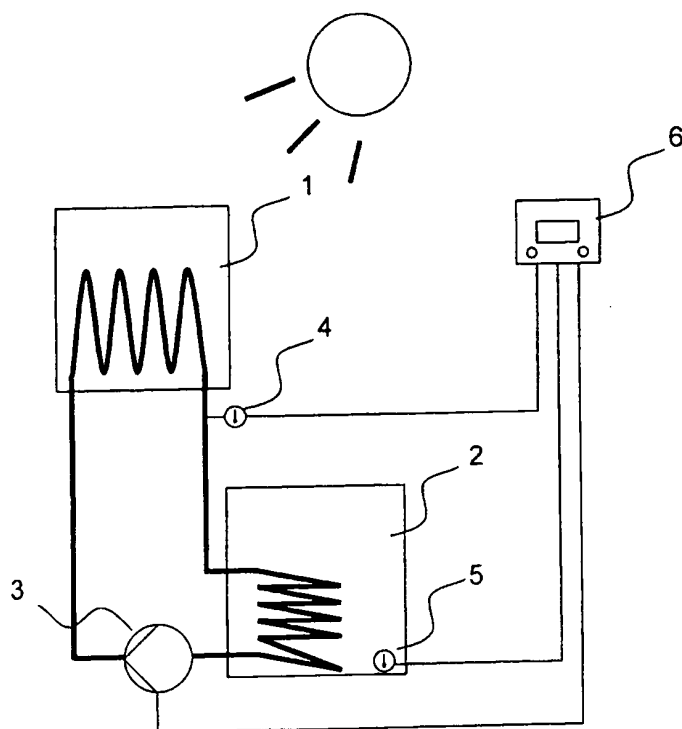




Fig. 2

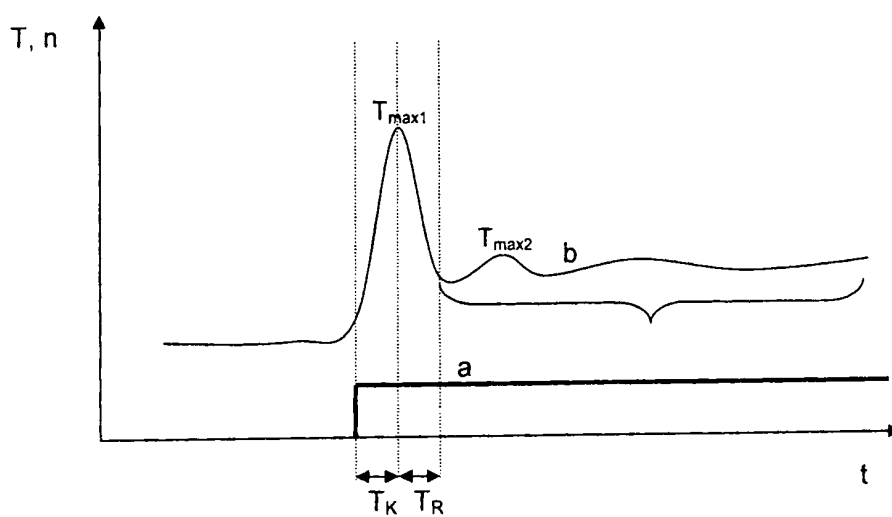




Fig. 3

