



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
04.01.2012 Patentblatt 2012/01

(51) Int Cl.:
F28D 15/02 (2006.01) **F28D 15/06** (2006.01)
H01F 27/18 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **10006813.9**

(22) Anmeldetag: **01.07.2010**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME RS

- **Tepper, Jens, Dr.**
59929 Brilon (DE)
- **Agostini, Bruno**
8953 Dietikon (CH)
- **Bockholt, Marcos, Dr.**
33104 Paderborn (DE)
- **Luckey, Michael, Dipl.-Ing.**
34431 Marsberg (DE)

(71) Anmelder: **ABB Technology AG**
8050 Zürich (CH)

(74) Vertreter: **Partner, Lothar et al**
ABB AG
GF-IP
Wallstadter Strasse 59
68526 Ladenburg (DE)

(72) Erfinder:
• **Weber, Benjamin**
59955 Winterberg (DE)
• **Patel, Bhavesh**
59929 Brilon (DE)

(54) **Verfahren zur Funktionsüberwachung und/oder Steuerung eines Kühlsystems und entsprechendes Kühlsystem**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Funktionsüberwachung eines Kühlsystems mit wenigstens einem Thermosiphon, insbesondere für Transformatoren, vorzugsweise für Trockentransformatoren, wobei das Kühlsystem mit wenigstens einem Verdampfer und mit wenigstens einem Kondensator versehen ist und ein verdampfbares Kältemittel und ein gasförmiges Medium,

vorzugsweise Luft, als Wärmeträger benutzt, wobei zur Überwachung der Funktion sowie der Betriebssicherheit des mit Thermosiphon versehenen Kühlsystems die Thermodifferenzmethode und/oder die Methode der Wärmeübertragereffektivität herangezogen werden. Ferner betrifft die Erfindung ein entsprechendes Kühlsystem mit wenigstens einem Thermosiphon.

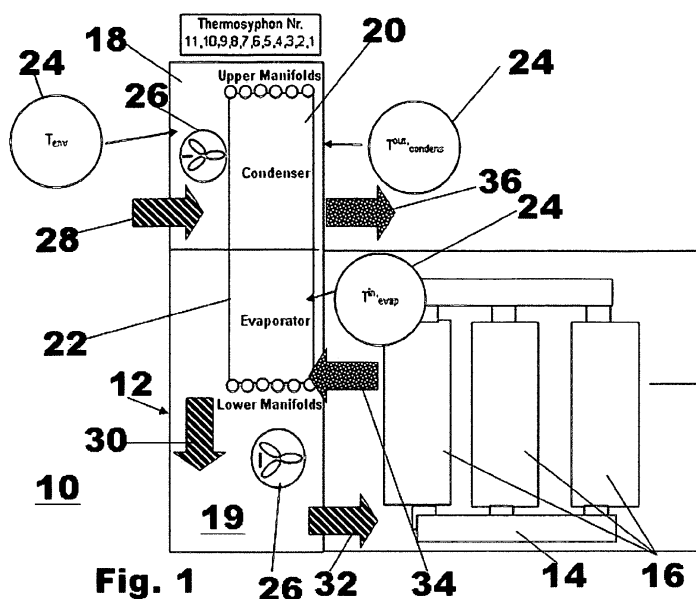


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Funktionsüberwachung oder Steuerung eines Kühlsystems mit wenigstens einem Thermosiphon, insbesondere für Transformatoren, vorzugsweise für Trockentransformatoren, wobei das Kühlsystem mit wenigstens einem Verdampfer und mit wenigstens einem Kondensator versehen ist und ein verdampfbares Kältemittel und ein gasförmiges Medium, vorzugsweise Luft, als Wärmeträger benutzt, sowie ein System zur Durchführung dieses Verfahrens.

[0002] Kühlsysteme ausgestattet mit Thermosiphon sind prinzipiell aus dem Stand der Technik bekannt. Sie nutzen neben Wasser und Luft als Wärmeträger häufig auch Kältemittel als Zwischenkühlmedium.

[0003] Die derzeit angewandte Überwachungstechnologie für Luft-Luft- sowie Luft-Wasser Kühlsysteme ist für eine zuverlässige Vorhersage und Beurteilung der Arbeitsweise des Thermosiphons nicht ausreichend.

[0004] Es ist beispielsweise nicht möglich, eine frühzeitige Aussage über den Füllstand des Systems mit Wärmeträgermedium zu machen. Die jeweils mittels Sensoren gemessene Temperatur und Druckdifferenz allein sind nicht geeignet, diese Information zu liefern. Lediglich im Fall einer Kältemittelleckage können diese Sensoren zur späteren Erkennung des Fehlers führen.

[0005] In Kühlsystemen, in welchen die derzeitigen Technologien, zum Beispiel Luft-Wasser-Wärmetauscher, Luft-Luft-Wärmetauscher sowie Lamellenrohrbündel Wärmeübertrager, eingesetzt werden, erfolgt eine Überwachung hinsichtlich Funktion sowie Betriebssicherheit durch Wasserleckage-, Druckdifferenz- und Temperatur-Sensoren.

[0006] Wasserleckagesensoren finden häufig in der Marine Anwendung, um einen Bruch im Luft-Wasser-Kühler zu detektieren und dementsprechend das Eindringen von Wasser in elektrische Funktionsbereiche des Gehäuses zu vermeiden.

[0007] Differenzdrucksensoren überwachen die Lüfter beziehungsweise die Lufteingänge und Luftausgänge des Kühlsystems.

[0008] Die Temperaturmessung wird eingesetzt, um die Temperaturen der Kühlluft und der Wicklungen zu überwachen und gegebenenfalls Korrekturmaßnahmen einzuleiten.

[0009] Aus der europäischen Patentanmeldung Nr. 09015185.3 ist ein für die Kühlung eines Transformators vorgesehenes Kühlsystem bekannt, welches sich der Vorteile des Thermosiphon-Prinzips, das heißt der Thermosiphontechnologie, bedient.

[0010] Eine Überwachungs- und Diagnosestrategie für ein derartiges System ist allerdings bisher nicht vorhanden.

[0011] Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren und ein Kühlsystem der eingangs genannten Art zu schaffen, welches auf möglichst einfache Weise erlaubt, zuverlässige und aussagekräftige Aussagen zum aktuellen Systemzustand zu machen. Hierzu ist die Entwicklung einer neuen Logik und Signalverarbeitungsstrategie für die frühzeitige Fehlererkennung notwendig.

[0012] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

[0013] Demgemäß ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass zur Überwachung der Funktion sowie der Betriebssicherheit des mit Thermosiphon versehenen Kühlsystems die Thermodifferenzmethode und/oder die Methode der Wärmeträgereffektivität herangezogen werden.

[0014] Hierbei wird bei der Thermodifferenzmethode vorteilhafterweise die Temperaturdifferenz DT des Kältemittels in dem wenigstens einen Kondensator sowie in dem wenigstens einen Verdampfer gebildet entsprechend der Gleichung

$$DT = T_{evap}^{manifold} - T_{condens}^{manifold}$$

mit $T_{evap}^{manifold}$ = Temperatur im Verdampfer und

mit $T_{condens}^{manifold}$ = Temperatur im Kondensator

und beurteilt.

[0015] Bei dieser Methode wird also die Temperaturdifferenz des Kältemittels im Kondensator- und im Verdampferbehälter gebildet. Die physikalische Interpretation dieser Gleichung lautet wie folgt:

Der Druckabfall im Thermosiphon liefert normalerweise nur einen geringen Wert. Hierbei sind der Druck und die Temperatur bei Zweiphasen-Kältemittel (flüssig und gasförmig) miteinander gekoppelt, wie auch in Fig. 4 gezeigt ist. Da der Druck in den Behältern sich voneinander nur unwesentlich unterscheidet, ist auch die Temperaturdifferenz nahezu null ($DT \sim 0$).

[0016] Allerdings ist im Fall einer Leckage der Temperaturgradient entlang des Thermosiphons nicht mehr vernachlässigbar, da der thermische Widerstand zwischen Verdampfer (Warmstelle) und Kondensator (Kaltstelle) sehr hoch

ist, das heißt

$$DT \sim (T_{\text{warm}} - T_{\text{kalt}}).$$

[0017] Die Überwachung der Kühlsystemfunktionalität erfolgt demgemäß entsprechend der in Fig. 2 angegebenen Logik.

[0018] Eine bevorzugte Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass zur Reduzierung der Anzahl der zur Erfassung der Temperaturkennwerte benötigten Messkanäle die Messungen sequentiell durchgeführt werden.

[0019] Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Temperaturen an einem Thermosyphon-Element jeweils gleichzeitig gemessen werden.

[0020] Als zweites erfindungsgemäßes - alternatives oder komplementäres - Mess- und Überwachungsverfahren ist die Methode der Wärmeübertragereffektivität vorgesehen. Diese Methode sieht vor, dass gemäß der Beziehung

$$\varepsilon = \frac{(T_{\text{env}} - T_{\text{condens}}^{\text{out}})}{(T_{\text{env}} - T_{\text{evap}}^{\text{in}})}$$

die globale Effektivität ε des Thermosyphon-Systems aus dem Verhältnis der Differenz der Temperaturen am Kondensatoreintritt (T_{env}) und am Kondensatoraustritt ($T_{\text{condens}}^{\text{out}}$), zur Differenz der Temperaturen am Kondensatoreintritt (T_{env}) und am Verdampfereintritt ($T_{\text{evap}}^{\text{in}}$) gebildet wird.

So gilt beispielsweise $C_{\text{condens}} > C_{\text{evap}}$ mit $C = cp \cdot m$

Hierbei sind cp = Spezi. Wärmekapazität der Luft bei konstantem Druck
 m = Luftstrom.

Für den Fall $C_{\text{condens}} < C_{\text{evap}}$ mit $C = cp \cdot m$

[0021] Es gilt :

$$\varepsilon = \frac{(T_{\text{evap}}^{\text{in}} - T_{\text{evap}}^{\text{out}})}{(T_{\text{evap}}^{\text{in}} - T_{\text{env}})}$$

[0022] Mit den jeweils ermittelten Temperaturwerten am Kondensatoreintritt (T_{env}), am Verdampfereintritt ($T_{\text{evap}}^{\text{in}}$) und am Kondensatoraustritt ($T_{\text{condens}}^{\text{out}}$) wird nach der oben angegebenen Beziehung die globale Effektivität des Thermosyphon-Systems gebildet.

[0023] Wenn ein oder mehrere Thermosiphons ausfallen, verringert sich zwangsläufig die Kondensatoraustrittstemperatur ($T_{\text{condens}}^{\text{out}}$) und die Temperatur am Verdampfereintritt ($T_{\text{evap}}^{\text{out}}$) erhöht sich. Dies führt zur Verringerung der Effektivitätszahl. Diese Verringerung kann mit einer Anzahl defekten Thermosiphons korreliert werden.

[0024] Um diesen Fehlerfall abzudecken, ist es sinnvoll einen kritischen Unterwert der Effektivitätszahl zu bestimmen (eff_l).

[0025] Im Fall einer Reduzierung des Luftvolumenstroms am Kondensatoreintritt zum Beispiel bei verringertem Einlassquerschnitt der Lufteintritte infolge von Ablagerungen, erhöht sich die Lufttemperatur am Kondensatoraustritt. Dem entsprechend erhöht sich die Effektivitätszahl - bei konstanter Verdampfer-Eintrittstemperatur).

[0026] Um diesen Fehlerfall abzudecken, ist es sinnvoll eine obere Grenze der Effektivität festzulegen (eff_u).

[0027] Die Grenzwerte für die Effektivitätszahl (eff_l und eff_u) werden beispielsweise während des Warmlauf-Tests gemeinsam mit den Lufttemperaturen innerhalb des Gehäuses bestimmt. Die Logik für diese Methode ist in Fig. 3 dargestellt.

[0028] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen ist dadurch gekennzeichnet, dass im Falle einer Störung, zum Beispiel der Zustand "Warnung" (Signale in Fig. 2 und 3) zu deren Behebung die Strömung des gasförmigen Wärmeträgers zumindest zeitweise unterbrochen wird oder bei Bedarf sogar die Strömungsrichtung des gasförmigen Wärmeträgers zumindest zeitweise umgekehrt wird.

[0029] Ein weitere zweckmäßige Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, dass der Kondensator-

sator wie auch der Verdampfer beheizt werden, indem zur Vermeidung von Kondensatbildung im Kondensatorgehäuse beziehungsweise von Vereisung des Kondensator-Wärmeübertragers jeweils, zum Beispiel an den betreffenden Auslässen, Wärme von einer Wärmequelle zugeführt wird.

[0030] Wie zuvor bereits erwähnt, ist Gegenstand der Erfindung auch ein Kühlsystem, insbesondere ein Kühlsystem für Transformatoren, vorzugsweise für Trockentransformatoren, wobei das Kühlsystem wenigstens einen Thermosiphon aufweist, der in einem Gehäuse angeordnet und mit wenigstens einem Verdampfer und mit wenigstens einem Kondensator versehen ist und ein verdampfbares Kältemittel und ein gasförmiges Medium, vorzugsweise Luft, als Wärmeträger benutzt und zur Durchführung des zuvor beschriebenen Verfahrens geeignet ist.

[0031] Ein solches Kühlsystem ist insbesondere dadurch gekennzeichnet, dass in dem Gehäuse Temperatursensoren zur Ermittlung der relevanten Temperaturen zur Ermittlung der benötigten Kennwerte für die Thermodifferenzmethode und/oder für die Methode der Wärmeträgereffektivität vorgesehen sind.

[0032] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Kühlsystems sind Gebläseeinrichtungen vorgesehen, welche zur Erzeugung einer Strömung des gasförmigen Mediums dienen.

[0033] Hierbei ist entsprechend einer vorteilhaften Ausführungsform vorgesehen, dass die Förderung des gasförmigen Mediums zumindest zeitweise unterbrochen werden kann. Ebenso ist es möglich, die Strömungsrichtung des gasförmigen Mediums durch Änderung der Förderrichtung der Gebläseeinrichtung umkehrbar zu machen.

[0034] Eine weitere besonders vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Kühlsystems ist dadurch gekennzeichnet, dass in dem den wenigstens einen Kondensator und den wenigstens einen Verdampfer aufnehmenden Gehäuse wenigstens eine Wärmequelle angeordnet ist, wobei in bevorzugter Weise die Wärmequelle von wenigstens einem Heizelement gebildet ist.

[0035] Die mit der Erfindung verwirklichte Überwachungsstrategie nutzt lediglich die Information von Temperatur, um die Funktionalität des Thermosiphons zu diagnostizieren. Dies führt zu einer deutlichen Reduzierung der Anzahl von Sensoren im System, indem beispielsweise Druck- beziehungsweise Druckdifferenzsensoren nicht erforderlich sind.

[0036] Diese und weitere vorteilhafte Ausgestaltungen und Verbesserungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0037] Anhand eines in der beigefügten Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels der Erfindung sollen die Erfindung, vorteilhafte Ausgestaltungen und Verbesserungen der Erfindung sowie besondere Vorteile der Erfindung näher erläutert und beschrieben werden.

[0038] Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Schnittdarstellung durch einen Transformator mit Thermosiphontechnologie;

Fig. 2 ein Logikschema für die Implementierung der Thermodifferenzmethode;

Fig. 3 ein Logikschema für die Implementierung der Wärmeübertragereffektivität-Methode und

Fig. 4 ein Druck-Enthalpie-Diagramm des inneren Kühlkreislaufs.

[0039] In Fig. 1 ist eine schematische Schnittdarstellung durch einen Transformator 10 mit einem Gehäuse 12, in welchem ein Eisenkern 14 mit drei Wicklungsanordnungen 16 sowie hiervon getrennt in separaten Kammern 18, 19 je ein Kondensator 20 und ein Verdampfer 22 angeordnet sind.

[0040] Ferner sind in dem Gehäuse 12 insgesamt fünf Temperatur-Sensoren 24, 26 angeordnet, von denen einerseits die Sensoren 24 für die Ermittlung der erforderlichen Kennwerte zur Bestimmung der Effektivität (Methode der Wärmeübertragereffektivität) und andererseits für die Ermittlung der erforderlichen Kennwerte zur Bestimmung der Thermodifferenzbildung zwischen Kältemittel im Kondensator 20 und Kältemittel im Verdampfer 22 (Temperaturdifferenz-Methode) benötigt werden.

[0041] Außerdem ist mittels Pfeilen 28, 30, 32 (mit Schraffur) der Verlauf des einströmenden kalten Kühlfluids in das Gehäuse 12 hinein sowie innerhalb des Gehäuses 12 gezeigt, während Pfeile 34, 36 (mit Punktraster) die Ausströmung des mit Verlustwärme beladenen Kühlfluids aus dem Gehäuse 12 heraus anzeigt.

[0042] Kaltes Kühlfluid strömt entsprechend Pfeil 28 in die Kammer 18 des Gehäuses 12 ein und gelangt nach Durchströmen des Kondensators 20 zum einen Teil unter Mitnahme der im Kondensator 20 aufgenommenen Wärme nach außerhalb und zum anderen Teil in die Kammer 19, von wo es in den Bereich einströmt, in welchem der eigentliche Transformator mit Eisenkern 14 und Wicklungsanordnungen 16 angeordnet ist. Hier nimmt das Kühlfluid die von den Wicklungsanordnungen abgestrahlte Verlustwärme auf und strömt anschließend in den Verdampfer 22.

[0043] In Fig. 2 ist ein Flussdiagramm für eine schematische Überwachungslogik für die Implementierung der Temperaturdifferenzmethode gezeigt. Dabei sind die einzelnen Schritte jeweils angegeben. Nachfolgend werden die einzelnen darin aufgezeigten Schritte beziehungsweise Maßnahmen erläutert.

Beschreibung der Thermodifferenzmethode-Logik gemäß Fig. 3

[0044]

1. Die Überwachung (Monitoring) vergleicht die Temperatur am Verdampfereintritt (oder die Wicklungstemperatur) mit vorgegebenen Designtemperaturen. Ist der Schwellwert nicht überschritten, das System im Standby; das heißt es erfolgt keine Aktion. Die Lüfter laufen weiter oder werden nicht gestartet, falls die Temperatur der Wicklung oder am Verdampfereintritt zu niedrig ist.
2. Falls die Schwelltemperatur in Schritt 2 überschritten ist und die Lüfter gemäß Fig. 1 ausgeschaltet sind, müssen sie jetzt gestartet werden. Hier kann eine Regelung der Lüfterdrehzahl erfolgen.
3. In diesem Schritt wird auf einen stationären Zustand gewartet. Die "Manifolds-Temperaturen" am Kondensator und am Verdampfer werden gemessen. Die Differenzen der "n"-Thermosiphons werden gebildet.
4. Die Differenzen werden mit einem Schwellwert verglichen: DT threshold.
5. Im Falle, dass der Schwellwert überschritten wird, erhöht sich der Zähler n_{error} (Diagnosis).
6. Im Schritt 6 wird das Verhältnis der defekten Thermosiphons gebildet und mit zwei Schwellwerten verglichen (zum Beispiel 0,6 und 1). Liegt das Verhältnis in diesem Bereich, sind viele Thermosiphons defekt und die Funktionalität des Kühlsystems ist gefährdet. Status Service. Inspektion und Reparatur sind notwendig.
7. Ist das Verhältnis n_{error}/n nicht größer als ein bestimmter noch unkritischer Schwellwert (zum Beispiel 0,3), ist das Thermosiphon System nicht gefährdet. Der Status "OK" liegt dann vor. Für den Fall, dass der kritische Schwellwert (zum Beispiel 0,3) überschritten ist, wird der Status "Warning" aktiviert und eine Inspektion ist notwendig.

[0045] In Fig. 3 ist ein Flussdiagramm für eine schematische Überwachungslogik für die Implementierung der Methode der Wärmeübertragereffektivität gezeigt. Dabei sind die einzelnen Schritte jeweils angegeben. Nachfolgend werden die einzelnen darin aufgezeigten Schritte beziehungsweise Maßnahmen erläutert.

Beschreibung der Logik für die Wärmeübertragereffizientmethode

[0046]

1. Die Überwachung (Monitoring) vergleicht die Temperatur am Verdampfereintritt beziehungsweise die Wicklungstemperatur mit vorgegebenen Designtemperaturen. Ist der Schwellwert nicht überschritten, bleibt das System im Standby, das heißt es erfolgt keine Aktion. Die Lüfter laufen weiter oder werden nicht gestartet falls die Temperatur der Wicklung oder am Verdampfereintritt zu niedrig ist.
2. Falls die Schwelltemperatur in Schritt 2 überschritten wird und die Lüfter gemäß Fig. 1 ausgeschaltet sind, müssen sie jetzt gestartet werden. Hier kann eine Regelung der Lüfterdrehzahl erfolgen.
3. In diesem Schritt wird auf einen stationären Zustand gewartet. Die Effektivitätszahl **eff** wird durch Rechnung bestimmt.
4. Die Effektivitätszahl wird mit einem unteren **eff_{low}**- und oberen **eff_{up}**-Schwellwert verglichen. Ebenso wird die Wicklungstemperatur oder die Temperatur am Verdampfereintritt mit einem Schwellwert verglichen **T_{limit 1}**. Falls die Bedingung erfüllt ist, ist das Thermosiphonsystem funktionstüchtig.
5. Falls die Bedingungen im Schritt 4 nicht erfüllt sind, wird die Temperatur Wicklungstemperatur oder Lufttemperatur am Verdampfereintritt erneut mit einem zweiten Schwellwert verglichen **T_{limit 2}**. Bleiben die Temperatur und die Effektivitätszahl aus 4 im Bereich, wird ein Warnungssignal angegeben.
6. Steigt die Temperatur Wicklungstemperatur oder Lufttemperatur am Verdampfereintritt über den zweiten Schwellwert, ist eine Inspektion beziehungsweise eine Reparatur notwendig (Service). Falls die Effektivitätszahl über **eff_{up}** zeigt muss der Kondensator beziehungsweise der Kondensatorlüfter inspiziert werden. Falls die Effektivitätszahl einen Wert unter **eff_l** zeigt, sind ein oder mehrere Thermosiphons beschädigt.

[0047] Fig. 4 zeigt ein Druck-Enthalpie-Diagramm des inneren Kühlkreislaufs (Kältemittel). Das Zweiphasendiagramm (Gas-Flüssig) mit konstanten Verdampfungs- und Kondensationstemperaturen(drücke). Der Druckabfall im Thermosiphon ist so gering, dass ein Temperaturunterschied vernachlässigbar ist.

Bezugszeichenliste

[0048]

10 Transformator

- 12 Gehäuse
- 14 Eisenkern
- 5 16 Wicklungsanordnung
- 18 erste Kammer
- 19 zweite Kammer
- 10 20 Kondensator
- 22 Verdampfer
- 15 24 Temperatur-Sensor
- 26 Temperatur-Sensor
- 28 Pfeil (mit Schraffur)
- 20 30 Pfeil (mit Schraffur)
- 32 Pfeil (mit Schraffur)
- 25 34 Pfeil (mit Punktraster)
- 36 Pfeil (mit Punktraster)

30 Patentansprüche

1. Verfahren zur Funktionsüberwachung eines Kühlsystems mit wenigstens einem Thermosiphon, insbesondere für Transformatoren, vorzugsweise für Trockentransformatoren, wobei das Kühlsystem mit wenigstens einem Verdampfer und mit wenigstens einem Kondensator versehen ist und ein verdampfbares Kältemittel und ein gasförmiges Medium, vorzugsweise Luft, als Wärmeträger benutzt,
 35 **dadurch gekennzeichnet, dass**
 zur Überwachung der Funktion sowie der Betriebssicherheit des mit Thermosiphon versehenen Kühlsystems die Thermodifferenzmethode und/oder die Methode der Wärmeübertragereffektivität herangezogen werden.
- 40 2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei der Thermodifferenzmethode die Temperaturdifferenz DT des Kältemittels in dem wenigstens einen Kondensator sowie in dem wenigstens einen Verdampfer gebildet wird entsprechend der Gleichung

$$45 \quad DT = T_{evap}^{manifold} - T_{condens}^{manifold}$$

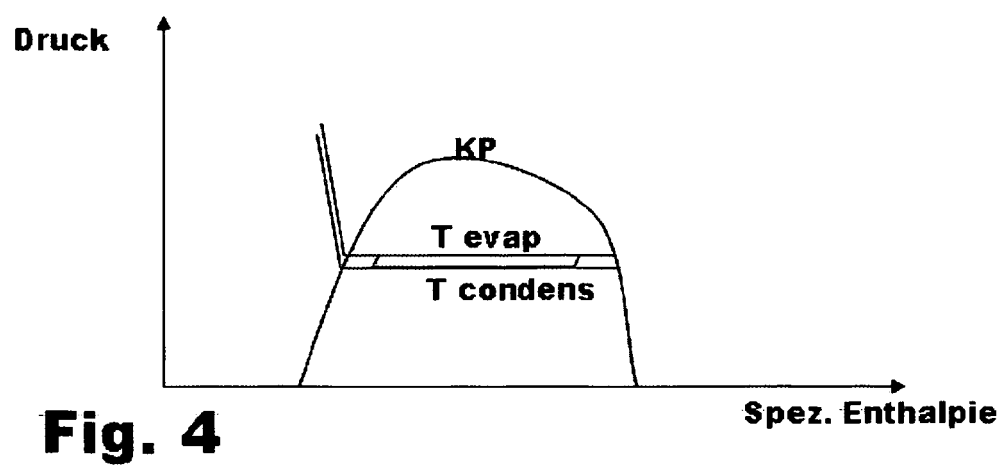
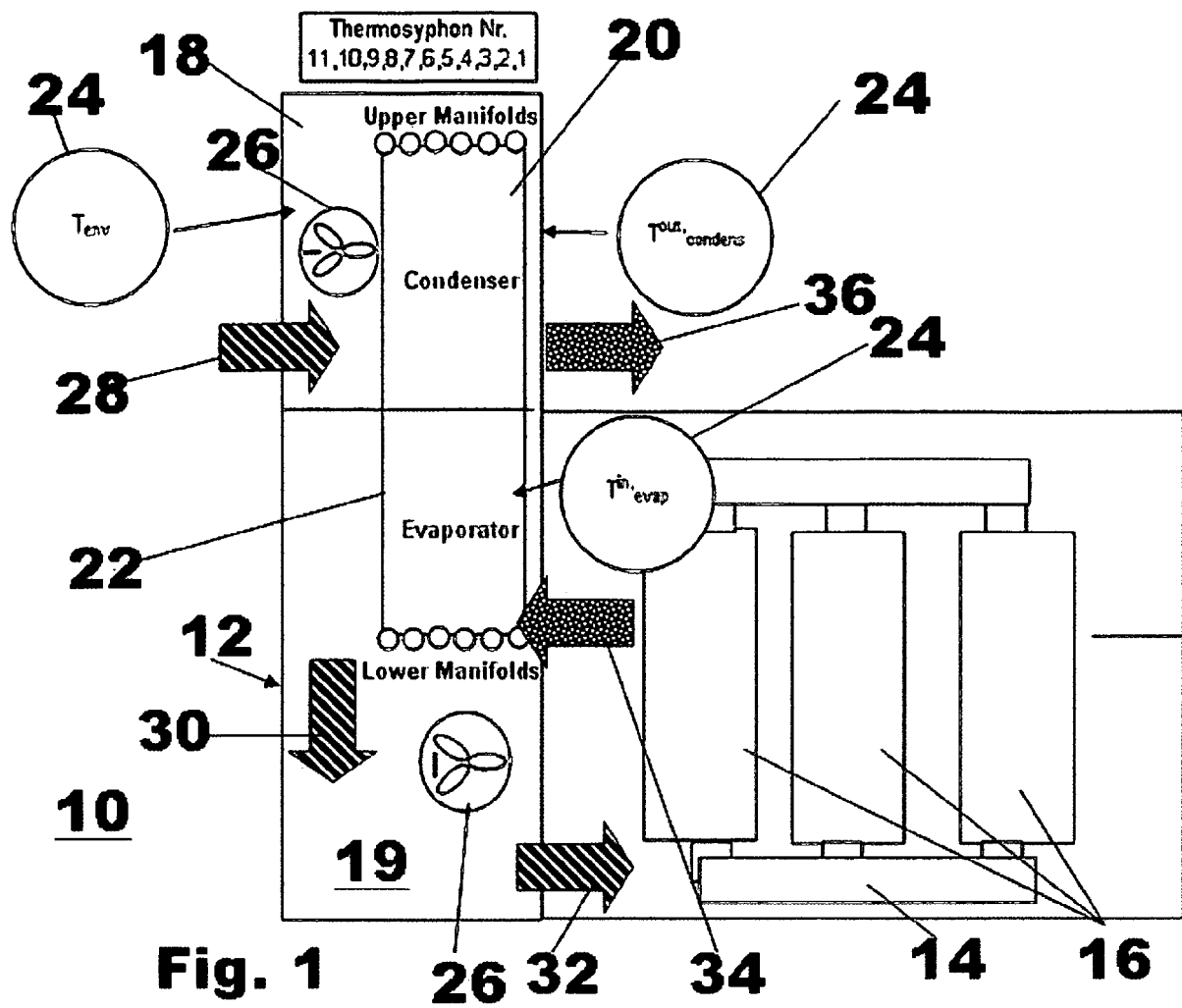
mit $T_{evap}^{manifold}$ = Temperatur im Verdampfer und
 50 mit $T_{cond}^{manifold}$ = Temperatur im Kondensator und beurteilt wird.

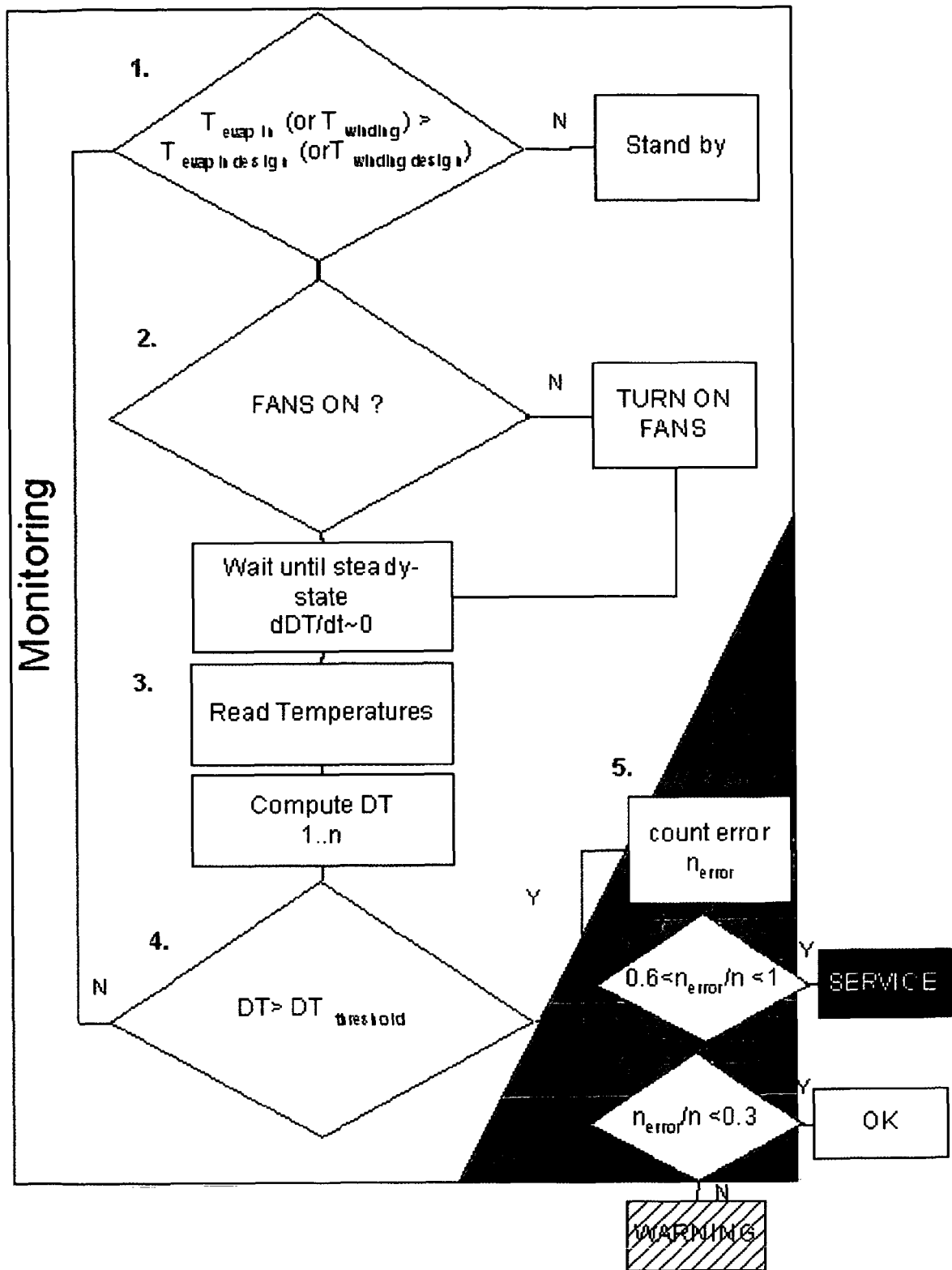
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei der Methode der Wärmeübertragereffektivität die
 55 globale Effektivität ϵ des ThermosyphonSystems gemäß der Beziehung $\epsilon = \frac{(T_{env} - T_{condens}^{out})}{(T_{env} - T_{evap}^{in})}$ oder

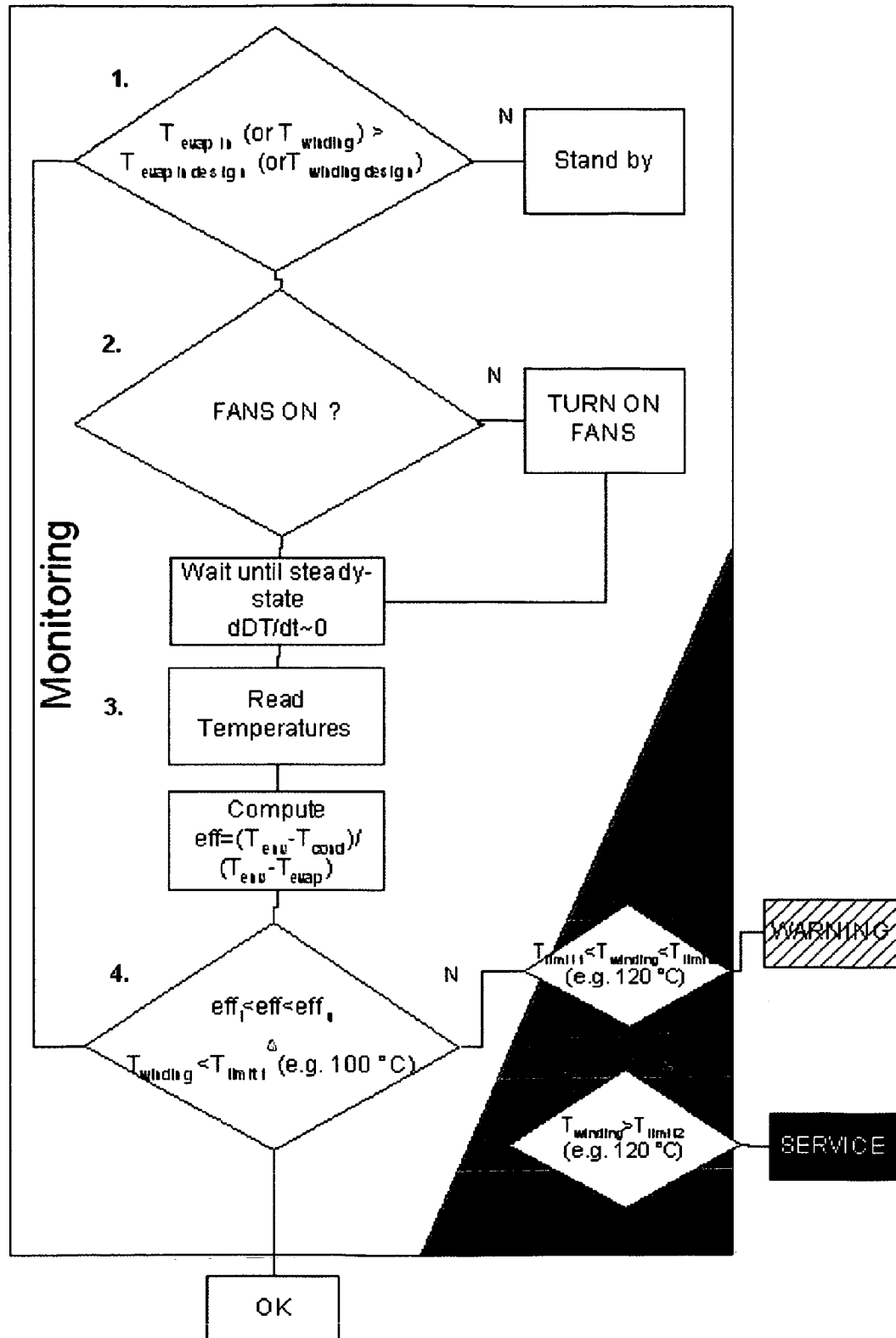
$$\varepsilon = \frac{(T_{evap}^{in} - T_{evap}^{out})}{(T_{evap}^{in} - T_{env})}$$

aus dem Verhältnis der Differenz der Temperaturen am Kondensatoreintritt (T_{env}) und am Kondensatoraustritt ($T_{condens}^{out}$), zur Differenz der Temperaturen am Kondensatoreintritt (T_{env}) und am Verdampfereintritt (T_{evap}^{in}) gebildet wird.

4. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Reduzierung der Anzahl der zur Erfassung der Temperaturkennwerte benötigten Messkanäle die Messungen sequentiell durchgeführt werden.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beiden Temperaturen an einem Thermosiphon-Element jeweils gleichzeitig gemessen werden.
6. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Falle einer Störung zu deren Behebung die Strömung des gasförmigen Wärmeträgers zumindest zeitweise unterbrochen wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Falle einer Störung zu deren Behebung die Strömungsrichtung des gasförmigen Wärmeträgers zumindest zeitweise umgekehrt wird.
8. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kondensator wie auch der Verdampfer beheizt werden.
9. Kühltssystem mit wenigstens einem Thermosiphon, insbesondere für Transformatoren, vorzugsweise für Trocken-transformatoren, wobei das Kühltssystem wenigstens einen Thermosiphon aufweist, der in einem Gehäuse angeordnet und mit wenigstens einem Verdampfer und mit wenigstens einem Kondensator versehen ist und ein verdampfbares Kältemittel und ein gasförmiges Medium, vorzugsweise Luft, als Wärmeträger benutzt, **dadurch gekennzeichnet, dass** in dem Gehäuse Temperatursensoren zur Ermittlung der relevanten Temperaturen vorgesehen sind.
10. Kühltssystem nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** Gebläseeinrichtungen vorgesehen sind, welche zur Erzeugung einer Strömung des gasförmigen Mediums dienen.
11. Kühltssystem nach einem der Ansprüche 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Strömungsrichtung des gasförmigen Mediums durch Änderung der Förderrichtung der Gebläseeinrichtung umkehrbar ist.
12. Kühltssystem nach einem der vorherigen Ansprüche 9 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** in dem den wenigstens einen Kondensator und den wenigstens einen Verdampfer aufnehmenden Gehäuse wenigstens eine Wärmequelle angeordnet ist.
13. Kühltssystem nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wärmequelle von wenigstens einem Heizelement gebildet ist.



**Fig. 2**



8.

Fig. 3



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 10 00 6813

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 4 337 820 A (PIERCE LINDEN W) 6. Juli 1982 (1982-07-06) * Zusammenfassung * * Spalte 3, Zeile 15 - Spalte 5, Zeile 13; Abbildungen 2,8,12,15 *	1,2,5,9,10	INV. F28D15/02 F28D15/06 H01F27/18
X	WO 2009/104197 A1 (CROMPTON GREAVES LTD [IN]; YARGOLE ARUN DATTATRAYA [IN]; KESHWATKAR BA) 27. August 2009 (2009-08-27) * Zusammenfassung * * Anspruch 1; Tabelle 2 *	9	
A	US 4 145 679 A (MITCHELL JR GEORGE F) 20. März 1979 (1979-03-20) * Zusammenfassung * * Spalte 4, Zeile 61 - Spalte 5, Zeile 57; Abbildung 1 *	1-13	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F28D H01F H02H
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 1. Februar 2011	Prüfer Winkelman, André
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

1
EPO FORM 1503.03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 10 00 6813

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

01-02-2011

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4337820	A	06-07-1982	KEINE
WO 2009104197	A1	27-08-2009	EP 2115753 A1 11-11-2009 US 2010328002 A1 30-12-2010
US 4145679	A	20-03-1979	CA 1098187 A1 24-03-1981 DE 2807809 A1 24-08-1978 FR 2382080 A1 22-09-1978 GB 1563791 A 02-04-1980 IT 1104430 B 21-10-1985

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 09015185 A [0009]