

(19)



(11)

**EP 1 570 215 B1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Patenterteilung:  
**05.12.2007 Patentblatt 2007/49**

(51) Int Cl.:  
**F25B 41/06** <sup>(2006.01)</sup>

(21) Anmeldenummer: **02782599.1**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/CH2002/000685**

(22) Anmeldetag: **11.12.2002**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2004/053406 (24.06.2004 Gazette 2004/26)**

(54) **VERDAMPFUNGSPROZESSSTEUERUNG IN DER KÄLTETECHNIK**

EVAPORATION PROCESS CONTROL FOR USE IN REFRIGERATION TECHNOLOGY

SYSTEME DE COMMANDE DE PROCESSUS D'EVAPORATION UTILISE DANS LA TECHNIQUE  
FRIGORIFIQUE

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR  
IE IT LI LU MC NL PT SE SI SK TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL LT LV MK RO**

(74) Vertreter: **Ottow, Jens M. et al**  
**Rentsch & Partner AG**  
**Fraumünsterstrasse 9**  
**Postfach 2441**  
**8022 Zürich (CH)**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**07.09.2005 Patentblatt 2005/36**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A- 1 014 013 WO-A-02/086396**  
**DE-A- 4 430 468 DE-A- 10 053 203**  
**DE-A- 19 506 143 US-A- 4 835 980**  
**US-A- 4 878 355**

(73) Patentinhaber: **BMS-Energietechnik AG**  
**3812 Wilderswil (CH)**

• **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 2003, no.  
01, 14. Januar 2003 (2003-01-14) -& JP 2002  
267279 A (ZEXEL VALEO CLIMATE CONTROL  
CORP), 18. September 2002 (2002-09-18)

(72) Erfinder: **MEISTER, Remo**  
**CH-3658 Merligen (CH)**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

**EP 1 570 215 B1**

## Beschreibung

**[0001]** Verdampfen von Kältemittel in Kühl- und Tiefkühlanlagen, Kältetechnik, Kältemaschine für Kühl- und Heizbetrieb, Kälteanlagen, Kältesätze, Wärmepumpen, Klimaanlage und weitere.

## Stand der Technik:

**[0002]** Verdampferregelung mit Trockenexpansion nach dem minimalsten stabilen Signal (MMS) (Fig. 1, 2 und 3).

**[0003]** Um einen Verdampfer in der Kältetechnik optimal zu betreiben, wird der Verdampfer soweit mit Nassdampf beaufschlagt, dass ein Regelventil (Expansionsventil) (3) auf ein minimalstes stabiles Signal, normalerweise nach dem Verdampferaustrittsdruck (12) und der dazugehörenden Verdampferaustrittstemperatur (13) des Kältemittels geregelt wird (Zeichnung Fig. 1, 2 und 3). Die Differenz des Verdampferdrucks, umgerechnet in die dazugehörende Verdampfungstemperatur und der tatsächlich als Temperatur gemessenen Verdampfungstemperatur dient dem Regelventil als Messgrösse. Dabei werden stabile Regelverhalten, bei einer möglichst kleinen Temperaturdifferenz, gesucht. Eine möglichst kleine Temperaturdifferenz hat eine höhere Verdampferleistung zur Folge. Ist die Differenz zu klein oder das Signal nicht stabil, kommt es zu Flüssigkeitsschlägen oder Leistungsverminderung am Verdichter (1). Ist die Differenz zu gross, kommt es zu einer Verminderung der Verdampferleistung (4).

**[0004]** Nach dem selben Prinzip (überhitzter Kältemitteldampf am Ende des Verdampfungsprozesses) werden auch automatische Ventile, Kapillarrohre oder andere Apparaturen bemessen und eingesetzt.

**[0005]** Dem Verdampfer werden zum Teil heute schon interne Wärmeaustauscher (IWT) (5) (Fig 4, 5, 6) nachgeschaltet. Allerdings werden diese als "thermisch kurze" Apparate ausgelegt und nicht in die Verdampferregelung nach Eintrittsdampfgehalt eingebunden. Die Kältemittelflüssigkeit wird nicht stark herunter gekühlt und die Saugdämpfe werden nicht stark überhitzt. Die Überhitzung des Saugdampfes ist auf ca. 5-10K begrenzt. Heute übliche Einspritzventile sind auch nicht auf maximale Überhitzungen konzipiert, und die einstellbare Überhitzung liegt bei maximal ca. 20-25K.

**[0006]** Aus der Druckschrift EP-A1-1 014 013 ist ein mit CO<sub>2</sub> arbeitender Kälteerzeugungs-Kreisprozess vom Dampf-Verdichtungs-Typ bekannt, der mit einem Verdampfer und einem internen Wärmetauscher arbeitet. Zwischen dem Verdampfer und dem internen Wärmetauscher ist ein Überhitzungs-Regelventil angeordnet, welches den Massenstrom des Anteils der flüssigen Phase in Abhängigkeit von einem Steuersignal steuert, um einen Grad der Überhitzung des Gasphasenanteils zu halten. Als Steuersignale werden insbesondere Temperatursignale verwendet, die von Temperatursensoren an den Ausgängen des Verdampfers und des internen

Wärmetauschers aufgenommen werden.

## Detaillierte Darstellung der Erfindung:

**[0007]** Ziel der Erfindung ist es, bei Kühl-/Tiefkühlanlagen, Kältemaschinen für Kühl- und Heizbetrieb, Kälteanlagen, Kältesätzen, Wärmepumpen, Klimaanlage und allen anderen Anlagen mit Einsatz von Kältemittel zur Verdampfung Folgendes zu erreichen:

**[0008]** Die Saugdampfüberhitzung im Verdampfer (4) klein zu halten oder den Verdampfer (4) mit Nassdampf zu verlassen und dabei die Saugdampfüberhitzung vor dem Verdichter (1) möglichst hoch zu halten (soweit die Einsatzgrenzen des Verdichters, des Öls oder des Kältemittels und / oder die verschiedenen Temperaturverhältnisse dies zulassen).

**[0009]** Zu diesem Zweck wird die Kälteanlage bestehend zur Hauptsache aus Verdichter (1), Kondensator (2), Einspritzventil (3) und Verdampfer (4) mit einem zusätzlichen internen Wärmeaustauscher (5) im Folgenden mit IWT bezeichnet, versehen (Fig. 7, 8, 9, 10, 11).

**[0010]** Dieser IWT (5) wird zwischen Verdampfer (4) und Verdichter (1) einerseits und zwischen Kondensator (2) und Einspritzventil (3) andererseits eingebaut (Zeichnung Fig. 8, 9, 10).

**[0011]** Auf der einen Seite wird der IWT (5) mit flüssigem Kältemittel (Flüssigkeitsseite) und auf der anderen Seite mit überhitztem dampfförmigen Kältemittel oder mit Nassdampf durchströmt.

**[0012]** Wird der IWT mit reinen Medien (flüssiges Kältemittel und überhitztem Saugdampf) durchströmt, sprechen wir von einem Wärmeaustausch (Fig. 4, 5, 6). Wird der IWT mit einem flüssigen Kältemittel und Nassdampf mit anschliessender Saugdampfüberhitzung betrieben, sprechen wir von einer zweiten Verdampfungsstufe mit integrierter Flüssigkeitsunterkühlung und Saugdampfüberhitzung (Fig. 7, 8, 9, 10). Im Folgenden sind immer beide Möglichkeiten gemeint.

**[0013]** Die eigentliche Verdampfung (erste Stufe) (4) findet teilweise oder ganz im Verdampfer (4) statt. Um diesen Verdampfer (4) optimal betreiben zu können, wird am Verdampferaustritt flüssiges Kältemittel zugelassen.

**[0014]** Da am Verdampferaustritt flüssiges Kältemittel zugelassen wird, fehlt zur Regelung des Verdampfers (4) eine Messgrösse zur Bestimmung der Überhitzung, und das Expansionsventil (3) kann die Kältemittelbefüllung des Verdampfers (4) nicht mehr regeln.

**[0015]** Die hier zum Patent angemeldete Regelung übernimmt als Neuheit erstmals die Messgrössen der Flüssigkeitstemperatur des Kältemittels vor dem Einspritzventil (3) und den Verdampferdruck (Fig. 7, 8, 9, 10, 11, Punkte 9, 10, 11, 12).

**[0016]** Es ist dabei egal, um was für Verdampfertypen oder Verdampferbauarten und um was für Kältemittel und Einsatzgebiete es sich dabei handelt.

**[0017]** Der Verdampferdruck wird am Eintritt des Verdampfers (12) (Beginn der Verdampfung) abgenommen (Fig. 7, 8, 9, 10, 11, Punkt 12). In speziellen Fällen kann

auch der Ausrittsdruck oder ein beliebiger Wert, hergeleitet aus beiden Druckmesswerten (Kältemittelfluid), als Messwert verwendet werden (Fig. 7, 23).

**[0018]** Mit dieser Regelung wird der Beginn des Verdampfungsprozesses geregelt (Fig. 7, Punkte 11, 12) und nicht wie bisher das Ende der Verdampfung (Fig. 3, Punkte 12 und 13).

**[0019]** Es ist dabei egal, ob genau nach der linken Grenzkurve zwischen Kältemittelflüssig- zu Kältemittelnassdampf im lg p, h-Diagramm des Kältemittels oder nach einem Wert (links) oder rechts dieser Grenzkurve geregelt wird.

**[0020]** Bei "optimierten" Verdampferbauarten wird möglichst nahe der linken Grenzkurve des lg p, h-Diagramms der Verdampfungsprozess gestartet. Bei nicht-optimierten Verdampfern kann es von Vorteil sein, einen bestimmten Gasanteil zu Beginn des Verdampfungsprozesses zuzulassen. Dabei wird nach dem Optimum für den jeweiligen Verdampfer rechts dieser Grenzkurve der Verdampfungsprozess gestartet.

**[0021]** Der Beginn des Verdampfungsprozesses definiert sich aus der Flüssigkeitstemperatur vor dem Einspritzventil (11, 9) und dem Verdampfungsdruck (12, 10) (Fig. 7, 8, 9, 10, 11, Punkte 11, 12, 9, 10).

**[0022]** Die Definition der Regelgrösse kann, wie die Überhitzungsregelung, aus dem Verdampfungsdruck und einer festen (Temperatur-) Differenz (einstellbar) oder aus einer hinterlegten Kurvenberechnung je Kältemittel erfolgen.

Das Einspritzventil (3) senkt dabei die Temperatur der Kältemittelflüssigkeit (11) vor dem Einspritzventil (3) durch Öffnen des Ventils (3) und erhöht die Kältemittelflüssigkeitstemperatur durch Schliessen des Ventils (3) und versucht so, den gewünschten Sollwert bei einem entsprechenden Verdampfungsdruck (12) zu erhalten.

**[0023]** Der Überflutungs- oder Überhitzungsgrad (19, 13) des oder der Verdampfer (4) bestimmen somit die Unterkühlungstemperatur des flüssigen Kältemittels (11) bei entsprechendem Verdampfungsdruck (12) und die Saugdampf Temperatur (13) am Verdichtereintritt (14).

**[0024]** Beim Erreichen von Grenzwerten, wie zum Beispiel der höchsten maximal zulässige Temperatur für den Verdichter (13, 14, 15, 16), übernimmt ein weiterer Temperaturmessfühler (optional) und übersteuert die Regelung der Kältemittelflüssigkeitseintrittstemperatur ins Einspritzventil (11) nach Verdampfungsdruck (12) (Fig. 7, 9, 11 Punkte 11, 12 und 13 (14, 15, 16)).

**[0025]** Es spielt dabei keine Rolle, ob als Messgrösse für diese Sicherheits- und Optimierungsfunktion die Saugdampf Temperatur am Austritt IWT (5) (13), die Saugdampf Temperatur am Eintritt Verdichter (1) (14), die Heissgastemperatur (Austritt Verdichter) (15), die Öltemperatur des Verdichters (1) (16) oder eine andere entsprechende Temperatur verwendet wird (Fig. 8, 9, 10, 11 Punkte 13, 14, 15, 16).

**[0026]** In jedem Fall wird entsprechend des Verdampfertyps immer eine optimal-maximale Unterkühlung (11) der Kältemittelflüssigkeit und eine je nach dem entspre-

chenden Verdichter optimal-maximale Saugdampfüberhitzung (14) angestrebt (Fig. 7, 9, 10, 11 Punkte 11, 14).

**[0027]** Es spielt dabei keine Rolle, ob das Kältesystem aus einem oder mehreren Verdampfern (4), einem oder mehreren IWT's (5), einem oder mehreren Verdichtern (1) oder einem oder mehreren Einspritzventilen (3) besteht, und ob diese zu Gruppen zusammengefasst sind oder nicht. Es spielt dabei auch keine Rolle, ob ein oder mehrere Verdampfer (4) mit nur einem oder mehreren IWT's (5) zu Gruppen zusammengefasst sind oder nicht (Fig. 10-18, Punkte 9, 10, 13, 14, 15, 16). Jegliche Kombinationen zwischen Einspritzventilen (3), Verdampfern (4), IWT's (5) und Verdichtern (1) ist also möglich.

**[0028]** Es spielt keine Rolle, ob die Einspritzventile (3) mechanischer, thermischer, elektronischer oder anderer Bauart sind, und ob diese getaktet, stetig oder anders regeln. Massgeblich ist der Prozess und Regelkreis mit den aufgeführten Abhängigkeiten zwischen Verdampfungsbeginn 11, 12), Verdampfungsende (13, 19) in Abhängigkeit der Kältemittelflüssigkeitseintrittstemperatur (21) in den IWT (5), der Saugdampfaustrittstemperatur (13) aus dem IWT (5), dem Zustand des Kältemittels (Nassdampf (19) oder überhitzter Saugdampf (13)) beim Verlassen des Verdampfers (19) resp. dem Eintreten (20) in den IWT (5), welcher einmal als zweite Verdampferstufe mit anschliessender hoher Saugdampfüberhitzung (13) und ein anderes Mal bei der gleichen Anlage als reiner Wärmetauscher zum Überhitzen des Saugdampfes (13) betrieben wird. Es spielt dabei auch keine Rolle, ob eine dem IWT (5) vorgeschaltete externe Unterkühlerstufe (25) dem Prozess einmal zu- und einmal weggeschaltet wird.

**[0029]** Der Vorteil dieser Verdampferregelung besteht aus der Tatsache, dass so der Verdampfer (4) optimal überflutet und ausgenutzt wird (Zeichnung Fig. 7, 9, 10, 11 Punkte 17, 19), dass der Druckabfall kältemittelseitig über den Verdampfer (4) kleiner wird, dass dadurch die Verdampfungstemperatur (23) erhöht wird, dass dadurch kleinere Verdampfer (4) eingesetzt werden können, dass dadurch der Kältemittelmassenstrom für eine geforderte Kälteleistung kleiner wird, dass dadurch die Verdichter (1) kleiner werden (Kälteerzeugung), dass dadurch weniger Energie zur Kälteerzeugung benötigt wird, dass dadurch die Liefergrade und die Schmierung und somit die Lebensdauer der Verdichter (1) erhöht wird.

**[0030]** Die Regelung wird so eingestellt, dass das Leistungsmaximum immer dem Verdampfer (4) (Fig. 7, 8, 9 Punkte 17) und nicht dem IWT (5) (18) zukommt (grösste mögliche Enthalpiestrecke bei Punkt 17).

#### Neu:

**[0031]** Neu an unserer Erfindung ist, dass ein Verdampfungssystem mit Trockenexpansion als überfluteter Verdampfer (4) eingesetzt wird, bei dem das Kältemittel den Verdampfer (4) in der ersten Stufe mit Flüssigkeitsanteilen verlässt (17, 19).

**[0032]** Neu an unserer Erfindung ist, dass das Kälte-

mittel als Flüssigkeits-/Gasgemisch mit hohem Gasanteil in eine zweite Verdampfungsstufe (5, 18, 20) eintritt (trokener Verdampfer), bei der eine Restverdampfung mit anschliessend hoher Überhitzung des Kältemittels (13) und einer gleichzeitigen Unterkühlung des flüssigen Kältemittels auf der zweiten Seite des IWT's (5) stattfindet (11).

**[0033]** Neu an unserer Erfindung ist, dass nach dem Verdampfungsbeginn (12) des Verdampfungsprozesses und nicht nach dem Verdampfungsende (13) geregelt wird.

**[0034]** Neu an unserer Erfindung ist, dass durch diese Regelung mit unterschiedlichen Saugdampfüberhitzungen (13), je nach Flüssigkeitseintrittstemperatur (21) in den IWT (5), auf den Verdichter (1) gefahren wird.

**[0035]** Neu an unserer Erfindung ist, dass die Saugdampfüberhitzung (13) möglichst gross gewählt wird.

**[0036]** Neu an unserer Erfindung ist, dass das verwendete, ausserhalb oder innerhalb des Verdampfers eingebaute Expansionsventil (3) die Kältemittelflüssigkeitstemperatur (11) vor dem Eintritt in das Einspritzventil (3) regelt.

**[0037]** Neu an unserer Erfindung ist, dass das verwendete, ausserhalb oder innerhalb des Verdampfers (4) eingebaute Expansionsventil (3) die Saugdampf-temperatur am Eintritt des Kältemittelverdichters (14) beschränkt und zugleich die Leistung der internen Unterkühlung (18) in Abhängigkeit der zur Verfügung stehenden Verdampferleistung (17) der ersten Stufe (4) regelt.

#### Aufzählung der Zeichnungen:

##### [0038]

- Fig. 1: Kältemittelkreislauf im lg p, h-Diagramm "Stand der Technik" 35
- Fig. 2: Kältemittelkreislauf "Stand der Technik"
- Fig. 3: Kältemittelkreislauf im lg p, h-Diagramm mit integrierten Apparaten 40
- Fig. 4: Kältemittelkreislauf im 1g p, h-Diagramm mit IWT "Stand der Technik" 45
- Fig. 5: Kältemittelkreislauf mit IWT "Stand der Technik"
- Fig. 6: Kältemittelkreislauf mit IWT "Stand der Technik" im 1g p, h-Diagramm mit integrierten Apparaten 50
- Fig. 7: Kältemittelkreislauf im 1g p, h-Diagramm mit Zweistufenverdampfer "Patent"
- Fig. 8: Kältemittelkreislauf mit Zweistufenverdampfer "Patent" 55
- Fig. 9: Kältemittelkreislauf im 1g p, h-Diagramm mit

Zweistufenverdampfer "Patent" mit integrierten Apparaten

- Fig. 10: Kältemittelkreislauf im 1g p, h-Diagramm mit Zweistufenverdampfer "Patent" mit integrierten Apparaten und Zweistufenunterkühlung (und Enthitzer) 5
- Fig. 11: Kältemittelkreislauf mit Verdampfer- und Messwertkombinationen (Beispiel) 10
- Fig. 12: Legende der Punkte aus den Zeichnungen

#### Ausführung der Erfindung:

15 **[0039]** Ein Kältesystem bestehend im Wesentlichen aus einem oder mehreren:

**[0040]** Verflüssigern (2), Verdampfern (4), IWT' (5), Kältemittelverdichtern (1), Einspritzventilen (3), Kältemittel, kältetechnischen Hilfsstoffen und Öl.

20 **[0041]** Optional weist ein Kältesystem je nach Anwendung zusätzlich einen oder mehrere der vorgenannten Komponenten und zusätzlich Enthitzer (24), einen oder mehrere Abwärmenutzungstauscher, weitere Unterkühler (25), Schaugläser (7), Trockner (6), Filter, Ventile (8), Sicherheitsapparaturen, Absperrapparaturen, Sammler, Ölpumpen, Verteilsysteme, Elektro-, Steuer- und Regel-  
25 teile, kältetechnische Hilfsstoffe, etc. auf.

**[0042]** Bei der Montage des Einspritzventils (3) vor dem Verdampfer (4) wird der Messwert zur Saugdampfbegrenzung an der Saugleitung zum Kältemittelverdichter (1) abgenommen. Zur Regelung der Verdampfung (17, 19) werden die Messwerte der Kältemittelflüssigkeitstemperatur (11) und des Verdampfer Eintrittsdrucks (12) verwendet. 30

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Regelung von Verdampfern (4, 12) in Kälteanlagen, bei dem das Kältemittel in einem Kondensator (2, 25) unterkühlt wird und bei dem ein interner Wärmetauscher (IWT) zwischen dem Verdampfer (4) und einem Verdichter (16) einerseits und zwischen einem Kondensator (2, 25) und einem Einspritzventil (3) andererseits verwendet wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** als erste Regelgrösse der Verdampfungsdruck (12) am Eintritt des Verdampfers (4, 12) und als zweite Regelgrösse die Kältemittelunterkühlungstemperatur (11) vor dem Einspritzventil (3) verwendet werden und **dadurch** der Beginn der Verdampfung (12) festgelegt und geregelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** als weiterer Messwert die Saugdampf-temperatur (13/14) am Eintritt in den Verdichter (1) diese Regelung optimiert und den Schutz des Verdichters (1) garantiert.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** weitere Messwerte wie die Heissgastemperatur (15) am Austritt des Verdichters (1), die Verdichteröltemperatur (16), der Saugdruck am Verdichter (23) und/oder der Hochdruck (22) vor dem Einspritzventil (3) oder nach dem Verdichter (1) zur Optimierung der Regelung oder zum Schutz des Verdichters (1) verwendet werden 5
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** nahe der linken Grenzkurve des lg (p,h)-Diagramms für das Kältemittel geregelt wird (12). 10
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch diese Art der Regelung der Verdampfer (4) überflutet und der Überflutungsgrad bestimmt und zugleich die Kältemittelsaugdampf- und Kältemittelflüssigkeitstemperatur (13/11) kontrolliert und geregelt wird. 15 20
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Messwert der Saugdampftemperatur (13/14) vor dem Verdichter (1) oder die Heissgastemperatur (15) am Austritt des Verdichters (1) oder die Verdichteröltemperatur (16) die Verdampfungssteuerung (11,12) übersteuert und die Saugdampftemperatur (14) verdichterabhängig auf einem Optimal- und/oder Maximalwert konstant hält. 25 30
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Optimum des Prozesses durch maximale Ausnutzung der Enthalpie im Verdampfer (4) zwischen linker und rechter Grenzkurve des lg (p,h)-Diagramms für das Kältemittel und je nach Temperaturniveau des IWTs (5, 21) mit Überhitzungsanteil im Verdampfer (4), immer dem Verdampfer (4) und nicht dem IWT (5) zugute kommt. 35 40
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Verdampfer (4) mit einem IWT (5) oder mehrere Verdampfer (4) mit einem IWT (5) oder mehrere Verdampfer (4) mit mehreren IWTs (5) zu einem Kältesystem verbunden werden. 45
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** je nach Kombination von Verdampfern (4), IWTs (5), Einspritzventilen (3) und Verdichtern (1) die Einspritzventile (3) und das System mit einer reduzierten Anzahl von Messwerten (9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 22, 23) geregelt werden. 50

## Claims

1. A method for the regulation (closed-loop control) of evaporators (4, 12) in refrigeration systems, with which the refrigerant is undercooled in a condenser (2, 25) and with which an internal heat exchanger (IWT (internal Wärmetauscher)) is used on the one hand between the evaporator (4) and a condenser (16), and on the other hand between a condenser (2, 25) and an injection valve (3), **characterised in that** the evaporation pressure (12) at the entry of the evaporator (4, 12) is used as a first controlled variable, and the refrigerant subcooling temperature (11) in front of the injection valve (3) is used as a second controlled variable, and the beginning of the evaporation (12) is fixed and regulated by way of this.
2. A method according to claim 1, **characterised in that** as a further reading, the suction vapour temperature (13/14) at the entry into the condenser (1) optimises this regulation and ensures the protection of the condenser (1).
3. A method according to claim 1 or 2, **characterised in that** further readings such as the hot gas temperature (15) at the exit of the condenser (1), the condenser oil temperature (16), the suction pressure at the condenser (23) and/or the high pressure (22) in front of the injection valve (3) or after the condenser (1), are used for optimising the regulation or for the protection of the condenser.
4. A method according to one of the claims 1 to 3, **characterised in that** one regulates (12) near to the left limit curve of the lg(p, h) diagram for the refrigerant.
5. A method according to one of the claims 1 to 4, **characterised in that** by way of this type of regulation, the evaporator (4) is flooded and the degree of flooding is determined and at the same time the refrigerant suction vapour temperature and refrigerant fluid temperature (13/11) are controlled and regulated.
6. A method according to one of the claims 1 to 5, **characterised in that** the reading of the suction vapour temperature (13/14) in front of the condenser (1), or the hot gas temperature (15) at the exit of the condenser (1), or the condenser oil temperature (16) overcontrols the evaporation control (11, 12) and keeps the suction vapour temperature (14) constant to an optimal value and/or maximal value, in a manner which is dependent on the condenser.
7. A method according to one of the claims 1 to 6, **characterised in that** the optimum of the process, by way of the maximal utilisation of the enthalpy in the evaporator (4) between the left and right limit curve of the lg(p, h) diagram for the refrigerant, and, de-

pending on the temperature level of the IWTs (5, 21), with an overheating portion in the evaporator (4), always benefits the evaporator (4) and not the IWT (5).

8. A method according to one of the claims 1 to 7, **characterised in that** an evaporator (4) is connected to an IWT (5), or several evaporators (4) are connected to an IWT (5), or several evaporators (4) are connected to several IWTs (5), into a refrigeration system.
9. A method according to claim 8, **characterised in that** the injection valves (3) and the system are regulated with a reduced number of readings (9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 22, 23) depending on the combination of evaporators (4), IWTs (5), injection valves (3) and condensers (1).

#### Revendications

1. Procédé de régulation d'évaporateurs (4, 12) dans des installations frigorifiques, selon lequel le fluide réfrigérant est sous-refroidi dans un condenseur (2, 25) et selon lequel un échangeur thermique interne (IWT) est utilisé entre l'évaporateur (4) et un compresseur (16) d'une part, et entre un condenseur (2, 25) et une vanne d'injection (3) d'autre part, **caractérisé en ce que** l'on utilise comme première grandeur réglée la pression d'évaporation (12) à l'entrée de l'évaporateur (4, 12) et comme deuxième grandeur réglée la température de sous-refroidissement du fluide réfrigérant (11) avant la vanne d'injection (3) et l'on détermine et régule ainsi le début de l'évaporation (12).
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la température de vapeur aspirée (13/14) à l'entrée dans le compresseur (1) est utilisée comme valeur mesurée supplémentaire pour optimiser cette régulation et garantir la protection du compresseur (1).
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** d'autres valeurs mesurées comme la température du gaz chaud (15) à la sortie du compresseur (1), la température de l'huile de compresseur (16), la pression d'aspiration au compresseur (23) et/ou la haute pression (22) avant la vanne d'injection (3) ou après le compresseur (1) sont utilisées pour optimiser la régulation ou pour protéger le compresseur (1).
4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** l'on régule à proximité de la courbe limite gauche du diagramme 1g(p,h) pour le fluide réfrigérant (12).
5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** ce type de régulation permet de noyer l'évaporateur (4) et de déterminer le degré de noyage et en même temps de contrôler et réguler la température de vapeur aspirée du fluide réfrigérant et la température du fluide réfrigérant liquide (13/11).
6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** la valeur mesurée de la température de vapeur aspirée (13/14) avant le compresseur (1) ou la température du gaz chaud (15) à la sortie du compresseur (1) ou la température de l'huile de compresseur (16) a priorité sur la commande d'évaporation (11, 12) et maintient constante la température de vapeur aspirée (14) à une valeur optimale et/ou maximale en fonction du compresseur.
7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** l'optimum du processus par exploitation maximale de l'enthalpie dans l'évaporateur (4) entre courbe limite gauche et droite du diagramme lg (p,h) pour le fluide réfrigérant et selon le niveau de température de l'IWT (5, 21) avec part de surchauffe dans l'évaporateur (4), profite toujours à l'évaporateur (4) et pas à l'IWT (5).
8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce qu'un** évaporateur (4) est relié à un IWT (5) ou plusieurs évaporateurs (4) à un IWT (5) ou plusieurs évaporateurs (4) à plusieurs IWT (5) pour former un système frigorifique.
9. Procédé selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** selon la combinaison d'évaporateurs (4), d'IWT (5), de vannes d'injection (3) et de compresseurs (1), les vannes d'injection (3) et le système sont régulés avec un nombre réduit de valeurs mesurées (9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 22, 23).

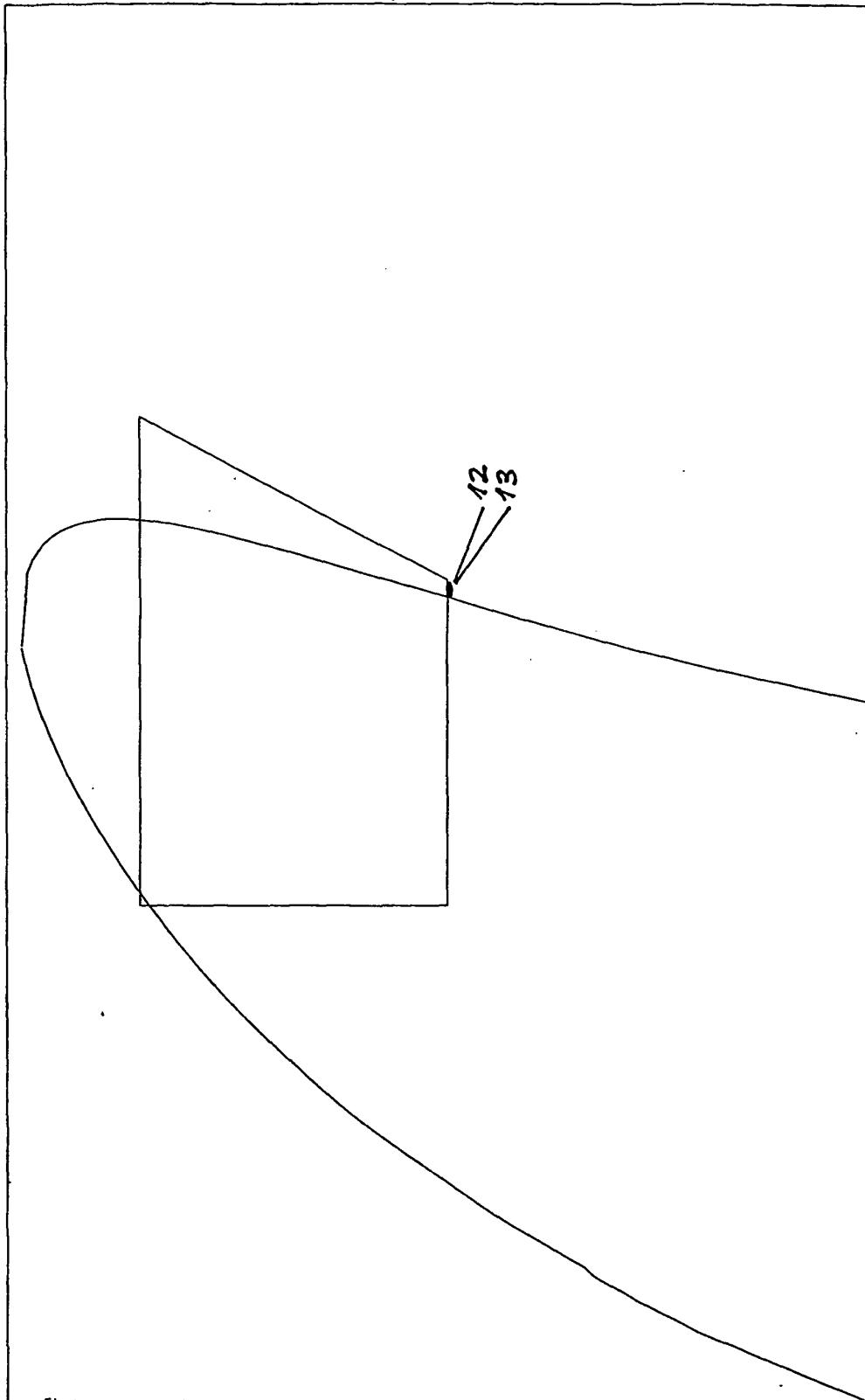


Fig. 1

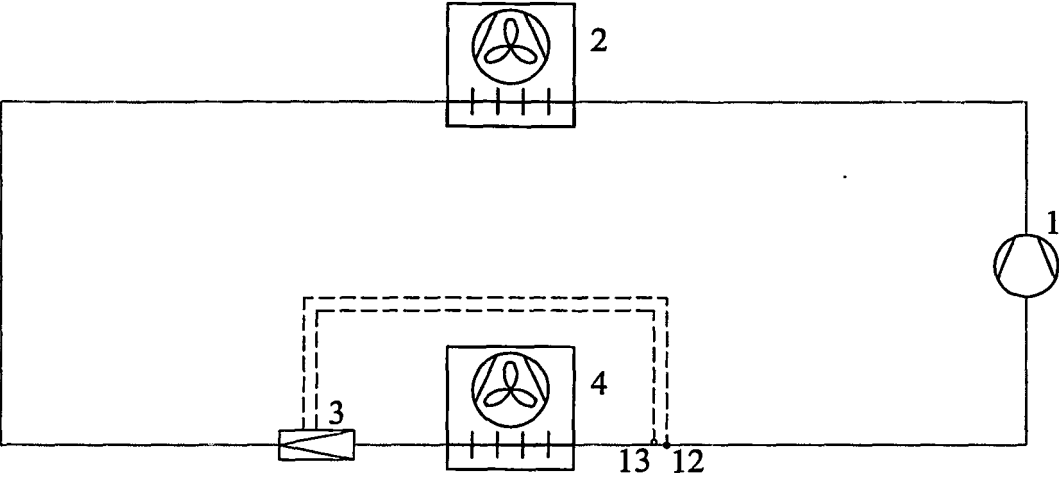


Fig. 2



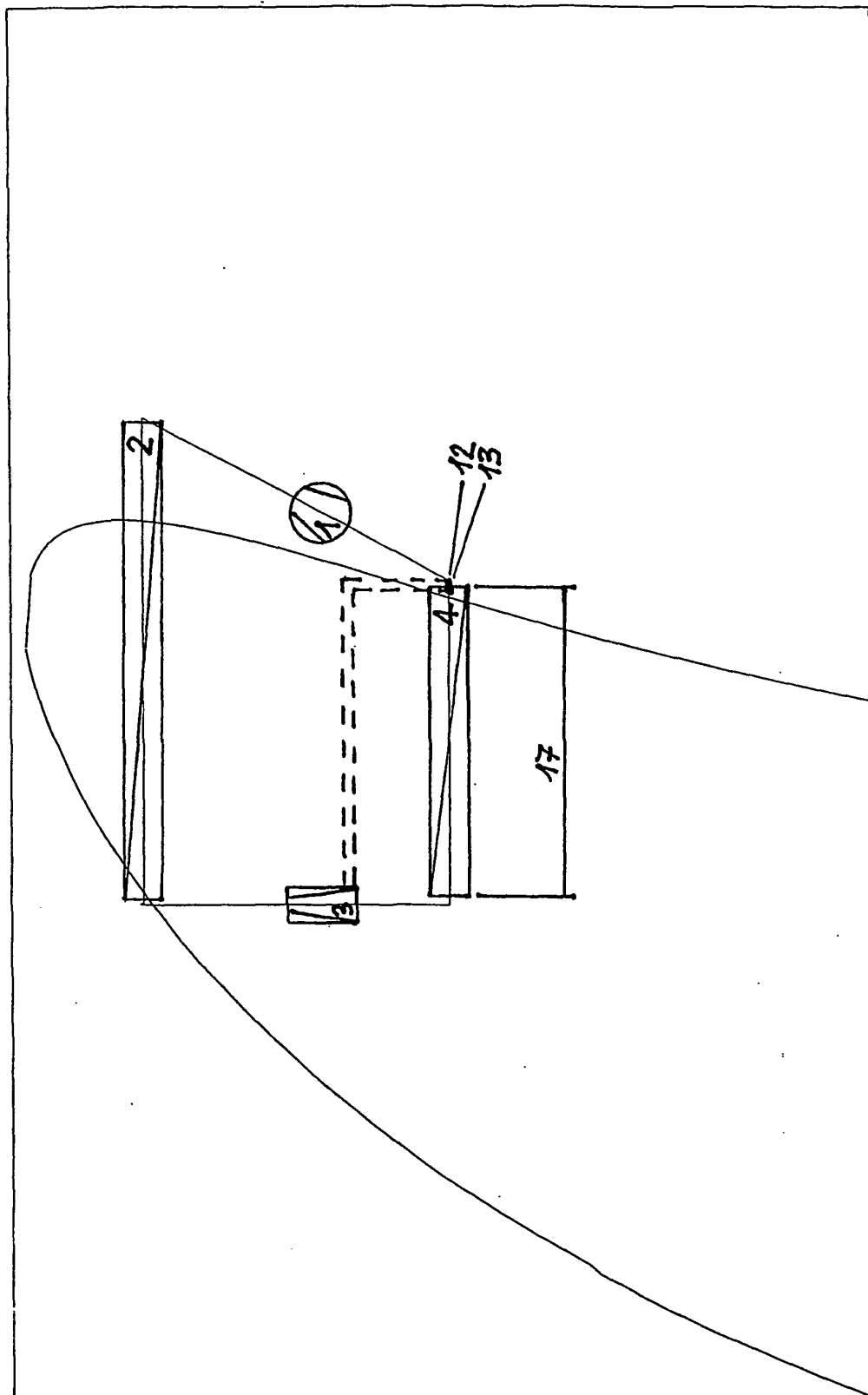


Fig. 3

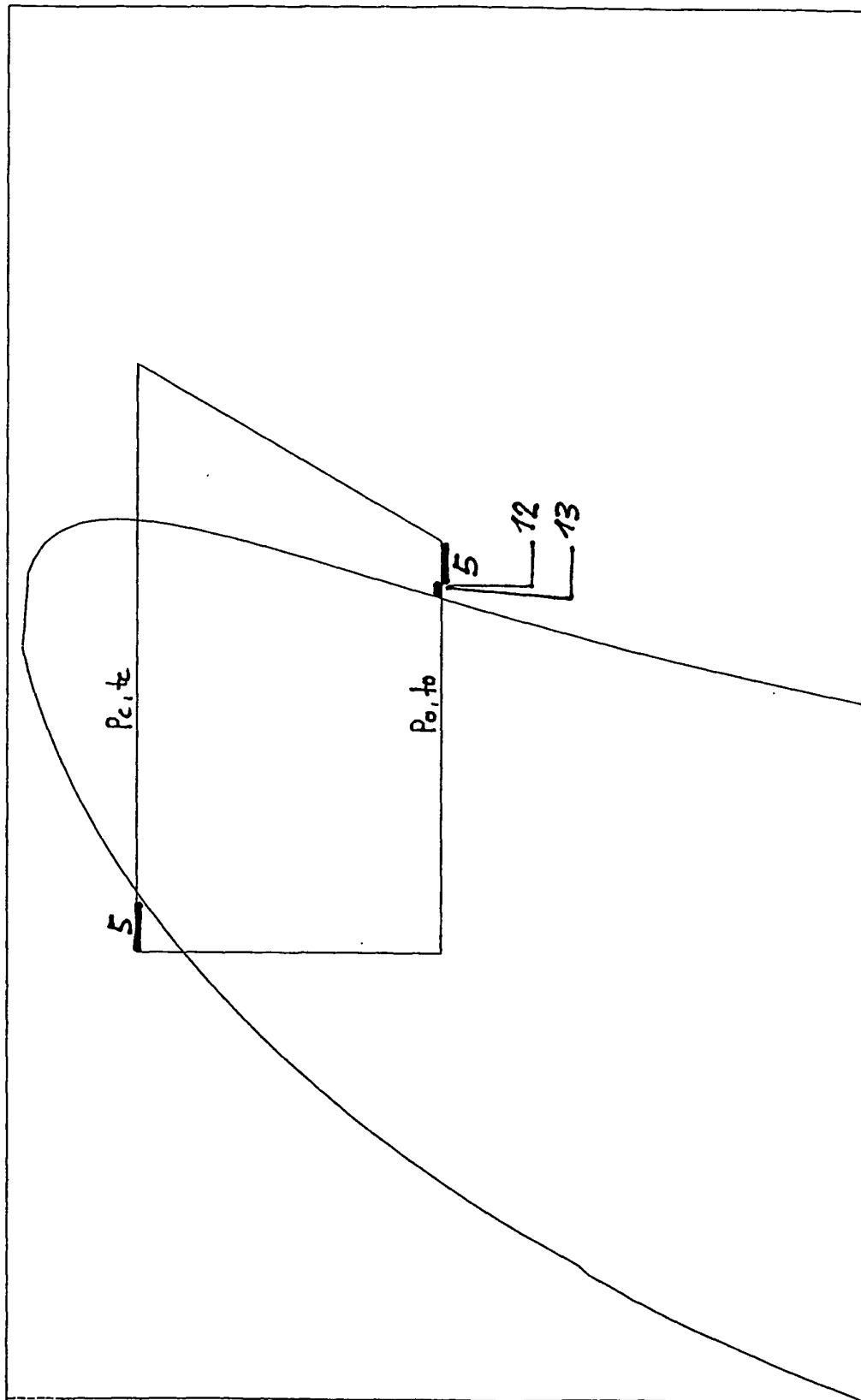


Fig. 4

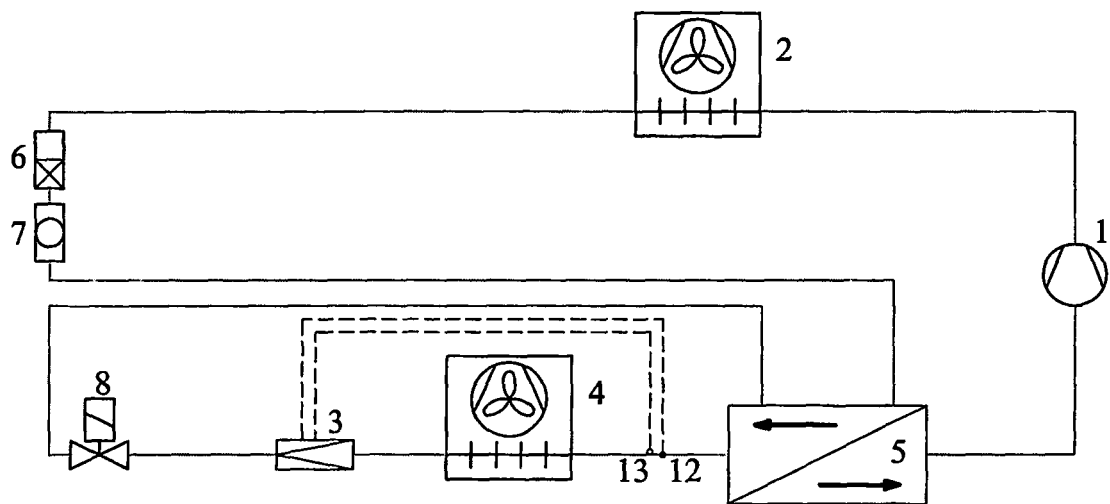


Fig. 5

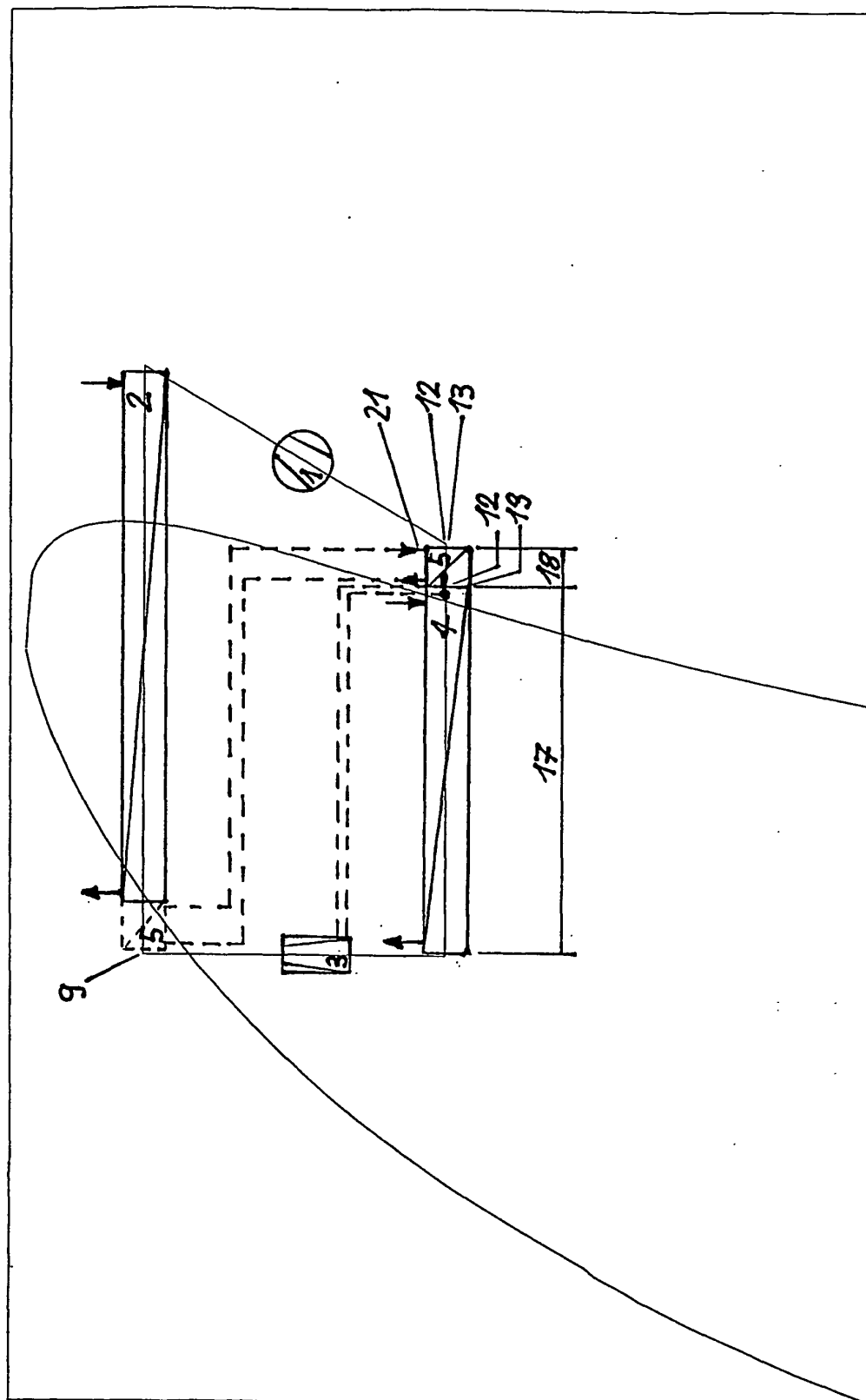


Fig. 6

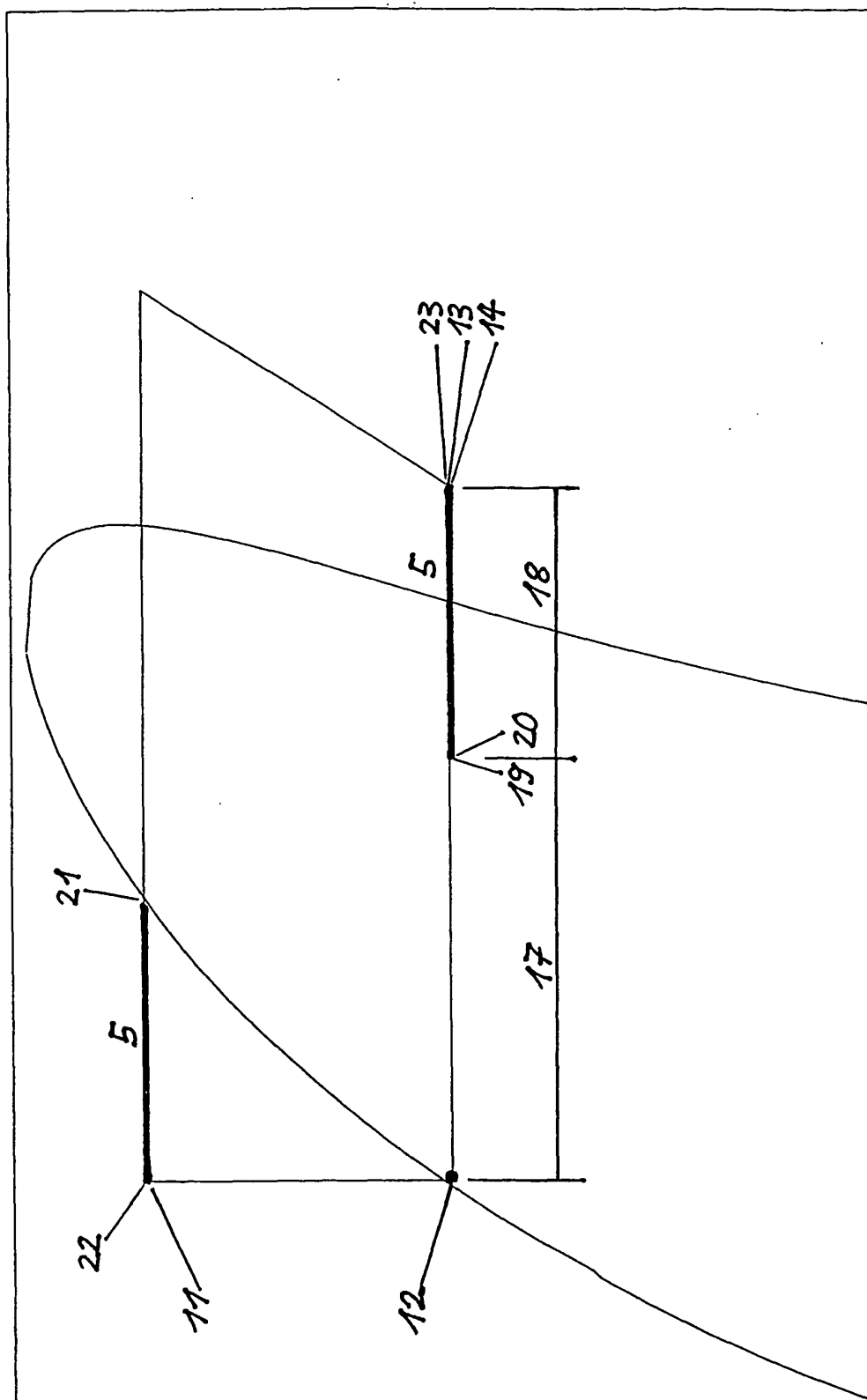


Fig. 7.

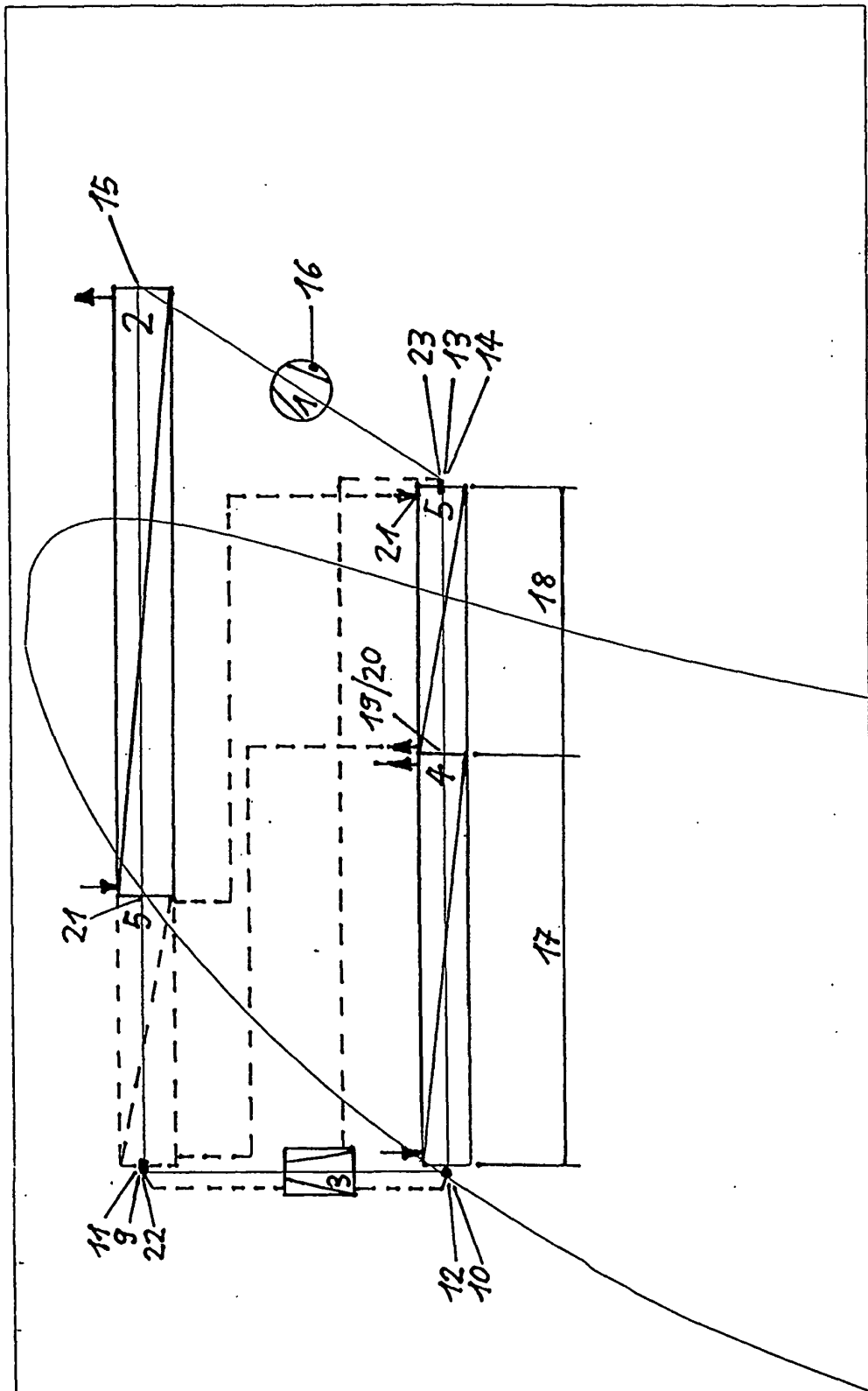


Fig. 8

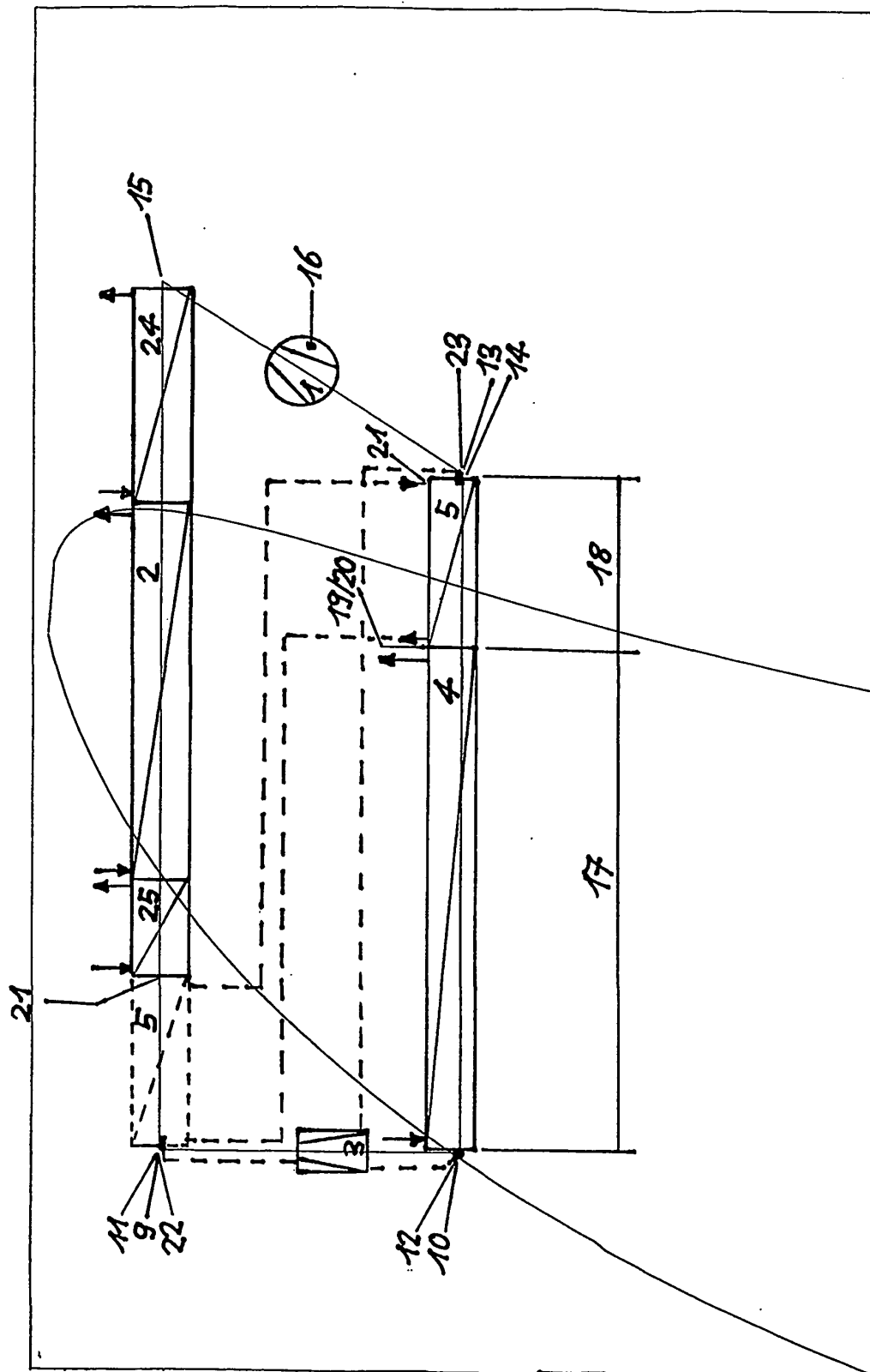


Fig. 9

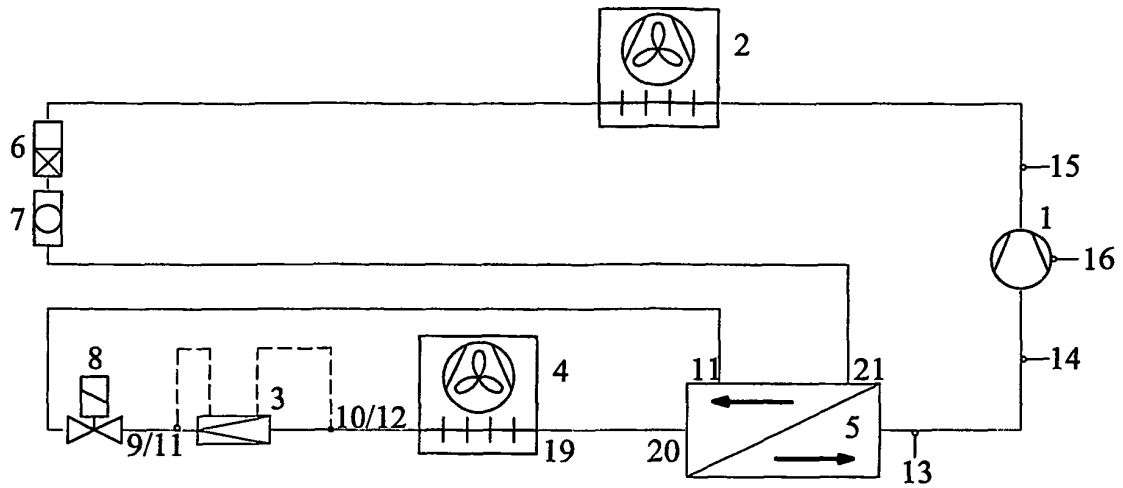


Fig. 10

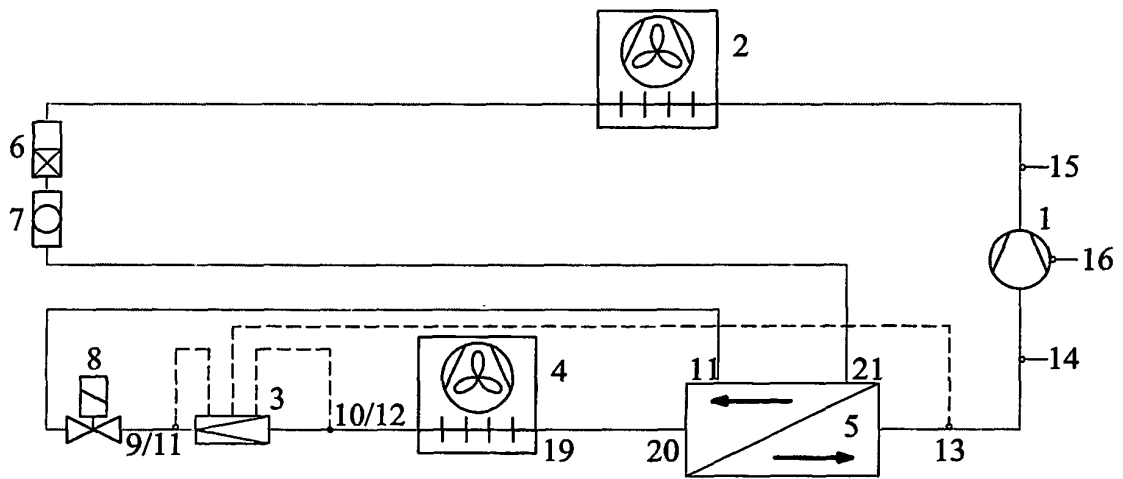


Fig. 11

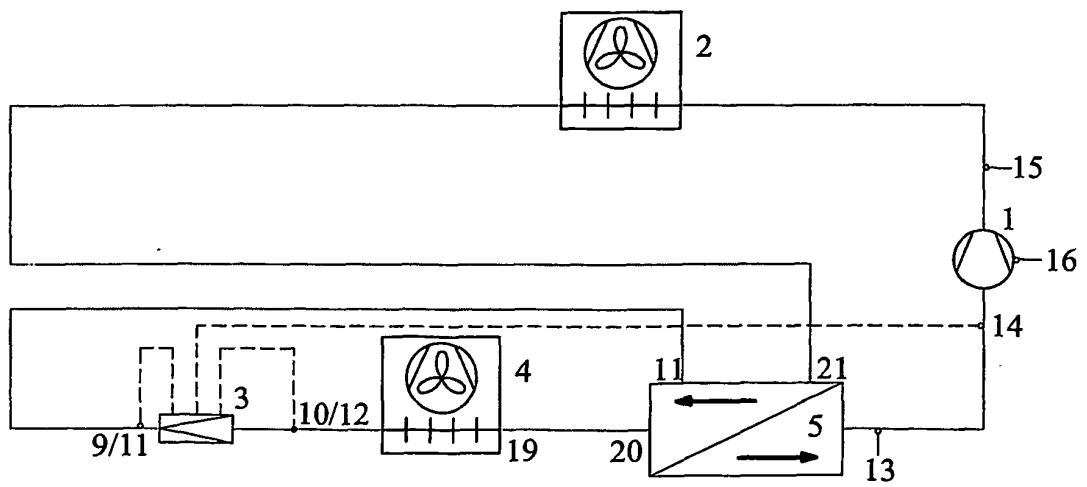


Fig. 12



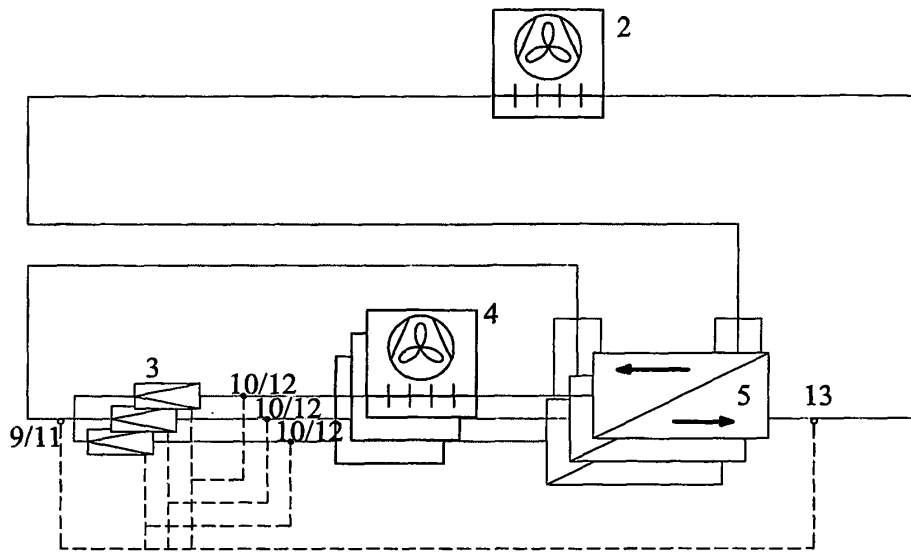


Fig. 13

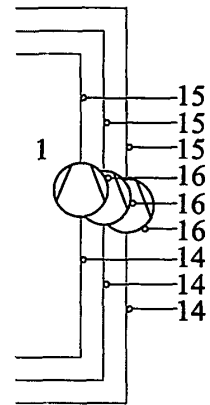


Fig. 16

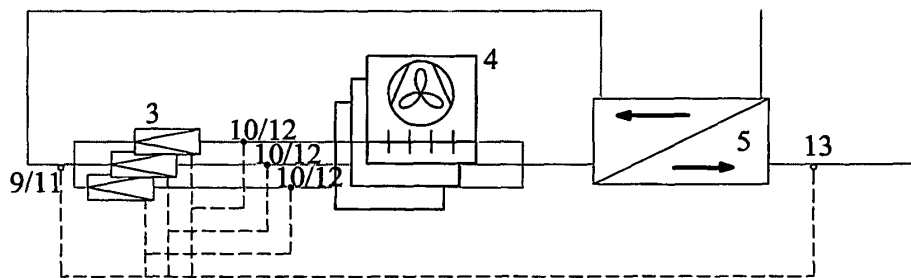


Fig. 14

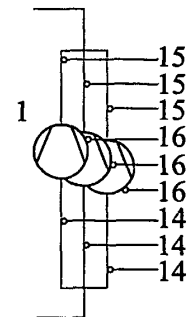


Fig. 17

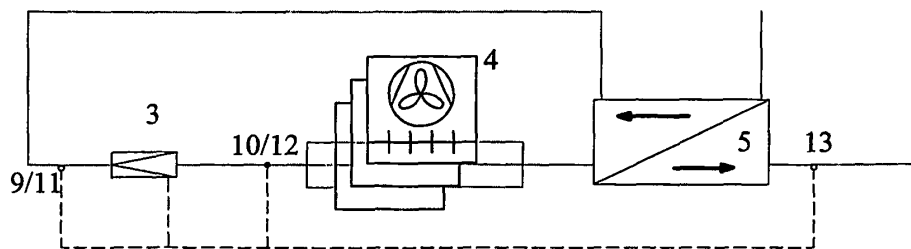


Fig. 15

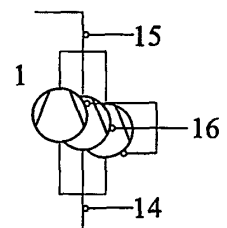


Fig. 18

**Legende der Punkte aus den Zeichnungen:**

- 1 Verdichter
- 2 Verflüssiger
- 3 Einspritzventil, Expansionsventil
- 4 Verdampfer
- 5 IWT (innerer Wärmeaustauscher)
- 6 Trockner
- 7 Schauglas
- 8 Magnetventil
- 9 Temperaturfühler an der Flüssigkeitsleitung vor dem Einspritzventil
- 10 Druckfühler am Verdampfereintritt (Prozess)
- 11 Kältemittelflüssigkeitstemperatur vor dem Einspritzventil
- 12 Saugdampfdruck, Verdampfungsdruck
- 13 Saugdampf Temperatur am Verdampfer- oder IWT-Austritt
- 14 Saugdampf Temperatur am Verdichtereintritt
- 15 Heissgastemperatur am Verdichteraustritt
- 16 Verdichteröltemperatur
- 17 Verdampfungsenthalpie (Verdampferleistung)
- 18 IWT-Enthalpie (IWT-Leistung)
- 19 x-Punkt des Zustandes des Kältemittels im Nassdampfgebiet (kg/kg)  
Verdampferende
- 20 x-Punkt des Zustandes des Kältemittels im Nassdampfgebiet (kg/kg)  
IWT-Eintritt
- 21 IWT-Eintrittstemperatur des flüssigen Kältemittels
- 22 Hochdruck
- 23 Saugdruck vor dem Verdichter
- 24 Enthitzer (optional)
- 25 Externer Unterkühler (optional)

**Fig. 19**

**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 1014013 A1 [0006]