



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
02.01.2003 Patentblatt 2003/01

(51) Int Cl.7: F01K 7/22, F01K 19/02

(21) Anmeldenummer: 02013142.1

(22) Anmeldetag: 14.06.2002

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

(72) Erfinder: Schwieger, Joachim
44141 Dortmund (DE)

(74) Vertreter: Freischem, Werner, Dipl.-Ing.
Patentanwälte Freischem,
An Gross St. Martin 2
50667 Köln (DE)

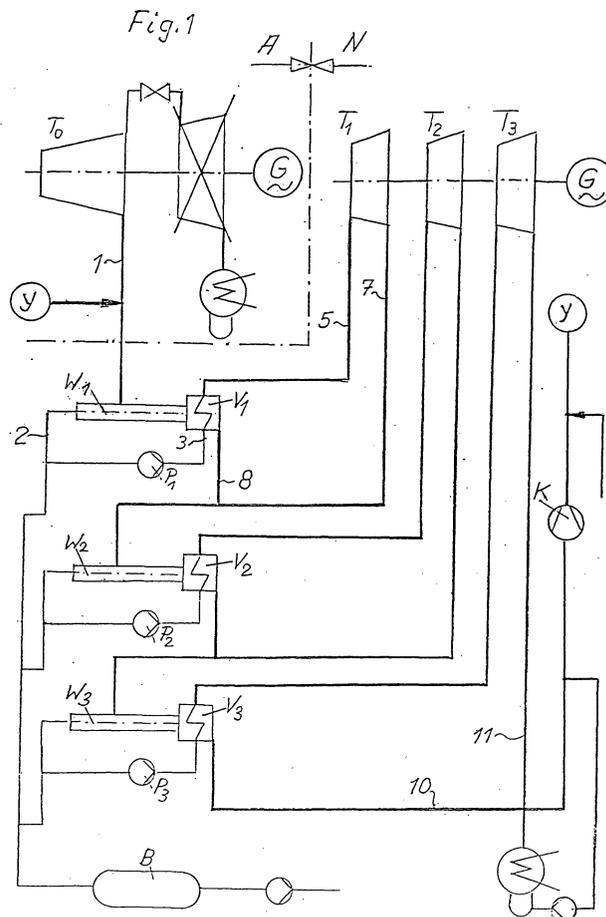
(30) Priorität: 27.06.2001 DE 10131072

(71) Anmelder: Schwieger, Joachim
44141 Dortmund (DE)

(54) **Wärmetransformation mit Rückverdichtung**

(57) Durch Rückverdichtung des Abdampfes mittels eines Dampfverdichters (K) soll der das Wärmetransformationssystem (W_1, W_2, W_3) durchlaufende Dampf in ei-

nem geschlossenen Kreislaufsystem möglichst weitgehend in Energie umgesetzt werden, ohne daß Abwärme über einen Kühlturm abgeführt werden muß.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Wärmetransformation mittels eines Wirbelaggregats, z.B. eines Hilschrohres, bei dem ein Dampfstrom, insbesondere ein Sattdampfstrom, im Wirbelaggregat in einen erwärmten Teilstrom und in einen abgekühlten Teilstrom aufgeteilt wird und im abgekühlten Teilstrom eine Kondensation stattfindet, und das Kondensat nach Druckerhöhung durch eine Pumpe die Wärme des erwärmten Teilstromes aufnimmt und verdampft und der Dampf nach Arbeitsleistung in einer Arbeitsmaschine in die Wirbelströmung zurückgeführt wird entsprechend dem Patent DE 199 16 684.

[0002] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bei einem entsprechend der Patentschrift DE 199 16 684 arbeitenden Kraftwerk die im Abdampf befindliche Energie besser zu nutzen.

[0003] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß eine Restdampfmenge mittels eines Dampfverdichters verdichtet einem Wirbelaggregat (W) zugeführt wird, wobei die Restdampfmenge aus dem Warmstromanteil des letzten Wirbelaggregates und der Abdampf der letzten Arbeitsmaschine besteht.

[0004] In Abweichung von dem in der Patentschrift DE 199 16 684 beschriebenen Verfahren ist es nicht so sehr von Bedeutung, in einem einzigen Durchlauf durch das Transformations-System durch möglichst viele in Reihe geschalteter Trafostufen eine möglichst hohe Verringerung der im Kondensator niederzuschlagenden Abdampfmenge zu erreichen, da eine Rückverdichtung erfolgt.

[0005] So kann auch eine lohnende Mehrleistung der Turbine gegenüber dem Verdichter einen einstufigen Transformations-Prozeß wirtschaftlich vertretbar machen. Allerdings steigt mit der Abnahme der Leistungsdifferenz zwischen Verdichter und Turbine bei nur einer Trafostufe die Anzahl der erforderlichen Durchläufe.

[0006] Anstelle einer Dampfabgabe aus einer vorhandenen Anlage kann natürlich auch Dampf aus anderen Quellen bezogen bzw. über Dampfverdichter eingespeist werden. So kann aus einer thermischen Meerwasserentsalzungsanlage in der Dampfphase über Verdichtung eine Einspeisung erfolgen, wobei der Dampf nach Nutzung zur Energieerzeugung wieder als Kondensat abgegeben wird. Ähnlich kann bei solar, mittels Erdwärme oder sonstwie erzeugtem Heißwasser Dampf durch Ausdampfung gewonnen werden.

[0007] Bei der Optimierung des Transformations-Prozesses bringt eine Abweichung der erreichbaren Turbinenleistung weniger eine Änderung des Prozeß-Wirkungsgrades als vielmehr eine Erhöhung der Zahl der Durchläufe über die Rückverdichtung, dadurch einen Anstieg der erforderlichen Anlagenkapazität und der Kosten, da ja die vorstehend einzeln betrachteten Durchläufe in Wirklichkeit gemeinsam gleichzeitig ablaufen.

[0008] Wesentlich ist also, daß die erzielte Turbinenleistung möglichst hoch über der Verdichterleistung liegt, um die Anzahl der Durchläufe und damit die Kapazität der Komponenten zu begrenzen. Eine Leistungsgleichheit würde den Trafo-Prozeß verhindern. Eine Unterschreitung der Bandbreite der vertretbaren Leistungsdifferenz würde durch eine zu hohe Umlaufzahl die Anlage bis zur Unwirtschaftlichkeit verteuern.

[0009] So liegt auch die vereinfachte Einbeziehung von drei Kondensationsturbinen ohne Vakuumentwässerung und des Verdichters ohne Zwischenkühlung im Rahmen der Bandbreite einer Überschlagsrechnung.

[0010] Da bei Fremd-Dampfeinspeisung die Wärmezufuhr infolge der Verdichtung nur gering ist gegenüber der weit größeren Dampfenthalpie, so ist sie meist wirtschaftlich lohnend, denn nicht Exergie, sondern Energie ist maßgebend. So kann auch das Druckniveau des Transformations-Prozesses zwecks optimaler Abmessungen angehoben werden.

[0011] Bei den allgemeinen Rückverdichtungskreisläufen und den Projektuntersuchungen war die Effektivität vorwiegend bestimmt durch den Temperaturunterschied zwischen Expansion und Kompression. Bei der Rückverdichtung in Verbindung mit einem Wärmetransformator findet der Arbeitsprozeß jedoch überwiegend im Satt- und Naßdampfgebiet statt. Auch wird hier keine Wärme zugeführt, sondern die vorhandene latente Wärme des Arbeitsmediums umgesetzt, bis der Dampf weitgehend kondensiert ist.

[0012] Der Wirkungsgrad der Transformation ohne Rückverdichtung erhöht sich gleitend in Abhängigkeit von der Güte der Randbedingungen, wie Anzahl und Druckverlust der Trafostufen, Höhe, der Größe des Kaltstromanteils und dessen Temperaturdifferenz zum Warmstrom.

[0013] Diese Kriterien beeinflussen bei einem nach dem erfindungsgemäßen Verfahren arbeitenden Kraftwerk vorrangig die Kosten. Das Maß der Leistungsdifferenz zwischen Turbine und Verdichter ist dabei allein entscheidend für die Ausführbarkeit, da hiervon das Maß der Umläufe, also die Kapazität der Anlage und somit deren Kosten abhängen. Lassen diese eine Rückverdichtungsanlage wirtschaftlich erscheinen, dann rückt ein innerer Wirkungsgrad nahe an 100% in Reichweite.

[0014] Zur Frage der Ausführbarkeit folgendes: Beim Hilschrohr ist die Wärmetrennung mit Luft experimentell nachgewiesen. Es ist zu erwarten, daß auch mit Dampf und eingepaßtem Wirbelaggregat ein entsprechender Effekt eintritt. Schließlich zeigt die Natur, daß beim Tornado eine Kondensation erfolgt. Diese Wirkungsweise wäre technisch zu erfassen und nachzuahmen.

[0015] Die Abwärme eines Kraftwerkes kann dann statt in einem Kondensator und Kühlturm in ein neues Kraftwerk mit stufenweiser Transformation und Rückverdichtung eingeleitet werden und eine Leistung ohne zusätzlichen Brennstoffeinsatz erzeugen.

EP 1 270 877 A1

[0016] Fig. 1 zeigt eine Prinzipskizze eines nach dem erfindungsgemäßen Verfahren arbeitenden Kraftwerkes.

[0017] In den Zeichnungen bedeuten

- 5 A = Altanlage
- N = Neuanlage
- G = Generator
- T = Turbine
- W = Wirbelaggregat
- P = Pumpe
- 10 V = Verdampfer
- K = Kompressor
- m = (kg/s) relativ
- 1m = 100 % Zudampf
- 15 p = (bar) Druck
- pi = Staudruck
- t = (°C) Temperatur
- h = (kJ/kg) Enthalpie
- B = Kondensatbehälter

20 **[0018]** Bei dem Kondensationskraftwerk nach Fig. 1 strömt Dampf aus einer Turbine T_0 einer vorhandenen Altanlage A über eine Leitung 1 einem Wirbelaggregat W_1 zu und wird in zwei Teilströme unterschiedlicher Temperatur aufgeteilt. Der kältere Teilstrom kondensiert, und das Kondensat wird über eine Leitung 2 einer Pumpe P_1 zur Druckerhöhung zugeführt. Anschließend nimmt das Kondensat im Verdampfer V_1 die vom Warmstrom aufgenommene und transportierte Kondensationswärme des Kaltstroms auf und verdampft. Der Dampf strömt über eine Leitung 5 der Turbine T_1 zu. Nach Arbeitsleistung wird der Dampf über eine Leitung 7 in das Wirbelaggregat W_2 der nächst niederen Stufe eingeführt.

[0019] Der im Verdampfer V_1 bereits auf seine Eingangsenthalpie abgekühlte Warmstromanteil des Wirbelaggregats W_1 wird über eine Leitung 8 dem Wirbelaggregat W_2 zugeführt. Es können eine oder mehrere Wirbelaggregat-Stufen vorgesehen sein, in denen sich die Aufteilung in jeweils zwei Teilströme wiederholt.

30 **[0020]** In einer Berechnung eines Kraftwerkes mit Rückverdichtung gemäß Fig. 1 wurde in Fig. 2 das Verhältnis von Kalt- zu Warmstrom auf 2:1 gesetzt und zum Teil angenommene Ausgangsdaten bei den einzelnen Wärmetransformationsstufen eingetragen. Es wird ein in sich geschlossener Kreislauf dargestellt als Grundlage für eine Übersichtsrechnung an einem Beispiel.

35 **[0021]** Mit den eingesetzten Werten ergibt sich bei einer Zudampfmenge von 1m (1m = 1 kg/s - symbolisch für 100 %) eine innere Dampfturbinenleistung von insgesamt ca. 940 KWi bei drei Transformationsstufen mit den jeweils zugeordneten Teilturbinen. Dabei beträgt die Minderleistung der vorhandenen Entnahmeturbine $T_0 \Delta N = 1m \cdot (2545 - 2340) h \cdot 0,98 = 200 \text{ KWi}$ (h = kJ/kg) bei einer an das System abgegebenen Wärmemenge von

40
$$Q = 1m (2545 - 163) h = 2382 \text{ KW th,}$$

d.h. der fiktive Teilwirkungsgrad für die Entnahmedampfmenge zu 1m würde unter Berücksichtigung der Kondensationswärme lediglich betragen

45
$$\eta = 200 \text{ KWi} : 2382 \text{ KWth} = 0,084,$$

[0022] Demgegenüber zeigt das erfindungsgemäße Konzept gemäß Fig. 2 die gleiche Gesamtleistung von 940 KWi. Nach Abzug von 200 KWi Minderleistung verbleiben 740 KWi bzw. $N_e = \text{ca. } 740 \text{ KWi} \cdot 0,96 = 710 \text{ KWe}$.

50 **[0023]** Zur Kontrolle beträgt die umgesetzte Wärmemenge beim ersten Durchlauf gemäß Fig. 2

1. Durchlauf		
Q ein	= 1 m · 2545 h	= 2545 KW th
Q aus	= 0,702 m · 2171 h	= 1524 KW th
Q Kondensat	= 0,298 m · 212 h	= 63 KW th
Differenz		= 958 KW th

EP 1 270 877 A1

(fortgesetzt)

1. Durchlauf		
	N_i	= 940 KW i
	N_{el}	= 910 KW e

5
10
[0024] Das erfindungsgemäße Konzept besteht nun darin, daß die dem Kondensator zuströmende Abdampfmenge von 0,702 m bei 0,07 bar durch Rückverdichtung bei vorheriger Entwässerung und nachfolgender Einspritzkühlung auf den ursprünglichen Eingangswert von 0,56 bar bei 2545 h wieder eingespeist wird. Dabei beträgt die hierfür erforderliche Verdichterleistung 280 KW.

[0025] Allerdings sinkt nun die verdichtete Zudampfmenge auf 0,71 m gegenüber ursprünglich 1,0 m. Nach diesem ersten Durchlauf beginnt ein sich mit der Rückverdichtung wiederholender Umlauf, wobei sich der jeweilige Massenstrom auf 71% des vorherigen Umlaufs verringert.

15

2. Umlauf - Bilanz		
Q zu	= 0,71 m · 2545 h	= 1800 KW th
Q aus	= 0,71 m (0,702 m · 2171 h - 63 h)	= 1145 KW th
	Differenz Q	= 655 KW th
zum Vergleich:	$N = 0,71 \cdot 910 \text{ KW} - 280 \text{ KW}$	= 646-280 = 366KWe

20

[0026] Da die Wärmemenge in wiederholten Umläufen mit Rückverdichtung (280 KW) abgearbeitet wird, ergeben sich abhängig von der jeweiligen Umlaufzahl die folgenden Werte:

25

Umlauf	1	2	3	4	5	6	10
N_e des Umlaufs (KW)	710	366	260	184	131	93	24
N_e gesamt (KW)	710	1076	1336	1520	1651	1744	1914
Wirkungsgrad (%)	29,8	43,6	56,1	63,8	69,3	73,2	80,3

30

bezogen auf 2382 h /kJ/kg).

[0027] Nach dem zehnten Umlauf wird ein Wirkungsgrad von etwa 80% erreicht. Somit steht der durch die Dampfen-
entnahme entstandenen Minderleistung von 200 KW eine Leistung im Trafosystem von nunmehr ca. 1900 KWe ge-
genüber. Die kursierende Umlaufdampfmenge erreicht hierbei fast den dreifachen Wert der Eintrittsdampfmenge, was
eine entsprechend große Kapazität der Anlage erfordert.

[0028] Diese Überschlagsrechnung soll lediglich die Tendenz veranschaulichen. Die angenommenen Randbedin-
gungen können sich je nach Versuchsergebnis noch ändern.

[0029] Die Wärmeübertragung bei der Transformation ist ein kontinuierlicher Prozeß, wobei die Kondensationswär-
me des Kaltstromes nicht auf die Warmstromenthalpie aufgestockt wird, sondern die Wärmeübertragung kontinuierlich
gleitend erfolgt und zur Verdampfung dient. Nachstehend soll der Zusammenhang aufgezeigt werden, daß letztlich
die erzeugte Turbinenleistung der Verdampfungswärme des abgeführten Kondensates entspricht. Am Turbinenaustritt
ist die Dampfenthalpie infolge der Arbeitsleistung verringert, wodurch dieser Dampf nur eine geringere Menge an
sekundärem Satttdampf erzeugen kann. Das überflüssige Kondensat, das ohne externe Wärmeabfuhr kondensiert,
wird über die Entwässerung abgeführt.

[0030] Die erzeugte Leistung von ca. 940 KW_i entspricht in der Größenordnung jener Wärmemenge, die bei der
Kondensation der aus dem System abgegebenen Kondensatmenge frei wird, und zwar

- 50
1. aus den Trafostufen mit $Q_{\text{Kond}} = 0,298 \text{ m} \cdot (2545-212) \text{ h} = 695 \text{ KW th}$ und
 2. aus der Entwässerung vor Verdichter: $Q_{\text{Kond}} = 0,117 \cdot (2545-163) \text{ h} = 278 \text{ KW th}$ $\Sigma Q_{\text{Kond}} = 695 + 278 = 973 \text{ KW th}$.

[0031] Die innere Turbinenleistung beträgt 940 KW_i. Der erste Umlauf nach Verdichtung hat bei 71% der Zudampf-
menge auch entsprechend 71% der obigen Werte, wobei statt der Turbinenminderleistung von 200 KW_i die Verdich-
terleistung (280 KW im zweiten Umlauf) abzuziehen ist.

[0032] Da infolge der Erhöhung von Temperatur und Enthalpie des Sekundärdampfes (210°C, 2800 kJ/kg) gegen-
über dem zuströmenden Primärdampf (84°C, 2545 h) die Wärme im Verdampfer V_1 nicht zur Verdampfung der ge-
samten Kondensatmenge ausreicht, wird der Überschuß in den Kondensatsammelbehälter B abgeführt.

[0033] Eine nicht kondensierte Restdampfmenge, die sich aus den beiden Abdampfmengen der letzten Transformationsstufe (Leitung 10) und der letzten Turbine T_3 (Leitung 11) zusammensetzt, wird nach Entwässerung in einem Dampfkompessor K verdichtet und nach Wassereinspritzung zwecks Kühlung - zur rechnerischen Vereinfachung - wieder auf Zudampfzustand der Leitung 1 gebracht und dort bei Y dem Prozeß wieder eingegeben. Der Kondensator wird hierdurch entbehrlich.

5

Patentansprüche

10 **1.** Verfahren zur Wärmetransformation mittels eines Wirbelaggregats, z.B. eines Hilschrohres, bei dem ein Dampfstrom, insbesondere ein Sattedampfstrom, im Wirbelaggregat in einen erwärmten Teilstrom und in einen abgekühlten Teilstrom aufgeteilt wird und im abgekühlten Teilstrom eine Kondensation stattfindet und das Kondensat nach Druckerhöhung durch eine Pumpe die Wärme des erwärmten Teilstromes aufnimmt und verdampft und der Dampf nach Arbeitsleistung in einer Arbeitsmaschine in die Wirbelströmung zurückgeführt wird, **dadurch gekennzeichnet, daß** eine Restdampfmenge mittels eines Dampfverdichters (K) verdichtet einem Wirbelaggregat (W) zugeführt wird, wobei die Restdampfmenge aus dem Warmstromanteil des letzten Wirbelaggregates (W_3) und der Abdampf der letzten Arbeitsmaschine (T_3) besteht.

15

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Restdampfmenge auf den Ausgangswert verdichtet wird.

20

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** jeder Transformationsstufe eine Turbine (T_1 , T_2 , T_3) zugeordnet ist.

25

30

35

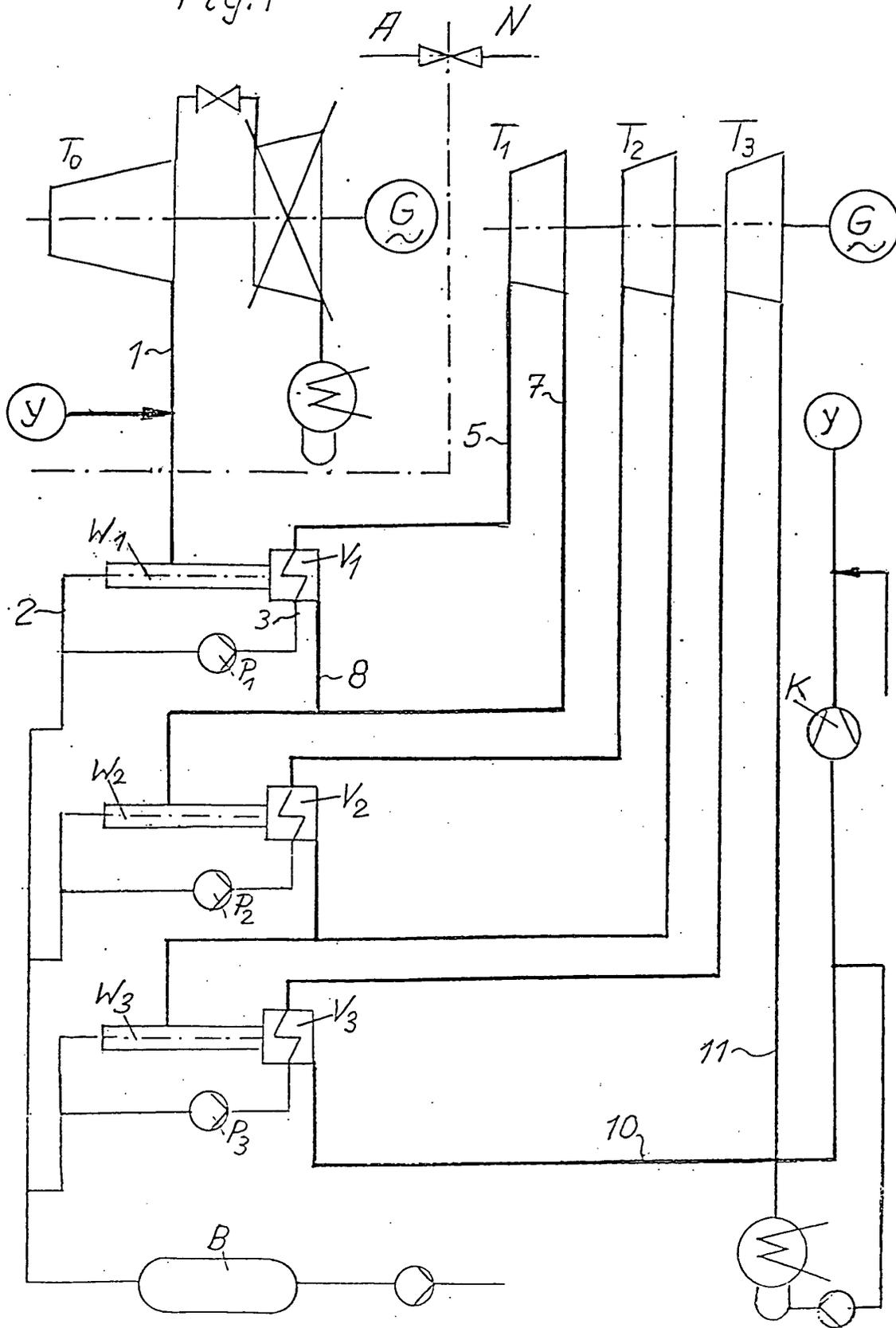
40

45

50

55

Fig.1





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 02 01 3142

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
A	US 4 479 354 A (COSBY THOMAS) 30. Oktober 1984 (1984-10-30) * Spalte 3, Zeile 51 - Zeile 66; Abbildung 1 *	1	F01K7/22 F01K19/02
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
			F01K
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 24. September 2002	Prüfer Van Gheel, J
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 : mündliche 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			

EPO FORM 1503 03.02 (P04C03)

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

EP 02 01 3142

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

24-09-2002

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4479354 A	30-10-1984 CA	1180196 A1	01-01-1985

EPO FORM P0461

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