

⑤

Int. Cl.:

G 21 c, 15/18

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT



⑥

Deutsche Kl.: 21 g, 21/22

⑩

# Offenlegungsschrift 2 264 355

⑪

⑫

Aktenzeichen: P 22 64 355.6-33

⑬

Anmeldetag: 29. Dezember 1972

⑭

Offenlegungstag: 18. Juli 1974

Ausstellungspriorität: —

⑮

Unionspriorität

⑯

Datum: —

⑰

Land: —

⑱

Aktenzeichen: —

⑤④

Bezeichnung: Notkühlvorrichtung für den Kernreaktor einer geschlossenen Gasturbinenanlage

⑥①

Zusatz zu: —

⑥②

Ausscheidung aus: —

⑦①

Anmelder: Brown Boveri-Sulzer Turbomaschinen AG, Zürich (Schweiz)

Vertreter gem. § 16 PatG: Albrecht, H., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 1000 Berlin

⑦②

Als Erfinder benannt: Frutschi, Hans Ulrich, Riniken (Schweiz)

---

 Prüfungsantrag gemäß § 28 b PatG ist gestellt

DI 2204 555

ORIGINAL INSPECTED

Dipl.-Ing. Hans Albrecht

Patentanwalt

1. Febr. 1938

Edelhoferstrasse 26

Telefon 401 25 68

3971

15.11.1972

2264355

Brown Boveri-Sulzer Turbomaschinen Aktiengesellschaft, Zürich

Notkühlvorrichtung für den Kernreaktor einer geschlossenen  
Gasturbinenanlage

Die Erfindung betrifft eine Notkühlvorrichtung für den Kernreaktor einer geschlossenen Gasturbinenanlage, in deren endlosem Strömungsweg für das Arbeitsmittel nacheinander ein Verdichter, der Kernreaktor und eine Turbine liegen.

Im normalen, ungestörten Betrieb einer geschlossenen Gasturbinenanlage wird die im Kernreaktor erzeugte Wärme durch den Arbeitsmittelstrom der Gasturbinenanlage abgeführt. Wird infolge eines Unfalls, beispielsweise eines Rohrbruchs, die normalerweise durch den Kernreaktor strömende Arbeitsmittelmenge verkleinert oder unterbrochen, muss die im Kernreaktor noch vorhandene und erzeugte Wärme durch eine Notkühlvorrichtung abgeführt werden.

Bei einer bekannten Notkühlvorrichtung wird zur Notkühlung ein Kühlgebläse vorgesehen, welches einen eigenen Antrieb besitzt und den Kernreaktor im Falle der Notkühlung mit einem Kühlmittel, beispielsweise gekühltem Arbeitsmittel beaufschlagt. Da besonders bei einem schnellen Reaktor die Notkühlung bei einem Unfall sofort einsetzen muss, muss das Kühlgebläse ständig

409829/0436

2264355

mindestens im Leerlauf mitlaufen, womit ein Leistungsverlust für die Anlage verbunden ist.

Weist die Gasturbinenanlage mehrere jeweils einen Verdichter und eine Turbine aufweisende Maschinensätze auf, so kann ein solcher mittels seines Anfahrmotors betriebener Maschinensatz zur Notkühlung verwendet werden. Die für diesen so betriebenen Anfahrmotor benötigte Leistung ist aber sehr gross, so dass eine sehr grosse Notstromgruppe vorgesehen werden müsste.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Notkühlung zu ermöglichen, die sicher wirkt, mit kleinem baulichen Aufwand auskommt, im ungestörten Betrieb der Gasturbinenanlage praktisch keine und im Falle der Notkühlung nur eine sehr kleine Leistung benötigt.

Diese Aufgabe wird bei der eingangs beschriebenen Notkühlvorrichtung erfindungsgemäss dadurch erreicht, dass eine Stufe des Verdichters durch einen von der Gasturbinenanlage unabhängigen Antrieb separat angetrieben ist, dass der separat angetriebenen Verdichterstufe ein Kühler vorgeschaltet ist, und dass die separat angetriebene Verdichterstufe im ungestörten Betrieb der Gasturbinenanlage mitläuft und im Falle der Notkühlung als Kühlgebläse dient und auf die gewünschte Kühlleistung einregulierbar ist.

Weiter ist es vorteilhaft, dass für das Arbeitsmittel eine Kernreaktor-Rückführleitung vorgesehen ist, die ein Absperrorgan aufweist und den Austritt des Kern-

409829/0436

2264355

reaktors mit dem Eintritt der separat angetriebenen Verdichterstufe verbindet, wobei der der separat angetriebenen Verdichterstufe vorgeschaltete Kühler im Strom des durch die Kernreaktor-Rückführleitung fliessenden Arbeitsmittels liegt.

Eine besonders vorteilhafte Ausführung besteht darin, dass die separat angetriebene Verdichterstufe im ungestörten Betrieb der Gasturbinenanlage mit gegenüber dem Fall der Notkühlung reduzierter Leistung mitläuft. Dabei ist von Vorteil, wenn für das Arbeitsmittel eine die separat angetriebene Verdichterstufe umgehende Verdichter-Bypassleitung vorgesehen ist, in welche ein Rückschlagventil eingebaut ist.

Weiter ist dabei von Vorteil, wenn der Antrieb der separat angetriebenen Verdichterstufe auf konstantes Drehmoment geregelt wird, dessen Grösse der Grösse des bei Notkühlung erforderlichen Drehmoments gleich ist.

In der Zeichnung sind Ausführungsbeispiele der Erfindung vereinfacht dargestellt, anhand welcher die Erfindung näher erläutert wird. Es zeigen:

- Fig. 1 eine schematische Darstellung einer geschlossenen Gasturbinenanlage,
- Fig. 2 einen Schnitt durch den Kernreaktor-Behälter der in Fig. 1 gezeigten Gasturbinenanlage, und
- Fig. 3 eine schematische Darstellung einer weiteren Gasturbinenanlage.

2264355

Die in Fig. 1 und 2 dargestellte Gasturbinenanlage weist einen aus Stufen  $1^1$ ,  $1^2$  und  $1^3$  bestehenden Verdichter, einen Kernreaktor 2 und eine Turbine 3 auf, die in der genannten Reihenfolge in einem endlosen Strömungsweg 4 für das Arbeitsmittel in Strömungsrichtung des Arbeitsmittels nacheinander angeordnet sind.

Im Strömungsweg 4 liegt in Strömungsrichtung des Arbeitsmittels nach der Turbine 3 ein Rekuperator 5, zwischen diesem und der Verdichterstufe  $1^1$  ein Vorkühler 6, und zwischen der Verdichterstufe  $1^1$  und der Verdichterstufe  $1^2$  ein Zwischenkühler 7. Eine Kernreaktor-Rückführleitung 8 zweigt von dem endlosen Strömungsweg 4 an einer Stelle zwischen dem Kernreaktor 2 und der Turbine 3 ab und mündet an einer zwischen dem Rekuperator 5 und der Verdichterstufe  $1^3$  liegenden Stelle wieder in den endlosen Strömungsweg 4. Diese Kernreaktor-Rückführleitung 8 verbindet also den Austritt des Kernreaktors 2 mit dem Eintritt der Verdichterstufe  $1^3$ .

Die Stufe  $1^3$  des Verdichters ist durch einen von der Gasturbinenanlage unabhängigen Antrieb 9, nämlich einen Elektromotor separat angetrieben. Der separat angetriebenen Verdichterstufe  $1^3$  ist ein Kühler 10 vorgeschaltet, welcher in der Kernreaktor-Rückführleitung 8 liegt. Die separat angetriebene Verdichterstufe  $1^3$  läuft im ungestörten Betrieb der Gasturbinenanlage mit und dient im Falle der Notkühlung als Kühlgebläse und ist auf die gewünschte Kühlleistung einregulierbar.

409829/0436

2264355

Im ungestörten Betrieb der Gasturbinenanlage läuft die separat angetriebene Verdichterstufe 1<sup>3</sup> mit gegenüber dem Fall der Notkühlung reduzierter Leistung mit. Die Leistungsaufnahme der separat angetriebenen Verdichterstufe 1<sup>3</sup> kann dabei so klein sein, dass die Verdichterstufe 1<sup>3</sup> ohne Druckerhöhung des Arbeitsmittels gerade durchblasen wird. Um den Durchtrittsquerschnitt für das im endlosen Strömungsweg 4 durch die Verdichterstufe 1<sup>3</sup> strömende Arbeitsmittel im ungestörten Betrieb der Gasturbinenanlage noch zu vergrössern, ist für das Arbeitsmittel eine die separat angetriebene Verdichterstufe 1<sup>3</sup> umgehende Verdichter-Bypassleitung 11 vorgesehen, in welche ein Rückschlagventil 12 eingebaut ist.

Die Verdichterstufen 1<sup>1</sup> und 1<sup>2</sup> und die Turbine 3 liegen mit einem Generator 13 auf einer gemeinsamen Welle. Dieser Maschinensatz, sowie der Rekuperator 5, der Vorkühler 6 und der Zwischenkühler 7 liegen in einem Raum 14.

Im Falle der Notkühlung, beispielsweise bei Rohrbruch im Raum 14, sinkt der Druck des im endlosen Strömungsweg 4 befindlichen Arbeitsmittels schnell auf einen tiefen Ausgleichsdruck. Die im ungestörten Betrieb der Gasturbinenanlage bei hohem Druck und kleinster Leistung mitlaufende Verdichterstufe 1<sup>3</sup> wird nun bei tieferem Druck auf eine grössere Leistung gebracht, so dass sie als Kühlgebläse dient und die zur Notkühlung erforderliche Arbeitsmittelmenge in den Kernreaktor 2 fördert. Der ausserhalb des Raumes 14 liegende Teil des endlosen Strömungsweg 4 ist dabei durch die Kernreaktor-Rückführleitung 8 kurzgeschlossen, so dass

2264355

das Arbeitsmittel den Kühler 10, die Verdichterstufe 1<sup>3</sup> und den Kernreaktor 2 im Kreislauf durchströmt. Dabei ist das Rückschlagventil 12 in der Verdichter-Bypassleitung 11 geschlossen.

Der Antrieb 9 der separat angetriebenen Verdichterstufe 1<sup>3</sup> ist auf konstantes Drehmoment geregelt. Die Grösse des geregelten Drehmoments ist dabei gleich der Grösse des bei Notkühlung erforderlichen Drehmoments. Auf diese Weise passt sich die Wärmeabfuhr aus dem Atomkernreaktor automatisch an die Bedingungen des Unfalls an. Steht das Arbeitsmittel noch unter höherem Druck, läuft die Verdichterstufe 1<sup>3</sup> mit kleinerer Drehzahl; sinkt der Druck des Arbeitsmittels, erhöht sich die Drehzahl der Verdichterstufe 1<sup>3</sup>.

In der Kernreaktor-Rückführleitung 8 liegt ein Absperrorgan 15. Im Strömungsweg 4 des Arbeitsmittels ist unmittelbar vor der Stelle, an welcher die Kernreaktor-Rückführleitung 8 in den Strömungsweg 4 mündet, ein Absperrorgan 16 vorgesehen. Im ungestörten Betrieb der Gasturbinenanlage ist das Absperrorgan 15 geschlossen und das Absperrorgan 16 offen. Im Falle der Notkühlung ist das Absperrorgan 15 offen und das Absperrorgan 16 geschlossen.

Die Druckerhöhung der separat angetriebenen Verdichterstufe 1<sup>3</sup> ist im ungestörten Betrieb der Gasturbinenanlage kleiner als der Druckabfall im Kernreaktor. Damit kann das Absperrorgan 15 der Kernreaktor-Rückführleitung 8 ein Rückschlagventil sein. Als Absperrorgan 16 genügt ebenfalls ein Rückschlagventil.

2264355

Wie aus Fig. 2 ersichtlich ist, ist die separat angetriebene Verdichterstufe  $1^3$  in die Wand eines Kernreaktor-Behälters 17 eingebaut. Ebenso ist die Kernreaktor-Rückführleitung 8 mit dem Kühler 10 in die Wand des Kernreaktor-Behälters 17 eingebaut.

Die Verdichter-Bypassleitung 11 weist, wie in Fig. 2 zu erkennen ist, Ringquerschnitt auf und ist als Mantel der separat angetriebenen Verdichterstufe  $1^3$  ausgebildet.

Die in Fig. 3 dargestellte Gasturbinenanlage weist drei Verdichterstufen  $1^1$ ,  $1^2$  und  $1^3$ , einen Reaktor 2 und eine Turbine 3 auf, die in einem endlosen Strömungsweg 4 liegen. Mit 5 ist ein Rekuperator, mit 6 ein Vorkühler, und mit 7 sind zwei Zwischenkühler bezeichnet. Die Verdichterstufen  $1^2$  und  $1^3$  und die Turbine 3 liegen mit einem Generator 13 auf gleicher Welle. Die auf den Vorkühler 6 folgende erste Verdichterstufe  $1^1$  aber ist durch einen von der Gasturbinenanlage unabhängigen Antrieb 9, nämlich einen Elektromotor separat angetrieben. Eine Kernreaktor-Rückführleitung 8 führt hier von einer zwischen dem Kernreaktor 2 und der Turbine 3 liegenden Stelle des endlosen Strömungswegs 4 zu einer unmittelbar vor dem Vorkühler 6 liegenden Stelle des endlosen Strömungswegs 4. Vor dieser zuletzt genannten Stelle ist im endlosen Strömungsweg ein Absperrorgan 16 eingebaut. Die Kernreaktor-Rückführleitung 8 besitzt ein Absperrorgan 15. Der endlose Strömungsweg 4 ist zwischen der Verdichterstufe  $1^1$  und der Verdichterstufe  $1^2$  mit einem Absperrorgan 18 versehen. Von der separat angetriebenen Verdichterstufe  $1^1$  führt eine die übrigen Verdichterstufen  $1^2$

409829/0436



2264355

und  $1^3$  umgehende, mit einem Absperrorgan 19 versehene Kühlleitung 20 zum Eintritt des Kernreaktors 2. In Strömungsrichtung des Arbeitsmittels unmittelbar vor der Stelle, an welcher die Kühlleitung 20 in den endlosen Strömungsweg 4 mündet, ist im Strömungsweg 4 ein Absperrorgan 21 eingebaut.

Im ungestörten Betrieb der Gasturbinenanlage sind die Absperrorgane 15 und 19 geschlossen, und die Absperrorgane 16, 18, 21 offen. Im Falle der Notkühlung sind die Absperrorgane 16, 18 und 21 geschlossen, und die Absperrorgane 15 und 19 offen. Dabei sind die Absperrorgane 16, 19 und 21 als Rückschlagventile ausgebildet, so dass sie automatisch schliessen bzw. öffnen. Lediglich die Absperrorgane 15 und 18 müssen betätigt werden.

Während beim Ausführungsbeispiel nach Fig. 1 und 2 die separat angetriebene Verdichterstufe, nämlich die Verdichterstufe  $1^3$ , im Strömungsweg 4 des Arbeitsmittels unmittelbar vor dem Kernreaktor 2 liegt, und der der separat angetriebenen Verdichterstufe  $1^3$  vorgeschaltete Kühler, d.h. der Kühler 10 in der Kernreaktor-Rückführung 8 angeordnet ist, liegt also beim Ausführungsbeispiel nach Fig. 3 die separat angetriebene Verdichterstufe, nämlich die Verdichterstufe  $1^1$ , im Strömungsweg 4 des Arbeitsmittels vor einer anderen Verdichterstufe, nämlich vor den Verdichterstufen  $1^2$  und  $1^3$ . Ein separater Kühler 10 erübrigt sich, da der Vorkühler 6 des endlosen Strömungswegs 4 für die Notkühlung verwendet wird.

Beim Ausführungsbeispiel nach Fig. 3 müssen zwar die Absperrorgane 15 und 18 betätigt werden, es wird aber

409829/0436

2264355

ein separater Kühler eingespart, und die separat ange-  
triebene Verdichterstufe arbeitet sowohl im ungestörten  
Betrieb der Gasturbinenanlage, als auch im Falle der  
Notkühlung mit niedrigem Druckniveau. Ausserdem kann die  
separat angetriebene Verdichterstufe 1<sup>1</sup> zum Anfahren  
der Gasturbinenanlage verwendet werden.

Bei beiden Ausführungsbeispielen kann die separat ange-  
triebene Verdichterstufe 1<sup>3</sup> bzw. 1<sup>1</sup> zur Leistungsveränderung  
einstellbare Leit- und/oder Laufschaufeln aufweisen.

Das Konstanthalten des Drehmoments kann bei dem gezeigten,  
mittels Elektromotor erfolgenden Antrieb 9 auf einfache  
Weise durch Konstanthalten des aufgenommenen Stroms er-  
folgen. Dabei wird bei steigendem Strom die Frequenz  
und damit die Drehzahl des Elektromotors (Synchronmotor)  
und damit die Drehzahl der separat angetriebenen Ver-  
dichterstufe reduziert, und umgekehrt.

2264355

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Notkühlvorrichtung für den Kernreaktor einer geschlossenen Gasturbinenanlage, in deren endlosem Strömungsweg für das Arbeitsmittel nacheinander ein Verdichter, der Kernreaktor und eine Turbine liegen, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass eine Stufe ( $1^3$  bzw.  $1^1$ ) des Verdichters durch einen von der Gasturbinenanlage unabhängigen Antrieb (9) separat angetrieben ist, dass der separat angetriebenen Verdichterstufe ( $1^3$  bzw.  $1^1$ ) ein Kühler (10 bzw. 6) vorgeschaltet ist, und dass die separat angetriebene Verdichterstufe im ungestörten Betrieb der Gasturbinenanlage mitläuft und im Falle der Notkühlung als Kühlgebläse dient und auf die gewünschte Kühlleistung einregulierbar ist.
  
2. Notkühlvorrichtung nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass für das Arbeitsmittel eine Kernreaktor-Rückführleitung (8) vorgesehen ist, die ein Absperrorgan (15) aufweist und den Austritt des Kernreaktors (2) mit dem Eintritt der separat angetriebenen Verdichterstufe ( $1^3$  bzw.  $1^1$ ) verbindet, wobei der der separat angetriebenen Verdichterstufe vorgeschaltete Kühler (10 bzw. 6) im Strom des durch die Kernreaktor-Rückführleitung (8) fließenden Arbeitsmittels liegt.
  
3. Notkühlvorrichtung nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die separat ange-

409829/0436

2264355

triebene Verdichterstufe (1<sup>3</sup>) im ungestörten Betrieb der Gasturbinenanlage mit gegenüber dem Fall der Notkühlung reduzierter Leistung mitläuft.

4. Notkühlvorrichtung nach Anspruch 3, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass der Antrieb (9) der separat angetriebenen Verdichterstufe (1<sup>3</sup>) auf konstantes Drehmoment geregelt ist, dessen Grösse der Grösse des bei Notkühlung erforderlichen Drehmoments gleich ist.
5. Notkühlvorrichtung nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass für das Arbeitsmittel eine die separat angetriebene Verdichterstufe (1<sup>3</sup>) umgehende Verdichter-Bypassleitung (11) vorgesehen ist, in welche ein Rückschlagventil (12) eingebaut ist.
6. Notkühlvorrichtung nach Anspruch 2, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die separat angetriebene Verdichterstufe (1<sup>3</sup>) im Strömungsweg (4) des Arbeitsmittels unmittelbar vor dem Kernreaktor (2) liegt, und der der separat angetriebenen Verdichterstufe vorgeschaltete Kühler (10) in der Kernreaktor-Rückführleitung (8) angeordnet ist.
7. Notkühlvorrichtung nach Anspruch 6, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die Druckerhöhung der separat angetriebenen Verdichterstufe (1<sup>3</sup>) im ungestörten Betrieb der Gasturbinenanlage kleiner ist als der Druckabfall im Kernreaktor (2), und dass

409829/0436

2264355

das Absperrorgan (15) der Kernreaktor-Rückführleitung (8) ein Rückschlagventil ist.

8. Notkühlvorrichtung nach Anspruch 5, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die Verdichter-Bypassleitung (11) Ringquerschnitt aufweist und als Mantel der separat angetriebenen Verdichterstufe (1<sup>3</sup>) ausgebildet ist.
9. Notkühlvorrichtung nach Anspruch 2, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass im Strömungsweg des Arbeitsmittels unmittelbar vor der Stelle, an welcher die Kernreaktor-Rückführleitung (8) in den Strömungsweg (4) mündet, ein Absperrorgan (16) vorgesehen ist.
10. Notkühlvorrichtung nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die separat angetriebene Verdichterstufe (1<sup>3</sup>) in die Wand eines Kernreaktor -Behälters (17) eingebaut ist.
11. Notkühlvorrichtung nach Anspruch 2, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die Kernreaktor-Rückführleitung (8) in die Wand eines Kernreaktor-Behälters (17) eingebaut ist.
12. Notkühlvorrichtung nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die separat angetriebene Verdichterstufe zur Leistungsveränderung einstellbare Leit- und/oder Laufschaufeln aufweist.

409829/0436

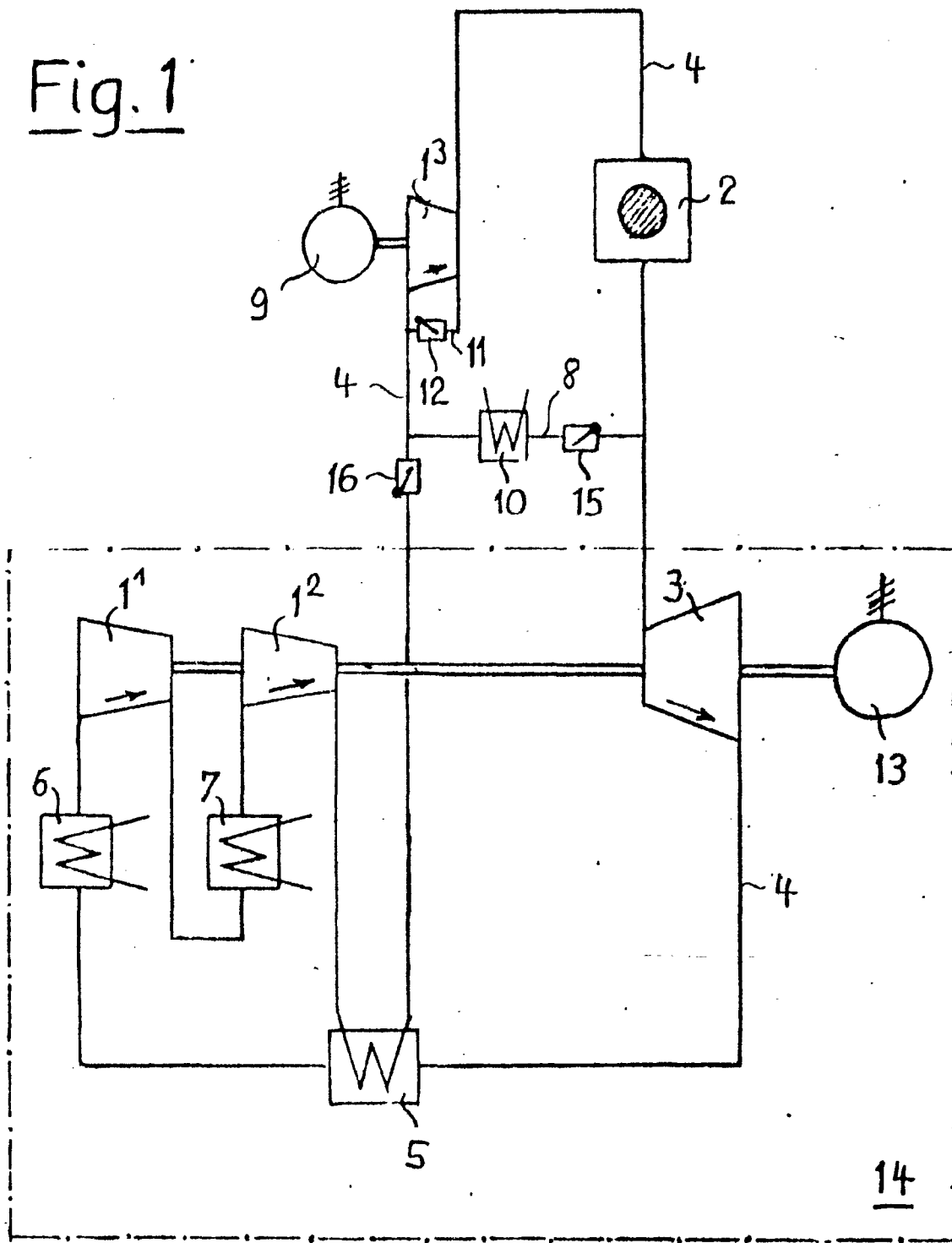
2264355

13. Notkühlvorrichtung nach Anspruch 1, d a d u r c h  
g e k e n n z e i c h n e t, dass die separat ange-  
triebene Verdichterstufe ( $1^1$ ) im Strömungsweg (4) des  
Arbeitsmittels vor einer anderen Verdichterstufe ( $1^2$ ,  
 $1^3$ ) liegt.
  
14. Notkühlvorrichtung nach Anspruch 13, d a d u r c h  
g e k e n n z e i c h n e t, dass vom Austritt der  
separat angetriebenen Verdichterstufe ( $1^1$ ) eine die  
andere Verdichterstufe ( $1^2$ ,  $1^3$ ) umgehende mit einem  
Absperrorgan (19) versehene Kühlleitung (20) zum  
Eintritt des Kernreaktors (2) führt.
  
15. Notkühlvorrichtung nach Anspruch 13, d a d u r c h  
g e k e n n z e i c h n e t, dass die separat ange-  
triebene Verdichterstufe ( $1^1$ ) zum Anfahren der Gas-  
turbinenanlage verwendet wird.

14

Leerseite

Fig. 1



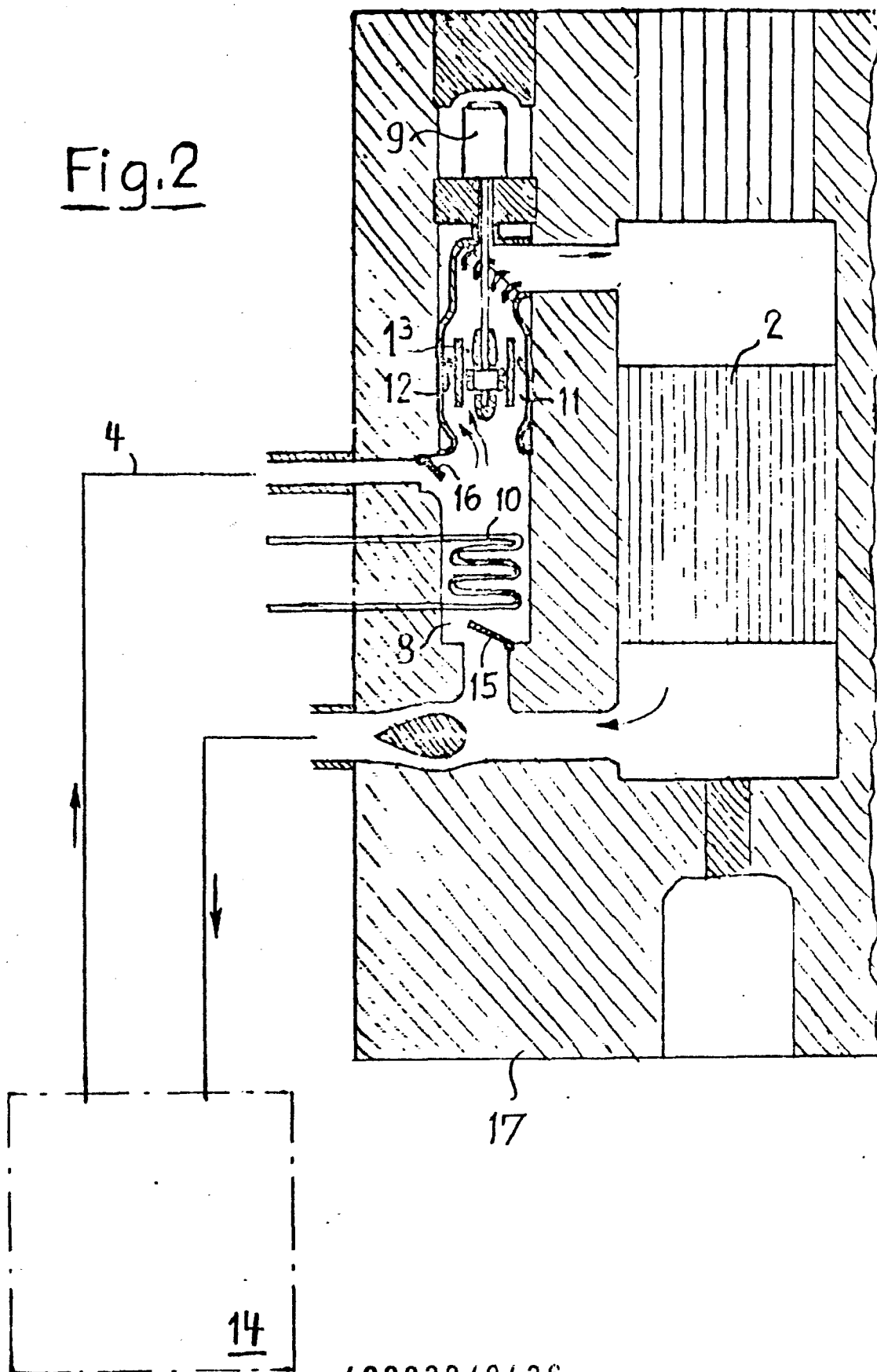
409829/0436

21g 21-22 AT: 29.12.1972 OT: 18.7.1974

dz

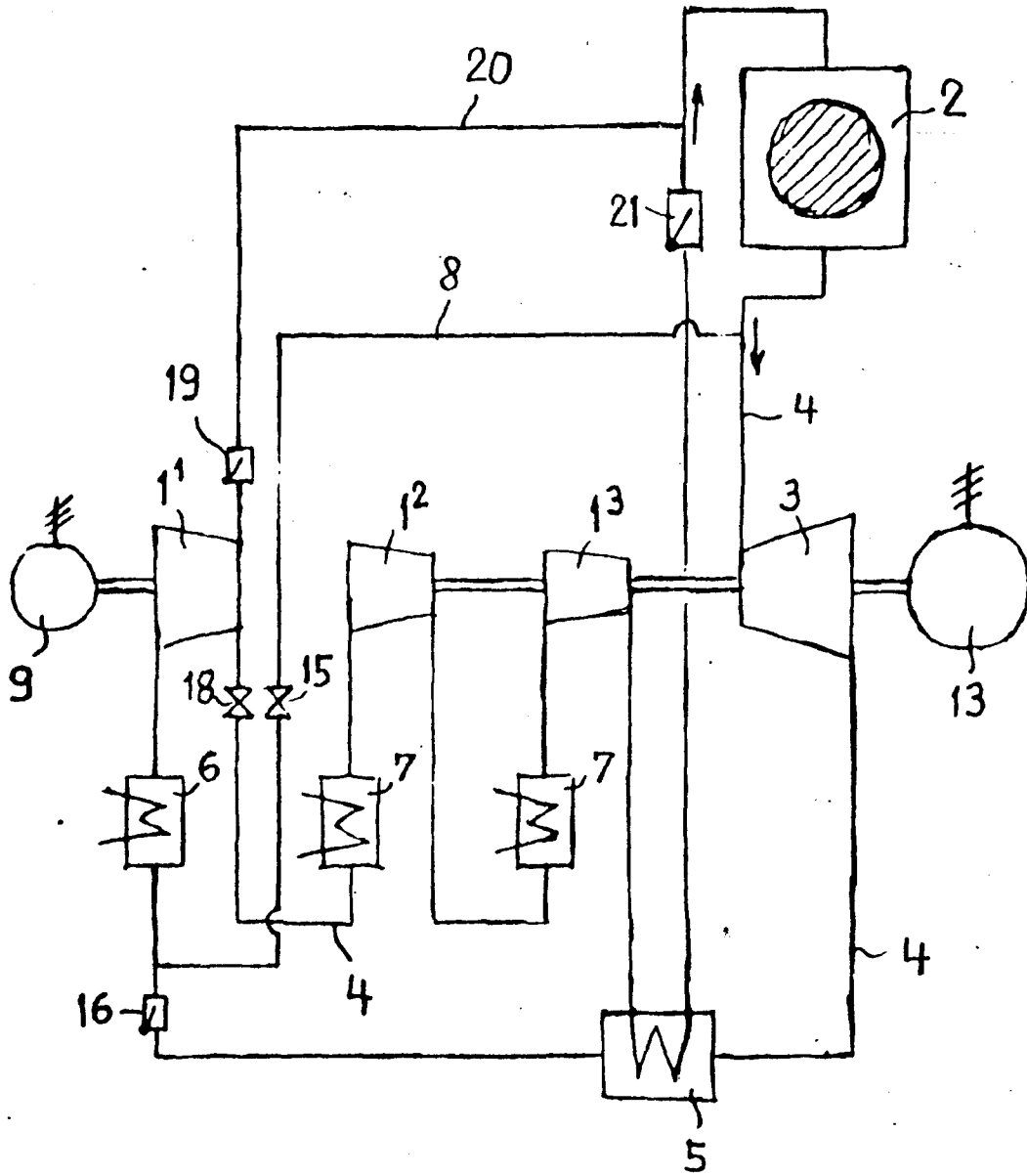


Fig.2



409829/0436

Fig. 3



409829/0436

BST 031 ZNr 5471087 26L 5L3