



Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

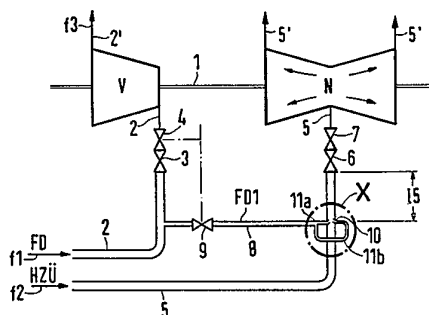
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ PATENTSCHRIFT A5

21	Gesuchsnummer:	3261/80	73	Inhaber: Kraftwerk Union Aktiengesellschaft, Mülheim/Ruhr (DE)
22	Anmeldungsdatum:	28.04.1980		
30	Priorität(en):	25.07.1979 DE 2930184	72	Erfinder: Keller, Herbert, Mülheim/Ruhr (DE)
24	Patent erteilt:	15.02.1985		
45	Patentschrift veröffentlicht:	15.02.1985	74	Vertreter: Siemens-Albis Aktiengesellschaft, Zürich

54) Ueberlasteinrichtung an einer Dampfturbinenanlage.

57) Die Dampfturbinanlage umfasst einen Vorschaltturbinenteil (V), einen Nachschaltturbinenteil (N) und eine Umgehungsleitung (8). Der Abdampf des Vorschaltturbinenteils (V) wird als Hauptstrom dem Nachschaltturbinenteil (N) zugeführt. Durch die Umgehungsleitung (8) wird ein Teil des Arbeitsmediums unter Umgehung des Vorschaltturbinenteils (V) in eine in das Eintrittende des Nachschaltturbinenteils mündende Rohrleitung (5) im Einführbereich (X) eingeführt. Die Einführung des Arbeitsmediums in die Rohrleitung (5) ist als Strahlverdichter (10) ausgebildet. Diesem wird der Umgehungsteilstrom (FD1) als Treibmittel unter Druckerhöhung des durch die Rohrleitung (5) dem Nachschaltturbinenteil (N) zuströmenden Hauptstromes (HZÜ) zugeleitet.



PATENTANSPRÜCHE

1. Überlasteinrichtung an einer Dampfturbinenanlage mit mehrgehäusiger Turbine, welche Dampfturbinenanlage einen Vorschaltturbinenteil, einen Nachschaltturbinenteil und eine Umgehungsleitung umfasst, wobei der Abdampf des Vorschaltturbinenteils als Hauptstrom dem Nachschaltturbinenteil zugeführt, und durch die Umgehungsleitung ein Teil des Arbeitsmediums unter Umgehung des Vorschaltturbinenteils in eine in das Eintrittsende des Nachschaltturbinenteils mündende Rohrleitung eingeführt wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Einführung des Arbeitsmediums in die Rohrleitung (5) als Strahlverdichter (10) ausgebildet ist, welchem der Umgehungsteilstrom (FD1) als Treibmittel unter Druckerhöhung des durch die Rohrleitung (5) dem Nachschaltturbinenteil (N) zuströmenden Hauptstromes (HZÜ) zuleitbar ist.

2. Überlasteinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Strahlverdichter Düsenkanäle (13) aufweist, die so in einer verstärkten Rohrwand (12) der Zuströmleitung (5) angeordnet sind, dass sie ausserhalb des lichten Rohrquerschnitts liegen.

3. Überlasteinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Achsen der Düsenkanäle (13) des Strahlverdichters (10) in Strömungsrichtung gesehen einen Winkel (α) zwischen 10 und 40° mit der Rohrachse bilden.

4. Überlasteinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass zur Einführung des Treibmittels eine einzige Treibdüse (L') vorgesehen ist und die Länge der stromab der Düse (L') angeordneten, der Strömungsberuhigung dienenden geraden Rohrstrecke 15 an der oberen Grenze des Bereiches $5 \times D5 \leq 15 \leq 20 \times D5$ liegt, wobei D5 den Innendurchmesser der Rohrstrecke 15 bedeutet.

5. Überlasteinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Rohrleitung (5) im Bereich des Strahlverdichters (10) eine Einschnürung (15) nach Art einer Venturidüse aufweist.

6. Überlasteinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass hinter den Düsen des Strahlverdichters eine gerade Rohrstrecke mit einer Länge (15) vom fünf- bis zwanzig-fachen ihres Innendurchmessers (D5) vorgesehen ist.

7. Überlasteinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, mit mindestens zwei Treibdüsen des Strahlverdichters, dadurch gekennzeichnet, dass die Düsen (L1, L2) einzeln zuschaltbar sind.

8. Überlasteinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, mit mindestens zwei Treibdüsen des Strahlverdichters, dadurch gekennzeichnet, dass die Treibdüsen (L1, L2) mit ihren zugehörigen Treibdampf-Anschlussstutzen (14a, 14b) über den Rohrumfang verteilt angeordnet sind.

9. Überlasteinrichtung nach Anspruch 8, gekennzeichnet durch zwei, auf dem Rohrumfang einander diametral gegenüberliegende Treibdüsenpaare (L1, L2) mit je einem gemeinsamen Treibdampf-Anschlussstutzen (14a, bzw. 14b).

10. Überlasteinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Treibdüsen (L, L1, L2, L') als Lavaldüsen ausgebildet sind.

11. Überlasteinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass sie an einem drosselgeregelten Turbosatz mit Zwischenüberhitzung angeordnet ist, der einen Hochdruckturbinenteil und mindestens einen diesem nachgeschalteten Mittel- oder Niederdruck-Turbinenteil aufweist, welcher letzterer von dem durch einen Zwischenüberhitzer geleiteten Abdampf des Hochdruckturbinenteils beaufschlagt wird, wobei die Umgehungsleitung (8) mit Regelventil (9) eingangsseitig an der Frischdampfleitung (2) des Hochdruckturbinenteils (H) vor dessen Stellventilen (3, 4) angeschlossen ist und ausgangsseitig in die vom Zwischenüberhitzer kommende Dampfzu-

föhrleitung (5) des Nachschaltturbinenteils (N) vor dessen Stellventilen (6, 7) mündet, und wobei der als Dampfstrahlverdichter ausgebildeten Mündungsstelle (10) der umgeleitete Hochdruckfrischdampf (FD) als Treibdampf zuleitbar ist.

5

Die Erfindung bezieht sich auf eine Überlasteinrichtung an einer Dampfturbinenanlage, nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Bei derartigen Überlasteinrichtungen stellt die Erhöhung der momentanen Leistungsreserve und die Überlastbarkeit der Turbine bei möglichst geringem Wärmeverbrauch ein besonderes Problem dar. Der Wirkungsgrad im normalen Lastbereich soll möglichst nicht beeinträchtigt sein. Man hat versucht, das vorgenannte Problem auf verschiedene Weise zu lösen. So hat man HD-Umleitstationen vorgesehen, bei welchen ein Teilstrom des Frischdampfes um den Hochdruckturbinenteil umgeleitet wird, oder man fährt den Turbosatz im Nennlastbereich mit einer Androsselung des Frischdampfes und öffnet dann die Frischdampfregelventile ganz, wenn eine momentane Leistungsanforderung vorliegt. Die zuletzt genannte Möglichkeit hat den Nachteil, dass bei Nennlast die Drosselverluste zu hoch sind, die erstgenannte Möglichkeit hat den Nachteil, dass der Wärmeverbrauch im Spitzenlastbereich gross ist.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, mit der Überlasteinrichtung der eingangs genannten Art eine Erhöhung der momentanen Leistungsreserve und eine Überlastbarkeit zu ermöglichen, ohne dass der Wirkungsgrad des Turbosatzes im normalen Lastbereich beeinträchtigt ist, zugleich aber der Turbosatz eine geringere Wärmeverbrauchszunahme bei Spitzenlast aufweist als sie bei der genannten Teilstrom-Umgehung des Hochdruckteiles vorliegt. Darüber hinaus soll durch die Überlasteinrichtung nach der Erfindung eine schnelle Reaktion des Turbosatzes auf die erhöhte Lastanforderung erzielbar sein.

Erfindungsgemäss wird die gestellte Aufgabe bei einer Überlasteinrichtung der eingangs näher definierten Art durch die im Kennzeichen des Anspruchs 1 angegebenen Merkmale gelöst. Die mit der Erfindung erzielbaren Vorteile sind vor allem darin zu sehen, dass im Lastbereich bis 100% ($P \leq 1,0$) keine Beeinträchtigung des Wärmeverbrauchs auftritt, dass eine momentane Leistungsreserve durch Einführung des HD-Dampfes direkt vor der Nachschaltturbine gegeben und eine konstruktive Änderung an Ventilen und Turbinengehäusen bereits im Betrieb befindlicher Turbosätze nicht erforderlich ist; es erstreckt sich die Änderung lediglich auf die Dampffleitungen der Hochdruck- und der auf einen Zwischenüberhitzer folgende Teilturbine bzw. Mitteldruckturbine. Ein weiterer wesentlicher Vorteil ist der, dass im Dampfstrahlverdichter ein Rückgewinn von etwa 15% der kinetischen Energie des Treibdampfes bzw. des Hochdruck-Dampfteilstromes zu verzeichnen ist, welcher als potentielle Energie vor der Nachschaltturbine zur Verfügung steht, so dass eine Druckerhöhung vor der Nachschaltturbine in der Grössenordnung von 2% erfolgt.

Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den abhängigen Ansprüchen beschrieben.

Im folgenden wird anhand der ein Ausführungsbeispiel darstellenden Zeichnung der Erfindungsgegenstand noch näher erläutert. Es zeigt für einen Turbosatz mit Zwischenüberhitzung:

Fig. 1 schematisch unter Fortlassung der für das Verständnis der Erfindung nicht erforderlichen Teile eine Hochdruck- und eine Mitteldruck-Teilturbine mit ihren Frischdampfleitungen und ihren Ventilen sowie mit einer den Dampfstrahlverdichter einspeisenden Umgehungsleitung;

Fig. 2 die Einzelheit X aus Fig. 1 im Schnitt, d. h. die Ausbildung des Dampfstrahlverdichters;

Fig. 3 eine Draufsicht auf die Mündungsstellen der Düsen, und Fig. 4 eine Variante des Strahlers mit nur einer Treibdüse.

Der in Fig. 1 im Ausschnitt dargestellte drosselgeregelte Turbosatz mit Zwischenüberhitzung besteht aus einer Hochdruckteilturbine V (Vorschaltturbinenteil) und einer Hochdruckteilturbine V nachgeschalteten beispielsweise zweiflutigen Mitteldruck-Teilturbine N. Es handelt sich um einen Einwellenturbosatz, d. h. die Welle 1 ist den nicht näher dargestellten Läufern der Turbinenteile V und N gemeinsam. Der Vorschaltturbinenteil V wird im folgenden abgekürzt als H-Teil und der Nachschaltturbinenteil N abgekürzt als MN-Teil bezeichnet. Der Frischdampf FD (siehe Pfeil f1 in Fig. 1) wird dem H-Teil über die Frischdampfleitung 2 und die im Leitungszug angeordneten Stellventile 3, 4 zugeleitet.

Dabei ist 3 das Schnellschlussventil und 4 das Regelventil. Nach Durchströmen der einzelnen Stufen des H-Teils wird der Dampf über die bei 2' angedeutete Abdampfleitung des H-Teils einem nicht näher dargestellten Zwischenüberhitzer zugeleitet.

Vom Zwischenüberhitzer gelangt der aufgeheizte Dampf HZÜ (siehe Pfeil f2) über die Dampfzufuhrleitung 5 des MN-Teils N und über die im Leitungszug angeordneten Stellventile 6 und 7 in den MN-Teil N und verlässt nach Entspannung innerhalb der MN-Stufen den MN-Teil über die bei 5' angedeuteten beiden Abdampfleitungen, von welchen der Abdampf einem nicht dargestellten Dampfkondensator zuleitbar ist. 6 ist wiederum ein Schnellschlussventil und 7 ein Regelventil des MN-Teils. Anstelle eines zweiflutigen MN-Teils könnte auch ein einflutiger verwendet sein. Die Umgebungsleitung 8 mit Regelventil 9 ist eingangsseitig an der Frischdampfleitung 2 des H-Teils vor dessen Schnellschluss-Ventilen 3 angeschlossen und mündet ausgangsseitig in die HZÜ-Dampfzuleitung 5 des MN-Teils N vor dessen Schnellschluss-Ventilen 6. Die Mündungsstelle 10 ist als Dampfstrahlverdichter für den HZÜ-Dampf ausgebildet, wobei diesem Dampfstrahlverdichter der umgeleitete HD-Frischdampf als Treibdampf über die Treibdampfleitungen 11a, 11b zuleitbar ist.

Wie es Fig. 2 und 3 näher zeigen, weist der Dampfstrahlverdichter 10 mehrere, im dargestellten Fall sind es vier, im Bereich von Rohrverdichtungen 12 der HZÜ-Leitung 5 angeordnete mit einem Winkel α zur ZÜ-Strömungsrichtung schräg nach innen in die Leitung 5 einmündende Düsen oder Lavaldüsen L mit Düsenkanälen 13 auf. Grundsätzlich ist es möglich, die Düsen L mit zugehörigen Treibdampf-Anschlussstutzen 14a, 14b über den Rohrfumfang verteilt anzuordnen. Durch die gleichmässige Verteilung der Düsen und Treibdampf-Anschlussstutzen erreicht man eine Symmetrierung der Dampfströmung; zur Anpassung an den Massenstrom dient die Querschnittsgrösse der Düsen. Im vorliegenden Fall, bei dem durch den umgeleiteten Frischdampf eine Überlastbarkeit von rund 7% erreicht werden soll, ist es ausreichend, zwei auf dem Rohrfumfang einander diametral gegenüberliegende Düsenpaare L1 und L2 mit je einem gemeinsamen Treibdampf-Anschlussstutzen 14a, 14b vorzusehen. Die Draufsicht nach Fig. 3 zeigt ein solches Düsenpaar L1. Man erkennt aus Fig. 3 und dem Schnitt nach Fig. 2, dass in die Rohrverdichtungen 11a, 11b zunächst radial orientierte Treibdampfbohrungen T1, T2 eingebracht sind, und dass die Düsenkanäle 13 vom Boden dieser Bohrungen T1, T2 schräg einwärts in das Innere der Leitung 5 unter dem Winkel α einmünden. Ein günstiger Bereich für diesen Winkel α liegt zwischen 10 und 40°; im dargestellten Fall würden mit einem Mündungswinkel von rund 30° sehr gute Ergebnisse erzielt. Weitere nähere Angaben für die Bemessung der Strömungsquerschnitte des dargestellten Ausführungsbeispiels sind die folgenden:

Leistung des Turbosatzes 600 MW, vier Frischdampfleistungen 2, jeweils mit einem Innendurchmesser von 250 mm; vier in den MN-Teil mündende ZÜ-Leitungen 5 mit jeweils 500 mm Innendurchmesser; vier Umgebungsleitungen 8 mit jeweils 60 mm Innendurchmesser; Innendurchmesser der Düsen 13 am

engsten Querschnitt 18 mm; Innendurchmesser der Bohrungen T1, T2 50 mm.

Der dargestellte Turbosatz ist für eine Überlast ΔP (stationär) von 7,1% ausgelegt, wobei ausgehend vom Zeitpunkt $t = 0$ für den Lastsprung und dementsprechender Betätigung der Regelventile 4, 9 die Leistungssteigerung ΔP nach einer Sekunde bereits 1,5% beträgt und nach 10 Sekunden 6%, bezogen auf unbegrenztes Speichervermögen des Kessels. Die Änderung des spezifischen Wärmeverbrauchs ΔW_T bei Nennlast $\bar{P} = 1$ kann mit 0% angesetzt werden; ΔW_T bei $\bar{P} = 1,071$ beträgt 1,2%. Der gesamte Frischdampfstrom ist dabei um ca. 13% grösser.

Im Falle einer Lastanforderung wird also das Regelventil 9 mehr oder weniger aufgefahren, so dass der Umgehungsteilstrom FD1 (Figur 1) als Treibmittel unter Druckerhöhung des durch die Rohrleitung 5 dem Nachschaltturbinenteil N zuströmenden Hauptstromes HZÜ dem Strahlverdichter 10 zuleitbar ist. Wie es Fig. 2 zeigt, sind die Düsenkanäle 13 des Strahlverdichters 10 so in der verstärkten Rohrwand 12 der Zuströmleitung 5 angeordnet, dass sie ausserhalb des lichten Rohrquerschnittes D5 liegen. Hinter den Düsen L des Strahlverdichters 10 ist eine gerade Rohrstrecke 15 vorgesehen, welche etwa 5 bis 20 mal so gross ist wie der Rohrdurchmesser D5 der Rohrleitung 5. Diese Rohrstrecke dient der Beruhigung und dem Impulsausgleich der Dampfströmung vor Eintritt in den MN-Teil N. Bei einer über den Rohrfumfang gleichmässig verteilten Anordnung der Düsen L kann diese Beruhigungsstrecke kleiner sein als bei einer asymmetrischen Düsenverteilung.

Letztere ist im Ausführungsbeispiel nach Fig. 4 dargestellt. Dort wird das Treibmittel einseitig eingeführt. Dafür ist eine entsprechend verlängerte Beruhigungs-Rohrstrecke hinter der Düse vorgesehen. Die Beruhigungsstrecke wird sich hierbei also dem zwanzigfachen des Rohrdurchmessers annähern. Ausserdem ist in Fig. 4 der Fall dargestellt, dass die Rohrleitung 5 im Bereich des Strahlers 10 eine Einschnürung 15 nach Art einer Venturidüse aufweisen kann. Die Düse L' mündet dann etwa im Bereich dieser Einschnürung 15 in das Rohrinne. Die Einschnürung gemäss Beispiel führt zu einer Erhöhung des Strahlerwirkungsgrades, erhöht allerdings etwas die Verluste im Lastbereich bis Nennlast. Die Beschränkung auf eine einseitige Treibmitteleinführung ist konstruktiv einfacher als die symmetrische und bringt bei einer ausreichend langen nachgeschalteten Beruhigungsstrecke noch einen guten Strahlerwirkungsgrad.

Zusätzlich zu den eingangs bereits erläuterten Vorteilen kann noch auf die folgenden Vorteile der Überlasteinrichtung nach der Erfindung verwiesen werden:

1. Zusätzliche kurzzeitige Druckerhöhung vor dem MN-Teil N durch momentanen Anstau der ZÜ-Strömung (etwa 0,5% Druckerhöhung);
 2. Verringerung des relativen Druckverlustes im Zwischenüberhitzer bei Überlast um 25%;
 3. wesentlich kleineres Stellventil in der Umgebungsleitung 8 im Vergleich zu einem Überlast-H-Stufenventil.
- Weitere charakteristische Grössen der Überlasteinrichtung sind die folgenden: Die Speisewasserendtemperatur ist lastentsprechend. Das ZÜ-FD-Dampfstromverhältnis ist im Überlastfall 13% kleiner. Die Dampftemperatur vor dem MN-Teil N liegt 6°K niedriger (Mischtemperatur). Die erforderliche gerade Rohrstrecke hinter dem Dampfstrahlverdichter 10 beträgt etwa das Achtfache des Rohrinneendurchmessers (Fig. 1).

Nachfolgend wird ein tabellarischer Vergleich des Erfindungsgegenstandes mit anderen bekannten Überlasteinrichtungen gegeben (dabei ist für die 10-Sekunden-Werte eine unbegrenzte Speicherkapazität des Kessels vorausgesetzt. Reale Werte sind von der Art des Kessels und der Feuerung abhängig und liegen in der Regel beim 0,4 . . . 0,7 fachen dieser Werte):

	ΔP nach 1 s	ΔP nach 10 s *)	ΔP stationär	ΔW_T bei $\bar{P} = 1$	ΔW_T bei $\bar{P} = 0,071$
Erfindung	1,5 %	6,0 %	7,1 %	0 %	1,5 %
H-Umleitstation	0 %	4 %	7,1 %	0 %	1,8 %
Androsselung	2,5 %	5 %	7,1 %	+0,7 %	+0,4 %
H-Stufenventil	2,5 %	5 %	7,1 %	+0,2 %	+0,5 %
H-Regelstufe	2,5 %	5 %	7,1 %	+0,3 %	+0,7 %
H-Vorwärmer-Umgebung	0 %	2 %	7,1 %	0 %	2,2 %
Kondensatstop	0 %	1 %	5 %	0 %	–
M-Stufenventil	4 %	6,5 %	7,1 %	0,2 %	2,5 %

*) bezogen auf unbegrenzte Speicherfähigkeit des Kessels.

Darin bedeutet:

ΔP Laständerung
 $\bar{P}$ stationäre Überlast, die maximal zu 7,1 % angenommen wurde,
 ΔW_T Änderung des Wärmeverbrauchs.

¹⁵ Ein Vergleich mit denjenigen Überlasteinrichtungen, bei welchen ΔW_T bei $\bar{P} = 10\%$ beträgt, zeigt, dass beim Anmeldungsgegenstand die Leistungssteigerung nach 10 Sekunden am grössten ist und dass unter den vier betrachteten Überlasteinrichtungen auch ΔW_T bei $\bar{P} = 1.071$ am kleinsten ist.

