



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

Int. Cl.³: F 01 D 17/08
G 05 D 16/00

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

PATENT SCHRIFT A5

11

632 315

21 Gesuchsnummer: 1840/78

73 Inhaber:
BBC Aktiengesellschaft Brown, Boveri & Cie.,
Baden

22 Anmeldungsdatum: 21.02.1978

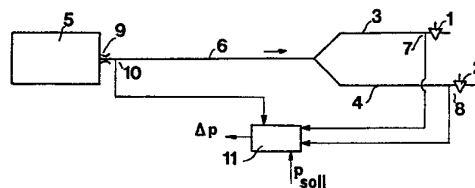
24 Patent erteilt: 30.09.1982

45 Patentschrift
veröffentlicht: 30.09.1982

72 Erfinder:
Dr. Karel Skala, Windisch AG

54 Dampfturbinenanlage.

57 Bei einer Dampfturbinenanlage mit mindestens einem Turbineneinlassventil (1) und mindestens einem Bypassventil (2) sind zur Ausregulierung der schnellen Druckänderungen, wenn das Turbineneinlass- und das Bypassventil über je eine Zweigleitung (3 resp. 4) mit einem Frischdampfzufuhrleitungsabschnitt (6) verbunden sind, in allen Zweigleitungen mindestens je eine Druckwertmessstelle (7, 8, 10) vorgesehen. Diese sind mit dem zur Steuerung der Ventile dienenden Regelkreis (11) zur Erzielung eines vorbestimmten Druckes im Frischdampfzeuger (5) verbunden.



PATENTANSPRÜCHE

1. Dampfturbinenanlage mit mindestens einem Turbineneinlassventil und mindestens einem Bypassventil, welche über mindestens je eine Zweigleitung mit mindestens einem gemeinsamen, mit einem Frischdampfzerzeuger in Verbindung stehenden Frischdampfzufuhrleitungsabschnitt verbunden sind, und mit einem Regelkreis zur Steuerung der Öffnungs- bzw. Schliessbewegung dieser Ventile, dadurch gekennzeichnet, dass in allen Zweigleitungen (3, 4) mindestens je eine Druckwertmessstelle (7, 8, 10) vorgesehen und diese mit dem zur Steuerung der Ventile (1, 2) dienenden Regelkreis zur Erzielung eines vorbestimmten Druckes im Frischdampfzerzeuger, verbunden sind.

2. Anlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Druckwertmessstellen (7, 8) in der unmittelbar mit den Ventilen (1, 2) verbundenen Hälfte der entsprechenden Abzweigleitungen (3, 4) vorzugsweise im letzten Fünftel angeordnet sind.

3. Anlage nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine weitere Druckwertmessstelle (10, 10') im gemeinsamen Frischdampfzufuhrleitungsabschnitt (6) und/oder Frischdampfzerzeuger (5) angeordnet ist.

4. Anlage nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die im gemeinsamen Frischdampfzufuhrleitungsabschnitt (6) angeordnete Druckwertmessstelle (10) in der ersten, unmittelbar mit dem Frischdampfzerzeuger (5) verbundenen Hälfte, vorzugsweise im ersten Fünftel, des gemeinsamen Frischdampfzufuhrleitungsabschnittes (6) angeordnet ist.

5. Anlage nach einem der Ansprüche 1, 2, 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Frischdampfzerzeuger mit einem Kernreaktor verbunden ist.

6. Anlage nach Anspruch 1 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Regelkreis derart ausgebildet ist, dass aus den Druckmesswerten das arithmetische Mittel und zwischen diesem und einem Drucksollwert die Differenz gebildet, und die letztere zur Regelung ausgenutzt wird.

7. Anlage nach Anspruch 1 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Regelkreis derart ausgebildet ist, dass aus den Druckmesswerten ein gewichtetes Mittel und zwischen diesem und einem Drucksollwert die Differenz gebildet, und die letztere zur Regelung ausgenutzt wird.

Die Erfindung betrifft eine Dampfturbinenanlage mit mindestens einem Turbineneinlassventil und mindestens einem Bypassventil, welche über mindestens je eine Zweigleitung mit mindestens einem gemeinsamen, mit einem Frischdampfzerzeuger in Verbindung stehenden Frischdampfzufuhrleitungsabschnitt verbunden sind, und mit einem Regelkreis zur Steuerung der Öffnungs- bzw. Schliessbewegung dieser Ventile.

Es ist bekannt, in Dampfturbinenanlagen zur Vordruckregelung vor dem Turbineneinlassventil einen Druckwertmessgeber anzuordnen. Bei schneller Leistungsreduktion, wie dies zum Beispiel bei Kurzschluss oder Blitzschlag in einem Teil des angeschlossenen Netzes erforderlich ist, führen die Turbineneinlass- und die Bypass-Ventile schnelle Hubänderungen in zueinander entgegengesetzten Richtungen durch. Dadurch treten vor diesen Ventilen starke Dampfdruckänderungen mit umgekehrten Vorzeichen auf. Diese Dampfdruckänderungen pflanzen sich mit annähernd gleichen Geschwindigkeiten in Richtung der Leitungsabzweigung fort. Besonders grosse Amplituden der Druckschwingungen sind unmittelbar vor dem Turbineneinlassventil zu beobachten, das heisst wo der Druckwertmessgeber angeordnet ist. Dadurch werden die Bedingungen für die Vor-

druckregelung derart verschlechtert, dass die vom Reaktor-Hersteller festgelegten Grenzen des Wertes

$$FM = \int_0^t \frac{Q_{VE}(t) + Q_{BP}(t) - Q_{RE}(t)}{Q_{RE}(t)} dt$$

mit Q_{VE} = Durchfluss durch Turbineneinlassventil, Q_{BP} = Durchfluss durch Bypassventil und Q_{RE} = Durchfluss aus der Reaktorausstrittsöffnung, nur bei nicht zu schnellen Hubänderungen der Ventile nicht überschritten werden. Sehr schnelle Hubänderungen der Ventile, wie sie manchmal erwünscht wären, sind unter Einhaltung dieser Grenzen bei Kernkraftwerken bisher nicht realisierbar.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist die Schaffung einer Dampfturbinenanlage, welche den vorgenannten Nachteil nicht aufweist, das heisst bei welcher die Turbineneinlass- und Bypassventile unter Einhaltung der von den Reaktor-Herstellern festgelegten Grenzen sehr rasch verstellt werden können.

Die erfindungsgemässe Dampfturbinenanlage der eingangs genannten Art ist dadurch gekennzeichnet, dass in allen Zweigleitungen mindestens je eine Druckwertmessstelle vorgesehen und diese mit dem zur Steuerung der Ventile dienenden Regelkreis zur Erzielung eines vorbestimmten vorzugsweise konstanten Druckes im Frischdampfzerzeuger, verbunden sind.

Dabei ist es zweckmässig, wenn die Druckwertmessstellen in der unmittelbar mit den Ventilen verbundenen Hälfte der entsprechenden Abzweigleitungen, vorzugsweise im letzten Fünftel, angeordnet sind.

Noch besser ist es, wenn mindestens eine weitere Druckwertmessstelle im gemeinsamen Frischdampfzufuhrleitungsabschnitt und/oder im Frischdampfzerzeuger angeordnet ist. Dabei ist es vorteilhaft, wenn die im gemeinsamen Frischdampfzufuhrleitungsabschnitt angeordnete Druckwertmessstelle in der ersten, unmittelbar mit dem Frischdampfzerzeuger verbundenen Hälfte, vorzugsweise im ersten Fünftel, des gemeinsamen Frischdampfzufuhrleitungsabschnittes angeordnet ist.

Es ist ferner zweckmässig, wenn der Regelkreis derart ausgebildet ist, dass aus den Druckmesswerten das arithmetische Mittel und zwischen diesem und einem Drucksollwert die Differenz gebildet und die letztere zur Regelung ausgenutzt wird. Noch besser ist es, wenn der Regelkreis derart ausgebildet ist, dass aus den Druckmesswerten ein gewichtetes Mittel und zwischen diesem und einem Drucksollwert die Differenz gebildet, und die letztere zur Regelung ausgenutzt wird.

Nachstehend wird die Erfindung anhand der Zeichnung beispielsweise näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 bis 5 schematisch das Frischdampfleitungssystem von fünf verschiedenen beispielsweise Ausführungsformen.

Gemäss dem in Figur 1 dargestellten Teil einer Kernkraftwerkanlage ist ein Turbineneinlassventil 1 und ein Bypassventil 2 über je eine Zweigleitung 3 beziehungsweise 4 mit einer gemeinsamen, mit einem Kernreaktor 5 in Verbindung stehenden Frischdampfzufuhrleitung 6 verbunden. Die Zweigleitung 3 weist zum Beispiel eine Länge von 25 m, die Zweigleitung 4 eine Länge von 35 m und die Frischdampfzufuhrleitung 6 eine Länge von beispielsweise 80 m auf.

Trifft nun bei Blitzschlag in das Netz ein den Befehl zur Leistungsreduzierung gebendes Signal «Fast Valving» ein, dann wird einerseits das Einlassventil 1 schnell in Schliessstellung und das Bypassventil 2 in Öffnungsrichtung bewegt. Dabei hat die Steuerung der Ventile 1 und 2 derart zu erfolgen, dass der Druck im Dampfvolument des Kernreaktors 5 konstant bleibt. Um dies zu erreichen, sind unmittelbar vor dem Turbinenein-

lassventil 1 in der Zweigleitung 3 eine Druckwertmessstelle 7, unmittelbar vor dem Bypassventil 3 in der Zweigleitung 4 eine Druckwertmessstelle 8, und unmittelbar nach der Sicherheitsdrosselung 9 am Frischdampfaustritt des Reaktors 5, im Frischdampfleitungsabschnitt 6, eine Druckwertmessstelle 10 ange-

ordnet und mit dem zur Steuerung der Ventile 1 und 2 dienen- den Regelkreis verbunden.

Zur Regelung wird dabei das Signal $\Delta p = p_{\text{Ist}} - p_{\text{Soll}}$ verwen- det, welches im vorliegenden Fall im Rechner 11 des Regelkrei- ses wie folgt bestimmt wird.

$$\Delta p = \frac{p_1 \cdot G_1 + [p_2 - (p_2' - p_1')] \cdot G_2 + [p_3 - (p_3' - p_1')] \cdot G_3}{G_1 + G_2 + G_3} - p_{\text{Soll}}$$

10

wobei p_1 = Druck vor dem Einlassventil 1, p_2 = Druck vor dem Bypassventil 2, p_3 = Druck am Austritt aus dem Reaktor, G_1 = Gewichtungsfaktor des Druckes p_1 , G_2 = Gewichtungsfaktor des Druckes p_2 , G_3 = Gewichtungsfaktor des Druckes p_3 , p_1' = Druck vor dem Turbineneinlassventil 1 bei stationärem Betriebszu- stand, p_2' = Druck vor dem Bypassventil 2 bei stationärem Betriebszustand und p_3' = Druck am Austritt aus dem Reaktor 5 bei stationärem Betriebszustand.

Bei stationärem Betrieb wird mit dem derart bestimmten Signal Δp nur das Turbineneinlassventil 1 gesteuert, da dann das Bypassventil 2 geschlossen ist. Auf diese Weise können die bei der bisherigen Vordruckregelung im Frischdampfzufuhrlei- tungssystem auftretenden, höchst unerwünschten Druckschwin- gungen, vermieden oder mindestens auf ein vernachlässigbares Mass vermindert werden.

Bei einer zum Beispiel bei Kurzschluss notwendigen schnel- len Leistungsreduktion wird das Turbineneinlassventil so rasch wie möglich in Schliessrichtung bewegt, und zur Konstanthal- tung des Druckes im Frischdampfperzeuger mit dem Signal Δp das Bypassventil 2 gesteuert.

Wenn die Anforderungen an einen möglichst konstanten Druck im Frischdampfperzeuger nicht so hoch sind, dann kann das Signal Δp auch wie folgt bestimmt werden:

$$\Delta p = \frac{p_1 \cdot G_1 + p_2 \cdot G_2 + p_3 \cdot G_3}{G_1 + G_2 + G_3} - p_{\text{Soll}}$$

oder noch weniger genau

$$\Delta p = \frac{\sum_{i=1}^n p_i}{n} - p_{\text{Soll}} = \frac{p_1 + p_2 + p_3}{3} - p_{\text{Soll}}$$

Die in Figur 2 dargestellte Ausführungsform unterscheidet sich von der in Figur 1 dargestellten im Prinzip nur dadurch, dass alle Leitungen 3, 4 und 6 wie in der Praxis üblich, in mehre- re einzelne Leitungen aufgeteilt und über Querleitungen 12, 13 und 14 je untereinander zum Druckausgleich miteinander ver- bunden sind.

Vor den Turbineneinlassventilen 1 wird der zu messende Druck an einer mit allen Zweigleitungen 3 verbundenen Quer- leitung 15 abgefühlt, und vor den Bypassventilen 2 wird der zu messende Druck an einer mit allen Zweigleitungen 4 verbunde- nen Querleitung 16 abgefühlt.

Ferner ist bei diesem Ausführungsbeispiel die dritte Druck- wertmessstelle 10' im Dampfvolmen des Reaktors 5 und nicht wie in Figur 1 am Austritt aus dem Reaktor 5 angeordnet.

Die Funktionsweise ist analog zu dem in Figur 1 dargestell- ten Ausführungsbeispiel, so dass sich eine weitere Erläuterung erübrigt.

Selbstverständlich ist es zur weiteren Verbesserung des Si- gnals Δp möglich, noch mehr Druckwertmessstellen in den Lei- tungen 3, 4 und 6 anzuordnen.

Wie aus Figur 3 ersichtlich, ist bei diesem Ausführungsbei- spiel das Turbineneinlassventil 1 und das Bypassventil 2 über je eine eigene Leitung 6' bzw. 4' mit dem Dampfvolmen des Reaktors 5 verbunden, wobei die Leitung 4' so kurz ist, dass der Druckunterschied gegenüber dem im Dampfvolmen des Reak- tors 5 gemessenen Druckes vernachlässigt werden kann.

Bei dem in Figur 4 dargestellten Ausführungsbeispiel ist das Bypassventil 2 über eine sehr kurze Zweigleitung 4' unmittel- bar am Austritt des Reaktors 5 mit der Hauptleitung 6' verbunden, so dass zwischen der Druckwertmessstelle 10 und der Zweiglei- tung 4' wenn schon, dann nur ein vernachlässigbarer Druckun- terschied existiert.

Bei dem in Figur 5 dargestellten Ausführungsbeispiel sind die Zweigleitungen 3 und/oder 4 so kurz, dass heisst der Abstand zwischen der Druckwertmessstelle 7 und der nicht mit einer Druckwertmessstelle versehenen Zweigleitung so klein, dass zwischen diesen beiden Teilen wenn schon, dann nur ein ver- nachlässigbarer Druckunterschied existiert, so dass es sinnlos ist, in beiden Zweigleitungen 3 und 4 je mindestens eine Druck- wertmessstelle anzuordnen.

Selbstverständlich kann bei geeigneten Verhältnissen die Druckwertmessstelle 7 anstatt in der Zweigleitung 4 auch in der Zweigleitung 3 angeordnet werden.

Die Steuerung des Turbineneinlassventils 1 und/oder des Bypassventils 2 über den mit dem Rechner 11 versehenen Re- gelkreis ist bei allen drei vorangehend anhand der Figuren 3 bis 5 beschriebenen Ausführungsbeispielen analog zu den beiden anhand der Figuren 1 und 2 beschriebenen Ausführungsbei- spielen.

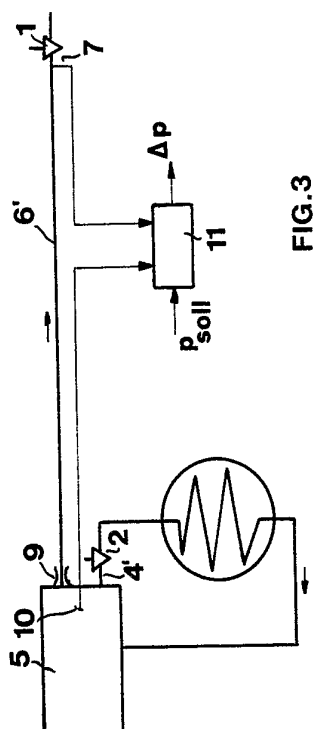


FIG. 3

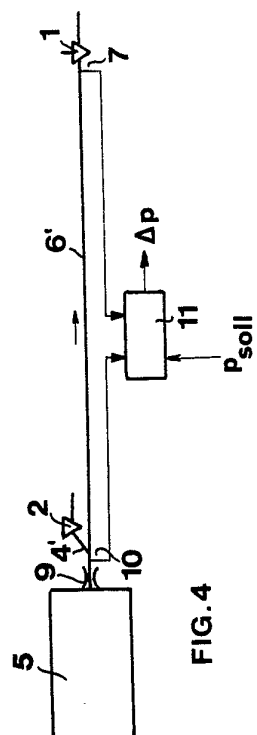


FIG. 4

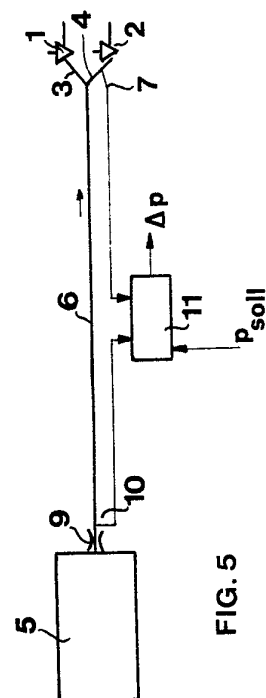


FIG. 5

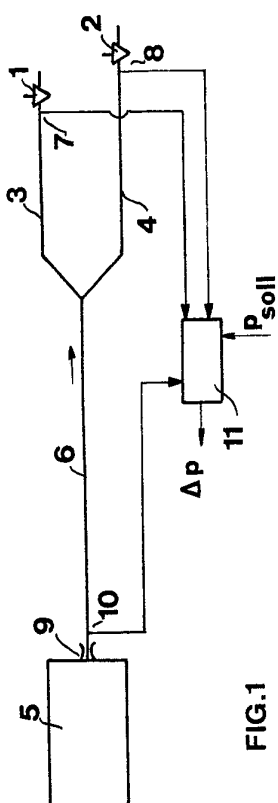


FIG. 1

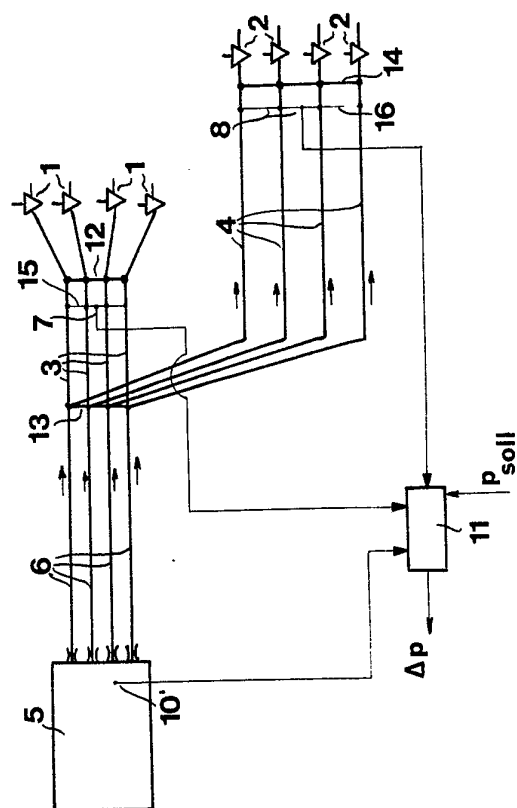


FIG. 2