



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 198 29 178 B4** 2008.09.18

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **198 29 178.7**  
(22) Anmeldetag: **30.06.1998**  
(43) Offenlegungstag: **05.01.2000**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **18.09.2008**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **G05D 17/00** (2006.01)  
**G01L 3/24** (2006.01)  
**F02C 6/18** (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:  
**Alstom, Paris, FR**

(74) Vertreter:  
**Rösler, U., Dipl.-Phys.Univ., Pat.-Anw., 81241 München**

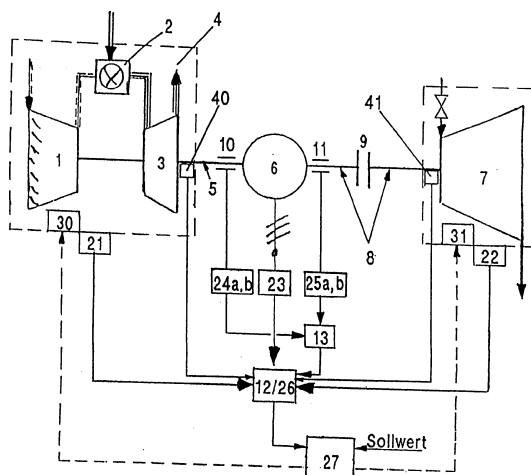
(72) Erfinder:  
**Liebig, Erhard, Dr., 79725 Laufenburg, DE;**  
**Schaber, Ulrich, Dr., Gebenstorf, CH; Wüthrich,**  
**Christian, Dr., Fislisbach, CH**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:  
**DE 41 26 032 C2**  
**DE 21 48 493 B2**  
**DE 28 16 734 A1**

**DE 24 49 426 A1**  
**DE 11 65 901 A**  
**DE 11 20 755 A**  
**WO 96/20 395 A1**  
**Svensson, Bo: Kompakte Kombikraftwerke**  
**mittlerer**  
**Baugröße für Kraft-Wärme-Kopplung. In: ABB**  
**Technik 4/1997, S. 26-32;**  
**Guthrie, James: Lever-Shaft Torque**  
**Measurement.**  
**In: Instruments & Control Systems, Vol.37,**  
**1964, S. 116-118;**  
**Turner, J.D.: Development of a rotating-shaft**  
**torque sensor for automotive applications. In:**  
**IEEE Proceedings, Vol. 135, Pt.D, No. 5,**  
**Sep. 1988, S. 334-338;**

(54) Bezeichnung: **Verfahren sowie Vorrichtung zur Leistungsermittlung sowie zur Leistungsregelung bei einer Anlage, insbesondere einer kombinierten Gas- und Dampfturbinenanlage**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Leistungsermittlung sowie zur Leistungsregelung bei einer Anlage mit mindestens einem Abtrieb, der mit wenigstens zwei Antrieben über jeweils einen Wellenstrang verbunden ist, unter Zugrundelegung eines vorgebbaren Leistungs-Sollwertes, dadurch gekennzeichnet,  
daß jeweils eine Antriebs-interne Leistungsermittlung durchgeführt wird, indem antriebsinterne Betriebsgrößen ermittelt werden,  
daß eine Abtriebs-interne Leistungsermittlung durchgeführt wird, indem abtriebs-interne Betriebsgrößen ermittelt werden,  
daß zur Erfassung von infolge Torsion verursachten Dehnungen entlang der die Antriebe mit dem Abtrieb verbindenden Wellensträngen Meßaufnehmer vorgesehen sind, deren Meßsignale in Kombination mit der Drehzahl und den intern gewonnenen Betriebsgrößen zur Leistungsermittlung einer Ist-Leistung der gesamten Anlage herangezogen werden,  
daß die ermittelte Ist-Leistung der Anlage mit dem Leistungs-Sollwert verglichen wird, und  
daß in Abhängigkeit des Soll/Ist-Vergleichs die Antriebe zur gezielten Leistungsänderung angesteuert werden.



**Beschreibung**

## Technisches Gebiet

**[0001]** Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur Leistungsermittlung sowie zur Leistungsregelung bei einer Anlage mit mindestens einem Abtrieb, der mit wenigstens zwei Antrieben über jeweils einen Wellenstrang verbunden ist, unter Zugrundelegung eines vorgebbaren Leistungs-Sollwertes. Insbesondere bezieht sich die Erfindung auf die Leistungsermittlung von kombinierten Gas- und Dampfturbinenanlagen in Einwellenbauweise.

## Stand der Technik

**[0002]** Zur Bestimmung der von einer Gasturbinenanlage abgegebenen Leistung wird üblicherweise die mit Hilfe des Generators gewonnene elektrische Leistung an den Generatorklemmen gemessen, mit dem die durch die Gasturbinenanlage erzeugte Leistung bestimmbar ist. Alternativ oder in Ergänzung zur Leistungsmessung am Generator können zur Leistungsbestimmung einer Gasturbinenanlage maschineninterne Größen, wie beispielsweise der Brennstoffverbrauch, die in der Gasturbine herrschenden Drücke und Temperaturen sowie die Leitschaufelstellungen am Verdichter verwendet werden.

**[0003]** Gleiches gilt auch für die Leistungsermittlung einer Dampfturbinenanlage, bei der wie im vorstehend geschilderten Falle der Gasturbinenanlage, die an einem Generator meßbare Leistung Grundlage für die Bestimmung der durch die Dampfturbinenanlage erzeugten Leistung ist. Ebenso kann als direkter Leistungsparameter bei einer Dampfturbinenanlage auch der am Eintritt herrschende Dampfzustand in Kombination mit dem Abdampfzustand zur Leistungsbestimmung verwendet werden.

**[0004]** Es ist an sich bekannt, berührungslos arbeitende Messvorrichtungen an den Wellen von Antrieben bzw. Abtrieben anzubringen, um die Wellenleistung aus Torsionsmoment und Drehzahl zu ermitteln, auf deren Grundlage Aussagen über die von den jeweiligen Anlagen erbrachte bzw. verbrauchte Leistung möglich sind (DE 2449426).

**[0005]** WO 96/20395 ist in diesem Zusammenhang die technische Lehre zu entnehmen, den Winkel zu bestimmen, um den der Wellenstrang tordiert ist und aus dem Produkt des Winkels und eines vorgegebenen Eichkoeffizienten die Leistung zu ermitteln. Zu diesem Zwecke werden auf dem Wellenstrang zwei Wellenmarken angebracht und wird neben der Maschine eine geeignete Messeinrichtung zur Bestimmung des Winkels, um den der Wellenstrang tordiert ist, positioniert.

**[0006]** In einem Artikel „Development of a rotating-shaft torque sensor for automotive applications“ in IEE Proceedings, Vol.135, 5/1988, S.334–338 werden, ausgehend von dem Stand der Technik der Anordnung von Dehnungstreifen auf dem Wellenstrang, verschiedene Ausführungsarten berührungsloser Sensoren zur Drehmomentenermittlung an einer Welle vorgestellt. Im Konkreten werden Einzelheiten eines kapazitiven Sensors diskutiert.

**[0007]** Von besonderem Interesse sind kombinierte Gas- und Dampfturbinenanlagen, die im Falle von Einwellenanlagen über einen gemeinsamen Wellenstrang an den Generator gekoppelt sind. Über ein – in Abhängigkeit der Anordnung von Gasturbinen- und Dampfturbinenanlagen sowie Generator – im Wellenstrang vorgesehenes Kupplungselement zur Dampfturbinenanlage kann diese entsprechend den Betriebsbedingungen bei An- und Abfahrvorgängen, Störfällen usw., vom Wellenstrang abgekoppelt werden. Eine ausführliche Darlegung kompakter Kombikraftwerke mittlerer Baugröße für Kraft-Wärme-Kopplung unter besonderer Berücksichtigung von Einwellenanlagen ist der ZS ABB Technik 4/1997, S.26–32 zu entnehmen.

**[0008]** Durch Getriebe können die Drehzahlen von Gasturbinen- und Dampfturbinenanlagen erforderlichenfalls auf die von der Netzfrequenz abhängige Generatordrehzahl abgestimmt werden. Aufgrund der kinematischen Verkopplung von Gas- und Dampfturbinenanlagen ist eine eindeutige Leistungszuordnung durch bloßen Stromabgriff an den Generatorklemmen jedoch nicht mehr möglich. Für eine Leistungsbilanzierung, d. h. eine getrennte Ermittlung der auf den Generator übertragenen Leistungsanteile von der Gas- und von der Dampfturbinenanlage müssen zusätzliche Maßnahmen getroffen werden.

**[0009]** Dies ist insbesondere für stark instationäre Vorgänge, bspw. bei schnellen Leistungsänderungen oder bei An- und Abfahrvorgängen von Bedeutung.

**[0010]** Neben der reinen mechanischen Verbindung zwischen Gas- und Dampfturbinenanlagen sowie Generator durch je einen Wellenstrang ist die zusätzliche thermische Kopplung von Gas- und Dampfturbinenanlage über den Abhitzedampferzeuger und den Wasser-/Dampfkreislauf hinsichtlich der Leistungsbilanzierung des Gesamtsystems ebenso von Bedeutung. Leistungs- bzw. Parameteränderungen der Gasturbinenanlage wirken über den Abhitzedampferzeuger und Wasser-/Dampfkreislauf zeitverzögert auf die Dampfturbinenanlage, was letztlich ebenfalls zu instabilen Systemzuständen führen kann.

**[0011]** Der Zustand der Dampfturbinenanlage ist abhängig von der Abwärme und damit der Fahrweise der Gasturbinenanlage sowie den daraus resultieren-

den Dampfparametern des Abhitzedampferzeugers. Das Gesamtsystem wird daher primär über die Gasturbinenanlage geregelt. Die regelungstechnischen Eingriffsmöglichkeiten über die Dampfturbinenanlage sind beschränkt.

**[0012]** Insbesondere bei großen Gasturbinen- als auch Dampfturbinenanlagen wird die Leistungsbestimmung bei steigenden Anforderungen an die Genauigkeit auf der Grundlage von anlageninternen Parametern zunehmend komplexer. Bei einer Vielzahl von Gasturbinenanlagen ist nur eine eingeschränkte bzw. keine Leistungsermittlung aus internen Parametern möglich. Eine genügend genaue Überwachung der Leistung, insbesondere bei transienten Vorgängen, ist daher nur schwer möglich.

**[0013]** Eine Leistungsbeurteilung aufgrund interner Parameter ist bei transienten Vorgängen generell schwierig, da Thermoelemente eine gewisse Trägheit aufweisen.

**[0014]** Eine Folge davon kann sein, dass im Wellenstrang Leistungsschwankungen auftreten und das Kraftwerkssystem erst durch zusätzliche Regeleinriffe in einen stabilen Betriebszustand überführt werden kann. Um jedoch den vorstehend genannten Stabilitätsproblemen entgegenzutreten, sind jederzeit genaue Kenntnisse über die aktuellen Leistungsabgaben der einzelnen Anlagenteile eines Kombikraftwerkes notwendig. Nur durch gezielten Vergleich von aktuell von den Anlagen abgegebenen Leistungswerten mit vorgebbaren Sollwerten können Abweichungen vom normalen Betriebsverhalten festgestellt und mittels geeigneter Regelgrößen korrigiert werden.

#### Darstellung der Erfindung

**[0015]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur Leistungsermittlung sowie zur Leistungsregelung bei einer Anlage mit mindestens einem Abtrieb, der mit wenigstens zwei Antrieben über jeweils einen Wellenstrang verbunden ist, unter Zugrundelegung eines vorgebbaren Leistungs-Sollwertes derart anzugeben, daß den, insbesondere bei Kombikraftwerken auftretenden, regelungstechnischen Instabilitäten gezielt entgegengetreten werden kann. Hierfür soll eine möglichst exakte Leistungsermittlung jeweils für die An- und Abtriebe, vorzugsweise für eine Gas- und Dampfturbinenanlage eines Kombikraftwerkes möglich sein. Überdies sollen Vorkehrungen getroffen werden, mit Hilfe derer es möglich ist, durch gezielte Ansteuerungen der An- und Abtriebe eine stabile Leistungsabgabe der Komponenten zu erhalten.

**[0016]** Die Lösung der der Erfindung zugrundeliegenden Aufgabe ist im Anspruch 1 angegeben, der ein erfindungsgemäßes Verfahren beschreibt. Der Gegenstand des Anspruchs 12 richtet sich auf eine

erfindungsgemäße Vorrichtung. Den Erfindungsgedanken vorteilhaft weiterbildende Merkmale sind Gegenstand der Unteransprüche.

**[0017]** Die Erfindung wird am Beispiel einer kombinierten Gas- und Dampfturbinenanlage beschrieben, soll jedoch nicht auf diesen Anlagentyp beschränkt werden.

**[0018]** Der Erfindung liegt die Idee zugrunde, zusätzlich zur Erfassung aller maschineninterner Parameter eines Kombikraftwerkes, wie beispielsweise bei einer Gasturbinenanlage der Brennstoffverbrauch, die Druck- und Temperaturverhältnisse im Inneren der Gasturbine sowie die Leitschaufelstellungen am Verdichter oder bei einer Dampfturbinenanlage die Erfassung des Eintrittsdampfzustandes sowie des Abdampfzustandes, um nur einige zu nennen, auch die von der Gas- und Dampfturbinenanlage über die Wellenstränge übertragene Leistung zu ermitteln. Dies erfolgt per Meßaufnehmer, die auf dem jeweiligen Wellenstrang aufgebracht sind, der mit dem Generator verbunden ist, wodurch die infolge Torsinn der Welle verursachten Dehnungen erfaßt werden.

**[0019]** Bei einer häufig eingesetzten Bauweise ist der Generator zwischen der Gasturbinenanlage und der Dampfturbinenanlage angeordnet und sowohl mit dem von der Gasturbinenanlage als auch mit dem von der Dampfturbinenanlage kommenden Wellenstrang verbunden. Die vorzugsweise als Dehnungsmeßstreifen ausgebildeten Meßaufnehmer werden beidseitig vom Generator an den jeweiligen Wellenstrangabschnitten aufgebracht, so daß es möglich ist, die durch Torsinn verursachten Dehnungen in den einzelnen Wellensträngen getrennt voneinander zu erfassen. Die Dehnungen, die sich aufgrund der Kraftübertragung von den energieerzeugenden Turbineneinheiten auf die anzutreibende Generatoreinheit infolge Torsinn ausbilden, können bei weiterhin bekannter Drehzahl sowie Geometrie und Werkstoffeigenschaften der Welle als Maß für die von der Gas- bzw. Dampfturbinenanlage abgegebene Leistung angesehen werden, die es gilt, mit den auf den Wellensträngen aufgetragenen Dehnungsmeßstreifen zu erfassen.

**[0020]** Zunächst läßt sich über die infolge Torsinn verursachte Dehnung sowie die Geometrie und die Werkstoffdaten der Welle das Torsionsmoment und schließlich unter Berücksichtigung der Drehzahl die vom Wellenstrang übertragene Leistung bestimmen.

**[0021]** Die von den Dehnungsmeßstreifen gelieferten Meßsignale, insbesondere bei der Durchführung von Absolutmessungen, zur quantitativen Erfassung der Torsinn sind mit den üblichen Meßunsicherheiten behaftet, wodurch Aussagen über die genaue Leistungsabgabe der Gas- bzw. Dampfturbinenanlage

nicht immer in befriedigender Weise möglich sind.

**[0022]** Erfindungsgemäß ist erkannt worden, daß zur genauen Ermittlung einer Leistungsbilanz insbesondere bei Kombikraftwerken mit Einwellenanlagen sowohl maschineninterne Meßparameter herangezogen werden müssen, als auch die über den Wellenstrang übertragenen Leistungen bzw. Torsionsmomente erfaßt werden müssen. Erst durch die Messung aller Kenngrößen, die zum Teil redundante Meßsignale enthalten, kann eine Aussage mit zufriedenstellender Genauigkeit und über lange Zeiträume von den von der Gas- und Dampfturbinenanlage erbrachten Leistungen gemacht werden.

**[0023]** Durch ein gezieltes Anbringen von Dehnungsmeßstreifen auf den Wellensträngen, die beidseitig mit dem Generator verbunden sind oder die beidseitig in ein Kupplungselement einmünden, ist es zum einen möglich, die Belastung des Generators bzw. der Kupplungseinheiten zu erfassen. Ferner ist es möglich, aus der Belastung des Wellenstranges durch die Messung von sich ausbildenden Torsionsschwingungen die zusätzlichen, auf die gesamte Anlage – Gasturbinen- und Dampfturbinenanlage – sowie deren Bauteile, beispielsweise Schaufelblätter, wirkenden mechanischen Belastungen zu erfassen.

**[0024]** Diese zusätzlichen Informationen sind beispielsweise im Zusammenhang mit Fragen bezüglich

- Kupplungsvorgängen, beispielsweise durch das Zu- und Abschalten der Dampfturbinenanlage,
- einer vom Betriebspunkt abweichenden bzw. schwingenden Beaufschlagung der Gasturbine und der Dampfturbinenanlage, aber auch
- elektrischen Schieflasten, wie Frequenzgradienten im elektrischen Netz, bei unterschiedlich belasteten Phasen, sowie
- unterschiedlicher Magnetisierung im Generator und dgl.

von Bedeutung.

**[0025]** Durch das Vorsehen zusätzlicher und getrennter Messungen mittels Dehnungsmeßstreifen auf den jeweiligen Wellenstrangabschnitten ist es zudem möglich, eine automatische Kalibrierung des Torsionsmomentes im reinen Gasturbinenbetrieb durchzuführen. Dies ist beispielsweise bei Startvorgängen, im sogenannten simple-cycle Betrieb oder im Dampfturbinenbypassbetrieb möglich. Da in diesem Fall nur die Gasturbinenanlage in Betrieb ist, kann die Leistungsmessung über den Dehnungsmeßstreifen mit Hilfe der Leistungsmessung am Generator bzw. auch mit internen Signalen der Gasturbinenanlage abgeglichen werden. Auf diese Weise kann zunächst die Meßunsicherheit, die bei Absolutmessungen mit Dehnungsmeßstreifen zu erwarten ist, korrigiert bzw. die gesamte Meßkette kalibriert werden. Die direkte Kalibrierung des Torsionsmo-

mentes ist insofern von Bedeutung, da diese die Geometrie- und Werkstoffeinflüsse einschließt, d. h. auf die separate Erfassung und Einbeziehung der aktuellen Werkstoffdaten sowie der Geometrie der Welle verzichtet werden kann. Nach dem nachträglichen Zuschalten der Dampfturbinenanlage liefert der bloße Abgriff an den Generatorklemmen die Gesamtleistung der Gas- und Dampfturbinenanlage.

**[0026]** Die Messung des Leistungsanteils der Gasturbinenanlage kann durch den Dehnungsmeßstreifen, der am Wellenstrang der Gasturbinenanlage aufgebracht ist, erfolgen. Durch entsprechende Differenzbildung zwischen der Gesamtleistung und dem Leistungsanteil, der von der Gasturbinenanlage kommt, ergibt sich die Leistung der Dampfturbinenanlage.

**[0027]** Durch die erfindungsgemäße zusätzliche Erfassung von maschineninternen bzw. thermodynamischen Meßgrößen der Gas- und Dampfturbinenanlage sind die Meßunsicherheiten durch die zum Teil redundant erfaßten Meßgrößen weiter mit Hilfe einer automatisierten Ausgleichsrechnung zu reduzieren, wodurch ebenfalls eine präzisere Leistungsbilanzierung insbesondere über lange Zeiträume möglich wird.

**[0028]** Durch die kinematische Verkopplung von Gas- und Dampfturbinenanlage über einen gemeinsamen Wellenstrang führen, wie vorstehend angedeutet, bereits kleine Abweichungen in den von den einzelnen Anlagen abgegebenen Leistungen zu Instabilitäten, die nicht nur den Wellenstrang, sondern alle mit dem Wellenstrang verbundenen Bauteile, stark belasten. Mit Hilfe eines erfindungsgemäßen Soll-Ist-Wertausgleiches, der erst durch die präzise Erfassung der einzelnen abgegebenen Leistungsanteile möglich ist, können Kombikraftwerke zuverlässig in einer stabilen Betriebsweise gehalten werden.

#### Kurze Beschreibung der Erfindung

**[0029]** Die Erfindung wird nachstehend ohne Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen exemplarisch beschrieben. Es zeigen:

**[0030]** [Fig. 1](#) Blockbilddarstellung einer kombinierten Gas- und Dampfturbinenanlage mit Erfassungs- und Regeleinrichtungen von bestimmten Betriebsparametern und

**[0031]** [Fig. 2](#) Darstellung wie [Fig. 1](#) ergänzt mit der Erfassung der thermodynamischen Koppelparameter zwischen Gas- und Dampfturbinenanlage über den Abhitzedampfzeuger und Wasser-/Dampf-Kreislauf.

Wege zur Ausführung der Erfindung, gewerbliche Verwendbarkeit

**[0032]** Ein erfindungsgemäßes Ausführungsbeispiel wird unter Bezugnahme auf die [Fig. 1](#) beschrieben.

**[0033]** [Fig. 1](#) zeigt einen schematischen Aufbau einer Gas- und Dampfturbinenanlage. Die Gasturbinenanlage **4** weist einen Verdichter **1** auf, über den verdichtete Luft einer Brennkammer **2** zugeführt wird. Die in der Brennkammer **2** entstehenden Heißgase treiben die Gasturbine **3** an, die über einen Wellenstrang **5** mit dem Generator **6** verbunden ist. Auf der anderen Seite des Generators **6** ist eine Dampfturbinenanlage **7** vorgesehen, die über einen Wellenstrang **8** mit dem Generator **6** über eine Kupplung **9** verbunden ist. Die Kupplung **9** dient dem getrennten Anfahren von Gasturbinenanlage **4** und Dampfturbinenanlage **7**.

**[0034]** Zur Erfassung und Regelung der Anlagen-internen Betriebsparameter bei der Gasturbinenanlage **4** sind zum einen eine interne Leistungserfassungseinheit **21** sowie eine Stelleinheit **30** vorgesehen, mittels derer beispielsweise der Brennstoffverbrauch, die in der Gasturbine herrschenden Druck- und Temperaturverhältnisse sowie auch die Leitschaufelstellungen am Verdichter erfaßt und entsprechend geregelt werden können. Ebenso sind auf der Seite der Dampfturbinenanlage **7** eine interne Leistungserfassungseinheit **22** und eine entsprechende Stelleinheit **31** für die Erfassung und Regelung der Dampfturbinen-internen Betriebsparameter vorgesehen. Die Betriebsparameter beider Anlagen werden mittels einer Auswerteeinheit **12** bzw. Verarbeitungseinheit **26** verarbeitet. Der Abgleich der direkt gewonnenen Betriebsparameter wird mit Hilfe eines Sollwertes im Rahmen einer Vergleichseinheit **27** durchgeführt, in der ein Soll-/Ist-Wertvergleich stattfindet. In Abhängigkeit eines derartigen Soll-/Ist-Wertvergleichs werden Regelgrößen generiert, die zur direkten Regelung über die Stelleinheiten **30** und **31** an die Gas- bzw. Dampfturbine übergeben werden.

**[0035]** Zusätzlich zur Erfassung der betriebsinternen Parameter sind Dehnmeßstreifen **10**, **11** jeweils auf den Wellensträngen **5** und **8** vorgesehen, die über Telemetrie mit Meßeinheiten **24a** bzw. **25a**, zur Messung der Torsion (Dehnung infolge Torsion) sowie mit Meßeinheiten **24b** bzw. **25b** zur Messung von Torsionsschwingungen (Dehnungsschwingungen infolge Torsionsschwingungen) verbunden sind. Zur Verarbeitung der torsionsbezogenen Meßwerte ist eine Auswerteeinheit **13** für die Bestimmung der Torsion bzw. von Torsionsschwingungen vorgesehen, deren Auswerteergebnisse ebenfalls an die Auswerte- und Verarbeitungseinheit **12**, **26** weitergegeben werden. Optional kann der Auswerte- und Verarbeitungseinheit **12**, **26** auch der an den Generatorklem-

men abgegriffene Leistungswert über die Leistungserfassungseinheit **23** übergeben werden.

**[0036]** Ergänzend sei die ohnehin vorhandene Drehzahlmessung der Gasturbinenanlage **40** und der Dampfturbinenanlage **41** erwähnt. Diese Drehzahlsignale werden ebenfalls der Auswerteeinheit **12** bzw. der Verarbeitungseinheit **26** aufgeschaltet, um aus dem Torsionsmoment die über den jeweiligen Wellenstrang übertragene Leistung zu ermitteln.

**[0037]** Mit Hilfe der einzelnen Komponenten zur Erfassung einer Vielzahl von Meßgrößen, die den aktuellen Betriebszustand eines Kombikraftwerkes beschreiben, ist es möglich, durch Zusammenführung aller erhaltenen Meßwerte im Rahmen der Auswerte- und Verarbeitungseinheit **12**, **26** unter Zugrundelegung eines extern vorgegebenen Sollwertes mittels eines Soll-/Istwertabgleiches zum einen Informationen zu generieren, die eine exakte Aussage über die aktuell vorhandene Leistungsverteilung aller in Betrieb befindlicher Anlagenkomponenten gestatten, aber insbesondere zum anderen, Regelgrößen zu generieren, mit denen die einzelnen Anlagekomponenten in einem stabilen Betriebszustand gehalten bzw. schnellstmöglich überführt werden können.

**[0038]** Zusätzlich zu den beschriebenen Komponenten gemäß Ausführungsbeispiel der [Fig. 1](#) ist in [Fig. 2](#) eine weitere Erfassung des thermodynamischen Übertragungsverhaltens zwischen der Gasturbinenanlage **4** und der Dampfturbinenanlage **7** im Wege des Abhitzedampferzeugers und des Wasser-/Dampf-Kreislaufes vorgesehen. In geeigneter Weise werden Meßsensoren zur Erfassung des aktuellen Betriebszustandes innerhalb des Abhitzedampferzeugers und des Wasser-/Dampf-Kreislaufes **14** vorgesehen, deren Meßwerte ebenfalls einer Vergleichs- und Regeleinheit **27** zugeführt werden, die sowohl bei der Leistungsermittlung als auch der Anlagenregelung berücksichtigt werden.

**[0039]** Mit Hilfe der vorstehend ausgeführten Maßnahmen können Kombikraftwerke in einer stabilen Betriebsweise gehalten bzw. in diese überführt werden, die nicht zuletzt auch zur Lebensdauererhöhung der Anlage beiträgt.

#### Bezugszeichenliste

<b>1</b>	Verdichter
<b>2</b>	Brennkammer
<b>3</b>	Gasturbine
<b>4</b>	Gasturbinenanlage
<b>5</b>	Gasturbinenseitiger Wellenstrang
<b>6</b>	Generator
<b>7</b>	Dampfturbinenanlage
<b>8</b>	Dampfturbinenseitiger Wellenstrang
<b>9</b>	Kupplung
<b>10</b>	Dehnmeßstreifen

- 11 Dehnmeßstreifen
- 12 Auswerteeinheit Leistung
- 13 Auswerteeinheit Torsinn
- 14 Abhitzedampferzeuger und Wasser-/Dampf-Kreislauf
- 21 interne Leistungserfassung der Gasturbinenanlage
- 22 interne Leistungserfassung der Dampfturbinenanlage
- 23 Leistungserfassung an den Generatorklemmen
- 24a Messung der Torsinn – gasturbinenseitige Meßkette
- 24b Messung der Torsionsschwingung – gasturbinenseitige Meßkette
- 25a Messung der Torsinn – dampfturbinenseitige Meßkette
- 25b Messung der Torsionsschwingung – dampfturbinenseitige Meßkette
- 26 Verarbeitungseinheit
- 27 Vergleichseinheit/Regeleinheit
- 30 Stelleinheit Gasturbinenanlage
- 31 Stelleinheit Dampfturbinenanlage
- 40 Drehzahlmessung Gasturbinenanlage
- 41 Drehzahlmessung Dampfturbinenanlage

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Leistungsermittlung sowie zur Leistungsregelung bei einer Anlage mit mindestens einem Abtrieb, der mit wenigstens zwei Antrieben über jeweils einen Wellenstrang verbunden ist, unter Zugrundelegung eines vorgebbaren Leistungs-Sollwertes, **dadurch gekennzeichnet**, daß jeweils eine Antriebs-interne Leistungsermittlung durchgeführt wird, indem antriebsinterne Betriebsgrößen ermittelt werden, daß eine Abtriebs-interne Leistungsermittlung durchgeführt wird, indem abtriebs-interne Betriebsgrößen ermittelt werden, daß zur Erfassung von infolge Torsinn verursachten Dehnungen entlang der die Antriebe mit dem Abtrieb verbindenden Wellensträngen Meßaufnehmer vorgesehen sind, deren Meßsignale in Kombination mit der Drehzahl und den intern gewonnenen Betriebsgrößen zur Leistungsermittlung einer Ist-Leistung der gesamten Anlage herangezogen werden, daß die ermittelte Ist-Leistung der Anlage mit dem Leistungs-Sollwert verglichen wird, und daß in Abhängigkeit des Soll/Ist-Vergleichs die Antriebe zur gezielten Leistungsänderung angesteuert werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Kalibrierung der die infolge Torsinn verursachten Dehnungen erfassenden Meßaufnehmer und/oder zur Kalibrierung des Torsionsmomentes die Leistung am Abtrieb erfasst wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet,

zeichnet, daß in einem alleinigen Betrieb eines ersten Antriebes die am Abtrieb ermittelte Leistung zur Kalibrierung des Meßaufnehmers auf dem Wellenstrang und/oder zur Kalibrierung des Torsionsmomentes zwischen ersten Antrieb und Abtrieb verwendet wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß bei gleichzeitigem Betrieb des ersten und eines zweiten Antriebes die am Abtrieb ermittelte Leistung zur Kalibrierung des Meßaufnehmers auf dem Wellenstrang und/oder zur Kalibrierung des Torsionsmomentes zwischen zweiten Antrieb und Abtrieb verwendet wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Anlage eine kombinierte Gas- und Dampfturbinenanlage (4, 7) ist, mit einem Generator (6) als Abtrieb und mit diesem über jeweils einen Wellenstrang (5, 8) verbunden eine Gasturbinenanlage (4) als ein Antrieb und eine Dampfturbinenanlage (7) als ein weiterer Antrieb.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß als Betriebsgrößen zur Gasturbinen-internen Leistungsermittlung der Brennstoffverbrauch, die in der Gasturbine (3) herrschenden Drücke und Temperaturen sowie Leitschaufelstellungen erfaßt werden.

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß als Betriebsgrößen zur Dampfturbinen-internen Leistungsermittlung zusätzlich zum Abdampfzustand der Dampfzustand am Eintritt der Dampfturbine (7) erfaßt wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erfassung der internen Gas- und Dampfturbinenleistung jeweils die an den Generatorklemmen abgreifbare elektrische Leistung verwendet wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß zur Generator-internen Leistungsermittlung der Magnetisierungsgrad oder der magnetische Fluß, die elektrischen Ströme sowie die Kühlmaßnahmen erfaßt werden.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß als Meßaufnehmer, die auf dem Wellenstrang (5, 8) aufgebracht werden, Dehnungsmeßstreifen (10, 11) verwendet werden.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß das thermodynamische Übertragungsverhalten zwischen der Gasturbinenanlage (4) und der Dampfturbinenanlage (7) im Wege des Abhitzedampferzeugers und des Wasser-/Dampf-Kreislaufes (14) ermittelt wird.

12. Vorrichtung zur Leistungsermittlung sowie

zur Leistungsregelung bei einer kombinierten Gas- und Dampfturbinenanlage unter Zugrundelegung eines vorgebbaren Sollwertes, mit einem Generator (6), der jeweils über einen Wellenstrang (5, 8) mit der Gasturbinenanlage (4) sowie mit der Dampfturbinenanlage (7) verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, daß eine erste Meßeinheit (21) zur Erfassung der internen Leistung der Gasturbinenanlage (4), eine zweite Meßeinheit (22) zur Erfassung der internen Leistung der Dampfturbinenanlage (7) und eine dritte Meßeinheit (23) zur Erfassung der Generator-internen Leistung vorgesehen sind, daß entlang des Wellenstrangs (5, 8) Meßaufnehmer vorgesehen sind, die die in dem Wellenstrang durch Torsion verursachten Dehnungen erfassen und deren Meßsignale an einer vierten Meßeinheit (24a, 25a) anliegen, daß die Meßsignale der ersten bis vierten Meßeinheit an einer Soll/Ist-Wert-Vergleichseinheit (27) anliegen, und daß in Abhängigkeit des Vergleichs die Gas- und/oder die Dampfturbine zur gezielten Leistungsänderung ansteuerbar ist.

ten.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Generator (6) beidseitig mit einem gemeinsamen Wellenstrang (5, 8) verbunden und zwischen der Gas- (3) und Dampfturbine (7) vorgesehen ist.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßaufnehmer (10, 11) beidseitig zum Generator (6) auf dem Wellenstrang (5, 8) angeordnet sind.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßaufnehmer (10, 11) Dehnungsmeßstreifen sind.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß Meßsensoren im Abhitzedampferzeuger und/oder im Wasser-/Dampf-Kreislauf (14) vorgesehen sind, deren Meßsignale an eine Vergleichs- und Regeleinheit (27) zugeführt werden.

17. Verwendung der Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 16, zur Ermittlung von sich entlang der Wellenstränge beim Betrieb der kombinierten Gas- und Dampfturbine ausbildenden Torsionsschwingungen mittels der auf den Wellensträngen aufgebrachten Meßaufnehmern.

18. Verwendung der Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 16, zur Ermittlung von sich innerhalb der Wellenstränge beim Betrieb der kombinierten Gas- und Dampfturbine ausbildenden mechanischen Belastungen, welche bspw. infolge von Wellendurchbiegungen, von Ein- und Auskuppelvorgängen und/oder von elektrischen Schiefasten auftreten.

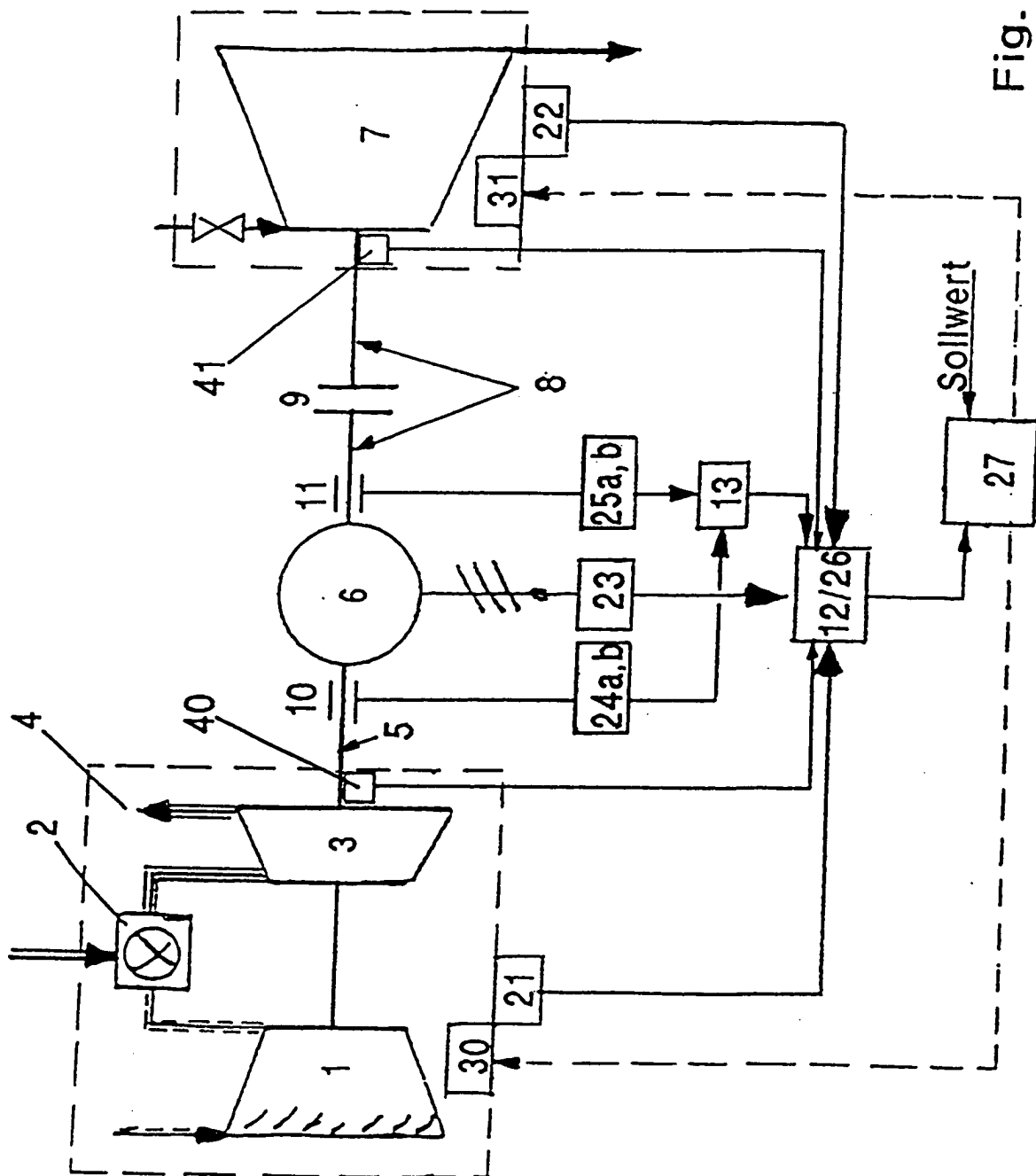


Fig. 1



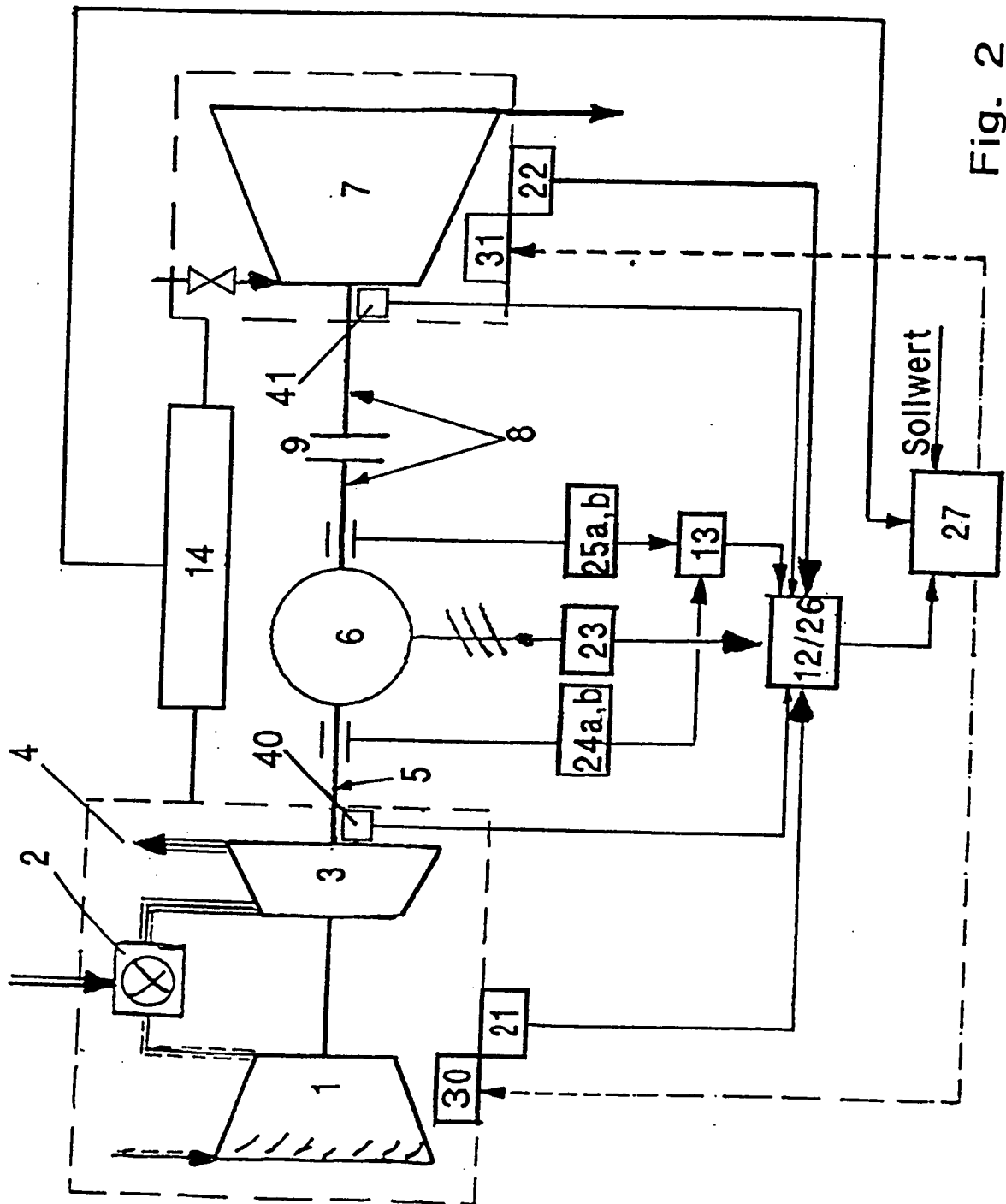


Fig. 2