(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2008 年7 月31 日 (31.07.2008)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2008/090628 A1

(51) 国際特許分類:
F01D 17/24 (2006.01) *F01D 17/00* (2006.01)
F01D 15/10 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2007/051299

(22) 国際出願日: 2007 年1 月26 日 (26.01.2007)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社 日立製作所 (HITACHI, LTD.) [JP/JP]; 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目６番６号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 八木 学 (YAGI, Manabu) [JP/JP]; 〒3191221 茨城県日立市大みか町七丁目２番１号 株式会社 日立製作所 電力・電機開発研究所内 Ibaraki (JP). 中野 晋 (NAKANO, Susumu) [JP/JP]; 〒3191221 茨城県日立市大みか町七丁目２番１号 株式会社 日立製作所 電力・電機開発研究所内 Ibaraki (JP). 一瀬 雅哉 (ICHINOSE, Masaya) [JP/JP]; 〒3191292 茨城県日立市大みか町七丁目１番１号 株式会社 日立製作所 日立研究所内 Ibaraki (JP).

(74) 代理人: 春日 譲 (KASUGA, Yuzuru); 〒1030023 東京都中央区日本橋本町三丁目４番１号トリイ日本橋ビル Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

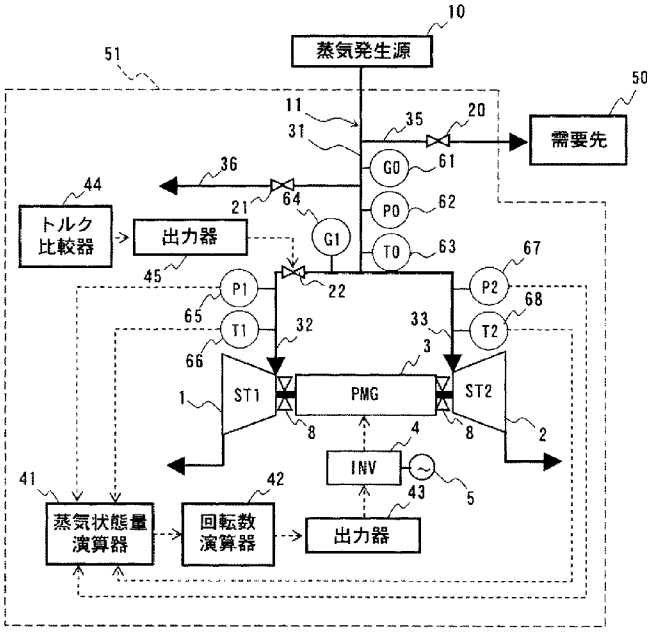
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD,

[続葉有]

(54) **Title:** STEAM TURBINE TYPE POWER GENERATING APPARATUS AND METHOD OF OPERATING THE SAME

(54) **発明の名称:** 蒸気タービン発電設備及びその運転方法

[図1]



10 STEAM GENERATING SOURCE
44 TORQUE COMPARATOR
45 OUTPUT DEVICE
50 CONSUMER
41 STEAM STATE QUANTITY CALCULATOR
42 ROTATIONAL NUMBER CALCULATOR
43 OUTPUT DEVICE

(57) Abstract: A steam turbine type power generating apparatus comprises first and second radial steam turbines (1, 2) driven by the steam from a steam generating source (10), a permanent magnet generator (3) coaxially connected to the first and second radial steam turbines (1, 2) and driven by the first and second radial steam turbines to generate an electric power, and an inverter (4) for controlling the frequency of the power generated by the permanent magnet generator (3) and the numbers of rotation of the permanent magnet generator (3). Consequently, the lowering of the power generation efficiency, that may occur when the pressure and temperature of the excess steam supplied to the steam turbines vary, can be suppressed.

(57) 要約: 蒸気発生源１０からの蒸気により駆動される第１及び第２ラジアル蒸気タービン１，２と、第１及び第２ラジアル蒸気タービン１，２と同軸上に連結され、第１及び第２ラジアル蒸気タービンにより駆動されることで発電する永久磁石式発電機３と、永久磁石式発電機３で発電された電力の周波数及び永久磁石式発電機３の回転数を制御するインバータ４とを備える。これにより、蒸気タービンに供給される余剰蒸気の圧力や温度の変動時の発電効率の低下を抑制することができる。

WO 2008/090628 A1

SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告書
— 補正書・説明書

明 細 書

蒸気タービン発電設備及びその運転方法

技術分野

[0001] 本発明は蒸気タービン発電設備及びその運転方法に関する。

背景技術

[0002] 近年、エネルギー有効利用の観点から低温・低圧の余剰蒸気の利用を促進する一手段としてラジアル式の蒸気タービンで発電機を駆動する蒸気タービン発電設備の有効性が認められている。このような蒸気タービン発電設備の一例として、発電機に減速ギヤを介してラジアル蒸気タービンを接続し、小型貫流ボイラから発生した余剰の飽和蒸気を過熱器により昇温してラジアル蒸気タービンに供給するシステムがある(非特許文献1等参照)。

[0003] 非特許文献1:小林利行(外3名),「100kWラジアル蒸気タービン発電システム」,日本機械学会〔NO. 06－8〕第11回動力・エネルギー技術シンポジウム講演論文集,2006年6月29日, p241－242

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、上記従来技術においては、発電機に対して減速ギヤを介して蒸気タービンを接続しているため、蒸気タービンに供給される余剰蒸気の圧力や温度の変動に伴って定格運転時の発電効率も変動してしまう。また、定格発電出力以下で運転する場合には、蒸気タービンに供給される余剰蒸気の圧力や温度を減少させて蒸気タービンの設計点から外れた条件で運転しなければならず、発電効率の面でも課題が残っている。

[0005] そこで本発明は、蒸気タービンに供給される余剰蒸気の圧力や温度の変動時の発電効率の低下を抑制することができる蒸気タービン発電設備及びその運転方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 上記目的を達成するために、本発明は、蒸気発生源からの蒸気により駆動されるラ

ジアル蒸気タービンと同軸上に永久磁石式発電機を連結し、この永久磁石式発電機で発電された電力の周波数と永久磁石式発電機の回転数を制御するインバータを備える。

発明の効果

[0007] 本発明によれば、蒸気タービンに供給される余剰蒸気の圧力や温度の変動時の発電効率の低下を抑制することができる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]本発明の第1の実施の形態に係る蒸気タービン発電設備の全体構成を表す概略図である。

[図2]本発明の第2の実施の形態に係る蒸気タービン発電設備の全体構成を表す概略図である。

[図3]本発明の第3の実施の形態に係る蒸気タービン発電設備の全体構成を表す概略図である。

[図4]発電機の回転数と発電出力の関係を表す特性図である。

[図5]本発明の第4の実施の形態に係る蒸気タービン発電設備の全体構成を表す概略図である。

[図6]本発明の第5の実施の形態に係る蒸気タービン発電設備の全体構成を表す概略図である。

[図7]本発明の第5の実施の形態に係る蒸気タービン発電設備に備えられた直列／並列蒸気タービンシステムの全体構成を表す概略図である。

符号の説明

[0009]

1	第1ラジアル蒸気タービン
2	第2ラジアル蒸気タービン
3	永久磁石式発電機
4	インバータ
10	蒸気発生源
11, 12	蒸気供給系統
22	流量調整弁

32, 33 分岐配管
37 高圧蒸気供給配管
38 低圧蒸気供給配管
41 蒸気状態量演算器
42 回転数演算器
43 出力器
44 トルク比較器
45 出力器
46 蒸気状態量比較器
47 出力器
50 熱需要先
51, 51A 蒸気タービン発電設備
52 蒸気タービン発電設備
53 直列／並列蒸気タービンシステム
54 並列蒸気タービンシステム
55 直列蒸気タービンシステム
61 流量検出手段
62 圧力検出手段
63 温度検出手段
65 圧力検出手段
66 温度検出手段
67 圧力検出手段
68 温度検出手段

発明を実施するための最良の形態

[0010] 以下に図面を用いて本発明の実施の形態を説明する。

[0011] 図1は本発明の第1の実施の形態に係る蒸気タービン発電設備の全体構成を表す概略図である。

[0012] 図1に示した蒸気タービン発電設備51は、永久磁石式発電機3の両端にラジアル

式の蒸気タービン1，2を配置し、例えばガスエンジンや排熱ボイラ等といった蒸気発生源10から供給される余剰蒸気をラジアル蒸気タービン1，2に分配する並列蒸気タービンシステムである。蒸気タービン発電設備51の主な特徴は、蒸気発生源10からの圧力や温度の変動に対応して常に蒸気タービン1，2の運転条件が適正化されるように、蒸気タービン1，2及び永久磁石式発電機3からなる回転体の回転数をインバータ4により可変制御することである。

[0013] まず、この蒸気タービン発電設備51の構成について説明する。

[0014] 図1に示したように、本実施の形態の蒸気タービン発電設備51は、蒸気発生源10からの蒸気により駆動される第1及び第2ラジアル蒸気タービン1，2、第1及び第2ラジアル蒸気タービン1，2により駆動されることで発電する永久磁石式発電機3、及び永久磁石式発電機3で発電された電力の周波数と第1及び第2ラジアル蒸気タービン1，2及び永久磁石式発電機3の回転数を制御するインバータ4を備えている。

[0015] 永久磁石式発電機3は両端が軸受8で支持されており、第1及び第2ラジアル蒸気タービン1，2と同軸上に連結されている。本実施の形態の場合、第1ラジアル蒸気タービン1が永久磁石式発電機3の一方（図1中の左側）に、第2ラジアル蒸気タービン2が永久磁石式発電機3の他方（図1中の右側）にそれぞれ連結されている。第1ラジアル蒸気タービン1と第2ラジアル蒸気タービン2は、ともに永久磁石式発電機3に近い側をタービン入口とし、永久磁石式発電機3から遠い側をタービン出口としている。これら第1及び第2ラジアル蒸気タービン1，2はタービン羽根車の外径等の主要寸法が異なっていても良いし同じであっても構わない。なお、軸受8の潤滑剤に関しては、油、水、空気等のいずれを用いても良いが、特に水を潤滑剤として用いた場合、プロセス蒸気等の衛生面に配慮する必要がある場合にも適用可能である上、比較的低摩擦損失で回転体の重量化に対応することができる。

[0016] 第1及び第2ラジアル蒸気タービン1，2は蒸気供給系統11を介して蒸気発生源10と接続されている。蒸気供給系統11は、蒸気発生源10からの蒸気を蒸気タービン発電設備51に供給する主蒸気配管31、主蒸気配管31を分岐させて形成した分岐配管32，33、主蒸気配管31から分岐させた蒸気供給配管35及び放出配管36からなる配管系と、蒸気供給配管35、放出配管36、分岐配管32にそれぞれ設けた切換弁

20、放出弁21、流量調節弁22等の弁装置とからなる。

[0017] 主蒸気配管31を流通する蒸気は分流して分岐配管32，33に流入し、それぞれ分岐配管32，33を通って第1及び第2ラジアル蒸気タービン1，2の入口に供給される。第1及び第2ラジアル蒸気タービン1，2への蒸気分配割合は流量調節弁22の開度により定まる。こうして供給された蒸気により第1及び第2ラジアル蒸気タービン1，2で得られた回転トルクにより、永久磁石式発電機3が駆動される。第1及び第2ラジアル蒸気タービン1，2からの排気は大気放出されるようにしても良いが、例えば蒸気発生源10等、距離的に排気が供給可能な位置関係にある設備で復水器が用いられていれば、その復水器等に導くようにしても良い。

[0018] また、主蒸気配管31を流れる余剰蒸気の流量G0が第1及び第2ラジアル蒸気タービン1，2を駆動するのに不十分な場合は、切換弁20を開いて熱を利用する施設である需要先50に余剰蒸気を供給し、需要先50での用途（例えば食品加熱や工場蒸気等）に用いられるようにしても良い。

[0019] また、第1及び第2ラジアル蒸気タービン1，2で許容できる流量以上に蒸気発生源10からの余剰蒸気が導入される場合、許容値を超える分に関しては放出弁21を開いて放出配管36に流入させ、復水器へ導いたり場合によっては大気放出したりする。なお、この放出弁21は、第1及び第2ラジアル蒸気タービン1，2側で何らかのトラブルが発生したとき等の万一の場合に備え、全開時には主蒸気配管31を通る余剰蒸気の全流量を放出配管36に受け入れられる能力を有するものを用いることが望ましい。

[0020] また、主蒸気配管31には主蒸気配管31を流れる蒸気の流量G0，圧力P0，温度T0をそれぞれ検出する流量検出手段61，圧力検出手段62，温度検出手段63が設けられている。分岐配管32には第1ラジアル蒸気タービン1に供給される蒸気の流量G1，圧力P1，温度T1をそれぞれ検出する流量検出手段64，圧力検出手段65，温度検出手段66が設けられている。分岐配管33には第2ラジアル蒸気タービン2に供給される蒸気の圧力P2，温度T2をそれぞれ検出する圧力検出手段67，温度検出手段68が設けられている。

[0021] インバータ4は、永久磁石式発電機3で発電された電力の周波数を電力の需要先

である系統5で利用される周波数と一致するように、例えば50[Hz]又は60[Hz]に変換する。勿論、永久磁石式発電機3で得られた電力の供給先は系統5に限定されず、変圧器を備える等して電圧を100[V]に変換し電気機器の電源として供給するようにしても良い。

[0022] また、蒸気タービン発電設備51は、圧力検出手段65，67及び温度検出手段66，68からの検出信号を基に第1及び第2のラジアル蒸気タービン1，2に供給されるそれぞれの蒸気の圧力及び温度を演算する蒸気状態量演算器41、蒸気状態量演算器41で演算された第1及び第2のラジアル蒸気タービン1，2に供給されるそれぞれの蒸気の圧力及び温度を基に第1及び第2のラジアル蒸気タービン1，2のそれぞれの運転回転数を演算する回転数演算器42、回転数演算器42の演算結果をインバータ4に指令する出力器43を備えている。

[0023] 回転数演算器42が演算する運転回転数は、次に示す式(1)で求められるU／C0がタービンの最適状態である0．65～0．75に相当する回転数である。

[0024] [数1]

$$U/C0 = \frac{U}{\sqrt{2C_pT\left\{1-\left(Ps/P\right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}\right\}}} \qquad \cdots\cdots\cdots \quad (1)$$

[0025] ここで、U:タービン羽根車外径における周速[m／s]、Cp:タービン入口における余剰蒸気の定圧比熱[J／kg･K]、T:タービン入口における余剰蒸気の温度[K]、Ps:タービン出口における静圧[Pa]、P:タービン入口における余剰蒸気の全圧[Pa]、κ:タービン入口における余剰蒸気の比熱比[－]である。

[0026] 第1及び第2ラジアル蒸気タービン1，2のそれぞれに対してタービンの最適状態であるU／C0＝0．65～0．75に相当する回転数が同一である場合、回転数演算器42は、第1及び第2のラジアル蒸気タービン1，2に共通の運転回転数を回転数指令値としてインバータ4に出力する。一方、算出された運転回転数が異なる場合、第1及び第2ラジアル蒸気タービン1，2の各回転数の平均値を運転回転数としてインバータ4に出力する。回転数演算器42に運転回転数を演算させるにあたっては、蒸気の圧力及び温度に対する定圧比熱や比熱比等の物性値特性及び第1及び第2ラジ

アル蒸気タービン1，2のそれぞれの圧力比を予めバックデータとして回転数演算器42に記憶させておくことが好ましい。

[0027] 蒸気発生源10からの蒸気の圧力や温度は時間変化し易いが、圧力検出手段65，67及び温度検出手段66，68からの検出信号は随時又は設定の時間間隔で蒸気状態量演算器41に出力され、蒸気状態量演算器41では随時又は設定の時間間隔で第1及び第2のラジアル蒸気タービン1，2にそれぞれ供給される蒸気の圧力及び温度が演算される。この演算結果は、回転数演算器42に随時又は設定の時間間隔で出力され、回転数演算器42では随時又は設定の時間間隔で第1及び第2のラジアル蒸気タービン1，2のそれぞれの運転回転数が演算され、その結果が出力器43を介してインバータ4に出力される。これにより、蒸気発生源10からの蒸気の状態量変化に追従し、常時最適な運転回転数に近付くように永久磁石式発電機3が回転数制御されるように構成されている。

[0028] また、第1及び第2ラジアル蒸気タービン1，2は同一回転軸上に連結されているので、両タービンに作用する回転トルクの偏差は回転軸へのねじり力として作用することになる。したがって、第1及び第2ラジアル蒸気タービン1，2の回転トルクの偏差を回転軸のねじり剛性が許容する範囲に収まるように調整する必要がある。

[0029] そこで、蒸気タービン発電設備51は、流量調整弁22の開度を制御するトルク比較器44を備えている。トルク比較器44は、第1及び第2ラジアル蒸気タービン1，2のそれぞれのタービン羽根車の径と分配される蒸気流量を基に、第1及び第2ラジアル蒸気タービン1，2の回転トルクを演算する。第1及び第2ラジアル蒸気タービン1，2に作用する回転トルクは、それぞれのタービン羽根車の半径と羽根車の外径に吹き付けられる流速及び質量流量の積で求められる。これらの値うち、タービン羽根車の外径に吹き付けられる流速及び質量流量は流量調節弁22の開度で調整可能であり、トルク比較器44では、第1及び第2ラジアル蒸気タービン1，2に作用する回転トルクを随時又は設定の時間間隔で演算し、その偏差に応じて流量調節弁22の開度をフィードバック制御することにより、第1及び第2ラジアル蒸気タービン1，2に作用する回転トルクの偏差が事前に設定された許容範囲に収まるように働きかける。トルク比較器44からの流量指令は、出力器45を介して流量調節弁22に出力され、これによ

り流量調節弁22の開度が制御されて第1及び第2ラジアル蒸気タービン1，2のトルク偏差が軽減される。

[0030] 次に上記構成の蒸気タービン発電設備51の動作及び作用を順次説明する。

[0031] この実施の形態の蒸気タービン発電設備を起動する際には、まず放出弁21を全開にして第1及び第2ラジアル蒸気タービン1，2にガスエンジンや排熱ボイラ等の蒸気発生源10からの余剰蒸気が供給されない状態としておき、その状態から放出弁21を徐々に閉じていく。これにより、第1及び第2ラジアル蒸気タービン1，2のそれぞれに作用する回転トルクが不連続とならないように第1及び第2ラジアル蒸気タービン1，2へ供給する余剰蒸気の流量を増加させていき、定格発電運転に到達する。

[0032] 放出弁21を閉じていくことにより、主蒸気配管31を流れる蒸気（流量G0，圧力P0，温度T0）は分流して分岐配管21，22に流入し、分岐配管32を流れる第1余剰蒸気（流量G1，圧力P1，温度T1）として第1ラジアル蒸気タービン1に、分岐配管33を流れる第2余剰蒸気（流量G0－G1，圧力P2，温度T2）として第2ラジアル蒸気タービン2にそれぞれ供給される。主蒸気配管31を流れる蒸気流量が第1及び第2ラジアル蒸気タービン1，2で受け入れ許容量を超える場合、その超過流量分については放出弁21を介し放出配管36から抜き取られる。

[0033] 第1及び第2ラジアル蒸気タービン1，2はそれぞれ分岐配管32，33から供給される蒸気により回転トルクを得て、第1及び第2ラジアル蒸気タービン1，2の回転トルクにより永久磁石式発電機3を駆動する。永久磁石式発電機3が発電した電力は、インバータ4により周波数制御された上で電力需要先である系統5に供給される。

[0034] また、定格発電運転に到達するのと同時に又はそれに前後して、流量調節弁22の制御シーケンスを実行し第1及び第2ラジアル蒸気タービン1，2の回転トルクの偏差が回転軸のねじり剛性の許容範囲を超えないように第1及び第2ラジアル蒸気タービン1，2への蒸気分配量を調整する。

[0035] 発電出力を定格まで徐々に増加させていく際には、各負荷条件に対応した回転数制御の条件として、タービン羽根車入口における速度三角形のうち、特に羽根車へのガス流入角度と羽根角度の差である入射角が－20度～－40度であることを回転数演算器42で確認しながら運転することが望ましい。

[0036] 本実施の形態によれば、蒸気発生源10からの余剰蒸気の圧力や温度が変動した場合、それが圧力検出手段65，67及び温度検出手段66，68により検出され、それらの検出結果に応じて第1及び第2ラジアル蒸気タービン1，2の運転回転数が指令され、インバータ4により永久磁石式発電機3の回転数が制御される。これにより、第1及び第2ラジアル蒸気タービン1，2に供給される余剰蒸気の圧力や温度の変動時の発電効率の低下を抑制することができ、定格運転時の発電効率の変動を抑制することもできる。また、定格発電出力以下で運転するために第1及び第2ラジアル蒸気タービン1，2に供給される余剰蒸気の圧力や温度を減少させた場合でも、第1及び第2ラジアル蒸気タービン1，2の設計点に収まった条件で運転することができる。

[0037] また、第1及び第2ラジアル蒸気タービン1，2は同一回転軸上に連結されているので、両タービンに作用する回転トルクの偏差は回転軸へのねじり力として作用することになる。それに対しても、本実施の形態によれば、トルク比較器44によって両タービン1，2に作用する回転トルクの偏差が小さくなる方向に流量調節弁22の開度をフィードバック制御することにより、第1及び第2ラジアル蒸気タービン1，2及び永久磁石式発電機3からなる回転体の回転軸に作用するねじり力を抑えることができる。

[0038] また、本実施の形態の蒸気タービン発電設備51において、第1及び第2ラジアル蒸気タービン1，2の外径等の寸法並びにタービン入口の圧力及び温度が実質的に同一である場合、第1及び第2ラジアル蒸気タービン1，2のそれぞれのタービン羽根車に作用するスラスト力は実質的に相殺される。また、第1及び第2ラジアル蒸気タービン1，2の外径等の寸法が異なっていても、流量調節弁22の開度調整によりタービン入口の圧力を調節し、第1及び第2ラジアル蒸気タービン1，2のそれぞれのタービン羽根車に作用するスラスト力が実質的に相殺されるようにすることも可能である。

[0039] なお、本実施の形態の蒸気タービン発電設備51は、蒸気発生源10からの余剰蒸気を分配して第1及び第2ラジアル蒸気タービン1，2にそれぞれ供給する並列蒸気タービンシステムであり、主蒸気配管31を流れる蒸気の圧力P0が比較的小さく流量G0が多い場合、また第1及び第2ラジアル蒸気タービン1，2からの排気の熱需要先が別途ある場合の運転に好適である。

[0040] 図2は本発明の第2の実施の形態に係る蒸気タービン発電設備の全体構成を表す

概略図である。本図において既出図面と同様の部分には同符号を付して説明を省略する。

[0041] 本実施の形態の蒸気タービン発電設備51Aは、図1の蒸気タービン発電設備51の流量調節弁22及びその制御系を省略したものである。また、分岐配管32，33には主蒸気配管31からの余剰蒸気がほぼ同流量ずつ流入するように配管径及び配管長さが設計されている。その他、第1及び第2ラジアル蒸気タービン1，2が、各寸法、例えばノズルスロート面積やタービン羽根車の外径などの主要寸法が実質的に同一で互いに対称に製作されている点を除き、蒸気タービン発電設備51Aは、第1の実施の形態の蒸気タービン発電設備51と実質的に同様の構成である。本実施の形態においても、永久磁石式発電機3の回転数は第1の実施の形態と同様に制御される構成である。

[0042] 本実施の形態においても第1の実施の形態と同様の効果に加え、流量調節弁22及びその制御系が不要であるため、第1の実施の形態に比べて構成が簡素で製作も容易である。また設備費も軽減される。

[0043] また、前に述べたように、第1及び第2ラジアル蒸気タービン1，2は同一回転軸上の両端に設けられているので、両タービンに作用する回転トルクの偏差は回転軸へのねじり力として作用することになる。これに対しては、第1及び第2ラジアル蒸気タービン1，2の寸法及び蒸気流量が実質的に等しくしてあるので、本実施の形態は分岐配管32，33を流れる蒸気の分配量を制御するまでもなく、理論上、第1及び第2ラジアル蒸気タービン1，2に作用する回転トルクの偏差が回転軸のねじり剛性が許容する範囲内に収まるように構成することで対処してある。

[0044] また、第1及び第2ラジアルタービン1，2の回転数がタービンの最適状態であるU／C0＝0．65～0．75に相当する回転数で運転されるように、第1の実施の形態と同様にしてU／C0＝0．65～0．75に相当する運転回転数を算出するが、その際、本実施の形態では第1及び第2ラジアルタービン1，2に供給される蒸気の状態量を同一とみなして分岐配管32，33のいずれかの蒸気の状態量を計測するように構成することもできる。

[0045] また、本実施の形態の蒸気タービン発電設備51Aでは、第1ラジアル蒸気タービン

1の寸法並びにタービン入口の圧力及び温度が実質的に同一であるため、両タービンにかかるスラスト荷重が実質的に相殺される。したがって、軸受8のうちスラスト軸受により発生する損失のうち荷重による損失増加分が抑制され、さらなる発電効率の向上が期待できる。

[0046] 図3は本発明の第3の実施の形態に係る蒸気タービン発電設備の全体構成を表す概略図である。本図において既出図面と同様の部分には同符号を付して説明を省略する。

[0047] 本実施の形態の蒸気タービン発電設備52は、第1及び第2ラジアル蒸気タービン1，2に対して蒸気を直列に供給する直列蒸気タービンシステムであり、主蒸気配管31を流れる蒸気の圧力P0が比較的大きい場合に、最大の発電出力を得る運転に適している。蒸気タービン発電設備52において、主蒸気配管31からの蒸気は、主蒸気配管31の下流側に連続する高圧蒸気供給配管37を介して高圧タービンである第1ラジアル蒸気タービン1の入口に導かれ、低圧タービンである第2ラジアル蒸気タービン2には、低圧蒸気供給配管38を介して第1ラジアル蒸気タービン1の排気が供給される。本実施の形態において、圧力検出手段65及び温度検出手段66は高圧蒸気供給配管37に、圧力検出手段67及び温度検出手段68は低圧蒸気供給配管38にそれぞれ設けられている。その他の構成は第1の実施の形態と同様である。

[0048] 蒸気発生源10からの蒸気（圧力P1、温度T1）はまず高圧蒸気供給配管37を介して高圧タービンである第1ラジアル蒸気タービン1に供給され、第1ラジアル蒸気タービン1を駆動する。第1ラジアル蒸気タービン1で仕事をして膨張した蒸気（圧力P2、温度T2）は、低圧蒸気供給配管38を通って第2ラジアル蒸気タービン2に供給され、第2ラジアル蒸気タービン1を駆動する。このようにして回転動力を得た第1及び第2ラジアル蒸気タービン1，2は、同軸上に連結された永久磁石式発電機3を駆動する。永久磁石式発電機3で発生した電力は、インバータ4により周波数を制御されて系統5に供給される。

[0049] なお、第1ラジアル蒸気タービン1又は第2ラジアル蒸気タービン2で許容できる蒸気流量のうち少ない方を超える分は、放出弁21を介して抽気される。また、第2ラジアル蒸気タービン2からの排気は大気放出しても良いが図示しない復水器等に供給

しても良い。また、主蒸気配管31を流れる蒸気の圧力P0が比較的小さく第1及び第2ラジアル蒸気タービン1，2を駆動するのに不十分な場合は、切換弁20を開き食品加熱や工場蒸気等の需要先50へ蒸気発生源10からの蒸気を供給しても良い。

[0050] 本実施の形態においても、第1及び第2ラジアル蒸気タービン1，2は同一回転軸上に連結されているので、両タービンに作用する回転トルクの偏差は回転軸へのねじり力として作用することになる。したがって、回転軸のねじり剛性が許容する範囲で、第1及び第2ラジアル蒸気タービン1，2の回転トルクの偏差を調整する必要がある。第1及び第2ラジアル蒸気タービン1，2に作用する回転トルクは、それぞれのタービン羽根車の半径と羽根車の外径に吹き付けられる流速及び質量流量の積で求められるが、本実施の形態の場合、第1及び第2ラジアル蒸気タービン1，2の回転トルクの偏差が許容範囲に収まるように第1及び第2ラジアル蒸気タービン1，2のタービン羽根車の径や蒸気の流速・質量流量を設定しておく必要がある。

[0051] 第1及び第2ラジアル蒸気タービン1，2の運転回転数に関しては、U／C0＝0．65～0．75に相当する回転数が第1及び第2ラジアル蒸気タービン1，2で異なる場合、両回転数の平均値を運転回転数とする。具体的には、第1ラジアル蒸気タービン1に供給される蒸気の圧力P1及び温度T1並びに第2ラジアル蒸気タービン2に供給される蒸気の圧力P2、温度T2を蒸気状態量演算器41において時間間隔で演算し、回転数演算器42において第1ラジアル蒸気タービン1及び第2ラジアル蒸気タービン2それぞれのU／C0を常に把握して第1及び第2ラジアル蒸気タービン1，2それぞれのU／C0＝0．65～0．75に相当する回転数を算出し平均化する。既述の各実施の形態と同様、この一連の処理を繰り返し実行することによって蒸気発生源10からの蒸気の状態量の変動に追従して永久磁石式発電機3の回転数が制御されるので、発電効率の低下を抑制することができる。

[0052] また、本実施の形態の蒸気タービン発電設備52を起動する際には、放出弁21を全開にして第1及び第2ラジアル蒸気タービン1，2に蒸気が供給されないようにしておき、その状態から放出弁21を徐々に閉じてタービンに作用する回転トルクが不連続にならないようにしつつ、第1及び第2ラジアル蒸気タービン1，2に供給する蒸気流量を増加させていき発電運転に到達する。

[0053] ここで、発電機の回転数Nと発電出力PLの関係を表す特性図を図4に示す。

[0054] 以上に述べた第1～第3の実施の形態のいずれにおいても、回転数演算器42で演算した運転回転数をインバータ4に指令することにより、永久磁石式発電機3の回転数を制御することが可能である。したがって、図4のように事前に求められた永久磁石式発電機3の回転数と発電出力の関係の下、A点にある現在の回転数Naを運転可能範囲内で例えば数%ずつ増減(図4の状態では減少)させて最も発電出力の高いB点の回転数Nbに向かわせる。そして、永久磁石式発電機3で実際にインバータ4に出力される発電出力PLをモニタし、直接計測された発電出力PLの値をフィードバックして発電出力PLと極大値(B点)との偏差が0(ゼロ)に近付くように永久磁石式発電機3の回転数を例えば回転数演算器42で制御するようにすることも可能である。このように永久磁石式発電機3の発電出力の計測値を基に、発電出力が極大となる回転数に近付くようにラジアル蒸気タービン1，2及び永久磁石式発電機3の回転数を制御することで、蒸気タービンの最適点又はその近辺での運転が実現し易く高い発電効率を確保することができる。

[0055] 図5は本発明の第4の実施の形態に係る蒸気タービン発電設備の全体構成を表す概略図である。本図において既出図面と同様の部分には同符号を付して説明を省略する。

[0056] 本実施の形態の蒸気タービン発電設備は、並列蒸気タービンシステム54と、直列蒸気タービンシステム55と、これら蒸気タービンシステム54，55に蒸気発生源10からの蒸気を供給する蒸気供給系統12と、この蒸気供給系統12を流れる蒸気の流量・圧力・温度をそれぞれ検出する流量検出手段61・圧力検出手段62・温度検出手段63と、流量検出手段61・圧力検出手段62・温度検出手段63からの検出信号を基に蒸気供給系統12を流れる蒸気の状態量を演算する蒸気状態量比較器46と、この蒸気状態量比較器46からの指令信号蒸気供給系統12に出力する出力器47とを備えている。並列蒸気タービンシステム54は例えば前述の蒸気タービン発電設備51又は51A等であり、直列蒸気タービンシステム55は例えば前述の蒸気タービン発電設備52等である。

[0057] 蒸気供給系統12は、蒸気発生源10からの蒸気を流通させる主蒸気配管13、主蒸

気配管13を分岐させて形成した分岐配管14－16からなる配管系と、分岐配管14－16にそれぞれ設けた切換弁20，18，19等の弁装置とからなる。分岐配管14は需要先50に、分岐配管15は並列蒸気タービンシステム54の主蒸気配管13に、分岐配管16は直列蒸気タービンシステム55の主蒸気配管13に接続している。蒸気供給系統12は、切換弁20，18，19の開閉パターンの切換により、並列蒸気タービンシステム54、直列蒸気タービンシステム55及びその他の熱の需要先50のうちから、蒸気発生源10からの蒸気の供給先を切り換えることができる。

[0058] 流量検出手段61・圧力検出手段62・温度検出手段63の検出信号は蒸気状態量比較器46に出力される。蒸気状態量比較器46は、流量検出手段61・圧力検出手段62・温度検出手段63からの検出信号を基に蒸気供給系統12の主蒸気配管13を流れる蒸気の状態量（流量G0・圧力P0・温度T0）を演算し、演算した蒸気の状態量を基に蒸気発生源10からの蒸気の供給先を、並列蒸気タービンシステム54、直列蒸気タービンシステム55及び需要先50のうちから選択する。出力器47は、この蒸気状態量比較器46による選択結果に従って蒸気供給系統12の切換弁20，18，19に指令信号を出力し、並列蒸気タービンシステム54、直列蒸気タービンシステム55及び需要先50のいずれかに蒸気発生源10からの蒸気の供給先を確定する。

[0059] 例えば、需要先50で食品加熱をするような場合、主蒸気配管13を流れる蒸気の温度T0が食品加熱に十分な値であれば、蒸気状態量比較器45により切換弁20，18，19のうち切換弁20のみを開いて需要先50へ蒸気を供給し、食品加熱等に蒸気を利用する。また、主蒸気配管13を流れる蒸気の流量G0が並列蒸気タービンシステム54を駆動するのに十分である場合は、蒸気状態量比較器45により切換弁20，18，19のうち切換弁18のみを開いて主蒸気配管13を流れる蒸気を並列蒸気タービンシステム54へ供給する。さらに、主蒸気配管31を流れる蒸気の圧力P0が直列蒸気タービンシステム55を駆動するのに十分である場合は、蒸気状態量比較器45により切換弁20，18，19のうち切換弁19のみを開いて主蒸気配管13を流れる蒸気を直列蒸気タービンシステム55へ供給する。

[0060] 本実施の形態の場合、蒸気発生源10からの蒸気の供給先として、並列蒸気タービンシステム54、直列蒸気タービンシステム55及び需要先50を有しているので、前に

説明した各実施の形態と同様の効果を得ることができる。加えて、蒸気の状態の変化に応じて最も有効に蒸気を利用できる蒸気利用先に蒸気を供給することができるので、蒸気発生源10からの余剰蒸気をより有効に利用することができる。

[0061] 図6は本発明の第5の実施の形態に係る蒸気タービン発電設備の全体構成を表す概略図である。本図において既出図面と同様の部分には同符号を付して説明を省略する。

[0062] 図6に示す実施の形態の蒸気タービン発電設備は、図5の蒸気タービン発電設備の並列蒸気タービンシステム54を直列／並列蒸気タービンシステム53に代え、直列蒸気タービンシステム55、分岐配管16及び切換弁19を省略したものであり、その他の構成は図5の蒸気タービン発電設備と同様である。

[0063] 直列／並列蒸気タービンシステム53は、並列蒸気タービンシステム及び直列蒸気タービンシステムの両方の機能を切り換えて選択的に使用することができるもので、直列／並列蒸気タービンシステム53を採用することで、図5の蒸気タービン発電設備のように並列蒸気タービンシステム及び直列蒸気タービンシステムの両方を設置する必要がなくなる。

[0064] 図7は直列／並列蒸気タービンシステム53の全体構成を表す概略図である。本図において既出図面と同様の部分には同符号を付して説明を省略する。

[0065] 図7に示すように、直列／並列蒸気タービンシステム53は、第1ラジアル蒸気タービン1の出口と第2ラジアル蒸気タービン2の入口を接続する低圧蒸気供給配管39、分岐配管33・第1ラジアル蒸気タービン1の排気管40・低圧蒸気供給配管39にそれぞれ設けた切換弁26－28、低圧蒸気供給配管39に設けた圧力検出手段56及び温度検出手段57を追加した点を除き、図1の蒸気タービン発電設備51と実質的に同様の構成である。

[0066] なお、本実施の形態においては、流量検出手段61、圧力検出手段62、温度検出手段63、蒸気供給配管35、切換弁20については図6に示してある。また、圧力検出手段56及び温度検出手段57は、直列蒸気タービンシステムとして既に例示した図3の蒸気タービン発電設備52の圧力検出手段67及び温度検出手段68に相当する。また、直列蒸気タービンシステムとして運転する場合に第1及び第2ラジアル蒸気ター

ビン1，2の回転トルクの偏差が大きくならないように、配管32，39の流路径及び長さ、第1及び第2ラジアル蒸気タービン1，2のタービン羽根車の寸法については事前に考慮されている。この点については図3の実施の形態で述べた通りである。

[0067] 直列／並列蒸気タービンシステム53を用い、並列蒸気タービンシステムとして運転する場合と直列蒸気タービンシステムとして運転する場合の切換方法について説明する。なお、並列蒸気タービンシステム及び直列蒸気タービンシステムの機能については既に述べた通りである。また、ここでは需要先50に蒸気を供給する場合の説明は省略し、切換弁20が閉じて切換弁18が開いていることを前提とする。

[0068] 蒸気状態量比較器46は、主蒸気配管13に設けた各検出器61－63からの検出信号を基に、例えば蒸気発生源10からの蒸気の流量G0が並列蒸気タービンシステムを駆動するのに十分な値であると判定した場合、出力器48を介して各弁に指令信号を出力し、分岐配管33の切換弁26及び排気管40の切換弁27を開け、低圧蒸気供給配管39の切換弁28を閉じる。これにより直列／並列蒸気タービンシステム53が並列蒸気タービンシステムとして利用可能となる。運転方法は図1に示した蒸気タービン発電設備51と実質的に同様である。

[0069] また、蒸気状態量比較器46は、主蒸気配管13に設けた各検出器61－63からの検出信号を基に、例えば蒸気発生源10からの蒸気の圧力P0が直列蒸気タービンシステムを駆動するのに十分な値であると判定した場合、出力器48を介して各弁に指令信号を出力し、低圧蒸気供給配管39の切換弁28を開け、分岐配管33の切換弁26及び排気管40の切換弁27を閉じる。これにより直列／並列蒸気タービンシステム53が直列蒸気タービンシステムとして利用可能となる。運転方法は図3に示した蒸気タービン発電設備52と実質的に同様である。また、直列／並列蒸気タービンシステム53が直列蒸気タービンシステムとして利用する場合、流量調節弁22の制御は、蒸気状態量比較器46による制御がトルク比較器44による制御に優先し、流量調節弁22は全開に開度調節されるものとする。

[0070] 本実施の形態においても図5の実施の形態と同様の効果が得られ、しかも並列蒸気タービンシステムと直列蒸気タービンシステムが直列／並列蒸気タービンシステム53で兼ねられるので、図5のシステムに対して省スペース化の効果が大きい。

[0071] なお、以上においては第1及び第2ラジアル蒸気タービンを永久磁石式発電機3の両端に設けた場合を例に挙げて説明したが、両タービンを永久磁石式発電機3の片側に設けても良い。また、永久磁石式発電機3と同軸上に連結するラジアル蒸気タービンの数は2つに限定されず、1個でも良いし3つ以上でも良い。

請求の範囲

[1] 蒸気発生源からの蒸気により駆動されるラジアル蒸気タービンと、

このラジアル蒸気タービンと同軸上に連結され、前記ラジアル蒸気タービンにより駆動されることで発電する永久磁石式発電機と、

この永久磁石式発電機で発電された電力の周波数及び前記永久磁石式発電機の回転数を制御するインバータと

を備えたことを特徴とする蒸気タービン発電設備。

[2] 請求項1の蒸気タービン発電設備において、

前記ラジアル蒸気タービンが前記永久磁石式発電機の一方に連結された第1のラジアル蒸気タービンと前記永久磁石式発電機の他方に連結された第2のラジアル蒸気タービンからなり、

前記蒸気発生源からの蒸気を分流させ前記第1及び第2のラジアル蒸気タービンにそれぞれ供給する分岐配管をさらに備えたことを特徴とする蒸気タービン発電設備。

[3] 請求項2の蒸気タービン発電設備において、

前記分岐配管を流れる蒸気の圧力を検出する圧力検出手段と、

前記分岐配管を流れる蒸気の温度を検出する温度検出手段と、

前記圧力検出手段及び前記温度検出手段からの検出信号を基に前記第1及び第2のラジアル蒸気タービンの運転回転数を演算する回転数演算器と、

この回転数演算器の演算結果を前記インバータに指令する出力器と

を備えたことを特徴とする蒸気タービン発電設備。

[4] 請求項3の蒸気タービン発電設備において、

前記分岐配管に設けられ前記第1及び第2のラジアル蒸気タービンへの蒸気の分配割合を調整する流量調整弁と、

第1及び第2のラジアル蒸気タービンのそれぞれのタービン羽根車の径と分配される蒸気流量を基に前記第1及び第2のラジアル蒸気タービンの回転トルクを比較し、前記第1及び第2のラジアル蒸気タービンの回転トルクの偏差が設定範囲に収まるように前記流量調整弁の開度を制御するトルク比較器と

を備えた

ことを特徴とする蒸気タービン発電設備。

[5] 請求項1の蒸気タービン発電設備において、

前記ラジアル蒸気タービンが前記永久磁石式発電機の一方に連結された高圧タービンと前記永久磁石式発電機の他方に連結された低圧タービンからなり、

前記蒸気発生源からの蒸気を前記高圧タービンに供給する高圧蒸気供給配管と、前記高圧タービンの排気を前記低圧タービンに供給する低圧蒸気供給配管とをさらに備えたことを特徴とする蒸気タービン発電設備。

[6] 請求項1の蒸気タービン発電設備において、前記回転数演算器は、事前に求められた前記永久磁石式発電機の回転数と発電出力の関係の下、前記永久磁石式発電機の発電出力の計測値を基に、発電出力が極大となる回転数に近付くように前記永久磁石式発電機の回転数を制御することを特徴とする蒸気タービン発電設備。

[7] 請求項2の蒸気タービン発電設備である並列蒸気タービンシステムと、

請求項5の蒸気タービン発電設備である直列蒸気タービンシステムと、

前記並列蒸気タービンシステム又は前記直列蒸気タービンシステムに前記蒸気発生源からの蒸気の供給先が切り換え可能に構成された蒸気供給系統と、

この蒸気供給系統を流れる蒸気の流量を検出する流量検出手段と、

前記蒸気供給系統を流れる蒸気の圧力を検出する圧力検出手段と、

前記流量検出手段及び前記圧力検出手段からの検出信号を基に前記蒸気供給系統を流れる蒸気の状態量を演算し、演算した蒸気の状態量を基に前記蒸気発生源からの蒸気の供給先を選択する蒸気状態量比較器と、

この蒸気状態量比較器による選択結果に従って前記蒸気供給系統に指令信号を出力し前記蒸気発生源からの蒸気の供給先を確定する出力器と

を備えたことを特徴とする蒸気タービン発電設備。

[8] 請求項7の蒸気タービン発電設備において、前記並列蒸気タービンシステム及び直列蒸気タービンシステムに代えて、並列蒸気タービンシステム又は直列蒸気タービンシステムとして運転切換可能な直列／並列蒸気タービンシステムを備えたことを特徴とする蒸気タービン発電設備。

[9] 請求項1の蒸気タービン発電設備において、前記蒸気発生源からの蒸気としてガスエンジン又は排熱ボイラから排出される余剰蒸気を利用したことを特徴とする蒸気タービン発電設備。

[10] 蒸気発生源からの蒸気の圧力及び温度を基に、永久磁石式発電機の一方に連結された第1のラジアル蒸気タービンと前記永久磁石式発電機の他方に連結された第2のラジアル蒸気タービンの運転回転数を演算し、前記永久磁石式発電機の回転数を制御することを特徴とする蒸気タービン発電設備の運転方法。

[11] 請求項10の蒸気タービン発電設備の運転方法において、前記第1及び第2のラジアル蒸気タービンのそれぞれのタービン羽根車の径と分配される蒸気流量を基に前記第1及び第2のラジアル蒸気タービンの回転トルクを比較し、前記第1及び第2のラジアル蒸気タービンの回転トルクの偏差が設定範囲に収まるように前記第1及び第2のラジアル蒸気タービンへの蒸気分配量を制御することを特徴とする蒸気タービン発電設備の運転方法。

[12] 請求項10の蒸気タービン発電設備の運転方法において、事前に求められた前記永久磁石式発電機の回転数と発電出力の関係の下、前記永久磁石式発電機の発電出力の計測値を基に、発電出力が極大となる回転数に近付くように前記第1及び第2のラジアル蒸気タービン及び前記永久磁石式発電機の回転数を制御することを特徴とする蒸気タービン発電設備の運転方法。

[13] 請求項10の蒸気タービン発電設備の運転方法において、前記第1及び第2のラジアル蒸気タービンに前記蒸気発生源からの蒸気を分配するか、前記第1のラジアル蒸気タービンに前記蒸気発生源からの蒸気を供給し前記第1のラジアル蒸気タービンの排気を前記第2のラジアル蒸気タービンに供給するかを、前記蒸気発生源からの蒸気の流量及び圧力を基に切り換えることを特徴とする蒸気タービン発電設備の運転方法。

補正された請求の範囲

[2007年6月13日（13．06．2007）国際事務局受理]

[1] 蒸気発生源からの蒸気により駆動されるラジアル蒸気タービンと、

このラジアル蒸気タービンと同軸上に連結され、前記ラジアル蒸気タービンにより駆動されることで発電する永久磁石式発電機と、

この永久磁石式発電機で発電された電力の周波数及び前記永久磁石式発電機の回転数を制御するインバータと

を備えたことを特徴とする蒸気タービン発電設備。

[2] 請求項１の蒸気タービン発電設備において、

前記ラジアル蒸気タービンが前記永久磁石式発電機の一方に連結された第１のラジアル蒸気タービンと前記永久磁石式発電機の他方に連結された第２のラジアル蒸気タービンからなり、

前記蒸気発生源からの蒸気を分流させ前記第１及び第２のラジアル蒸気タービンにそれぞれ供給する分岐配管をさらに備えたことを特徴とする蒸気タービン発電設備。

[3] 請求項２の蒸気タービン発電設備において、

前記分岐配管を流れる蒸気の圧力を検出する圧力検出手段と、

前記分岐配管を流れる蒸気の温度を検出する温度検出手段と、

前記圧力検出手段及び前記温度検出手段からの検出信号を基に前記第１及び第２のラジアル蒸気タービンの運転回転数を演算する回転数演算器と、

この回転数演算器の演算結果を前記インバータに指令する出力器と

を備えたことを特徴とする蒸気タービン発電設備。

[4] 請求項３の蒸気タービン発電設備において、

前記分岐配管に設けられ前記第１及び第２のラジアル蒸気タービンへの蒸気の分配割合を調整する流量調整弁と、

第１及び第２のラジアル蒸気タービンのそれぞれのタービン羽根車の径と分配される蒸気流量を基に前記第１及び第２のラジアル蒸気タービンの回転トルクを比較し、前記第１及び第２のラジアル蒸気タービンの回転トルクの偏差が設定範囲に収まるように前記流量調整弁の開度を制御するトルク比較器と

を備えたことを特徴とする蒸気タービン発電設備。

補正された用紙（条約第１９条）

[5] 請求項１の蒸気タービン発電設備において、

前記ラジアル蒸気タービンが前記永久磁石式発電機の一方に連結された高圧タービンと前記永久磁石式発電機の他方に連結された低圧タービンからなり、

前記蒸気発生源からの蒸気を前記高圧タービンに供給する高圧蒸気供給配管と、前記高圧タービンの排気を前記低圧タービンに供給する低圧蒸気供給配管とをさらに備えたことを特徴とする蒸気タービン発電設備。

[6] （補正後） 請求項３の蒸気タービン発電設備において、前記回転数演算器は、事前に求められた前記永久磁石式発電機の回転数と発電出力の関係の下、前記永久磁石式発電機の発電出力の計測値を基に、発電出力が極大となる回転数に近付くように前記永久磁石式発電機の回転数を制御することを特徴とする蒸気タービン発電設備。

[7] 請求項２の蒸気タービン発電設備である並列蒸気タービンシステムと、

請求項５の蒸気タービン発電設備である直列蒸気タービンシステムと、

前記並列蒸気タービンシステム又は前記直列蒸気タービンシステムに前記蒸気発生源からの蒸気の供給先が切り換え可能に構成された蒸気供給系統と、

この蒸気供給系統を流れる蒸気の流量を検出する流量検出手段と、

前記蒸気供給系統を流れる蒸気の圧力を検出する圧力検出手段と、

前記流量検出手段及び前記圧力検出手段からの検出信号を基に前記蒸気供給系統を流れる蒸気の状態量を演算し、演算した蒸気の状態量を基に前記蒸気発生源からの蒸気の供給先を選択する蒸気状態量比較器と、

この蒸気状態量比較器による選択結果に従って前記蒸気供給系統に指令信号を出力し前記蒸気発生源からの蒸気の供給先を確定する出力器と

を備えたことを特徴とする蒸気タービン発電設備。

[8] 請求項７の蒸気タービン発電設備において、前記並列蒸気タービンシステム及び直列蒸気タービンシステムに代えて、並列蒸気タービンシステム又は直列蒸気タービンシステムとして運転切換可能な直列／並列蒸気タービンシステムを備えたことを特徴とする蒸気タービン発電設備。

[9] 請求項１の蒸気タービン発電設備において、前記蒸気発生源からの蒸気としてガスエンジン又は排熱ボイラから排出される余剰蒸気を利用したことを特徴とする蒸気タービン発電設備。

[10] 蒸気発生源からの蒸気の圧力及び温度を基に、永久磁石式発電機の一方に連結された第１のラジアル蒸気タービンと前記永久磁石式発電機の他方に連結された第２のラジアル蒸気タービンの運転回転数を演算し、前記永久磁石式発電機の回転数を制御することを特徴とする蒸気タービン発電設備の運転方法。

[11] 請求項１０の蒸気タービン発電設備の運転方法において、前記第１及び第２のラジアル蒸気タービンのそれぞれのタービン羽根車の径と分配される蒸気流量を基に前記第１及び第２のラジアル蒸気タービンの回転トルクを比較し、前記第１及び第２のラジアル蒸気タービンの回転トルクの偏差が設定範囲に収まるように前記第１及び第２のラジアル蒸気タービンへの蒸気分配量を制御することを特徴とする蒸気タービン発電設備の運転方法。

[12] 請求項１０の蒸気タービン発電設備の運転方法において、事前に求められた前記永久磁石式発電機の回転数と発電出力の関係の下、前記永久磁石式発電機の発電出力の計測値を基に、発電出力が極大となる回転数に近付くように前記第１及び第２のラジアル蒸気タービン及び前記永久磁石式発電機の回転数を制御することを特徴とする蒸気タービン発電設備の運転方法。

[13] 請求項１０の蒸気タービン発電設備の運転方法において、前記第１及び第２のラジアル蒸気タービンに前記蒸気発生源からの蒸気を分配するか、前記第１のラジアル蒸気タービンに前記蒸気発生源からの蒸気を供給し前記第１のラジアル蒸気タービンの排気を前記第２のラジアル蒸気タービンに供給するかを、前記蒸気発生源からの蒸気の流量及び圧力を基に切り換えることを特徴とする蒸気タービン発電設備の運転方法。

[14] （追加） 請求項１の蒸気タービン発電設備において、前記インバータは、蒸気発生源からの蒸気の圧力及び温度に基づいて、前記永久磁石式発電機の回転数を制御することを特徴とする蒸気タービン発電設備。

条約第１９条（１）に基づく説明書

請求の範囲第１４項は、インバータが、蒸気発生源からの蒸気の圧力及び温度に基づいて永久磁石式発電機の回転数を制御することを明確にしたものです。

添付の補正書において追加した請求項１４の根拠について簡単に説明します。

本願明細書の段落［００２７］（第７頁、第3行ー第１２行）には次のように記載されています。

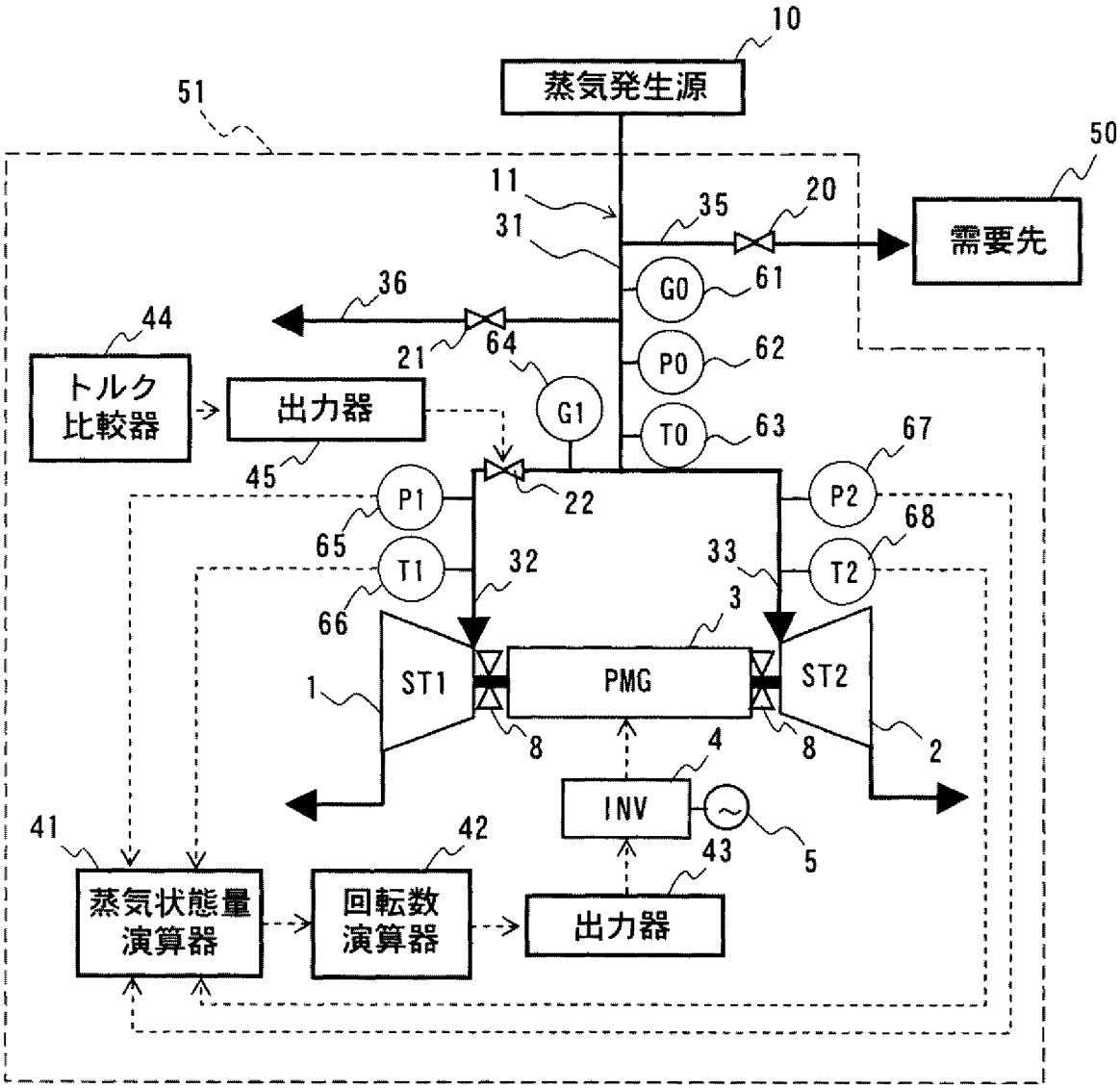
「 蒸気発生源１０からの蒸気の圧力や温度は時間変化し易いが、圧力検出手段６５，６７及び温度検出手段６６，６８からの検出信号は随時又は設定の時間間隔で蒸気状態量演算器４１に出力され、蒸気状態量演算器４１では随時又は設定の時間間隔で第１及び第２のラジアル蒸気タービン１，２にそれぞれ供給される蒸気の圧力及び温度が演算される。この演算結果は、回転数演算器４２に随時又は設定の時間間隔で出力され、回転数演算器４２では随時又は設定の時間間隔で第１及び第２のラジアル蒸気タービン１，２のそれぞれの運転回転数が演算され、その結果が出力器４３を介してインバータ４に出力される。これにより、蒸気発生源１０からの蒸気の状態量変化に追従し、常時最適な運転回転数に近付くように永久磁石式発電機３が回転数制御されるように構成されている。」

この段落［００２７］の記載から、インバータ４が、出力器４３を介して入力された第１及び第２のラジアル蒸気タービン１，２の運転回転数（指令値）に従って永久磁石式発電機３の回転数を制御していることが判ります。そして、インバータ４に入力される指令値は、第１及び第２のラジアル蒸気タービン１，２に供給される蒸気、すなわち蒸気発生源１０からの蒸気の圧力及び温度に基づいて、回転数演算器４２により演算された値です。蒸気発生源１０からの蒸気の圧力及び温度は、圧力検出手段６５，６７及び温度検出手段６６，６８からの検出信号を基に蒸気状態量演算器４１により演算されています。

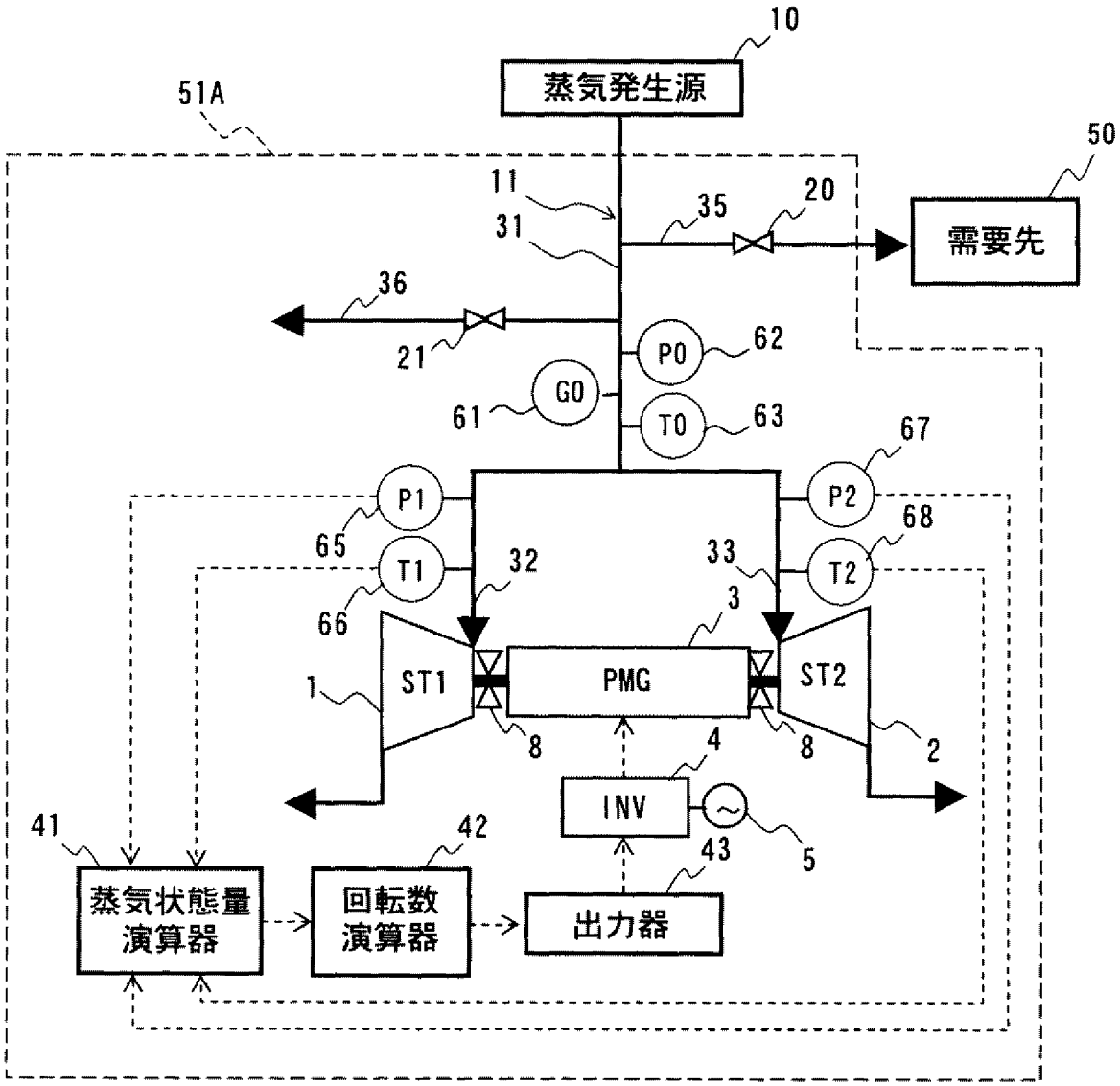
従いまして、追加した請求項１４の「前記インバータは、蒸気発生源からの蒸気の圧力及び温度に基づいて、前記永久磁石式発電機の回転数を制御する」という限定は、本願明細書の段落［００２７］の上記記載により裏付けられているものと思料します。

以上

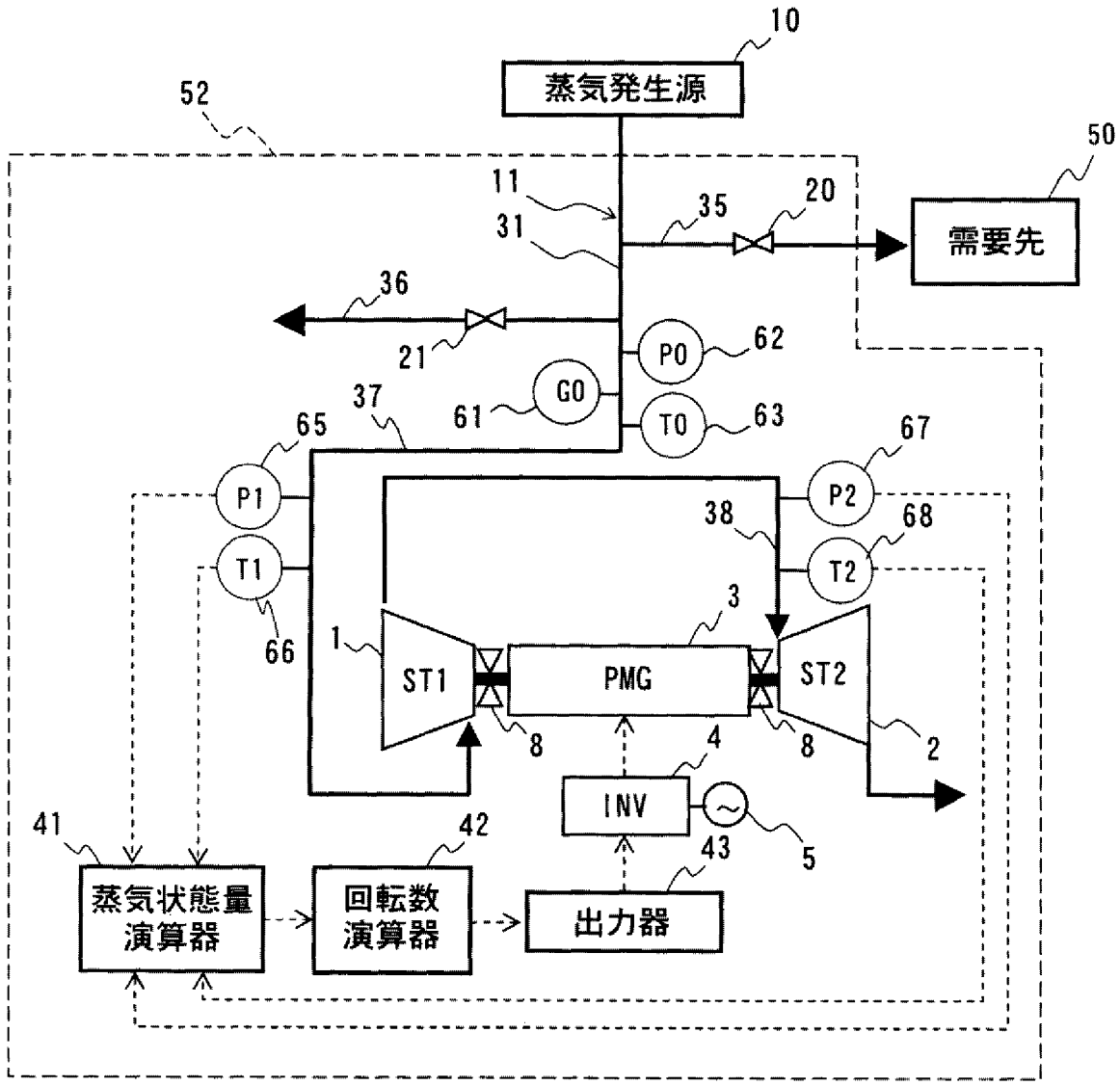
[図1]


10
蒸気発生源
51
50
11
35
20
31
需要先
36
G0
61
44
21
64
P0
62
トルク
比較器
出力器
G1
T0
63
67
45
P1
22
P2
65
68
T1
32
33
T2
66
3
ST1
PMG
ST2
1
8
8
2
4
INV
5
41
42
43
蒸気状態量
演算器
回転数
演算器
出力器

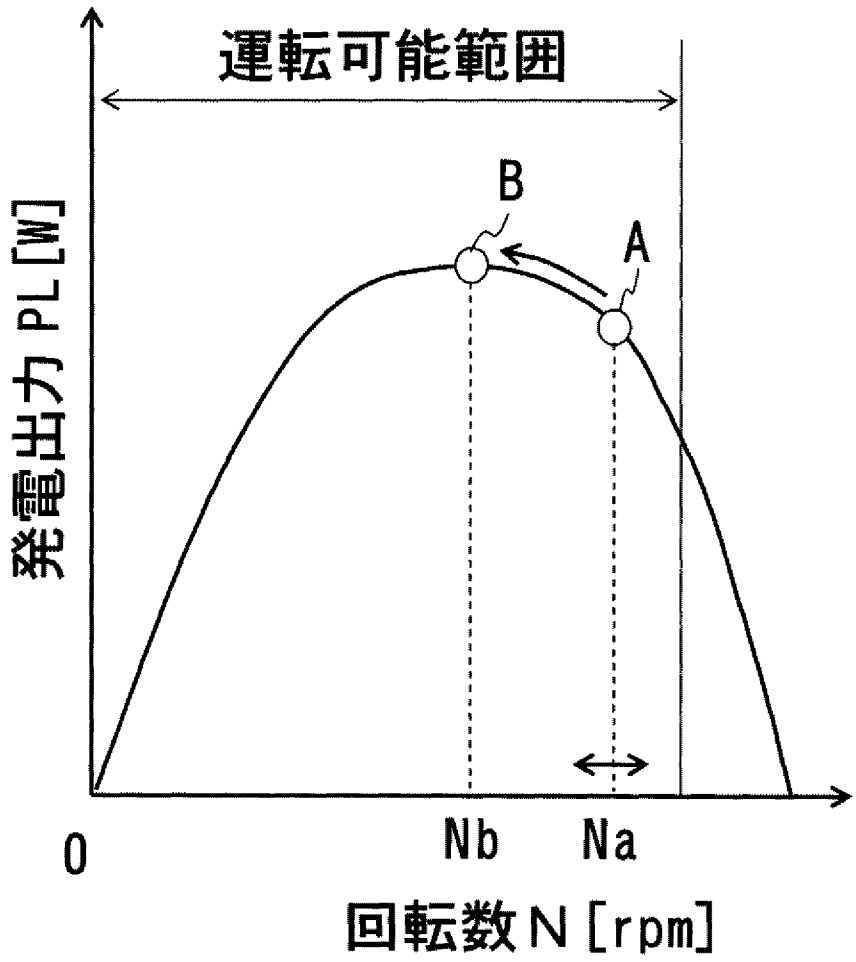
[図2]


10
蒸気発生源
51A
50
11
31
35
20
需要先
36
21
P0
62
G0
61
T0
63
67
P1
P2
65
68
T1
32
33
T2
66
3
1
ST1
PMG
ST2
8
8
2
4
INV
5
41
42
43
蒸気状態量
演算器
回転数
演算器
出力器

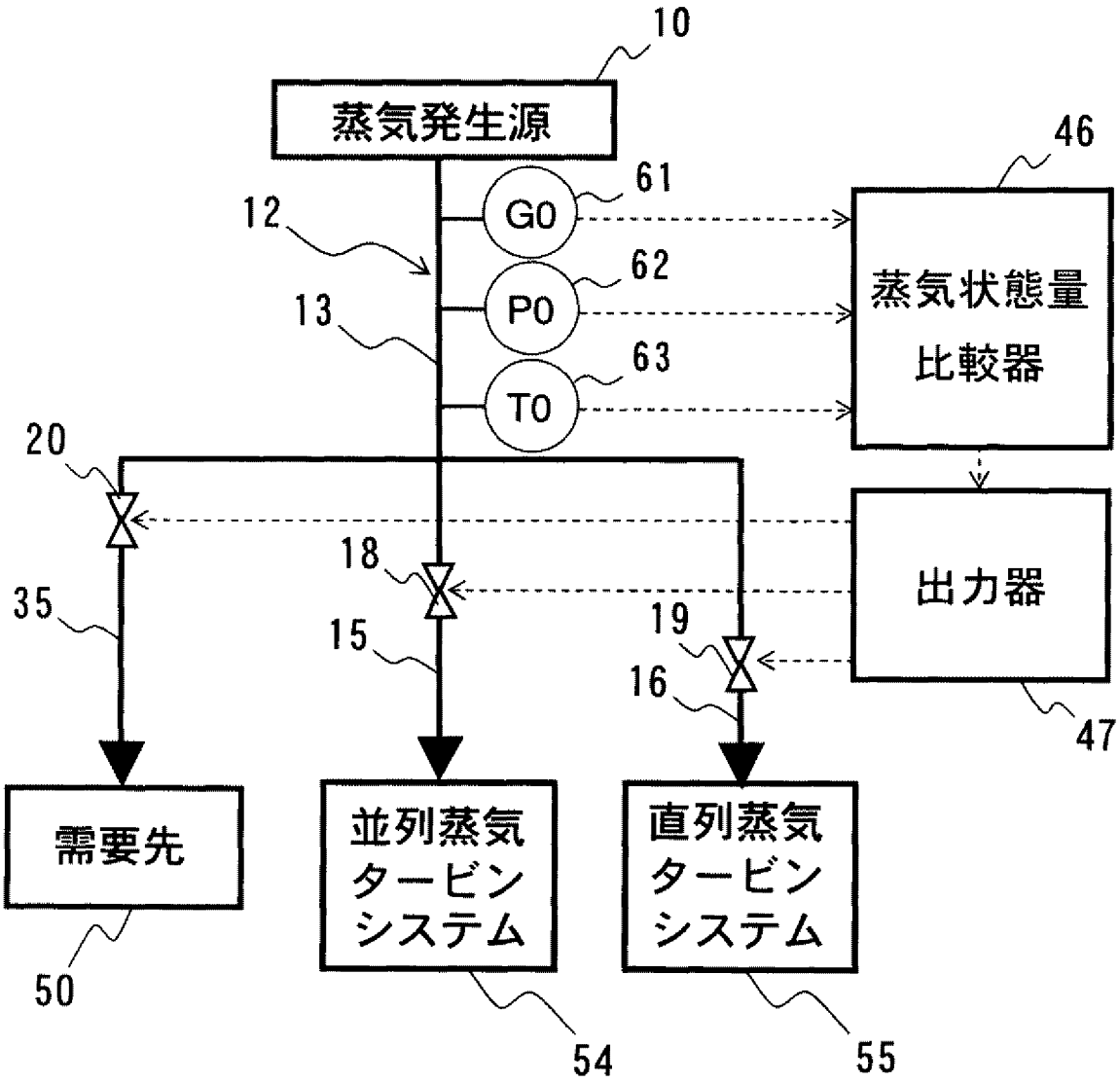
[図3]


10
蒸気発生源
52
50
11
31
35
20
需要先
36
21
62
PO
GO
61
37
TO
63
65
67
P1
P2
38
68
T1
T2
66
3
1
ST1
PMG
ST2
8
8
2
4
INV
5
41
42
43
蒸気状態量
演算器
回転数
演算器
出力器

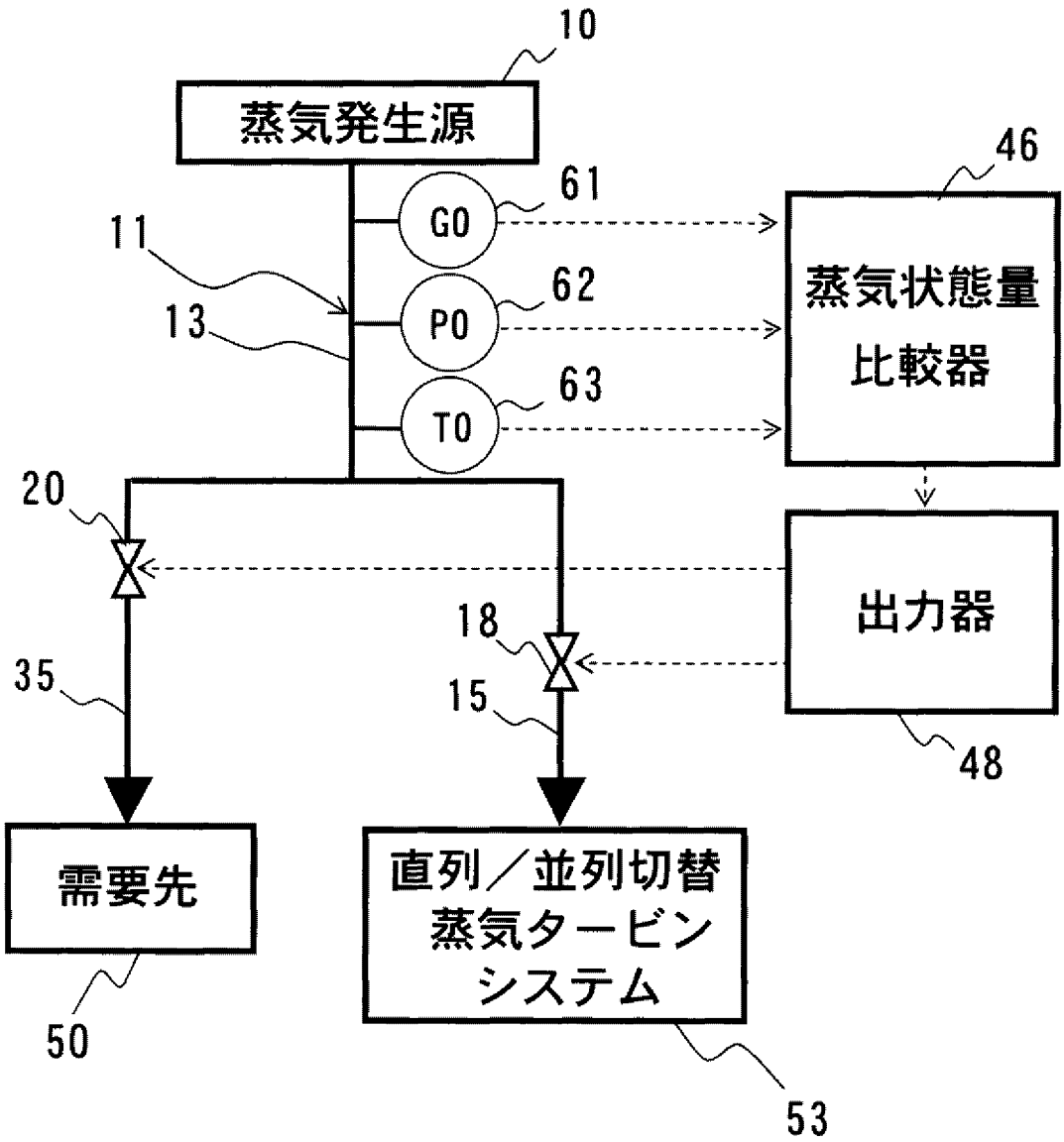
[図4]



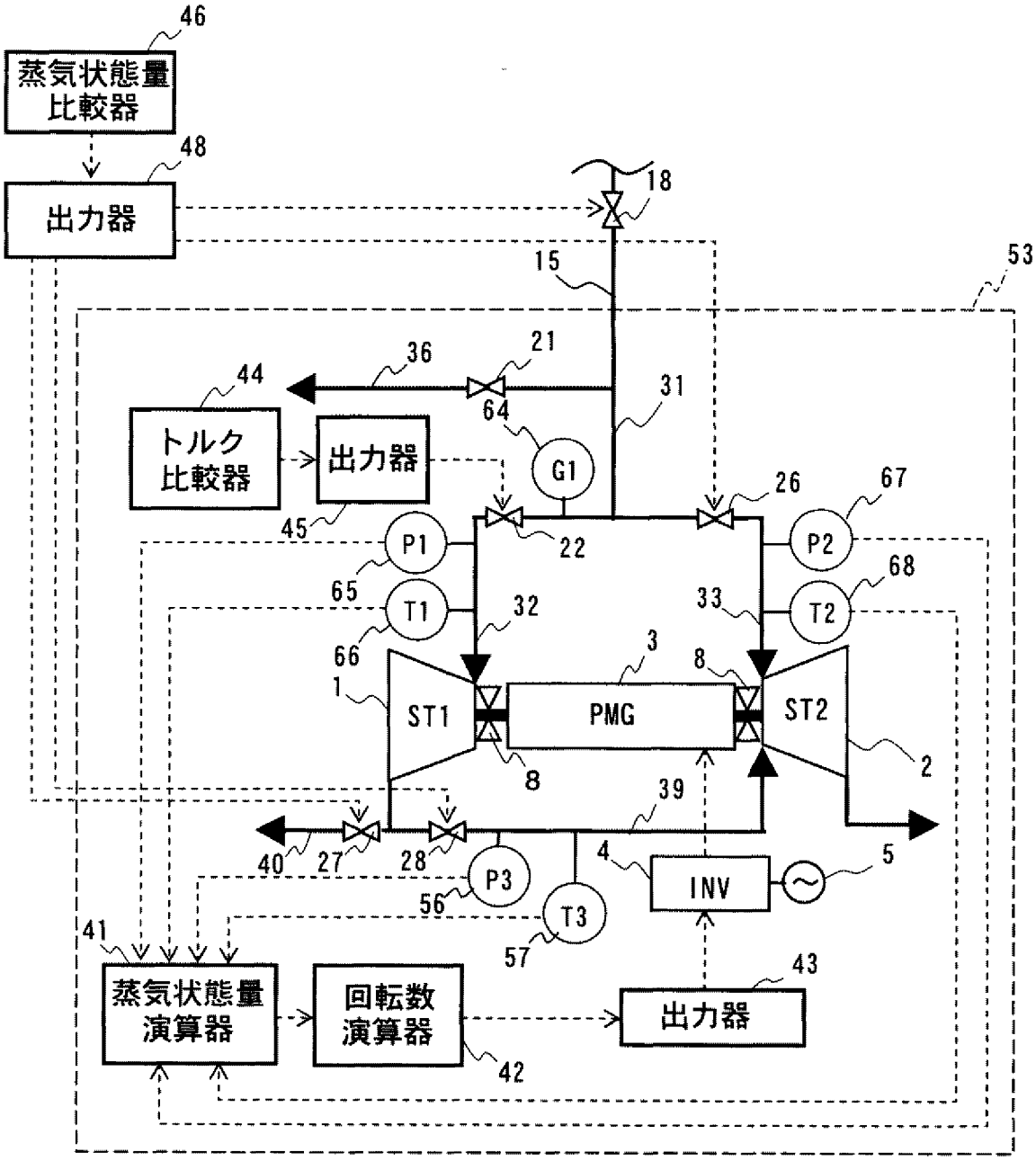
[図5]


10
蒸気発生源
46
12
61
G0
62
P0
13
63
T0
蒸気状態量
比較器
20
18
35
15
19
16
出力器
47
需要先
50
並列蒸気
タービン
システム
54
直列蒸気
タービン
システム
55

[図6]


10
蒸気発生源
46
61
GO
11
62
PO
13
63
TO
蒸気状態量
比較器
20
出力器
18
35
15
48
需要先
直列／並列切替
蒸気タービン
システム
50
53

[図7]


46
蒸気状態量比較器
48
出力器
18
15
53
36
21
44
トルク比較器
出力器
64
G1
31
26
67
45
P1
22
P2
65
T1
32
33
T2
68
66
3
1
ST1
PMG
8
ST2
2
8
39
40
27
28
P3
4
INV
5
56
T3
57
41
蒸気状態量演算器
回転数演算器
43
出力器
42

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2007/051299

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
F01D17/24(2006.01)i, *F01D15/10*(2006.01)i, *F01D17/00*(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
F01D17/24, F01D15/10, F01D17/00, F02C9/28, F01D1/06, F01D3/02, H02P9/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2007
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2007 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2007

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2007-006684 A (Ebara Corp.), 11 January, 2007 (11.01.07), Par. Nos. [0017] to [0024], [0029] to [0033]; Figs. 1 to 4 (Family: none)	1 1-2,5-6, 9-10,12 3-4,7-8,11, 13
Y A	JP 2003-244996 A (Kawasaki Heavy Industries, Ltd.), 29 August, 2003 (29.08.03), Par. Nos. [0012] to [0016], [0024], [0028], [0048] to [0049]; Figs. 1, 3, 4 & US 2004/0066044 A1 & EP 1343247 A3	1-2,5-6, 9-10,12 3-4,7-8,11, 13

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
12 April, 2007 (12.04.07)	24 April, 2007 (24.04.07)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2007/051299

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 9-112207 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 28 April, 1997 (28.04.97), Par. No. [0007]; Fig. 1 (Family: none)	2,10 1,3-9,11-13
Y A	JP 55-075502 A (Hitachi, Ltd.), 06 June, 1980 (06.06.80), Page 2, upper left column, line 2 to upper right column, line 13; Figs. 1, 2 (Family: none)	5 1-4,6-13
Y A	JP 10-299574 A (Isuzu Ceramics Research Institute Co., Ltd.), 10 November, 1998 (10.11.98), Par. No. [0010]; Figs. 1, 2 & US 6119457 A & EP 874143 A2	9 1-8,10-13
Y A	JP 2004-036523 A (Toppan Printing Co., Ltd.), 05 February, 2004 (05.02.04), Par. Nos. [0100] to [0103]; Fig. 2 (Family: none)	9 1-8,10-13
A	JP 8-218816 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 27 August, 1996 (27.08.96), Par. Nos. [0008] to [0010], [0019]; Fig. 1 (Family: none)	1-13
A	JP 2002-247759 A (Toshiba Engineering Corp.), 30 August, 2002 (30.08.02), Par. Nos. [0014], [0026], [0033]; Figs. 1, 2 (Family: none)	1-13
A	JP 2003-018897 A (Hitachi, Ltd.), 17 January, 2003 (17.01.03), Par. Nos. [0015], [0017], [0031], [0034]; Figs. 1, 2 & US 2003/0007368 A1 & US 2003/0007371 A1 & US 2003/0214823 A1	1-13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2007/051299

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The inventions in claims 1-9 relate to a steam turbine type power generating apparatus having an inverter for controlling the frequency of the power generated by a permanent magnet generator and the numbers of the rotation of the permanent magnet generator.

The inventions in claims 10-13 relate to a method of operating a steam turbine type power generating apparatus for controlling the numbers of the rotation of a permanent magnet generator by calculating the numbers of rotations of a first radial steam turbine connected to one end of the permanent magnet generator and a second radial steam turbine connected to the other end of the permanent magnet generator according to the pressure (continued to extra sheet)

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.

2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.

3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

the

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, payment of a protest fee.

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet(2)

and temperature of the steam from the steam generating source.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２００７／０５１２９９

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　F01D17/24(2006.01)i, F01D15/10(2006.01)i, F01D17/00(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　F01D17/24, F01D15/10, F01D17/00, F02C9/28, F01D1/06, F01D3/02, H02P9/04

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２００７年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２００７年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２００７年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求の範囲の番号
X Y A	JP ２００７－００６６８４ A（株式会社荏原製作所） ２００７．０１．１１，段落【００１７】－【００２４】、 【００２９】－【００３３】、図１－４（ファミリーなし）	1 1-2, 5-6, 9-10, 12 3-4, 7-8, 11, 13
Y A	JP ２００３－２４４９９６ A（川崎重工業株式会社） ２００３．０８．２９，段落【００１２】－【００１６】、【００２４】、 【００２８】、【００４８】－【００４９】、図１，３，４ ＆　ＵＳ　２００４／００６６０４４　Ａ１	1-2, 5-6, 9-10, 12 3-4, 7-8, 11, 13

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。　　☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
１２．０４．２００７	２４．０４．２００７

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　３Ｔ　３９２８
藤原　直欣
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３９５

Ｃ（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求の範囲の番号
	＆　ＥＰ　１３４３２４７　Ａ３	
Ｙ Ａ	ＪＰ　９－１１２２０７　Ａ（三菱重工業株式会社） １９９７．０４．２８，段落【０００７】、図１（ファミリーなし）	２，１０ 1，3-9，11-13
Ｙ Ａ	ＪＰ　５５－０７５５０２　Ａ（株式会社日立製作所） １９８０．０６．０６，第２ページ左上欄第２行－右上欄第１３行、第１図、第２図（ファミリーなし）	５ 1-4，6-13
Ｙ Ａ	ＪＰ　１０－２９９５７４　Ａ（株式会社いすゞセラミックス研究所） １９９８．１１．１０，段落【００１０】、図１，２ ＆　ＵＳ　６１１９４５７　Ａ　＆　ＥＰ　８７４１４３　Ａ２	９ 1-8，10-13
Ｙ Ａ	ＪＰ　２００４－０３６５２３　Ａ（凸版印刷株式会社） ２００４．０２．０５，段落【０１００】－【０１０３】、図２（ファミリーなし）	９ 1-8，10-13
Ａ	ＪＰ　８－２１８８１６　Ａ（三菱重工業株式会社） １９９６．０８．２７，段落【０００８】－【００１０】、【００１９】、図１（ファミリーなし）	１－１３
Ａ	ＪＰ　２００２－２４７７５９　Ａ（東芝エンジニアリング株式会社） ２００２．０８．３０，段落【００１４】、【００２６】、【００３３】、図１，２（ファミリーなし）	１－１３
Ａ	ＪＰ　２００３－０１８８９７　Ａ（株式会社日立製作所） ２００３．０１．１７，段落【００１５】、【００１７】、【００３１】、【００３４】、図１，２ ＆　ＵＳ　２００３／０００７３６８　Ａ１ ＆　ＵＳ　２００３／０００７３７１　Ａ１ ＆　ＵＳ　２００３／０２１４８２３　Ａ１	１－１３

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２００７／０５１２９９

第Ⅱ欄　請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第１ページの２の続き）

法第8条第3項（ＰＣＴ17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

１．☐ 請求の範囲＿＿＿＿＿＿＿＿ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、

２．☐ 請求の範囲＿＿＿＿＿＿＿＿ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、

３．☐ 請求の範囲＿＿＿＿＿＿＿＿ は、従属請求の範囲であってＰＣＴ規則6.4(a)の第２文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄　発明の単一性が欠如しているときの意見（第１ページの３の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

請求の範囲１－９に係る発明は、永久磁石式発電機で発電された電力の周波数及び永久磁石式発電機の回転数を制御するインバータを備えた蒸気タービン発電設備に関するものである。

請求の範囲１０－１３に係る発明は、蒸気発生源からの蒸気の圧力及び温度を基に、永久磁石式発電機の一方に連結された第１のラジアル蒸気タービンと永久磁石式発電機の他方に連結された第２のラジアル蒸気タービンの運転回転数を演算し、永久磁石式発電機の回転数を制御する蒸気タービン発電設備の運転方法に関するものである。

１．☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。

２．☑ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。

３．☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。

４．☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。

☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。

☐ 追加調査手数料の納付を伴う異議申立てがなかった。