

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6640524号
(P6640524)

(45) 発行日 令和2年2月5日(2020.2.5)

(24) 登録日 令和2年1月7日(2020.1.7)

(51) Int. Cl.			F I		
FO1K	9/04	(2006.01)	FO1K	9/04	B
FO1D	17/00	(2006.01)	FO1D	17/00	J
FO1D	17/04	(2006.01)	FO1D	17/04	
FO1D	15/10	(2006.01)	FO1D	15/10	C
HO2P	9/04	(2006.01)	FO1D	15/10	D

請求項の数 17 (全 25 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2015-204697 (P2015-204697)	(73) 特許権者	000005821
(22) 出願日	平成27年10月16日(2015.10.16)		パナソニック株式会社
(65) 公開番号	特開2017-75587 (P2017-75587A)		大阪府門真市大字門真1006番地
(43) 公開日	平成29年4月20日(2017.4.20)	(74) 代理人	100107641
審査請求日	平成30年9月12日(2018.9.12)		弁理士 鎌田 耕一
	(出願人による申告)平成27年度、国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構「未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発」委託研究、産業技術力 強化法第19条の適用を受ける特許出願	(74) 代理人	100168273
			弁理士 古田 昌稔
		(72) 発明者	富樫 仁夫
			大阪府門真市大字門真1006番地 パナ ソニック株式会社内
		(72) 発明者	引地 巧
			大阪府門真市大字門真1006番地 パナ ソニック株式会社内
		審査官	中村 大輔
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ランキンサイクル発電装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

作動流体の膨張エネルギーを機械エネルギーに変換する膨張機と、
前記膨張機をバイパスするバイパス流路と、
前記バイパス流路を開閉する開閉装置であって開度を全開、全閉、および全開と全閉の間の中間開度のいずれにも調整可能な開閉装置と、
前記膨張機に連結された発電機と、
を有するランキンサイクル装置と、
前記発電機で発電した交流電力を直流電力に変換するコンバータと、
前記コンバータと直流電力線で接続され、前記直流電力を交流電力に変換して商用系統
へ出力可能なインバータと、
前記直流電力の一部または全部を吸収する電力吸収部と、
を有する制御装置と、
を備えるランキンサイクル発電装置であって、
前記ランキンサイクル発電装置は、前記ランキンサイクル装置の運転を停止させるための特定運転を実行可能であり、

a) 前記特定運転において、前記制御装置は、前記電力吸収部で吸収される前記直流電力が一定の第1電力に近づきその後前記第1電力に維持されるように前記開閉装置の開度を調整する第1調整を実行する、ランキンサイクル発電装置。

【請求項2】

前記特定運転が行われる期間は、前記開閉装置の開度が小さくなっていく期間を含む、請求項 1 に記載のランキンサイクル発電装置。

【請求項 3】

作動流体の膨張エネルギーを機械エネルギーに変換する膨張機と、
前記膨張機をバイパスするバイパス流路と、
前記バイパス流路を開閉する開閉装置であって開度を全開、全閉、および全開と全閉の間の中間開度のいずれにも調整可能な開閉装置と、

前記膨張機に連結された発電機と、
を有するランキンサイクル装置と、

前記発電機で発電した交流電力を直流電力に変換するコンバータと、

前記コンバータと直流電力線で接続され、前記直流電力を交流電力に変換して商用系統へ出力可能なインバータと、

前記直流電力の一部または全部を吸収する電力吸収部と、
を有する制御装置と、

を備えるランキンサイクル発電装置であって、

前記ランキンサイクル発電装置は、前記ランキンサイクル装置の運転を停止させるための特定運転を実行可能であり、

a) 前記特定運転において、前記制御装置は、前記電力吸収部で吸収される前記直流電力が第 1 電力に近づくように前記開閉装置の開度を調整する第 1 調整を実行し、

前記特定運転が行われる期間は、前記開閉装置の開度が小さくなっていく期間を含む、ランキンサイクル発電装置。

【請求項 4】

A) 前記特定運転において、前記制御装置は、前記第 1 調整を、前記開閉装置の開度を操作量とするフィードバック制御を行うことによって実行する、請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載のランキンサイクル発電装置。

【請求項 5】

前記ランキンサイクル装置は、前記作動流体を圧送するポンプをさらに有し、

前記特定運転において、前記ポンプを駆動する電力として前記直流電力の一部が用いられ、

前記特定運転において、前記開閉装置の開度が第 1 開度まで小さくなったときに、前記ポンプの回転数が低下し始める、請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載のランキンサイクル発電装置。

【請求項 6】

前記ランキンサイクル装置は、

前記作動流体を圧送するポンプと、

前記作動流体を加熱する蒸発器と、

前記蒸発器の出口を始点とし前記膨張機の入口を終点とする流路に存在する前記作動流体の温度の特定に用いられるセンサと、

をさらに有し、

前記特定運転において、前記ポンプを駆動する電力として前記直流電力の一部が用いられ、

前記特定運転において、前記センサで特定した温度が第 1 温度まで低下したときに、前記ポンプの回転数が低下し始める、請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載のランキンサイクル発電装置。

【請求項 7】

前記特定運転において、前記ポンプの回転数が低下すれば前記膨張機の回転数が低下する、請求項 5 または 6 に記載のランキンサイクル発電装置。

【請求項 8】

以下の e) ~ g) のいずれかが成立したときに、前記膨張機および前記ポンプの回転数をゼロにする、請求項 5 ~ 7 のいずれか一項に記載のランキンサイクル発電装置。

10

20

30

40

50

- e) 前記電力吸収部で吸収される前記直流電力が、第2電力以下である。
 f) 前記直流電力線の直流電圧が、第1電圧よりも小さい。
 g) 前記ポンプまたは前記膨張機の回転数が、第1回転数以下である。
 ただし、前記第2電力は前記第1電力よりも小さい。

【請求項9】

以下のE)およびG)のいずれかが成立したときに前記開閉装置の開度を大きくする、
 請求項8に記載のランキンサイクル発電装置。

- E) 前記電力吸収部で吸収される前記直流電力が、第3電力以下である。
 G) 前記ポンプまたは前記膨張機の回転数が、第2回転数以下である。

ただし、前記第3電力は、前記第1電力よりも小さく、前記第2電力よりも大きい。前記
 第2回転数は、前記第1回転数よりも大きい。

10

【請求項10】

前記制御装置は、前記インバータ、前記電力吸収部および前記開閉装置を制御する制御
 回路をさらに有し、

前記特定運転において、前記制御回路は、前記電力吸収部に流入するべき電流である電
 流指令を演算し、前記電流指令を用いて、前記電力吸収部で吸収される前記直流電力が第
 1電力に近づくように、前記開閉装置の開度を調整する、請求項1～9のいずれか一項に
記載のランキンサイクル発電装置。

【請求項11】

作動流体の膨張エネルギーを機械エネルギーに変換する膨張機と、
前記膨張機をバイパスするバイパス流路と、
前記バイパス流路を開閉する開閉装置であって開度を全開、全閉、および全開と全閉の
間の中間開度のいずれにも調整可能な開閉装置と、

20

前記膨張機に連結された発電機と、
前記作動流体を加熱する蒸発器と、

を有するランキンサイクル装置と、

前記発電機で発電した交流電力を直流電力に変換するコンバータと、
前記コンバータと直流電力線で接続され、前記直流電力を交流電力に変換して商用系統
へ出力可能なインバータと、

前記直流電力の一部または全部を吸収する電力吸収部と、
を有する制御装置と、

30

を備えるランキンサイクル発電装置であって、

前記ランキンサイクル発電装置は、前記ランキンサイクル装置の運転を停止させるため
の特定運転を実行可能であり、

b) 前記特定運転において、前記電力吸収部で吸収される前記直流電力が予め定められ
た範囲内に収まるように前記開閉装置の開度が予め定められた前記中間開度まで大きくな
り、

前記開閉装置の開度が前記予め定められた前記中間開度まで大きくなった後、熱源によ
る前記蒸発器の加熱が停止したことを検知したときに前記開閉装置の開度が小さくなる、
ランキンサイクル発電装置。

40

【請求項12】

前記ランキンサイクル装置は、前記作動流体を圧送するポンプをさらに有し、
前記特定運転において、前記ポンプを駆動する電力として前記直流電力の一部が用いら
れる、請求項1～11のいずれか一項に記載のランキンサイクル発電装置。

【請求項13】

前記ランキンサイクル装置は、前記作動流体を冷却する凝縮器をさらに有し、

前記特定運転において、前記制御装置は、前記開閉装置の開度を調整するとともに前記
 凝縮器の放熱量を調整する、請求項1～12のいずれか一項に記載のランキンサイクル発
電装置。

【請求項14】

50

前記ランキンサイクル装置は、前記凝縮器を冷却する冷却ファンをさらに有し、
前記特定運転において、前記制御装置は、前記冷却ファンの回転数を調整して前記凝縮器の放熱量を調整する、請求項 1 3 に記載のランキンサイクル発電装置。

【請求項 1 5】

前記特定運転において、前記冷却ファンは、前記直流電力の一部を用いて駆動される、請求項 1 4 に記載のランキンサイクル発電装置。

【請求項 1 6】

前記特定運転において、前記ランキンサイクル装置の駆動電力が増加するときに、前記電力吸収部で吸収される前記直流電力を減少させて前記駆動電力を増加させる、請求項 1 2 または 1 5 に記載のランキンサイクル発電装置。

10

【請求項 1 7】

前記特定運転は、前記ランキンサイクル装置が前記商用系統から解列しているときに行われる、請求項 1 ~ 1 6 のいずれか一項に記載のランキンサイクル発電装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本開示は、ランキンサイクル発電装置に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

分散電源装置を商用系統に連系することが行われている。特許文献 1、特許文献 2 および特許文献 3 には、分散電源装置、商用系統、制御等に関する技術が記載されている。特許文献 1 に記載されている発明では、分散電源装置として熱エネルギーを利用する発電装置が用いられている。

20

【0 0 0 3】

具体的に、特許文献 1 の発電装置では、蒸気発生器において、作動流体が蒸発する。膨張機は、作動流体から機械的動力を生成する。発電機は、機械的動力から交流電力を生成する。整流器は、交流電力を直流電力に変換する。インバータは、直流電力から所定の周波数の交流電力を生成する。整流器とインバータとは直流電力線によって接続されている。この直流電力線には、停電時等における発電機の無負荷運転を防止するためにヒータが接続されている。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0 0 0 4】

【特許文献 1】特許第 4 8 8 9 9 5 6 号公報

【特許文献 2】特許第 5 6 3 7 3 1 0 号公報

【特許文献 3】特開 2 0 1 5 - 0 8 3 8 2 9 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 5】

特許文献 1 の発電装置には、小型化の観点および信頼性向上の観点から改善の余地がある。このような事情に鑑み、本開示は、これらを両立させるための技術を提供する。

40

【課題を解決するための手段】

【0 0 0 6】

すなわち、本開示は、
作動流体の膨張エネルギーを機械エネルギーに変換する膨張機と、
前記膨張機をバイパスするバイパス流路と、
前記バイパス流路を開閉する開閉装置であって開度を全開、全閉、および全開と全閉の間の中間開度のいずれにも調整可能な開閉装置と、
前記膨張機に連結された発電機と、
を有するランキンサイクル装置と、

50

前記発電機で発電した交流電力を直流電力に変換するコンバータと、
前記コンバータと直流電力線で接続され、前記直流電力を交流電力に変換して商用系統へ出力可能なインバータと、

前記直流電力の一部または全部を吸収する電力吸収部と、
を有する制御装置と、

を備えるランキンサイクル発電装置であって、

前記ランキンサイクル発電装置は特定運転を実行可能であり、

a) 前記特定運転において、前記電力吸収部で吸収される前記直流電力が第1電力に近づくように、前記制御装置が前記開閉装置の開度を調整する、または、

b) 前記特定運転において、前記電力吸収部で吸収される前記直流電力が予め定められた範囲内に収まるように前記開閉装置の開度が予め定められた前記中間開度まで大きくなる、ランキンサイクル発電装置を提供する。

【発明の効果】

【0007】

上記のランキンサイクル発電装置は、小型化および信頼性向上の両方の観点から優れている。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】実施の形態1におけるランキンサイクル発電装置のブロック図

【図2】電力吸収部のブロック図

【図3】実施の形態1におけるランキンサイクル発電装置の運転を説明するためのタイムチャート

【図4】制御回路のブロック図

【図5】変形例2におけるランキンサイクル発電装置の運転を説明するためのタイムチャート

【図6】実施の形態2におけるランキンサイクル発電装置のブロック図

【図7】実施の形態2におけるランキンサイクル発電装置の運転を説明するためのタイムチャート

【発明を実施するための形態】

【0009】

本発明者らは、小型化および信頼性向上の両立の観点から、特許文献1の発電装置を改良することを検討した。発電装置を小型化するためには、ヒータを小型化することが考えられる。ヒータを小型化するためには、異常発生時（商用系統の停電時等）におけるヒータでの消費電力を制限することが考えられる。異常発生時におけるヒータでの消費電力を制限するには、異常発生時における発電機での発電電力を制限することが考えられる。異常発生時における発電機での発電電力を制限するには、異常発生直後に熱源で発生する熱量を下げる事が考えられる。しかし、異常発生直後に熱源の熱量を下げると、異常発生時に確保すべき電力を確保できなくなるおそれがある。具体的に、発電電力の一部をランキンサイクル装置のポンプ等で使用する場合があります、そのような場合にポンプの駆動に用いるべき電力が増加すると、電力不足により、ランキンサイクル装置の運転継続が困難になったり、ランキンサイクル装置の安全な停止が困難になったりするおそれがある。

【0010】

本発明者らの鋭意検討により、小型化および信頼性向上（特に、異常発生時におけるランキンサイクル装置の運転の継続およびランキンサイクル装置の安全な停止の実現）の両立には、開閉装置の開度を適切に調整することが有効であることが見出された。本開示は、このような着想に基づくものである。

【0011】

すなわち、本開示の第1態様は、

作動流体の膨張エネルギーを機械エネルギーに変換する膨張機と、

前記膨張機をバイパスするバイパス流路と、

10

20

30

40

50

前記バイパス流路を開閉する開閉装置であって開度を全開、全閉、および全開と全閉の間の中間開度のいずれにも調整可能な開閉装置と、

前記膨張機に連結された発電機と、
を有するランキンサイクル装置と、

前記発電機で発電した交流電力を直流電力に変換するコンバータと、

前記コンバータと直流電力線で接続され、前記直流電力を交流電力に変換して商用系統へ出力可能なインバータと、

前記直流電力の一部または全部を吸収する電力吸収部と、
を有する制御装置と、

を備えるランキンサイクル発電装置であって、

前記ランキンサイクル発電装置は特定運転を実行可能であり、

a) 前記特定運転において、前記電力吸収部で吸収される前記直流電力が第1電力に近づくように、前記制御装置が前記開閉装置の開度を調整する、または、

b) 前記特定運転において、前記電力吸収部で吸収される前記直流電力が予め定められた範囲内に収まるように前記開閉装置の開度が予め定められた前記中間開度まで大きくなる、ランキンサイクル発電装置を提供する。

【0012】

第1態様のa)では、電力吸収部で吸収される直流電力が第1電力に近づくように開閉装置の開度が調整される。第1電力を過大ではない電力とすることにより、電力吸収部で吸収される直流電力が過大となることが防止されるので、電力吸収部の小型化が可能となる。また、第1電力をある程度大きくすれば、ランキンサイクル装置における消費電力が増加するときに該増加分をスムーズに補うことができるので、ランキンサイクル装置の運転の継続およびランキンサイクル装置の安全な停止が可能となる。従って、第1電力を仕様に応じた適切な値に設定すれば、ランキンサイクル発電装置の小型化および信頼性向上の両立が可能となる。例えば、停電等の系統異常時に特定運転を行うようにすれば、系統異常時におけるランキンサイクル発電装置の信頼性が確保される。以上の理由で、第1態様のa)の特定運転は、ランキンサイクル発電装置の小型化および信頼性向上の両立に適している。なお、第1電力は、例えば、発電装置の定格電力の1%以上60%以下の電力である。

【0013】

第1態様のb)では、電力吸収部で吸収される直流電力が予め定められた範囲内に収まるように開閉装置の開度が予め定められた中間開度まで大きくなる。このようにすれば、電力吸収部で吸収される電力が過大となることが防止されるため、電力吸収部の小型化が可能となる。また、このようにすれば、電力吸収部で吸収される電力が過小になることが防止されるため、ランキンサイクル装置における消費電力の増加分がスムーズに補われ易い。以上の理由で、第1態様のb)は、ランキンサイクル発電装置の小型化および信頼性向上の両立に適している。なお、上記予め定められた範囲は、例えば、発電装置の定格電力の1%以上60%以下の範囲である。

【0014】

本開示の第2態様は、第1態様に加え、

A) 前記特定運転において、前記電力吸収部で吸収される前記直流電力が第1電力に近づくように、前記制御装置が前記開閉装置の開度を操作量とするフィードバック制御を行うことによって前記開閉装置の開度を調整する、または、

b) 前記特定運転において、前記電力吸収部で吸収される前記直流電力が予め定められた範囲内に収まるように前記開閉装置の開度が予め定められた前記中間開度まで大きくなるランキンサイクル発電装置を提供する。

【0015】

第2態様のA)のフィードバック制御によれば、第1態様のa)を容易に実現できる。

【0016】

本開示の第3態様は、第1態様または第2態様に加え、

10

20

30

40

50

）前記特定運転において、前記電力吸収部で吸収される前記直流電力が第 1 電力に近づくように、前記制御装置が前記開閉装置の開度を調整し、

前記特定運転において、前記ランキンサイクル装置における消費電力が増加するときに、前記電力吸収部で吸収される前記直流電力が一時的に減少するとともに前記制御装置から前記ランキンサイクル装置に供給される電力が増加し、その後前記直流電力が前記第 1 電力に再度近づいていく、または、

）前記特定運転において、前記電力吸収部で吸収される前記直流電力が予め定められた範囲内に収まるように前記開閉装置の開度が予め定められた前記中間開度まで大きくなり、

前記特定運転において、前記ランキンサイクル装置における消費電力が増加するときに、前記電力吸収部で吸収される前記直流電力が減少するとともに前記制御装置から前記ランキンサイクル装置に供給される電力が増加するランキンサイクル装置を提供する。

10

【0017】

第 3 態様の) および) は、特定運転においてランキンサイクル装置における消費電力が増加するときの、電力の典型的な挙動を表す。

【0018】

本開示の第 4 態様は、第 1 ~ 3 態様のいずれか 1 つに加え、

前記ランキンサイクル装置は、前記作動流体を圧送するポンプをさらに有し、

前記特定運転において、前記ポンプを駆動する電力として前記直流電力の一部が用いられるランキンサイクル発電装置を提供する。

20

【0019】

第 4 態様の特定運転によれば、商用系統が停電しても、ポンプの駆動に必要な電力を確保できる。また、発電機での発電電力を有効活用できる。

【0020】

本開示の第 5 態様は、第 1 態様に加え、

a) 前記特定運転において、前記電力吸収部で吸収される前記直流電力が第 1 電力に近づくように、前記制御装置が前記開閉装置の開度を調整する、

A) 前記特定運転において、前記電力吸収部で吸収される前記直流電力が第 1 電力に近づくように、前記制御装置が前記開閉装置の開度を操作量とするフィードバック制御を行うことによって前記開閉装置の開度を調整する、または

30

）前記特定運転において、前記電力吸収部で吸収される前記直流電力が第 1 電力に近づくように、前記制御装置が前記開閉装置の開度を調整し、

前記特定運転において、前記ランキンサイクル装置における消費電力が増加するときに、前記電力吸収部で吸収される前記直流電力が一時的に減少するとともに前記制御装置から前記ランキンサイクル装置に供給される電力が増加し、その後前記直流電力が前記第 1 電力に再度近づいていくランキンサイクル発電装置を提供する。

【0021】

第 5 態様の効果については、第 1 態様、第 2 態様および第 3 態様の効果を参照されたい。

【0022】

本開示の第 6 態様は、第 5 態様に加え、

前記ランキンサイクル装置は、前記作動流体を圧送するポンプをさらに有し、

前記特定運転において、前記ポンプを駆動する電力として前記直流電力の一部が用いられ、

40

前記特定運転において、前記開閉装置の開度が第 1 開度まで小さくなったときに、前記ポンプの回転数が低下し始めるランキンサイクル発電装置を提供する。

【0023】

本開示の第 7 態様は、第 5 態様に加え、

前記ランキンサイクル装置は、

前記作動流体を圧送するポンプと、

50

前記作動流体を加熱する蒸発器と、
 前記蒸発器の出口を始点とし前記膨張機の入口を終点とする流路に存在する前記作動流体の温度の特定に用いられるセンサと、
 をさらに有し、
 前記特定運転において、前記ポンプを駆動する電力として前記直流電力の一部が用いられ、

前記特定運転において、前記センサで特定した温度が第1温度まで低下したときに、前記ポンプの回転数が低下し始めるランキンサイクル発電装置を提供する。

【0024】

第7態様で規定しているように作動流体の温度がある程度まで低下してからポンプの回転数を低下させることは、ランキンサイクル装置の安全性を確保する観点から適切である。また、電力吸収部で吸収される直流電力が第1電力に近づくように開閉装置を調整する場合には、基本的には作動流体の温度が低下すると開閉装置の開度は小さくなるので、第6態様で規定しているように開閉装置の開度がある程度まで小さくなってからポンプの回転数を低下させることは、同じ観点から適切である。また、第6態様および第7態様の特定運転のようにポンプの回転数を低下させると、ポンプの消費電力を低減できるので、発電電力不足によりランキンサイクル装置の運転継続時間を確保できないという事態を招き難い。また、ポンプの回転数が低下すれば、ポンプの停止が容易となる。

10

【0025】

本開示の第8態様は、第6態様または第7態様に加え、

20

前記特定運転において、前記ポンプの回転数が低下すれば前記膨張機の回転数が低下するランキンサイクル発電装置を提供する。

【0026】

第8態様のランキンサイクル発電装置によれば、ポンプの消費電力の低減に応じて発電機の発電電力を低下させることができる。このため、発電電力不足によりランキンサイクル装置の運転継続時間を確保できないという事態を招き難い。また、膨張機の回転数が低下すれば、膨張機の停止が容易となる。

【0027】

本開示の第9態様は、第6～8態様のいずれか1つに加え、

以下のe)～g)のいずれかが成立したときに前記膨張機および前記ポンプの回転数をゼロにするランキンサイクル発電装置を提供する。

30

e) 前記電力吸収部で吸収される前記直流電力が、第2電力以下である。

f) 前記直流電力線の直流電圧が、第1電圧よりも小さい。

g) 前記ポンプまたは前記膨張機の回転数が、第1回転数以下である。

ただし、前記第2電力は前記第1電力よりも小さい。

【0028】

第9態様のランキンサイクル発電装置によれば、作動流体の温度が十分に低下してから、膨張機およびポンプの駆動を停止することができる。従って、第9態様のランキンサイクル発電装置は、装置の安全性の観点から好適である。

【0029】

40

本開示の第10態様は、第9態様に加え、

以下のE)およびG)のいずれかが成立したときに前記開閉装置の開度を大きくするランキンサイクル発電装置を提供する。

E) 前記電力吸収部で吸収される前記直流電力が、第3電力以下である。

G) 前記ポンプまたは前記膨張機の回転数が、第2回転数以下である。

ただし、前記第3電力は、前記第1電力よりも小さく、前記第2電力よりも大きい。前記第2回転数は、前記第1回転数よりも大きい。

【0030】

第9態様のe)～g)の条件が成立するときには、作動流体の温度が低く、作動流体が液体を含んでいることがある。このため、第9態様に従って膨張機の駆動を停止させた後

50

には、膨張機の入口における作動流体が液体を含んでいることがある。第10態様によれば、膨張機の駆動を停止させる前に開閉装置の開度を大きくすることができる。このようにすれば、駆動停止後の膨張機出入口の作動流体の圧力差が低減するため、駆動停止後の膨張機に液体を含む作動流体が流入し難い。

【0031】

本開示の第11態様は、第5～10態様のいずれか1つに加え、

前記制御装置は、前記インバータ、前記電力吸収部および前記開閉装置を制御する制御回路をさらに有し、

前記特定運転において、前記制御回路は、前記電力吸収部に流入するべき電流である電流指令を演算し、前記電流指令を用いて、前記電力吸収部で吸収される前記直流電力が第1電力に近づくように、前記開閉装置の開度を調整する、ランキンサイクル発電装置を提供する。

10

【0032】

第11態様のランキンサイクル発電装置によれば、電力吸収部で吸収される直流電力を第1電力に近づける特定運転を、該直流電力を測定するセンサなしで行うことができる。

【0033】

本開示の第12態様は、第1～11態様のいずれか1つに加え、

前記ランキンサイクル装置は、前記作動流体を冷却する凝縮器をさらに有し、

前記特定運転において、前記制御装置は、前記開閉装置の開度を調整するとともに前記凝縮器の放熱量を調整するランキンサイクル発電装置を提供する。

20

【0034】

開閉装置の開度の変更は、ランキンサイクル装置に蓄えられる熱エネルギーの大きさおよび作動流体の温度に影響しうる。第12態様では、開閉装置の開度の調整と併せて凝縮器の放熱量の調整を行うため、ランキンサイクル装置に蓄えられる熱エネルギーおよび作動流体の温度を適切な範囲に維持し易い。このため、蒸発器出口温度の過上昇を防止し易い。

【0035】

第12態様の具体例では、前記電力吸収部で吸収される前記直流電力が前記第1電力よりも大きい場合に、前記開閉装置の開度を大きくするとともに前記凝縮器の放熱能力を増加させる。このようにすれば、開閉装置の開度が大きくなり膨張機で抽出される熱エネルギーが減少しても、蒸発器出口温度の過上昇が起り難くなる。

30

【0036】

本開示の第13態様は、第12態様に加え、

前記ランキンサイクル装置は、前記凝縮器を冷却する冷却ファンをさらに有し、

前記特定運転において、前記制御装置は、前記冷却ファンの回転数を調整して前記凝縮器の放熱量を調整するランキンサイクル発電装置を提供する。

【0037】

第13態様によれば、空冷で第12態様の効果を得ることができる。

【0038】

第13態様の具体例では、前記電力吸収部で吸収される前記直流電力が前記第1電力よりも大きい場合に、前記冷却ファンの回転数を増加させて前記凝縮器の放熱能力を増加させる。

40

【0039】

本開示の第14態様は、第13態様に加え、

前記特定運転において、前記冷却ファンは、前記直流電力の一部を用いて駆動されるランキンサイクル発電装置を提供する。

【0040】

第14態様のランキンサイクル発電装置によれば、商用系統が停電しても、冷却ファンの駆動に必要な電力を確保することができる。また、発電機での発電電力を有効活用できる。

50

【 0 0 4 1 】

本開示の第 1 5 態様は、第 1 ~ 1 4 態様のいずれか 1 つに加え、
前記特定運転は、前記ランキンサイクル装置が前記商用系統から解列しているときに行われるランキンサイクル発電装置を提供する。

【 0 0 4 2 】

第 1 態様等の特定運転は、ランキンサイクル装置が商用系統から解列しているときに好適に行われうる。

【 0 0 4 3 】

以下、本開示の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。本開示は、以下の実施形態に限定されない。

【 0 0 4 4 】

(実施の形態 1)

(発電装置の構成)

図 1 に示すように、実施の形態 1 の発電装置 (ランキンサイクル発電装置) 1 0 0 は、ランキンサイクル装置 1 と、制御装置 (ランキンサイクル制御装置) 2 と、を備えている。ランキンサイクル装置 1 は、制御装置 2 に接続されている。制御装置 2 は、外部の電力系統 (商用系統) 3 に接続されうる。電力系統 3 は、ランキンサイクル装置 1 に電力を供給することができる。電力系統 3 には、ランキンサイクル装置 1 から電力が供給されることもある。電力系統 3 は、例えば、商用の交流電源である。

【 0 0 4 5 】

ランキンサイクル装置 1 は、流体回路 5 0 と、発電機 8 と、電動機 1 1 と、冷却ファン 1 2 と、を有している。流体回路 5 0 は、作動流体が流れる回路である。流体回路 5 0 は、ランキンサイクルを構成している。

【 0 0 4 6 】

流体回路 5 0 は、ポンプ 7、蒸発器 4、膨張機 5 および凝縮器 6 を有している。これらは複数の配管によってこの順で環状に接続されている。膨張機 5 の入口には、作動流体の温度を特定するためのセンサ 1 0 が設けられている。流体回路 5 0 は、さらに、膨張機 5 をバイパスしているバイパス流路 7 0 を有している。バイパス流路 7 0 の上流端は流体回路 5 0 における蒸発器 4 の出口と膨張機 5 の入口との間の部分に接続されている。バイパス流路 7 0 の下流端は、流体回路 5 0 における膨張機 5 の出口と凝縮器 6 の入口との間の部分に接続されている。バイパス流路 7 0 は、バイパス弁 (開閉装置) 9 を有している。

【 0 0 4 7 】

発電機 8 は、膨張機 5 に連結されている。電動機 1 1 は、ポンプ 7 に連結されている。発電機 8 は、膨張機 5 によって駆動される。電動機 1 1 は、ポンプ 7 を駆動する。

【 0 0 4 8 】

ポンプ 7 は、電動式のポンプである。ポンプ 7 は、液体の作動流体を循環させることができる。具体的に、ポンプ 7 として、一般的な容積型またはターボ型のポンプを使用できる。容積型のポンプとして、ピストンポンプ、ギヤポンプ、ベーンポンプ、ロータリポンプ等が挙げられる。ターボ型のポンプとして、遠心ポンプ、斜流ポンプ、軸流ポンプ等が挙げられる。ポンプ 7 は、膨張機 5 とは連結されていない。つまり、ポンプ 7 の回転軸と膨張機 5 の回転軸とは切り離されている。このため、ポンプ 7 は、膨張機 5 から独立して動作できる。

【 0 0 4 9 】

蒸発器 4 は、ボイラー (図示省略) で生成された燃焼ガスの熱エネルギーを吸収する熱交換器である。蒸発器 4 は、例えばフィンチューブ熱交換器であり、ボイラーの内部に配置されている。ボイラーで生成された燃焼ガスとランキンサイクル装置 1 の作動流体とが蒸発器 4 において熱交換する。これにより、作動流体が加熱され、蒸発する。なお、この例では、熱源はボイラーであり熱媒体は燃焼ガスであるが、他の熱源および熱媒体を採用することもできる。例えば、工場、焼却炉等の施設から排出された廃熱エネルギーを利用した熱源を採用することもできる。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 0 】

膨張機 5 は、作動流体を膨張させることによって作動流体の膨張エネルギー（熱エネルギー）を回転動力に変換する。膨張機 5 の回転軸には、発電機 8 が接続されている。膨張機 5 によって発電機 8 が駆動される。膨張機 5 は、例えば、容積型またはターボ型の膨張機である。容積型の膨張機として、スクロール膨張機、ロータリ膨張機、スクリュウ膨張機、往復膨張機等が挙げられる。ターボ型の膨張機は、いわゆる膨張タービンである。

【 0 0 5 1 】

本実施形態の凝縮器 6 は、膨張機 5 から吐出された作動流体を冷却ファン 1 2 から送風される冷却空気と熱交換させることによって、作動流体を冷却する。凝縮器 6 として、フィンチューブ熱交換器を好適に使用できる。本実施形態では、作動流体と熱交換する熱媒体は冷却空気であるが、熱媒体は冷却水であってもよい。水等の液体の熱媒体を熱媒体回路中に流す場合には、凝縮器 6 として、プレート式熱交換器または二重管式熱交換器を好適に使用できる。

10

【 0 0 5 2 】

バイパス弁（開閉装置）9 は、開度を変更可能な弁である。つまり、バイパス弁 9 は、開度を全開、全閉、および全開と全閉の間の中間開度のいずれにも調整可能である。バイパス弁 9 の開度を変更することによって、膨張機 5 をバイパスする作動流体の流量を調節できる。

【 0 0 5 3 】

なお、本明細書では、「開度」とは、バイパス弁 9（開閉装置）を全開にしたときに作動流体が通る通路の断面積を 1 0 0 % としたときの、作動流体が通る通路の断面積を百分率で表したものである。

20

【 0 0 5 4 】

センサ 1 0 は、蒸発器 4 の出口を始点とし膨張機 5 の入口を終点とする流路に存する作動流体の温度 T_s の特定（検出または推定）に用いられるセンサである。この例では、センサ 1 0 は、温度 T_s の特定（検出）に用いられる温度センサである。別例では、センサ 1 0 は、温度 T_s の特定（推定）に用いられる圧力センサである。圧力と温度との間には相関があるので、圧力センサの検出値（圧力の値）から温度 T_s を推定することができる。この例では、センサ 1 0 は、作動流体に接触することによって温度 T_s を直接的に検出するものである。ただし、センサ 1 0 は、流路を形成する壁の温度を検出することによって温度 T_s を間接的に検出するものであってもよい。壁は、典型的には配管によって構成される。

30

【 0 0 5 5 】

センサ 1 0 の位置は、センサ 1 0 が温度 T_s の特定に利用可能な検出値を得ることができる位置であれば、特に限定されない。センサ 1 0 は、蒸発器 4 の出口を始点とし膨張機 5 の入口を終点とする流路におけるいずれかの箇所（または該流路を形成する壁のいずれかの箇所）に設けられうる。ただし、センサ 1 0 は、バイパス流路 7 0 におけるバイパス弁 9 よりも上流側（蒸発器 4 側）の部分に設けられてもよい。つまり、センサ 1 0 は、流体回路 5 0 のうち、蒸発器 4 の出口および膨張機 5 の入口と同程度に圧力および温度が高くなり易い位置に設けられうる。

40

【 0 0 5 6 】

ランキンサイクル装置 1 の動作の概要は以下の通りである。ポンプ 7 は、作動流体を圧送し、循環させる。蒸発器 4 は、ボイラー等の熱源（図示省略）からの熱を用いて作動流体を加熱する。これにより、作動流体が過熱蒸気（気体）の状態となる。膨張機 5 には、過熱蒸気の作動流体が流入する。流入した作動流体は、膨張機 5 内で断熱膨張する。これにより、膨張機 5 に駆動力が生じ、膨張機 5 が動作する。つまり、膨張機 5 によって、膨張エネルギー（熱エネルギー）が機械エネルギーへと変換される。膨張機 5 の動作に伴い、発電機 8 が動作し、発電する。つまり、発電機 8 によって、機械エネルギーが電気エネルギーへと変換される。要するに、膨張機 5 および発電機 8 によって、熱エネルギーが電気エネルギーへと変換される。凝縮器 6 は、冷却水、冷却空気等を用いて、膨張機 5 から

50

吐出された作動流体を冷却する。これにより、作動流体が凝縮して液体の状態となる。液体の作動流体は、ポンプ7に吸い込まれる。

【0057】

制御装置2は、ランキンサイクル装置1を制御する。制御装置2は、コンバータ20と、ポンプ駆動回路21と、冷却ファン駆動回路26と、系統連系用電力変換器（インバータ）22と、電力吸収部25と、リレー41と、制御回路30と、を有している。コンバータ20は、交流配線（第1の交流配線）23を介して発電機8に接続されている。ポンプ駆動回路21は、交流配線（第2の交流配線）29を介して電動機11に接続されている。冷却ファン駆動回路26は、交流配線（第3の交流配線）28を介して冷却ファン12に接続されている。系統連系用電力変換器22は、リレー41を介して電力系統3に接続されうる。コンバータ20と系統連系用電力変換器22と電力吸収部25とは、直流電力線24によって接続されている。リレー41は、交流配線によって系統連系用電力変換器22と接続されている。制御装置2は、温度Tsを特定するための信号を取得する。

10

【0058】

系統連系用電力変換器22には、電力系統3からリレー41を介して交流電力が供給される。系統連系用電力変換器22は、電力系統3から得た交流電力を直流電力へと変換する。得られた直流電力は、ポンプ駆動回路21および冷却ファン駆動回路26に供給される。得られた直流電力は、コンバータ20にも供給される。発電機8が発電しているときには、コンバータ20は、発電機8で発電された交流電力を直流電力へと変換する。得られた直流電力は、ポンプ駆動回路21および冷却ファン駆動回路26に供給される。得られた直流電力がポンプ駆動回路21および冷却ファン駆動回路26に供給すべき直流電力よりも大きい場合には、得られた直流電力の一部（余剰電力）は系統連系用電力変換器22によって交流電力へと変換される。この交流電力は、リレー41を介して電力系統3へと供給（逆潮流）される。コンバータ20は、発電機8を介して膨張機5に制動トルクまたは駆動トルクを与えることができる。

20

【0059】

系統連系用電力変換器（インバータ）22は、コンバータ20と直流電力線24で接続され、直流電力を交流電力に変換して商用系統3へ出力可能である。系統連系用電力変換器22は、ランキンサイクル装置1が単独運転状態になったことを検出できる。単独運転状態は、電力系統3が事故等によって系統電源と切り離された状態において、発電装置100が線路負荷に有効電力を供給している状態である。単独運転状態（単独運転）の詳細は、日本工業規格JIS B 8121（2009）等で説明されているので参照されたい。なお、単独運転状態の検出は、制御装置2における系統連系用電力変換器22以外の要素に担わせることもできる。

30

【0060】

単独運転の検出方法は特に限定されない。単独運転の検出方法の例は周波数シフト方式である。周波数シフト方式の一例では、系統電圧の周波数を（例えば制御周期毎に）検出（または推定）し、検出値に微小なシフト量を加えた周波数を次以降の（例えば次の）周期における系統連系用電力変換器22の目標出力周波数とし、単独運転時に現れる周波数変化を検出する。単独運転の検出方法の具体例については、特許文献2等を参照されたい。

40

【0061】

系統連系用電力変換器22が単独運転状態を検出すると、リレー41は、単独運転状態を解消するために、発電装置100と電力系統3との接続を解除（解列）する。

【0062】

電力吸収部25は、直流電力線24における直流電力を吸収する。本実施形態では、電力吸収部25は、単独運転状態が検出されると、電力系統3に供給（逆潮流）していた電力（余剰電力）を吸収する。図2に示すように、本実施形態の電力吸収部25は、電力を放電する放電抵抗と、電力吸収部25への電流供給をオンオフするスイッチング素子とを有している。図2の例では、放電抵抗およびスイッチング素子は、プラス側配線24pと

50

マイナス側配線 24n との間介在されている。スイッチング素子の例は、MOSFET (metal-oxide-semiconductor field-effect transistor) 等の半導体スイッチ素子である。なお、電力吸収部 25 は電力を吸収するものであればよい。例えば、放電抵抗に代えてバッテリーを用いることもできる。

【0063】

ポンプ駆動回路 21 は、別途の電源回路を要さずとも、電動機 11 を用いてポンプ 7 を駆動することができる。ポンプ駆動回路 21 は、センサ 10 の検出信号等に基づいて、ポンプ 7 を制御する。これにより、蒸発器 4 を流れる作動流体の流量が調整される。

【0064】

冷却ファン駆動回路 26 は、別途の電源回路を要さずとも、冷却ファン 12 を駆動することができる。冷却ファン駆動回路 26 で冷却ファン 12 を制御することにより、凝縮器 6 の熱交換量 (放熱能力) が調整される。

【0065】

(制御シーケンス)

図 3 を用いて、ランキンサイクル発電装置 100 の制御シーケンスを説明する。なお、図 3 の上から 1 段目のグラフは、蒸発器 4 における作動流体の加熱量 (作動流体に与えられる単位時間当たりの熱の量) の時間変化を模式的に示している。2 段目のグラフは、バイパス弁 9 の開度の時間変化を模式的に示している。3 段目のグラフは、ポンプ 7 の回転数の時間変化を模式的に示している。4 段目のグラフは、膨張機 5 の回転数の時間変化を模式的に示している。5 段目のグラフは、電力吸収部 25 での放電電力の時間変化を模式的に示している。6 段目のグラフは、発電装置 100 から電力系統 3 に供給する電力の時間変化を模式的に示している。後述する図 5 および図 7 の 1 段目 ~ 6 段目のグラフが示す内容も同様である。

【0066】

A1 の期間は、電力系統 3 が正常で発電装置 100 が通常運転を行っている期間である。この期間では、発電機 8 での発電電力からランキンサイクル装置 1 で使用する電力を差し引いた電力 (余剰電力) は、全て電力系統 3 へ供給される。

【0067】

A2 の期間は、電力系統 3 の電圧 (系統電圧) が低下し、系統連系用電力変換器 22 の電流制限によって電力系統 3 へ供給される電力が制限される期間である。図 3 の「系統電圧低下」の時点は、単独運転状態の開始時点に対応する。本実施形態では、系統連系用電力変換器 22 が系統電圧の低下を検出してから予め定められた制限時間内に系統電圧が回復した場合 (単独運転状態が解消された場合)、通常運転が再開される。制限時間内に系統電圧が回復しない場合、後述の B の期間に移行する。A2 の期間では余剰電力の一部が電力系統 3 へ供給され、残りの余剰電力が電力吸収部 25 で吸収 (放電) される。電力系統 3 へ供給される電力が制限されると直流電力線 24 の電圧 (直流電圧) が上昇するようにも思われるが、本実施形態では直流電圧が目標電圧になるように電力吸収部 25 で放電される電力が制御される。直流電圧を目標電圧に維持することは、ランキンサイクル発電装置 100 の安全性確保に有利である。典型的には、目標電圧は、予め定められた (変化しない) 電圧である。目標電圧は、例えば 300 ~ 400 V である。ただし、目標電圧は、発電装置 100 の運転状態、系統の状態 (系統電圧) 等に応じて変化する電圧であってもよい。

【0068】

系統電圧の低下を検出してから予め定められた制限時間内に系統電圧が回復しない場合、リレー 41 は、ランキンサイクル装置 1 と電力系統 3 との接続を解除 (解列) する。これにより、単独運転状態を強制的に解消させる。B の期間 (B1, B2 および B3 の期間) は、ランキンサイクル装置 1 が電力系統 3 から解列されている期間である。B の期間の終了時にはランキンサイクル装置 1 の運転は停止されるので、B の期間を停止期間と称することができる。図 3 に示す例では、B1 の期間、B2 の期間および B3 の期間の一部において、電力吸収部 25 で吸収される電力が第 1 電力 P1 になるように制御装置 2 によ

10

20

30

40

50

てバイパス弁 9 の開度が調整される。電力吸収部 25 で吸収される電力が第 1 電力 P 1 よりも大きい場合には、バイパス弁 9 の開度が大きくなり、発電機 8 の発電電力が低下する。これにより、電力吸収部 25 で吸収される電力が小さくなり第 1 電力 P 1 に近づく。このようなバイパス弁 9 の開度の調整によれば、電力吸収部 25 で吸収される電力が第 1 電力 P 1 を大きく超えることがない。従って、電力吸収部 25 の小型化が可能となる。

【 0 0 6 9 】

本実施形態では、電力吸収部 25 で吸収される直流電力が第 1 電力 P 1 に近づくように制御装置 2 がバイパス弁（開閉装置）9 の開度を調整する運転を、特定運転と称する。本実施形態の特定運転では、電力吸収部 25 で吸収される直流電力が第 1 電力 P 1 に近づくように、制御装置 2 がバイパス弁 9 の開度を操作量とするフィードバック制御を行うこと
10
によってバイパス弁 9 の開度を調整する。また、本実施形態の特定運転では、ランキンサイクル装置 1 における消費電力が増加するときに、電力吸収部 25 で吸収される直流電力が一時的に減少するとともに制御装置 2 からランキンサイクル装置 1 に供給される電力が増加し、その後直流電力が第 1 電力 P 1 に再度近づいていく。上述の説明から理解されるように、本実施形態の特定運転は、ランキンサイクル装置 1 が電力系統（商用系統）3 から解列されているときに行われる。本実施形態の特定運転は、ランキンサイクル装置 1 の運転を停止させるための運転である。本実施形態の特定運転は、B 1 の期間、B 2 の期間および B 3 の期間の一部において行われる。

【 0 0 7 0 】

典型的には、第 1 電力 P 1 は、予め定められた（変化しない）電力である。第 1 電力 P
20
1 は、一例では、発電装置 100 の定格電力の 1 % 以上である。通常はポンプ 7 の駆動電力（ポンプ駆動回路 21 の消費電力）は発電装置 100 の定格電力の 10 % 以下であるので、この例の電力吸収部 25 は、ポンプ 7 の駆動電力の 10 % 以上程度を吸収することができる。このため、同駆動電力がこの程度変動しても、変動分はスムーズに補われうる。典型的な例では、ランキンサイクル装置 1 の停止に使用される消費電力は小さいので、第 1 電力 P 1 が発電装置 100 の定格電力の 1 % 以上であれば、ランキンサイクル装置 1 を停止させる際にランキンサイクル装置 1 の消費電力が変動しても、該変動分はスムーズに補われうる。すなわち、ランキンサイクル装置 1 の安全な停止が可能となる。また、この例では、第 1 電力 P 1 は、発電装置 100 の定格電力の 30 % 以下である。第 1 電力 P 1
30
を過度に大きくしないことは、電力吸収部 25 の小型化の観点から有利である。なお、第 1 電力 P 1 は、発電装置 100 の運転状態その他に応じて変化する電力であってもよい。なお、図 3 の例では、A 2 の期間において放電電力が第 1 電力 P 1 を超えているが、A 2 の期間は短い時間であるため問題はない。

【 0 0 7 1 】

ただし、発電電力が低下するようにバイパス弁 9 の開度を大きくすると、膨張機 5 で機械エネルギーへと変換される熱エネルギーが低下するので、蒸発器 4 の出口の作動流体の温度が過度に上昇するおそれがある。そこで、本実施形態では、特定運転において、制御装置 2 は、バイパス弁（開閉装置）9 の開度を調整するとともに凝縮器 6 の放熱量を調整する。具体的には、電力吸収部 25 で吸収される直流電力が第 1 電力 P 1 よりも大きい場合に、バイパス弁 9 の開度を大きくするとともに凝縮器 6 の放熱能力を増加させる。さら
40
に具体的には、制御装置 2 は、冷却ファン 12 の回転数を調整して（増加させて）凝縮器 6 の放熱量を調整する（増加させる）。このようにすれば、蒸発器 4 の出口の作動流体の温度上昇を抑えることができる。なお、凝縮器 6 に関する上記の制御は、後述の変形例 1 のようにフィードフォワードでバイパス弁 9 の開度を調整する場合にも適用可能である。

【 0 0 7 2 】

本実施形態の特定運転では、ポンプ 7 を駆動する電力として直流電力の一部が用いられる。別の言い方をすると、発電機 8 の発電電力の一部は、直流電力線 24 を介してポンプ駆動回路 21 に供給される。このため、電力系統 3 が停電しても、ポンプ 7 の駆動に必要な電力が確保され、ランキンサイクル装置 1 の運転を継続することができる。また、発電機 8 での発電電力を有効活用できる。
50

【 0 0 7 3 】

本実施形態の特定運転では、冷却ファン 2 6 は、直流電力の一部を用いて駆動される。別の言い方をすると、発電機 8 の発電電力の一部は、直流電力線 2 4 を介して冷却ファン駆動回路 2 6 に供給される。これにより、電力系統 3 が停電しても、冷却ファン駆動回路 2 6 に必要な電力が確保され、ランキンサイクル装置 1 の運転を継続することができる。また、発電機 8 での発電電力を有効活用できる。

【 0 0 7 4 】

図 3 に戻って、B 1 の期間は、ランキンサイクル装置 1 と電力系統 3 との解列とともに始まる。B 1 の期間では、余剰電力の全部が電力吸収部 2 5 で放電される。B 1 の期間の初期において、制御装置 2 は、放電電力が低下して第 1 電力 P 1 に近づくようにバイパス弁 9 の開度を大きくする。放電電力が第 1 電力 P 1 に到達した後は、制御装置 2 は、放電電力が第 1 電力 P 1 に維持されるようにバイパス弁 9 の開度を調整する。

10

【 0 0 7 5 】

B 2 の期間は、蒸発器 4 での作動流体の加熱が停止されてから蒸発器 4 の出口の作動流体の温度が第 1 温度（後述）以下になるまでの期間である。B 2 の期間では、作動流体の熱エネルギーが低下する中で制御装置 2 が電力吸収部 2 5 における放電電力を第 1 電力 P 1 に維持しようとするため、バイパス弁 9 の開度が徐々に小さくなる。

【 0 0 7 6 】

B 3 の期間では、ポンプ 7 の回転数が低下していく。本実施形態では、B 3 の期間においてポンプ 7 の回転数はゼロまで低下する。B 3 の期間は、センサ 1 0 で検出した作動流体の温度が第 1 温度以下になったときに開始される。つまり、本実施形態では、特定運転において、センサ 1 0 で特定した温度が第 1 温度まで低下したときに、ポンプ 7 の回転数が低下し始める。作動流体の温度がある程度まで低下してからポンプ 7 の回転数を低下させることは、ランキンサイクル装置 1 の安全性を確保する観点から適切である。また、ポンプ 7 の回転数を低下させると、ポンプ 7 の消費電力を低減できるので、発電電力不足によりランキンサイクル装置 1 の運転継続時間を確保できないという事態を招き難い。また、ポンプ 7 の回転数が低下すれば、ポンプ 7 の停止が容易となる。なお、典型的には、第 1 温度は、予め定められた（変化しない）温度である。第 1 温度は例えば 1 0 0 ~ 1 7 5 である。ただし、第 1 温度は、ランキンサイクル発電装置 1 0 0 の運転状態その他に応じて変化する温度であってもよい。

20

30

【 0 0 7 7 】

別例では、B 3 の期間は、バイパス弁 9 の開度が第 1 開度まで小さくなったときに開始される。つまり、別例の特定運転では、バイパス弁（開閉装置）9 の開度が第 1 開度まで小さくなったときに、ポンプ 7 の回転数が低下し始める。電力吸収部 2 5 で放電される直流電力が第 1 電力 P 1 に近づくようにバイパス弁 9 を調整する場合には、基本的には作動流体の温度が低下するとバイパス弁 9 の開度は小さくなる。従って、バイパス弁 9 の開度がある程度まで小さくなったときにポンプ 7 の回転数を低下させることには、作動流体の温度がある程度まで低下したときにポンプ 7 の回転数を低下させることと同様の意義がある。第 1 開度は、例えば、2 0 ~ 8 0 % である。

【 0 0 7 8 】

B 3 の期間において、膨張機 5 の回転数をポンプ 7 の回転数に応じて低下させる。つまり、本実施形態の特定運転では、ポンプ 7 の回転数が低下すれば膨張機 5 の回転数が低下する。このため、発電電力不足によりランキンサイクル装置 1 の運転継続時間を確保できないという事態を招き難い。また、このようにすれば、膨張機 5 の停止が容易になる。

40

【 0 0 7 9 】

図 3 に示す例では、B 3 の期間の途中でバイパス弁 9 の開度が全開となっている。バイパス弁 9 の開度が全開となった後は、電力吸収部 2 5 における放電電力を第 1 電力 P 1 に維持できなくなり、放電電力は小さくなっていく。また、B 3 の期間の途中から、直流電力線 2 4 における直流電圧を目標電圧に維持することもできなくなり、直流電圧は小さくなっていく。

50

【 0 0 8 0 】

電力吸収部 2 5 における放電電力が第 2 電力以下になったときに、ポンプ 7 および膨張機 5 の駆動を停止し、B 3 の期間を終了する。つまり、本実施形態では、電力吸収部 2 5 で吸収される直流電力が第 2 電力以下であるという条件が成立したときに、膨張機 5 およびポンプ 7 の回転数をゼロにする。このようにすれば、作動流体の温度が十分に低いときに膨張機 5 およびポンプ 7 の駆動を停止させることができるので、装置の安全性を確保し易い。第 2 電力は、第 1 電力 P 1 よりも小さい電力である。典型的には、第 2 電力は、予め定められた（変化しない）電力である。本実施形態では、第 2 電力は 0 W である。ただし、第 2 電力は、ランキンサイクル発電装置 1 0 0 の運転状態その他に応じて変化する電力であってもよい。

10

【 0 0 8 1 】

なお、直流電力線 2 4 の直流電圧が第 1 電圧よりも低くなったときに、ポンプ 7 および膨張機 5 の駆動を停止してもよい。つまり、直流電力線 2 4 の直流電圧が第 1 電圧よりも小さいという条件が成立したときに、膨張機 5 およびポンプ 7 の回転数をゼロにしてもよい。電力吸収部 2 5 における放電電力が極めて小さくなると（略 0 W になると）、直流電圧を目標電圧に維持できなくなり、直流電圧が低下するためである。第 1 電圧は、目標電圧よりも低い電圧とすることができ、例えば目標電圧の 9 0 % 以下であり、具体的な一例では目標電圧の 5 0 % である。典型的には、第 1 電圧は、予め定められた（変化しない）電圧である。ただし、第 1 電圧は、ランキンサイクル発電装置 1 0 0 の運転状態その他に応じて変化する電圧であってもよい。

20

【 0 0 8 2 】

また、ポンプ 7 または膨張機 5 の回転数が第 1 回転数よりも低くなったときに、ポンプ 7 および膨張機 5 の駆動を停止してもよい。つまり、ポンプ 7 または膨張機 5 の回転数が第 1 回転数以下であるという条件が成立したときに、膨張機 5 およびポンプ 7 の回転数をゼロにしてもよい。ポンプ 7 または膨張機 5 の回転数は、発電機 8 における発電電力と相関があり、すなわち電力吸収部 2 5 における放電電力とも相関があるためである。典型的には、第 1 回転数は、予め定められた（変化しない）回転数である。第 1 回転数は、例えば、系統電圧低下前の回転数の 5 ~ 3 0 % である。ただし、第 1 回転数は、ランキンサイクル発電装置 1 0 0 の運転状態その他に応じて変化する回転数であってもよい。

30

【 0 0 8 3 】

（制御装置が行う制御の詳細）

図 4 に示すように、制御回路 3 0 は、直流電圧制御部 3 1 と、電流指令制限部 3 2 と、電流制御部 3 3 と、放電制御部 3 4 と、バイパス弁開度指令生成部 3 5 と、減算器 3 6 と、放電電力演算部 3 7 と、を有している。

【 0 0 8 4 】

直流電圧制御部 3 1 は、直流電圧 V_{dc} を直流電圧指令 V_{dc}^* に一致させるための第 1 電流指令 I^* を、例えば P I 制御等によって算出する。直流電圧 V_{dc} は、不図示のセンサによって検出される。直流電圧指令 V_{dc}^* は、目標電圧に対応する。

【 0 0 8 5 】

電流指令制限部 3 2 は、制限電流 I_{max}^* に基づいて、第 1 電流指令 I^* を制限し、第 2 電流指令 I_a^* を算出する。具体的には、電流指令制限部 3 2 は、第 1 電流指令 I^* が制限電流 I_{max}^* 以下である場合には、第 2 電流指令 I_a^* として第 1 電流指令 I^* を出力する。また、電流指令制限部 3 2 は、第 1 電流指令 I^* が制限電流 I_{max}^* よりも大きい場合には、第 2 電流指令 I_a^* として制限電流 I_{max}^* を出力する。典型的には、制限電流 I_{max}^* として電力系統 3 へ供給する電流の上限値が与えられる。ランキンサイクル装置 1 が電力系統 3 から解列されると、制限電流 I_{max}^* はゼロとなり、これにより第 2 電流指令 I_a^* もゼロとなる。第 2 電流指令 I_a^* は、系統連系用電力変換器 2 2 から電力系統 3 に出力される電流の有効成分（有効電流）の振幅の目標値を表す。なお、この例では、系統連系用電力変換器 2 2 から電力系統 3 に出力される電流の無効成分（無効電流）の目標値はゼロである。

40

50

【 0 0 8 6 】

電流制御部 33 は、第 2 電流指令 I_a^* 、相電流 I_s および系統電圧 V_s に基づいて、電圧指令 V_s^* を算出する。具体的に、電流制御部 33 は、相電流 I_s の有効成分を第 2 電流指令 I_a^* と一致させるとともに相電流 I_s の無効成分をゼロにするための電圧指令 V_s^* を、例えば PI 制御等によって算出する。より具体的な電流制御部 33 の動作については特許文献 2 を参照されたい。例えば、特許文献 2 に記載されている系統電圧の位相推定に関する技術は、本実施形態においても好適に利用されうる。相電流 I_s は、不図示のセンサによって検出される。系統電圧 V_s は、不図示のセンサによって検出される。算出された電圧指令 V_s^* は、系統連系用電力変換器 22 によって用いられる。具体的に、系統連系用電力変換器 22 は、電圧指令 V_s^* に一致する電圧を出力する。なお、説明の便宜上ここでは電力系統が単相である場合について説明しているが、三相の場合でも同様にして電流制御部 33 を構成することができる。

10

【 0 0 8 7 】

減算器 36 は、第 1 電流指令 I^* から第 2 電流指令 I_a^* を減算し、放電電流指令 I_{br}^* を算出する。放電電流指令 I_{br}^* は、電力吸収部 25 に流入する直流電流の目標値（より正確には、直流電流の平均値の目標値）を表す。以上の説明から理解されるように、第 1 電流指令 I^* は直流電圧 V_{dc} を直流電圧指令 V_{dc}^* に一致させるための目標値であり、その第 1 電流指令 I^* を得るための電流調整として、第 1 電流指令 I^* が制限電流 I_{max}^* 以下である場合には第 2 電流指令 I_a^* ($= I^*$) のみの調整がなされ、第 1 電流指令 I^* が制限電流 I_{max}^* よりも大きい場合には第 2 電流指令 I_a^* および放電電流指令 I_{br}^* の調整がなされる。

20

【 0 0 8 8 】

放電制御部 34 は、放電電流指令 I_{br}^* と電力吸収部 25 の放電抵抗の抵抗値とから放電電圧指令 V_{br}^* を計算する。電力吸収部 25 は、放電抵抗に印加される電圧が平均的に放電電圧指令 V_{br}^* となるように、図 2 のスイッチング素子を制御する。すなわち、放電電圧指令 V_{br}^* は、放電抵抗に印加される電圧の目標値（より正確には、電圧の平均値の目標値）を表す。なお、センサを用いて電力吸収部 25 を流れる電流（放電電流）を検出して、検出値を放電電流指令 I_{br}^* に一致させるための放電電圧指令 V_{br}^* を PI 制御器等で計算してもよいが、図 4 に示す制御によれば放電電流を検出するセンサが不要となる。

30

【 0 0 8 9 】

放電電力演算部 37 は、放電電流指令 I_{br}^* と電力吸収部 25 の放電抵抗の抵抗値とから放電電力 P_{br} を演算する。なお、本実施形態では、放電電流指令 I_{br}^* と放電抵抗の抵抗値とから放電電力 P_{br} を演算するが、放電電流指令 I_{br}^* と放電電圧指令 V_{br}^* とから放電電力 P_{br} を演算してもよい。

【 0 0 9 0 】

バイパス弁開度指令生成部 35 は、所望の放電電力指令 P_{br}^* と放電電力 P_{br} が一致するように PI 制御器等でバイパス弁開度指令を算出する。不図示のバイパス弁駆動回路は、バイパス弁開度指令に基づいてバイパス弁 9 の開度を制御する。放電電力指令 P_{br}^* は、第 1 電力 P_1 に対応する。

【 0 0 9 1 】

上述のように、図 3 の A1 の期間では、余剰電力の全てが電力系統 3 に供給される。A1 の期間における制御回路 30 の動作例を説明する。直流電圧 V_{dc} が直流電圧指令 V_{dc}^* （目標電圧）よりも大きい場合、第 1 電流指令 I^* は増加する。第 1 電流指令 I^* に等しい第 2 電流指令 I_a^* が生成される。図 3 の例の通常運転（A1 の期間の運転）においては、第 1 電流指令 I^* が制限電流値 I_{max}^* 以下であるためである。第 2 電流指令 I_a^* 、相電流 I_s および系統電圧 V_s に基づいて算出される電圧指令 V_s^* は増加する。結果として、電力系統 3 へと供給される電流および余剰電力は増加する。第 1 電流指令 I^* と第 2 電流指令 I_a^* とは等しいため、これらの差分 $I^* - I_a^*$ に対応する放電電流指令 I_{br}^* はゼロとなる。放電電圧指令 V_{br}^* もゼロとなる。結果として、電力吸収部 25 のスイッチング素子のデューティ比（オン時間およびオフ時間の合計に対するオン時間の比率）がゼロとなる。

40

50

放電電圧指令 V_{br}^* およびバイパス弁開度指令は生成されない。つまり、バイパス弁開度指令生成部 35 および放電電力演算部 37 は使用されない。

【0092】

上述のように、図3の例のA2の期間では、電力系統3へ供給される電流および電力が制限される。A2の期間における制御回路30の動作例を説明する。直流電圧 V_{dc} が直流電圧指令 V_{dc}^* よりも大きい場合、第1電流指令 I^* は増加する。制限電流値 I_{max}^* に等しい第2電流指令 I_a^* が生成される。図3の例のA2の期間の運転では、第1電流指令 I^* は制限電流値 I_{max}^* よりも大きいためである。第2電流指令 I_a^* ($= I_{max}^*$) は変わらないため相電流 I_s も変わらない。第1電流指令 I^* が増加するため、第1電流指令 I^* から第2電流指令 I_a^* ($= I_{max}^*$) を差し引いた差分 $I^* - I_a^*$ に対応する放電電流指令 I_{br}^* も増加する。放電電圧指令 V_{br}^* も増加する。結果として、電力吸収部25のスイッチング素子のデューティ比が大きくなる。図3の例では、A1の期間からA2の期間に移行するときに、系統電圧 V_s が低下するとともに制限電流値 I_{max}^* による第2電流指令 I_a^* の制限が開始される。このため、電力系統3へと供給される余剰電力が低下する。電力系統3へと供給される余剰電力の低下分が電力吸収部25での放電電力と等しくなるまで、第1電流指令 I^* 、放電電流指令 I_{br}^* および放電電圧指令 V_{br}^* が増加する。A2の期間は、余剰電力の一部(電力系統3へと供給される余剰電力の低下分)が放電電力として消費される期間である。バイパス弁開度指令は生成されない。

10

【0093】

上述のように、B1の期間は、ランキンサイクル装置1と電力系統3との解列とともに始まる期間であり、特定運転が行われる期間であり、余剰電力の全部が電力吸収部25で放電される期間である。B1の期間における制御回路30の動作例を説明する。直流電圧 V_{dc} が直流電圧指令 V_{dc}^* よりも大きい場合、第1電流指令 I^* は増加する。制限電流値 I_{max}^* はゼロであるため、第2電流指令 I_a^* はゼロとなる。電力系統3へと供給される電流および余剰電力はゼロとなるような電圧指令 V_s^* が算出される。第1電流指令 I^* が増加するため、第1電流指令 I^* から制限電流値 I_{max}^* ($= 0$) を差し引いた差分 $I^* - I_{max}^*$ ($= I^*$) に対応する放電電流指令 I_{br}^* も増加する。放電電圧指令 V_{br}^* も増加する。結果として、電力吸収部25のスイッチング素子のデューティ比が大きくなる。放電電流指令 I_{br}^* が増加するため、放電電流指令 I_{br}^* と電力吸収部25の放電抵抗の抵抗値とから演算される放電電力 P_{br} も増加する。放電電力 P_{br} が放電電力指令 P_{br}^* ($=$ 第1電力 P_1) よりも大きければバイパス弁9の開度を大きくするためのバイパス弁開度指令を生成する。放電電力 P_{br} が放電電力指令 P_{br}^* よりも小さければバイパス弁9の開度を小さくするためのバイパス弁開度指令を生成する。

20

30

【0094】

B2およびB3の期間においても、制御回路30は、基本的にはB1の期間と同様に動作する。ただし、スイッチング素子のデューティ比が100%であるときは、放電電圧指令 V_{br}^* が増加してもデューティ比は増加しない。また、バイパス弁9の開度の開度が全開であるときは、放電電力 P_{br} が放電電力指令 P_{br}^* ($=$ 第1電力 P_1) よりも大きくてもバイパス弁9の開度は大きくならない。

【0095】

40

以上の説明から理解されるように、制御回路30は、系統連系用電力変換器22、電力吸収部25およびバイパス弁(開閉装置)9を制御する。系統連系用電力変換器22は、電圧指令 V_s^* によって制御される。電力吸収部25は、放電電圧指令 V_{br}^* によって制御される。バイパス弁9は、バイパス弁開度指令によって制御される。本実施形態では、特定運転において、制御回路30は、電力吸収部25に流入すべき電流である電流指令(放電電流指令 I_{br}^*)を演算する。そして、電流指令を用いて、電力吸収部25で吸収される直流電力が第1電力 P_1 に近づくように、バイパス弁(開閉装置)9の開度を調整する。このようにすれば、電力吸収部25での放電電力(放電電流)を特定するためのセンサが不要となる。なお、「電流指令を用いて」は、「電流指令または電流指令から計算された値を用いて」という意味であり、当然ながら電流指令から計算された放電電力 P_{br} を

50

用いる場合も含まれる。また、バイパス弁 9 の調整において、電力吸収部 25 での放電電流をセンサ等で測定し、その測定値から計算された放電電力が第 1 電力 P 1 になるようにバイパス弁 9 の開度を調整することもできる。

【 0 0 9 6 】

本実施形態の制御回路 30 は、コンバータ 20 も制御する。具体的に、制御回路 30 は、コンバータ 20 に電圧指令 V_{uvw}^* を与える。コンバータ 20 は、発電機 8 に印加される電圧が電圧指令 V_{uvw}^* に一致するように、発電機 8 を制御する。制御回路 30 に基づくコンバータ 20 および発電機 8 の制御の詳細については、特許文献 3 等を参照されたい。

【 0 0 9 7 】

(変形例 1)

実施の形態 1 では、電力吸収部 25 における放電電力が第 1 電力 P 1 になるようにバイパス弁 9 を調整したが、放電電力が所定の範囲内に収まるように事前に決めた開度になるようにフィードフォワードでバイパス弁 9 の開度を調整することもできる。具体的には、変形例 1 では、特定運転において、電力吸収部 25 で吸収される直流電力が予め定められた（変化しない）範囲内に収まるようにバイパス弁（開閉装置）9 の開度を予め定められた中間開度（全開と全閉の間の開度）まで大きくする。また、特定運転において、ランキンサイクル装置 1 における消費電力が増加するときに、電力吸収部 25 で吸収される直流電力が減少するとともに制御装置 2 からランキンサイクル装置 1 に供給される電力が増加する。直流電力に関する上記の予め定められた範囲は、例えば、発電装置 100 の定格電力の 1% 以上 30% 以下の範囲である。また、バイパス弁 9 に関する上記の予め定められた中間開度は、例えば 20% ~ 80% の開度である。

【 0 0 9 8 】

変形例 1 では、単独運転状態を検知した後に、バイパス弁 9 の開度を上記のように大きくする。具体的には、特定運転の開始時（ランキンサイクル装置 1 が電力系統 3 から解列したとき）に、バイパス弁 9 の開度を上記のように大きくする。このようにすれば、発電機 8 の発電電力が低下し、電力吸収部 25 での放電電力が低減する。この構成は、電力吸収部 25 の小型化に適している。また、その後、熱源による蒸発器 4 の加熱が停止したことを検知したときに、バイパス弁 9 の開度を小さくする。

【 0 0 9 9 】

(変形例 2)

実施の形態 1 では、バイパス弁 9 の開度が小さい状態（より具体的には開度が全閉の状態）でポンプ 7 および膨張機 5 を停止したが、ポンプ 7 および膨張機 5 の停止前にバイパス弁 9 の開度を大きくすることもできる。具体的には、変形例 2 では、図 5 に示すように、電力吸収部 25 で吸収される直流電力が第 3 電力以下であるという条件が成立したときに、バイパス弁（開閉装置）9 の開度を大きくする。より具体的には、上記条件が成立したときに、バイパス弁 9 の開度を 20% ~ 80% まで大きくする。第 3 電力は、第 1 電力 P 1 よりも小さく、第 2 電力よりも大きい電力である。典型的には、第 3 電力は、予め定められた（変化しない）電力である。第 3 電力は、例えば、第 1 電力の 10% ~ 90% である。ただし、第 3 電力は、ランキンサイクル発電装置 100 の運転状態その他に応じて変化する電力であってもよい。

【 0 1 0 0 】

実施の形態 1 の運転条件を採用する場合、ポンプ 7 および膨張機 5 を停止するときには、作動流体の温度が低く、作動流体が液体を含むことがある。液体の作動流体を膨張機 5 が吸い込むと、液体の作動流体が膨張機 5 から潤滑オイルを吐出させ、膨張機 5 における潤滑オイルが不足することがある。潤滑オイルの不足は、膨張機 5 の摩耗を早めたり、膨張機 5 における損失を大きくしたりする。また、潤滑オイルを使用しない膨張機（例えばターボ型膨張機）がランキンサイクル装置 1 に使用されている場合、液体の作動流体を膨張機 5 が吸い込むと、膨張機 5 の腐食（物理的な腐食）を招く。しかし、変形例 2 によれば、ポンプ 7 および膨張機 5 を停止した後に液体を含む作動流体を膨張機 5 が吸い込み難い。

10

20

30

40

50

【 0 1 0 1 】

また、ポンプ7または膨張機5の回転数が第2回転数以下であるという条件が成立したときに、バイパス弁（開閉装置）9の開度を大きくすることもできる。第2回転数は、第1回転数よりも大きい回転数である。典型的には、第2回転数は、予め定められた（変化しない）回転数である。第2回転数は、例えば、系統電圧低下前の回転数の5～40%である。ただし、第2回転数は、ランキンサイクル発電装置100の運転状態その他に応じて変化する回転数であってもよい。このようにしても、変形例2と同様の効果を得ることができる。

【 0 1 0 2 】

（実施の形態2）

図6は、本開示の実施の形態2の発電装置（ランキンサイクル発電装置）200のブロック図である。図6において、図1と同じ構成要素については同じ符号を用い、説明を省略することができる。

【 0 1 0 3 】

図6に示すように、発電装置200は、実施の形態1における制御装置2に代えて制御装置202を備えている。制御装置202は、負荷42と接続可能である。

【 0 1 0 4 】

制御装置202では、系統連系用電力変換器22とリレー41とを結ぶ交流配線に、負荷42が接続される。負荷42は、例えば電化製品等である。

【 0 1 0 5 】

系統連系用電力変換器22および負荷42には、電力系統3からリレー41を介して交流電力が供給される。系統連系用電力変換器22は、電力系統3から得た交流電力を直流電力へと変換する。得られた直流電力は、ポンプ駆動回路21および冷却ファン駆動回路26に供給される。得られた直流電力は、コンバータ20にも供給される。発電機8が発電しているときには、コンバータ20は、発電機8で発電された交流電力を直流電力へと変換する。得られた直流電力は、ポンプ駆動回路21および冷却ファン駆動回路26に供給される。得られた直流電力がポンプ駆動回路21および冷却ファン駆動回路26に供給すべき直流電力よりも大きい場合には、得られた直流電力の一部（余剰電力）は系統連系用電力変換器22によって交流電力へと変換される。この交流電力は、負荷42へと供給される。この交流電力が負荷42で消費する電力よりも大きい場合には、交流電力の一部がリレー41を介して電力系統3へと供給（逆潮流）される。

【 0 1 0 6 】

（制御シーケンス）

図7を用いて、ランキンサイクル発電装置200の制御シーケンスを説明する。

【 0 1 0 7 】

A1の期間は、電力系統3が正常で発電装置200が通常運転を行っている期間である。この期間では、発電機8での発電電力からランキンサイクル装置1で使用する電力を差し引いた電力（余剰電力）は、全て電力系統3と負荷42へ供給される。

【 0 1 0 8 】

A2の期間は、電力系統3の電圧（系統電圧）が低下し、系統連系用電力変換器22の電流制限によって電力系統3に供給される電力が制限される期間である。この期間では余剰電力の一部が電力系統3および負荷42に供給され、残りの余剰電力が電力吸収部25で吸収（放電）される。電力系統3および負荷42に供給される電力が制限されると、直流電力線24の電圧（直流電圧）が上昇するようにも思われるが、本実施形態では直流電圧が目標電圧になるように電力吸収部25で放電される電力が制御される。

【 0 1 0 9 】

系統電圧の低下を検出してから予め定められた制限時間内に系統電圧が回復しない場合、リレー41は、ランキンサイクル装置1と電力系統3との接続を解除（解列）する。これにより、単独運転状態を強制的に解消させる。Bの期間（B1a, B1b, B2およびB3の期間）は、ランキンサイクル装置1が電力系統3から解列されている期間である。

10

20

30

40

50

本実施形態でも、実施の形態 1 の特定運転と同様の特定運転が行われる。

【 0 1 1 0 】

図 7 に示す例では、B 1 a の期間において、電力吸収部 2 5 で吸収される電力が第 1 電力 P 1 ' になるように制御装置 2 によってバイパス弁 9 の開度が調整される。電力吸収部 2 5 で吸収される電力が第 1 電力 P 1 ' よりも大きい場合には、バイパス弁 9 の開度が大きくなり、発電機 8 の発電電力が低下する。これにより、電力吸収部 2 5 で吸収される電力が小さくなり第 1 電力 P 1 ' に近づく。このようなバイパス弁 9 の開度の調整によれば、電力吸収部 2 5 で吸収される電力が第 1 電力 P 1 ' を大きく超えることがない。従って、電力吸収部 2 5 の小型化が可能となる。

【 0 1 1 1 】

B 1 a の期間は、ランキンサイクル装置 1 と電力系統 3 との解列とともに始まる。B 1 a の期間では、余剰電力から負荷 4 2 の消費電力を引いた電力が電力吸収部 2 5 で放電される。B 1 a の期間の初期において、制御装置 2 0 2 は、放電電力が低下して第 1 電力 P 1 ' に近づくようにバイパス弁 9 の開度を大きくする。放電電力が第 1 電力 P 1 ' に到達した後は、制御装置 2 0 2 は、放電電力が第 1 電力 P 1 ' に維持されるように、バイパス弁 9 の開度を調整する。

【 0 1 1 2 】

負荷 4 2 における消費電力が小さい場合は、第 1 電力 P 1 ' は、例えば発電装置 2 0 0 の定格電力の 1 0 % ~ 6 0 % である。本実施形態では、第 1 電力 P 1 ' は定格電力の 6 0 % である。本実施形態によれば、負荷 4 2 の消費電力が変動した場合でも、変動量が定格電力の 6 0 % 以下であれば、変動分をスムーズに補うことができる。負荷 4 2 の消費電力が変動しうる場合には、負荷 4 2 の消費電力と第 1 電力 P 1 ' との合計が定格電力以下となるように第 1 電力 P 1 ' を変化させるような構成を採用してもよい。

【 0 1 1 3 】

B 1 a の期間では、ランキンサイクル発電装置 2 0 0 は、自立運転を行う。ここでは、自立運転は、ランキンサイクル装置 1 が電力系統 3 から解列された状態で、負荷 4 2 を運転することをいう。自立運転は、日本工業規格 J I S C 8 9 6 0 (2 0 1 2) 等で説明されているので参照されたい。本実施形態によれば、電力系統 3 が停電した状態でも負荷 4 2 に電力を供給できる。なお、図 7 では B 1 a の期間は短いですが、B 1 a の期間は長い期間であってもよい。

【 0 1 1 4 】

B 1 b の期間では、ランキンサイクル発電装置 2 0 0 の運転を停止するために、負荷 4 2 の消費電力を小さくする（本実施形態では、負荷となっている装置を停止して負荷の消費電力をゼロにする）期間である。なお、負荷の消費電力をゼロにした後においては負荷 4 2 の消費電力の変動分を補う電力を電力吸収部 2 5 に吸収させ続ける必要がないため、本実施形態の B 1 b の期間では第 1 電力を P 1 ' から P 1 へと低下させている。P 1 の範囲の例は、実施の形態 1 の P 1 の範囲の例と同じである。ただし、第 1 電力を P 1 ' のまま維持してもよい。

【 0 1 1 5 】

B 2 , B 3 の期間の制御については、実施の形態 1 における説明を参照されたい。

【 0 1 1 6 】

実施の形態 2 では、A 1 ~ B 1 a の期間において負荷 4 2 への電力供給を継続している。しかし、負荷 4 2 への供給を一旦止めて、余剰電力の全てを電力吸収部 2 5 で吸収する期間を設け、その後負荷 4 2 への電力供給を再開してもよい。このような期間としては、ランキンサイクル装置 1 の電力系統 3 からの解列時を跨ぐ期間が適切である。このようにすれば、ランキンサイクル装置 1 が電力系統 3 と連系しているときとランキンサイクル装置 1 が電力系統 3 から解列しているときとで系統連系用電力変換器 2 2 の制御モードが大きく変わる場合においても、制御モードを安全に切り替えることができる。

【 符号の説明 】

【 0 1 1 7 】

10

20

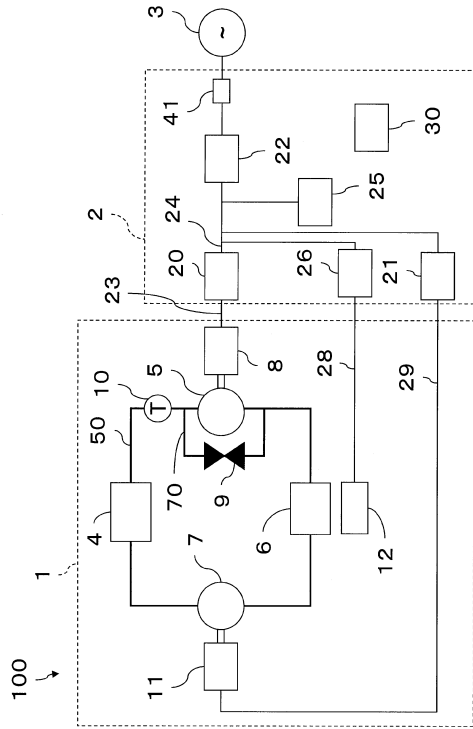
30

40

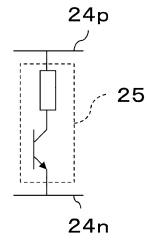
50

1	ランキンサイクル装置	
2	, 202 制御装置	
3	電力系統 (商用系統)	
4	蒸発器	
5	膨張機	
6	凝縮器	
7	ポンプ	
8	発電機	
9	バイパス弁 (開閉装置)	
10	センサ	10
11	電動機	
20	コンバータ	
21	ポンプ駆動回路	
22	系統連系用電力変換器 (インバータ)	
23	交流配線	
24	直流電力線	
24 p	プラス側配線	
24 n	マイナス側配線	
25	電力吸収部	
26	冷却ファン駆動回路	20
28	交流配線	
29	交流配線	
30	制御回路	
31	直流電圧制御部	
32	電流指令制限部	
33	電流制御部	
34	放電制御部	
35	バイパス弁開度指令生成部	
36	減算器	
37	放電電力演算部	30
41	リレー	
42	負荷	
50	流体回路	
70	バイパス流路	
100, 200	発電装置	

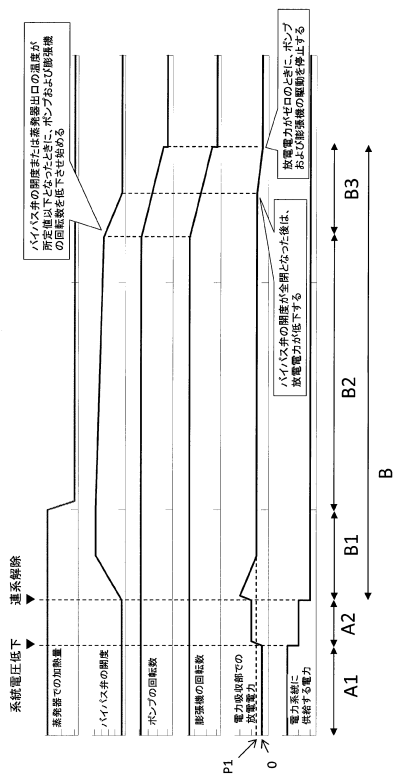
【図 1】



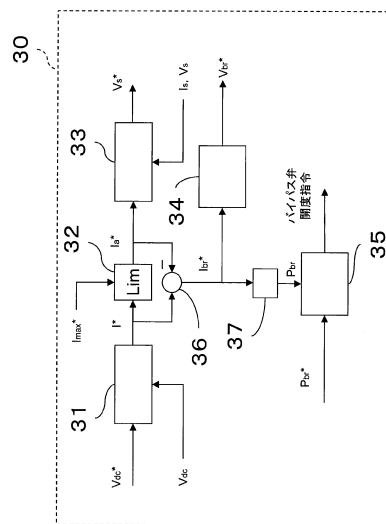
【図 2】



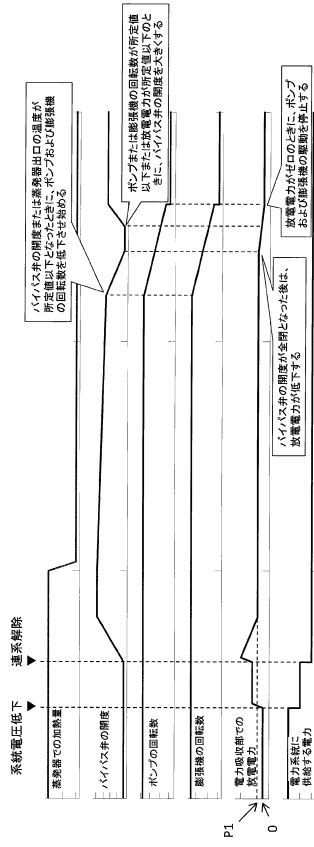
【図 3】



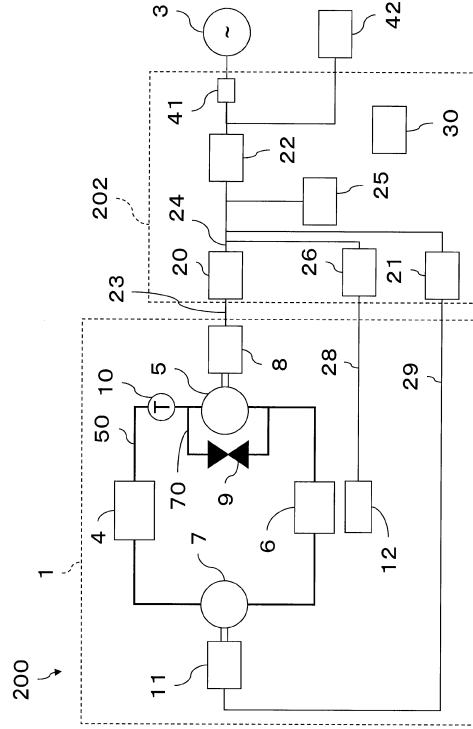
【図 4】



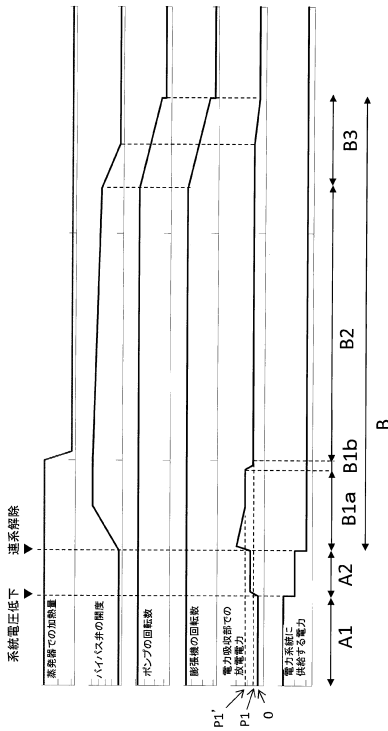
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
F 0 1 D 15/10 A
H 0 2 P 9/04 E

(56)参考文献 特開2005-312289(JP,A)
特開2008-180462(JP,A)
特開2015-083829(JP,A)
特開2013-019316(JP,A)
特開2014-129798(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
F 0 1 K 9 / 0 4
F 0 1 D 1 5 / 1 0
F 0 1 D 1 7 / 0 0
F 0 1 D 1 7 / 0 4
H 0 2 P 9 / 0 4