JP 7242383 B2 2023.3.20

(19)日本国特許庁（ＪＰ）　(12)特　許　公　報（Ｂ２）　(11)特許番号

特許第7242383号

（Ｐ７２４２３８３）

(45)発行日　令和5年3月20日(2023.3.20)　(24)登録日　令和5年3月10日(2023.3.10)

(51)Int.Cl.　　ＦＩ

Ｆ０２Ｃ　9/16　(2006.01)　　Ｆ０２Ｃ　9/16　　Ａ

請求項の数13

(21)出願番号　特願2019-67133(P2019-67133)
(22)出願日　平成31年3月29日(2019.3.29)
(65)公開番号　特開2020-165382(P2020-165382A)
(43)公開日　令和2年10月8日(2020.10.8)
審査請求日　令和3年6月14日(2021.6.14)

(73)特許権者　000221834
東邦瓦斯株式会社
愛知県名古屋市熱田区桜田町１９番１８号
(74)代理人　110000291
弁理士法人コスモス国際特許商標事務所
(72)発明者　武藤　弘樹
愛知県名古屋市熱田区桜田町１９番１８号
東邦瓦斯株式会社内
(72)発明者　織田　英幸
愛知県名古屋市熱田区桜田町１９番１８号
東邦瓦斯株式会社内
(72)発明者　春田　尚
愛知県名古屋市熱田区桜田町１９番１８号
東邦瓦斯株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】ガス差圧式発電装置の制御方法、ガス差圧式発電装置、及びその制御プログラム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

燃料ガスを供給元側から需要先側に向けて供給するガス供給系統上に、流通する燃料ガスに対し、一次側の圧力を減圧して二次側の圧力に整圧するガバナと、一次側から流通する燃料ガスを膨張させることにより、二次側の圧力に減圧する膨張タービンとを、並列に接続して連結されたガス差圧式発電装置に、電気的な制御を行う制御手段と、前記膨張タービンの一次側に流入する燃料ガスの流れを制御するガス流量制御手段と、を備え、

前記膨張タービンは、接続する発電機と組みをなした態様で、複数有し、前記複数の膨張タービンは、並列に接続された状態で、前記ガス供給系統と連結され、少なくとも第１の膨張タービンと第２の膨張タービンとを含むこと、

前記ガス供給系統で流通可能な燃料ガスの流量帯域のうち、前記膨張タービンで発電可能となる燃料ガスの流量帯域とした発電許容領域内で、稼働させる前記膨張タービンを変更するタイミングとして、前記発電機で発電した出力、または前記ガス流量制御手段の弁開度の少なくとも一方に対応して設定された閾値が、前記発電許容領域内に設けられていること、

燃料ガスの流通時、前記制御手段は、前記発電機で発電した出力値を取得しながら、前記ガス流量制御手段の弁開度を制御する共に、稼働中の前記膨張タービンで、前記閾値に達する状態になるのを機に、少なくとも前記第１の膨張タービンと前記第２の膨張タービンとに対し、前記閾値を境に、継続して稼働させる前記膨張タービンを変更すること、

前記制御手段は、電力計で検出する前記発電機の発電出力に基づいて、前記ガス流量制

御手段の弁開度を制御することにより、電力を提供する電力供給先で、事前に発電計画を定めた発電計画値に沿う電力需要に対応可能に、前記発電機の発電出力を制御して調整すること、
を特徴とするガス差圧式発電装置の制御方法。
【請求項２】
請求項１に記載するガス差圧式発電装置の制御方法において、
前記第１の膨張タービンは、前記第２の膨張タービンの前記発電機で可変する出力の範囲内で、最も大きな第２最大出力を発揮可能であるのに対し、可変する出力の範囲内に前記第２最大出力を包含し、かつ前記第２最大出力より大きい第１最大出力を発揮可能とする前記発電機に接続されていること、
を特徴とするガス差圧式発電装置の制御方法。
【請求項３】
請求項１または請求項２に記載するガス差圧式発電装置の制御方法において、
前記ガス流量制御手段は、前記複数の膨張タービンに対し、個々の前記膨張タービンと１対１で組をなして設けられていること、
を特徴とするガス差圧式発電装置の制御方法。
【請求項４】
請求項２または請求項３に記載するガス差圧式発電装置の制御方法において、
前記第１の膨張タービンと前記第２の膨張タービンとを含む前記複数の膨張タービンの中で、前記閾値を境に、運転する前記膨張タービンの交替を伴って、前記発電機で発電を続けるとき、
前記制御手段は、前記閾値に到達する時点に合わせて、新たに稼働させる次の前記膨張タービンの運転を前もって開始させると共に、前記閾値に到達した時点で、既に稼働していた先の前記膨張タービンの運転を停止させ、
前記閾値に到達した時点以降、前記次の膨張タービンが、前記発電機に対し、定常な運転状態で稼働し始めていること、
を特徴とするガス差圧式発電装置の制御方法。
【請求項５】
請求項２または請求項３に記載するガス差圧式発電装置の制御方法において、
前記第１の膨張タービンと前記第２の膨張タービンとを含む前記複数の膨張タービンに対し、前記閾値を境に、運転する前記膨張タービンの数を増やして、前記発電機で発電を続けるとき、
前記制御手段は、前記閾値に到達する時点に合わせて、新たに稼働させる追加対象の前記膨張タービンの運転を前もって開始させ、
前記閾値に到達した時点以降、前記追加対象の膨張タービンが、前記発電機に対し、定常な運転状態で稼働し始めていること、
を特徴とするガス差圧式発電装置の制御方法。
【請求項６】
請求項５に記載するガス差圧式発電装置の制御方法において、
前記制御手段は、前記閾値に到達した時点で、前記追加対象の膨張タービンの運転状態に基づいて、前記ガス流量制御手段により、稼働していた継続対象の前記膨張タービンに流通させる燃料ガスの流量を制御すること、
を特徴とするガス差圧式発電装置の制御方法。
【請求項７】
請求項２または請求項３に記載するガス差圧式発電装置の制御方法において、
前記第１の膨張タービンと前記第２の膨張タービンとを含む前記複数の膨張タービンの中で、前記閾値を境に、運転する前記膨張タービンの数を減らして、前記発電機で発電を続けるとき、
前記制御手段は、前記閾値に到達した時点で、稼働していた削減対象の前記膨張タービンの運転を停止させ、

前記閾値に到達した時点以降、稼働していた継続対象の前記膨張タービンは、前記発電機に対し、定常な運転状態を持続して稼働していること、
を特徴とするガス差圧式発電装置の制御方法。
【請求項８】
請求項７に記載するガス差圧式発電装置の制御方法において、
前記制御手段は、前記閾値に到達した時点で、前記削減対象の膨張タービンの運転状態に基づいて、前記ガス流量制御手段により、前記継続対象の前記膨張タービンに流通させる燃料ガスの流量を制御すること、
を特徴とするガス差圧式発電装置の制御方法。
【請求項９】
請求項１乃至請求項８のいずれか１つに記載するガス差圧式発電装置の制御方法において、
前記ガス供給系統のうち、前記複数の膨張タービンが設置された発電管路で、
流れる燃料ガスが、前記発電許容領域上限の流量を超えるとき、前記ガバナは開路していること、
を特徴とするガス差圧式発電装置の制御方法。
【請求項１０】
燃料ガスを供給元側から需要先側に向けて供給するガス供給系統上に、流通する該燃料ガスに対し、一次側の圧力を減圧して二次側の圧力に整圧するガバナと、一次側から流通する該燃料ガスを膨張させることにより、二次側の圧力に減圧する膨張タービンとを、並列に接続した状態で連結されたガス差圧式発電装置において、
前記膨張タービンは、接続する発電機と組みをなした態様で、複数有し、前記複数の膨張タービンは、並列に接続された状態で、前記ガス供給系統に連結されていること、
前記複数の膨張タービンのうち、少なくとも第１の膨張タービンと第２の膨張タービンでは、各々の前記発電機で発電可能な最大出力の大きさが、互いに異なっていること、
前記膨張タービンの一次側に流入する燃料ガスの流れを制御するガス流量制御手段と、
電気的な制御を行う制御手段と、を備え、
前記制御手段は、前記発電機と前記ガス流量制御手段とに対し、電気的に接続され、
前記複数の膨張タービンのうち、前記第１の膨張タービンまたは前記第２の膨張タービンの少なくとも一方を含む前記膨張タービンが、前記ガス流量制御手段により制御された前記燃料ガスの流量に基づいて、選択的に作動すること、
前記発電機で発電した出力を検出する電力計を有し、
前記制御手段は、前記電力計で検出する前記発電機の発電出力に基づいて、前記ガス流量制御手段の弁開度を制御することにより、電力を提供する電力供給先で、事前に発電計画を定めた発電計画値に沿う電力需要に対応可能に、前記発電機の発電出力を制御して調整すること、
を特徴とするガス差圧式発電装置。
【請求項１１】
請求項１０に記載するガス差圧式発電装置において、
前記ガス流量制御手段は、前記複数の膨張タービンに対し、個々の前記膨張タービンと１対１で組をなして設けられていること、
を特徴とするガス差圧式発電装置。
【請求項１２】
請求項１０または請求項１１に記載するガス差圧式発電装置において、
燃料ガスを加熱するガス加熱手段を備えていること、
を特徴とするガス差圧式発電装置。
【請求項１３】
燃料ガスを供給元側から需要先側に向けて供給するガス供給系統上に、流通する燃料ガスに対し、一次側の圧力を減圧して二次側の圧力に整圧するガバナと、一次側から流通する燃料ガスを膨張させることにより、二次側の圧力に減圧する膨張タービンとを、並列に

接続して連結され、電気的な制御を行う制御手段と、記憶手段と、前記膨張タービンの一次側に流入する燃料ガスの流れを制御するガス流量制御手段と、を備え、

前記膨張タービンは、接続する発電機と組みをなした態様で、複数有し、前記複数の膨張タービンは、並列に接続された状態で、前記ガス供給系統と連結され、前記複数の膨張タービンのうち、少なくとも第１の膨張タービンと第２の膨張タービンでは、前記第１の膨張タービンは、前記第２の膨張タービンの前記発電機で可変する出力の範囲内で、最も大きな第２最大出力を発揮可能であるのに対し、可変する出力の範囲内に前記第２最大出力を包含し、かつ前記第２最大出力より大きい第１最大出力を発揮可能とする前記発電機に接続されたガス差圧式発電装置向けの制御プログラムでは、

前記ガス供給系統で流通可能な燃料ガスの流量帯域のうち、前記膨張タービンで発電可能となる燃料ガスの流量帯域とした発電許容領域内で、稼働させる前記膨張タービンを変更するタイミングとして、前記発電機で発電した出力、または前記ガス流量制御手段の弁開度の少なくとも一方に対応して設定された閾値を、前記発電許容領域内に設けることと、

燃料ガスの流通時、前記発電機で発電した出力を継続的に取得し、前記ガス流量制御手段の弁開度を制御させ、稼働中の前記膨張タービンで、前記閾値に達する状態になるのを機に、少なくとも前記第１の膨張タービンと前記第２の膨張タービンとに対し、前記閾値を境に、継続して稼働させる前記膨張タービンを変更させることと、

電力計で検出する前記発電機の発電出力に基づいて、前記ガス流量制御手段の弁開度を制御することにより、電力を提供する電力供給先で、事前に発電計画を定めた発電計画値に沿う電力需要に対応可能に、前記発電機の発電出力を制御して調整することを、前記制御手段に実行させること、

を特徴とするガス差圧式発電装置の制御プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、例えば、ＬＮＧターミナル、ガバナステーション等のガス整圧設備所において、供給する燃料ガスの整圧を行うのにあたり、生じた燃料ガスの差圧を利用して発電を行うガス差圧式発電装置の制御方法、ガス差圧式発電装置、及びその制御プログラムに関する。

【背景技術】

【０００２】

燃料ガスである液化天然ガス（LNG：Liquefied Natural Gas）等を原料とする都市ガスは、ＬＮＧターミナル等の供給元から連通する導管を通じて需要先に供給される。都市ガスの使用量は、需要先の規模に応じて異なるため、導管は、供給元側から順に、大規模需要先向けに供給するための高圧導管と、中規模需要先向けに供給するための中圧導管と、最後に一般家庭用など小規模需要先向けに供給するための低圧導管とにより、段階的に分けて連通されている。導管のうち、供給元と高圧導管との間、高圧導管と中圧導管との間、及び中圧導管と低圧導管との間には、ガバナステーション等が設置されている。

【０００３】

ガバナステーション等では、都市ガスの整圧が行われ、ガス整圧装置は、供給元側となる都市ガスの一次圧力を減圧し、二次側となる需要先側の使用に適した都市ガスの圧力に整圧している。また、ガバナステーション等では、整圧時に、膨張する都市ガスに有するエネルギーを回収する目的で、都市ガスの整圧を行うのに伴って、生じた都市ガスの差圧を利用した発電が行われることもある。そのガス差圧式発電装置の一例が、特許文献１に開示されている。

【０００４】

特許文献１は、一次側の圧力を減圧して予め定める二次側圧力に整圧するガバナと、一次側からの都市ガスを膨張させて二次側圧力に減圧する膨張タービンとを、都市ガス供給系統中に並列に接続したエネルギー回収装置付き都市ガス差圧装置である。特許文献１で

は、都市ガスの二次側への供給流量を検出しておき、ガバナにおいて、都市ガスの供給流量が、予め設定した安定作動流量範囲内で最低流量を越える流量帯域で変化するとき、膨張タービンでは、安定に動作可能な範囲内で、かつ予め定める変化率以下で追従しながら、最低流量を越えた都市ガスの供給流量分が、膨張タービンに流される。都市ガスが供給された膨張タービンの駆動で、発電機が発電して、電気エネルギーが得られる。

【０００５】

特許文献１によれば、都市ガスに対し、二次側の圧力を安定した状態に制御しながら、都市ガスの圧力差により、そのエネルギー（電気エネルギー）を有効に回収することができる。ガバナは、急激な都市ガスの需要変化に対応し、膨張タービンは、緩やかな需要変化に対応して、電気エネルギーを回収するとされている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００６】

【特許文献１】特許第３５９７５５２号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００７】

ガバナステーション等は、複数箇所にわたって、都市ガスの供給元から需要先に至る流通過程で段階的に設けられ、何れの段階でも、ガバナステーション等では、膨大な流量の都市ガスが整圧されることから、整圧時に都市ガスに潜在するエネルギー量は、非常に大きい。そのため、このエネルギーを有効に利用できる余地が、十分にあることから、省エネルギー化等を促進する観点で、整圧時に都市ガスの差圧を利用して得られる電力を、特に市場に提供しようとすると、定量的でより精緻な電力量の管理が、ガバナステーション等側で必須となる。

【０００８】

しかしながら、このような場合、特許文献１では、膨張タービンの駆動が、ガス供給系統中の二次側を流れる都市ガスの供給流量や圧力に基づいて、制御されているものであり、発電電力を直に制御するものになっていない。そのため、膨張タービンの駆動に伴った発電時の電力を、より精緻に制御し調整することは困難である。従って、発電した電力量を、より正確に制御し調整した上で、電力を系統に供給し、需要管理を精緻に行う用途では、特許文献１の技術は、適していない。

【０００９】

本発明は、上記問題点を解決するためになされたものであり、供給する燃料ガスの整圧時に、生じた燃料ガスの差圧に基づいて、発電電力を直に制御して発電することができるガス差圧式発電装置の制御方法、ガス差圧式発電装置、及びその制御プログラム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】

【００１０】

上記課題を解決するためになされた本発明の一態様であるガス差圧式発電装置の制御方法は、燃料ガスを供給元側から需要先側に向けて供給するガス供給系統上に、流通する燃料ガスに対し、一次側の圧力を減圧して二次側の圧力に整圧するガバナと、一次側から流通する燃料ガスを膨張させることにより、二次側の圧力に減圧する膨張タービンとを、並列に接続して連結されたガス差圧式発電装置に、電気的な制御を行う制御手段と、前記膨張タービンの一次側に流入する燃料ガスの流れを制御するガス流量制御手段と、を備え、前記膨張タービンは、接続する発電機と組みをなした態様で、複数有し、前記複数の膨張タービンは、並列に接続された状態で、前記ガス供給系統と連結され、少なくとも第１の膨張タービンと第２の膨張タービンとを含むこと、前記ガス供給系統で流通可能な燃料ガスの流量帯域のうち、前記膨張タービンで発電可能となる燃料ガスの流量帯域とした発電許容領域内で、稼働させる前記膨張タービンを変更するタイミングとして、前記発電機で発電した出力、または前記ガス流量制御手段の弁開度の少なくとも一方に対応して設定さ

れた閾値が、前記発電許容領域内に設けられていること、燃料ガスの流通時、前記制御手段は、前記発電機で発電した出力値を取得しながら、前記ガス流量制御手段の弁開度を制御する共に、稼働中の前記膨張タービンで、前記閾値に達する状態になるのを機に、少なくとも前記第１の膨張タービンと前記第２の膨張タービンとに対し、前記閾値を境に、継続して稼働させる前記膨張タービンを変更すること、を特徴とする。

【００１１】

この態様によれば、本発明に係るガス差圧式発電装置では、発電機で発電する電力について、制御手段により、定量的でより精緻な電力量の管理を行うことができる。また、需要先で燃料ガスの使用量が変化して、ガス供給系統を流れる燃料ガスの流量が変動しても、例えば、ガバナステーション等では、本発明に係るガス差圧式発電装置は、整圧によって生じる燃料ガスの潜在エネルギー（電気エネルギー）を、有効に回収することができる。また、本発明に係るガス差圧式発電装置では、制御手段が、ガス流量制御手段を制御することにより、発電計画値に沿う電力需要に対応すべく、膨張タービンの発電機の発電出力を制御して調整する。そのため、本発明に係るガス差圧式発電装置は、事前に発電計画を定める「計画値同時同量」を、容易に達成することができる。

【００１２】

上記の態様においては、前記第１の膨張タービンは、前記第２の膨張タービンの前記発電機で可変する出力の範囲内で、最も大きな第２最大出力を発揮可能であるのに対し、可変する出力の範囲内に前記第２最大出力を包含し、かつ前記第２最大出力より大きい第１最大出力を発揮可能とする前記発電機に接続されていること、が好ましい。

【００１３】

この態様によれば、ガス供給系統上を流れる燃料ガスの流量が大幅に変動しても、整圧によって生じる都市ガスのエネルギーを、持続的して回収することができる。加えて、本発明に係るガス差圧式発電装置では、供給する燃料ガスの整圧時に、生じた燃料ガスの差圧に基づいて発電される電力に対し、発電効率をより高く、かつ出力レンジをより幅広くして発電することができる。

【００１４】

上記の態様においては、前記ガス流量制御手段は、前記複数の膨張タービンに対し、個々の前記膨張タービンと１対１で組をなして設けられていること、が好ましい。

【００１５】

この態様によれば、複数の膨張タービンは、個々のガス流量制御手段に基づいて、最適な条件下で運転することができる。

【００１６】

上記の態様においては、前記第１の膨張タービンと前記第２の膨張タービンとを含む前記複数の膨張タービンの中で、前記閾値を境に、運転する前記膨張タービンの交替を伴って、前記発電機で発電を続けるとき、前記制御手段は、前記閾値に到達する時点に合わせて、新たに稼働させる次の前記膨張タービンの運転を前もって開始させると共に、前記閾値に到達した時点で、既に稼働していた先の前記膨張タービンの運転を停止させ、前記閾値に到達した時点以降、前記次の膨張タービンが、前記発電機に対し、定常な運転状態で稼働し始めていること、が好ましい。

【００１７】

この態様によれば、ガス供給系統を流れる燃料ガスの流量の変動に対応する場合に、発電機による発電が、例えば、第１の膨張タービンの発電機と第２の膨張タービンの発電機等で切り替わっても、閾値に到達した時点で、発電出力に大きな変動が生じることなく、ガス供給系統を流れる燃料ガスの流量に応じた発電出力で、発電を継続することができる。

【００１８】

上記の態様においては、前記第１の膨張タービンと前記第２の膨張タービンとを含む前記複数の膨張タービンに対し、前記閾値を境に、運転する前記膨張タービンの数を増やして、前記発電機で発電を続けるとき、前記制御手段は、前記閾値に到達する時点に合わせ

て、新たに稼働させる追加対象の前記膨張タービンの運転を前もって開始させ、前記閾値に到達した時点以降、前記追加対象の膨張タービンが、前記発電機に対し、定常な運転状態で稼働し始めていること、が好ましい。

【００１９】

この態様によれば、需要先で燃料ガスの使用量が増え、ガス供給系統を流れる燃料ガスの流量が増加する場合でも、ガス供給系統を流れる燃料ガスの流量に応じた発電出力で、発電を継続することができる。

【００２０】

上記の態様においては、前記制御手段は、前記閾値に到達した時点で、前記追加対象の膨張タービンの運転状態に基づいて、前記ガス流量制御手段により、稼働していた継続対象の前記膨張タービンに流通させる燃料ガスの流量を制御すること、が好ましい。

【００２１】

この態様によれば、運転する膨張タービンの追加で、発電機の数が増えても、閾値に到達した直後の時点で、発電出力に大きな変動が生じることない。

【００２２】

上記の態様においては、前記第１の膨張タービンと前記第２の膨張タービンとを含む前記複数の膨張タービンの中で、前記閾値を境に、運転する前記膨張タービンの数を減らして、前記発電機で発電を続けるとき、前記制御手段は、前記閾値に到達した時点で、稼働していた削減対象の前記膨張タービンの運転を停止させ、前記閾値に到達した時点以降、稼働していた継続対象の前記膨張タービンは、前記発電機に対し、定常な運転状態を持続して稼働していること、が好ましい。

【００２３】

この態様によれば、需要先で燃料ガスの使用量が減り、ガス供給系統を流れる燃料ガスの流量が減少する場合でも、ガス供給系統を流れる燃料ガスの流量に応じた発電出力で、発電を継続することができる。

【００２４】

上記の態様においては、前記制御手段は、前記閾値に到達した時点で、前記削減対象の膨張タービンの運転状態に基づいて、前記ガス流量制御手段により、前記継続対象の前記膨張タービンに流通させる燃料ガスの流量を制御すること、が好ましい。

【００２５】

この態様によれば、運転する膨張タービンの削減で、発電機の数が減っても、閾値に到達した直後の時点で、発電出力に大きな変動が生じることない。

【００２６】

上記の態様においては、前記ガス供給系統のうち、前記複数の膨張タービンが設置された発電管路で、流れる燃料ガスが、前記発電許容領域上限の流量を超えるとき、前記ガバナは開路していること、が好ましい。

【００２７】

この態様によれば、燃料ガスが、発電許容領域内で発電可能な流量を満たして、大量にガス供給系統を流れる場合、流通する燃料ガスを無駄なく利用して、効率良く発電機で発電を行うことができると共に、発電許容領域上限の流量を超えた燃料ガスは、ガバナによって整圧されて、需要先側に供給できる。

【００２８】

また、上記課題を解決するためになされた本発明の他の態様であるガス差圧式発電装置は、燃料ガスを供給元側から需要先側に向けて供給するガス供給系統上に、流通する該燃料ガスに対し、一次側の圧力を減圧して二次側の圧力に整圧するガバナと、一次側から流通する該燃料ガスを膨張させることにより、二次側の圧力に減圧する膨張タービンとを、並列に接続した状態で連結されたガス差圧式発電装置において、前記膨張タービンは、接続する発電機と組みをなした態様で、複数有し、前記複数の膨張タービンは、並列に接続された状態で、前記ガス供給系統に連結されていること、前記複数の膨張タービンのうち、少なくとも第１の膨張タービンと第２の膨張タービンでは、各々の前記発電機で発電可

能な最大出力の大きさが、互いに異なっていること、前記膨張タービンの一次側に流入する燃料ガスの流れを制御するガス流量制御手段と、電気的な制御を行う制御手段と、を備え、前記制御手段は、前記発電機と前記ガス流量制御手段とに対し、電気的に接続され、前記複数の膨張タービンのうち、前記第１の膨張タービンまたは前記第２の膨張タービンの少なくとも一方を含む前記膨張タービンが、前記ガス流量制御手段により制御された前記燃料ガスの流量に基づいて、選択的に作動すること、を特徴とする。

【００２９】

この態様によれば、需要先で燃料ガスの使用量が変化し、ガス供給系統を流れる燃料ガスの流量の変動に対応する場合でも、発電機による発電出力に大きな変動が生じることなく、ガス供給系統を流れる燃料ガスの流量に応じた発電出力で、発電を行うことができる。

【００３０】

上記の態様においては、前記ガス流量制御手段は、前記複数の膨張タービンに対し、個々の前記膨張タービンと１対１で組をなして設けられていること、が好ましい。

【００３１】

この態様によれば、複数の膨張タービンは、個々のガス流量制御手段に基づいて、最適な条件下で運転することができる。

【００３２】

上記の態様においては、燃料ガスを加熱するガス加熱手段を備えていること、が好ましい。

【００３３】

この態様によれば、燃料ガスが、膨張タービンによって減圧されても、燃料ガスの温度は、供給に必要な温度を維持することができることから、膨張タービンの通過後、燃料ガスを、引き続きガス供給系統の下流側に向けて供給していく上で、その運用に支障をきたすことが回避できる。

【００３４】

さらに、上記課題を解決するためになされた本発明の他の態様であるガス差圧式発電装置の制御プログラムは、燃料ガスを供給元側から需要先側に向けて供給するガス供給系統上に、流通する燃料ガスに対し、一次側の圧力を減圧して二次側の圧力に整圧するガバナと、一次側から流通する燃料ガスを膨張させることにより、二次側の圧力に減圧する膨張タービンとを、並列に接続して連結され、電気的な制御を行う制御手段と、記憶手段と、前記膨張タービンの一次側に流入する燃料ガスの流れを制御するガス流量制御手段と、を備え、前記膨張タービンは、接続する発電機と組みをなした態様で、複数有し、前記複数の膨張タービンは、並列に接続された状態で、前記ガス供給系統と連結され、前記複数の膨張タービンのうち、少なくとも第１の膨張タービンと第２の膨張タービンでは、前記第１の膨張タービンは、前記第２の膨張タービンの前記発電機で可変する出力の範囲内で、最も大きな第２最大出力を発揮可能であるのに対し、可変する出力の範囲内に前記第２最大出力を包含し、かつ前記第２最大出力より大きい第１最大出力を発揮可能とする前記発電機に接続されたガス差圧式発電装置向けの制御プログラムでは、前記ガス供給系統で流通可能な燃料ガスの流量帯域のうち、前記膨張タービンで発電可能となる燃料ガスの流量帯域とした発電許容領域内で、稼働させる前記膨張タービンを変更するタイミングとして、前記発電機で発電した出力、または前記ガス流量制御手段の弁開度の少なくとも一方に対応して設定された閾値を、前記発電許容領域内に設けること、燃料ガスの流通時、前記発電機で発電した出力を継続的に取得し、前記ガス流量制御手段の弁開度を制御させ、稼働中の前記膨張タービンで、前記閾値に達する状態になるのを機に、少なくとも前記第１の膨張タービンと前記第２の膨張タービンとに対し、前記閾値を境に、継続して稼働させる前記膨張タービンを変更させること、を特徴とする。

【００３５】

この態様によれば、本発明に係るガス差圧式発電装置の制御プログラムの対象となるガス差圧式発電装置は、ガス供給系統上を流れる燃料ガスの流通に基づいて、自動運転で、

整圧時に生じた燃料ガスの差圧により発電することができる。
【発明の効果】
【００３６】
本発明に係るガス差圧式発電装置の制御方法、ガス差圧式発電装置、及びその制御プログラムによれば、供給する燃料ガスの整圧時に、生じた燃料ガスの差圧に基づき、発電電力を直に制御して発電することができる。
【図面の簡単な説明】
【００３７】
【図１】実施形態に係るガス差圧式発電装置の概要を示す系統図である。
【図２】都市ガスを供給元から需要先に供給するまでの一連の系統図である。
【図３】実施形態に係るガス差圧式発電装置に構成された複数の膨張タービンに対し、１つ膨張タービンに付き、定格流量に対する流通流量の比率と、発電機の定格出力に対する発電出力の比率との関係を例示したグラフである。
【図４】実施形態に係るガス差圧式発電装置の制御方法に関するタイムチャート図であり、（ａ）は発電管路を流れるガスの流量との関係を、（ｂ）は第２膨張タービンの発電出力Ｗ２との関係を、（ｃ）は第１膨張タービンの発電出力Ｗ１との関係を、（ｄ）は双方の膨張タービンの総発電出力（Ｗ１＋Ｗ２）との関係を、（ｅ）は第２流量制御弁の弁開度Ｄ２との関係を、（ｆ）は第１流量制御弁の弁開度Ｄ１との関係を、（ｇ）は二次側管路部を流れるガスの圧力との関係を、それぞれ示す図である。
【図５】実施形態に係るガス差圧式発電装置による供給発電電力と、発電電力計画値との関係を、一例で示したグラフである。
【発明を実施するための形態】
【００３８】
以下、本発明に係るガス差圧式発電装置の制御方法、ガス差圧式発電装置、及びその制御プログラムについて、実施形態を図面に基づいて詳細に説明する。本発明に係るガス差圧式発電装置は、例えば、ＬＮＧターミナルやガバナステーションのほか、燃料ガスを整圧する設備を有した工場等のガス整圧設備所に設置され、以下、本実施形態では、ガバナステーションに設置される場合を代表に挙げて、説明する。
【００３９】
はじめに、都市ガスが供給元から需要先に供給されるまでの一連の流通過程について、簡単に説明する。図２は、都市ガスを供給元から需要先に供給するまでの一連の系統図ある。図２に示すように、液化天然ガス（LNG：Liquefied Natural Gas）等を原料とする都市ガス（燃料ガス）は、ＬＮＧターミナル等の供給元５６から連通するガス供給系統５０を通じて需要先５７に供給される。なお、図２には図示していないが、実際のガス供給系統５０では、ガバナステーション６０以外にも、工場内にガス整圧発電設備を有したガス整圧設備所もあるが、本実施形態では、説明の便宜上、ガバナステーション６０だけを図２に図示し、このようなガス整圧設備所の言及は省略している。
【００４０】
都市ガスの使用量は、需要先の規模に応じて異なる。そのため、ガス供給系統５０は、供給元５６側から順に、大規模需要先５７Ａ向けに供給するための高圧導管５３と、病院・娯楽施設など中規模需要先５７Ｂ向けに供給するための中圧導管５４と、一般家庭など小規模需要先５７Ｃ向けに供給するための低圧導管５５により、段階的に分けて連通されている。高圧導管５３内では、都市ガスの圧力は、１．０ＭＰａ以上の高圧となっている。中圧導管５４内では、都市ガスの圧力は、０．１ＭＰａ以上、１．０ＭＰａ未満の中圧であり、低圧導管５５内では、０．１ＭＰａ未満の低圧である。
【００４１】
ガス供給系統５０のうち、供給元５６と高圧導管５３との間、高圧導管５３と中圧導管５４との間、及び中圧導管５４と低圧導管５５との間には、ガバナステーション６０が設置される。ガバナステーション６０では、ガス供給系統５０を流れる都市ガスは、供給元５６側となる一次側の圧力を減圧し、二次側となる需要先５７側の使用に適した圧力に整

圧される。また、整圧時に、膨張する都市ガスに有するエネルギーを回収する目的で、生じた都市ガスの差圧を利用した発電が行われ、その発電を行うのに、本実施形態に係るガス差圧式発電装置１が用いられる。

【００４２】

ガス差圧式発電装置１は、図２に示すように、複数箇所のガバナステーション６０に設けられる。具体的には、ガス差圧式発電装置１は、供給元５６と高圧導管５３との間にある第１ガバナステーション６１に設けられる。第１ガバナステーション６１では、ガス差圧式発電装置１により、ガス供給系統５０を流れる都市ガスは、供給元５６側（一次側）において、高圧導管５３側の圧力よりも高い状態から、高圧導管５３側（二次側）の高圧状態に整圧される。また、高圧導管５３を敷設したエリア内においても、第１ガバナステーション６１と大規模需要先５７Ａとの間に、第４ガバナステーション６４が設けられ、高圧導管５３を流れる都市ガスの整圧が行われている。

【００４３】

また、ガス差圧式発電装置１は、高圧導管５３と中圧導管５４との間にある第２ガバナステーション６２に設けられる。第２ガバナステーション６２では、ガス差圧式発電装置１により、ガス供給系統５０を流れる都市ガスは、高圧導管５３側（一次側）の高圧状態から、中圧導管５４側（二次側）の中圧状態に整圧される。また、中圧導管５４を敷設したエリア内においても、第２ガバナステーション６２と中規模需要先５７Ｂとの間に、第５ガバナステーション６５が設けられ、中圧導管５４を流れる都市ガスの整圧が行われている。

【００４４】

また、ガス差圧式発電装置１は、中圧導管５４と低圧導管５５との間にある第３ガバナステーション６３に設けられる。第３ガバナステーション６３では、ガス差圧式発電装置１により、ガス供給系統５０を流れる都市ガスは、中圧導管５４側（一次側）の中圧状態から、低圧導管５５側（二次側）の低圧状態に整圧される。

【００４５】

なお、本実施形態では、第１ガバナステーション６１において、都市ガスを、一次側に対し、高圧導管５３側の圧力よりも高い状態から二次側の高圧状態に整圧した。第２ガバナステーション６２において、都市ガスを、一次側の高圧状態から二次側の中圧状態に整圧した。第３ガバナステーション６３において、都市ガスを、一次側の中圧状態から二次側の低圧状態に整圧した。しかしながら、ガバナステーション６０で都市ガスを整圧するにあたり、一次側の圧力、二次側の圧力、及び一次側と二次側との圧力差等の整圧条件については、現場の設備で実際に必要とされる都市ガスの整圧条件を満たすものであれば良く、適宜変更可能である。

【００４６】

次に、ガス差圧式発電装置の概要について、図１を用いて説明する。図１は、実施形態に係るガス差圧式発電装置の概要を示す系統図ある。図１に示すように、ガス差圧式発電装置１は、発電管路５と、ガバナ９と、複数の流量制御弁１０（ガス流量制御手段）と、遮断弁１５と、圧力計１６と、複数の膨張タービン２０と、熱交換器３５（ガス加熱手段）と、制御ユニット２（制御手段）と、記憶部３（記憶手段）と、発電機３０と、第１電力計３６及び第２電力計３７等を備えている。流量制御弁１０と膨張タービン２０は何れも、本実施形態では、２つである。ガバナ９は、ガス供給系統５０の主管上に設置され、ガス供給系統５０を流通する都市ガスに対し、一次側ガス供給系統５１を流れる一次側の圧力を減圧し、二次側ガス供給系統５２を流れる二次側の圧力に整圧する。

【００４７】

なお、都市ガスが発電管路５を通じて発電するにあたり、都市ガスが、ガス供給系統５０を十分な流量で流れており、発電管路５にとって、都市ガスの流れが余剰となる場合には、ガバナ９は開路して、都市ガスをガス供給系統５０の主管上にも流し、余剰な都市ガスがガバナ９で整圧される。その反対に、余剰な都市ガスがない場合には、ガバナ９は開路していることもある。

【００４８】
まず、ガス差圧式発電装置１のガス配管系統について、説明する。２つの膨張タービン２０を設置した発電管路５は、ガス供給系統５０の一部をなす支管上に、ガバナ９と並列に接続されて連通している。この発電管路５は、一次側管路部６と、並列管路部７と、二次側管路部８とからなる。具体的には、発電管路５のうち、一次側管路部６は、一次側ガス供給系統５１と並列に接続して連通されており、二次側管路部８は、二次側ガス供給系統５２と並列に接続して連通されている。並列管路部７は、構成する膨張タービン２０等の数に合わせた複数系統（本実施形態では、２系統）の管路を並列に接続してなり、一次側管路部６と二次側管路部８とに対し、直列に接続されている。

【００４９】
この並列管路部７を流れる都市ガスを加熱するガス加熱手段として、本実施形態では、熱交換器３５が、一次側管路部６に設けられている。また、一次側管路部６には、遮断弁１５が、熱交換器３５と直列に接続して設けられ、一次側管路部６を流通する都市ガスの流れを許容、または完全に遮断する弁である。圧力計１６は、二次側管路部８を流通する都市ガスの圧力を計測する。

【００５０】
２つの膨張タービン２０（第１膨張タービン２１、第２膨張タービン２２）は、並列管路部７に設置されている。具体的には、膨張タービン２０は、並列管路部７の各管路に一つ設置され、並列管路部７では、第１膨張タービン２１と第２膨張タービン２２とが、並列に接続されている。２つの膨張タービン２０は何れも、接続する発電機３０と組みをなした態様で構成されている。膨張タービン２０は、一次側ガス供給系統５１から流通する都市ガスを膨張させることにより、一次側の圧力を減圧して、二次側ガス供給系統５２に流通する都市ガスの二次側の圧力に整圧すると共に、都市ガスの流通に基づくタービンの回転により、発電機３０で発電可能となっている。

【００５１】
次に、膨張タービン２０の発電機３０について、説明する。ガバナステーション６０（第１ガバナステーション６１～第５ガバナステーション６５）では、第１膨張タービン２１の第１発電機３１で発電可能な最大出力Ｗ１ｍａｘは、第２膨張タービン２２の第２発電機３２で発電可能な最大出力Ｗ２ｍａｘより大きくなっている。その一例として、実際に現場で整圧される都市ガスの流通条件にもより、設置する発電機３０の出力等の能力は異なるが、第１ガバナステーション６１に設置されるガス差圧式発電装置１の場合、発電機３０（第１発電機３１、第２発電機３２）の出力として、例えば、第１発電機３１による発電可能な出力Ｗ１は、最大３００ｋＷ（Ｗ１ｍａｘ）で、第２発電機３２による発電可能な出力Ｗ２は、最大１２５ｋＷ（Ｗ２ｍａｘ）等である。

【００５２】
すなわち、第２膨張タービン２２は、可変する出力Ｗ２の範囲内で、最も大きな第２最大出力Ｗ２ｍａｘを発揮可能な発電機３２と接続されている。第２膨張タービン２２に対し、第１膨張タービン２１は、可変する出力Ｗ１の範囲内に第２最大出力Ｗ２ｍａｘを包含し、かつ第２最大出力Ｗ２ｍａｘより大きい第１最大出力Ｗ１ｍａｘを発揮可能とする発電機３１に接続されている。

【００５３】
図３は、実施形態に係るガス差圧式発電装置に構成された複数の膨張タービンに対し、１つ膨張タービンに付き、定格流量に対する流通流量の比率と、発電機の定格出力に対する発電出力の比率との関係を例示したグラフである。膨張タービン２０において、一次側から流入可能な都市ガスの定格流量は、第１膨張タービン２１が第２膨張タービン２２よりも大きくなっている。他方、第１膨張タービン２１と第２膨張タービン２２では、それぞれの定格流量に対し、実際に一次側から流入する都市ガスの流量の割合が、図３に示すように、何れも４０％以上になると、第１膨張タービン２１、第２膨張タービン２２とも、一次側から流入する都市ガスの流量が、後述する発電許容領域ＰＢとなる。第１膨張タービン２１の発電機３０と第２膨張タービン２２の第２発電機３２は、発電許容領域ＰＢ

にある都市ガスの流量の下で発電する。
【００５４】
発電機３０（第１発電機３１、第２発電機３２）により発電された出力は、例えば、外部の市場に向けた売電先や、ガバナステーション６０の設置場所での使用先等の電力供給先４０に送電される。あるいは、電力供給先４０に送電するにあたり、一時的に蓄電池等で蓄電される。
【００５５】
次に、流量制御弁１０等について、説明する。流量制御弁１０は、膨張タービン２０の一次側に流入する都市ガスの流れを制御する弁である。流量制御弁１０は、２つの膨張タービン２０のそれぞれに、１つの膨張タービン２０と１対１の組みをなして設置されている。２つの流量制御弁１０（第１流量制御弁１１、第２流量制御弁１２）は何れも、並列管路部７に設けられている。
【００５６】
具体的には、並列管路部７の第１管路（図１中、上側管路）では、第１流量制御弁１１は、第１膨張タービン２１の一次側と直列に接続されており、第１膨張タービン２１と１対１の関係で組をなしている。また、並列管路部７の第２管路（図１中、下側管路）では、第２流量制御弁１２は、第２膨張タービン２２の一次側と直列に接続されており、第２膨張タービン２２と１対１の関係で組をなしている。
【００５７】
ところで、都市ガスは、膨張タービン２０を流通すると、都市ガスは、減圧に伴って膨張するときに、都市ガスの温度が下がってしまう。膨張タービン２０を通過した後、冷えた都市ガスが、ガス供給系統５０の下流側に供給されてしまうと、冷えた都市ガスに起因して、ガス供給系統５０を流す都市ガスの運用に支障をきたす虞がある。このような現象を防ぐため、熱交換器３５が、膨張タービン２０の一次側に設けられ、都市ガスの温度が、熱交換器３５により、予め高められている。なお、ガス加熱手段は、熱交換器３５以外にも、例えば、ヒータ等でも良く、一次側管路部６を流れ、膨張タービン２０の一次側に流入する都市ガスを加温できるものであれば、特に熱交換器３５に限定されるものではない。また、熱交換器３５等のガス加熱手段を設ける位置は、発電管路５のうち、膨張タービン２０を通過した都市ガスを加温できる管路であれば、本実施形態のように、一次側管路部６に限定されるものではない。
【００５８】
次に、ガス差圧式発電装置１の電気配線系統について、説明する。制御ユニット２は、記憶部３と、第１流量制御弁１１と、第２流量制御弁１２と、遮断弁１５と、圧力計１６と、第１膨張タービン２１の第１発電機３１と、第２膨張タービン２２の第２発電機３２と、第１電力計３６と、第２電力計３７と、図示しない温度センサ等と、それぞれ電気的に接続されている。制御ユニット２は、大別して、制御部と、演算部と、記憶部３とからなり、中央演算ユニット（ＣＰＵ）やメモリ等からなる公知のマイクロコンピュータ（図示省略）を備えている。
【００５９】
記憶部３のメモリには、後述するガス差圧式発電装置１の制御方法で発電を行うのにあたり、自動化して行うためのガス差圧式発電装置１向けの制御プログラムが格納されている。この制御プログラムでは、ガス供給系統５０で流通可能な都市ガスの流量帯域のうち、膨張タービン２０で発電可能となる都市ガスの流量帯域とした発電許容領域ＰＢ内で、稼働させる膨張タービン２０を変更するタイミングとして、発電機３０で発電した出力Ｗ、または流量制御弁１０の弁開度Ｄに対応して設定された閾値ＴＰを、発電許容領域ＰＢ内に設けている。都市ガスの流通時、発電機３０の発電出力Ｗを継続的に取得し、流量制御弁１０の弁開度Ｄを制御させ、稼働中の膨張タービン２０で、この閾値ＴＰに達する状態になるのを機に、第１膨張タービン２１と第２膨張タービン２２とに対し、閾値ＴＰを境に、継続して稼働させる膨張タービン２０を変更させる。
【００６０】

また、この記憶部３のメモリには、第１電力計３６により、第１発電機３１の発電出力Ｗ１を検出すると共に、第２電力計３７により、第２発電機３２の発電出力Ｗ２を検出し、これらの検出値を制御ユニット２にフィードバックすることで、運転する膨張タービン２０の発電機３０を自動的に選択するのに必要なプログラムが格納されている。また、発電電力計画量をフィードフォワードすることで、運転する膨張タービン２０の発電機３０を自動的に選択するのに必要なプログラムが格納されている。また、図４（ｇ）に示すように、二次側管路部８の圧力がコンスタントになるよう、圧力計１６で検出した圧力値を制御ユニット２にフィードバックすることで、流量制御弁１０（第１流量制御弁１１、第２流量制御弁１２）の弁開度Ｄを自動的に制御するのに必要なプログラムが格納されている。また、図示しない温度計で都市ガスの温度を計測するプログラムや、図示しない電磁弁自動開閉を制御するプログラム、その他のプログラムが予め格納されている。また、記憶部３のメモリには、遮断弁１５の作動基準として、発電管路５を流通する都市ガスが、例えば、過大な流量、過大な圧力、過大な温度等で異常状態とみなすための設定値や、圧力計１６により検出される整圧後の圧力の設定値等が記憶可能となっている。

【００６１】

制御ユニット２は、記憶部３に格納された制御プログラムに基づいて、流量制御弁１０の弁開度の制御、膨張タービン２０の運転、発電機３０で発電される出力の制御をはじめ、種々の電装品や制御機器等に対し、電気的な制御を行う。ガス差圧式発電装置１では、２つの膨張タービン２０のうち、第１の膨張タービン２１または第２の膨張タービン２２は、流量制御弁１０により制御された都市ガスの流量に基づいて、選択的に作動する。

【００６２】

次に、本実施形態に係るガス差圧式発電装置１の制御方法について、図４を用いて説明する。図４は、実施形態に係るガス差圧式発電装置の制御方法に関し、需要先に向けて都市ガスを供給するにあたり、一日当たりの例示的なタイムチャート図である。図４（ａ）は、発電管路を流れるガスの流量との関係を示す図である。なお、図４に示すタイムチャート図は、説明の便宜上、あくまでも例示したものに過ぎず、グラフの挙動は、実際に供給される都市ガスの流通態様と異なることがある。

【００６３】

ガス供給系統５０を流通させる都市ガスの流量は、需要先５７での都市ガスの使用量に対応している。図４（ａ）に示すように、一日のうち、都市ガスの使用量が比較的少ない時間帯は、例えば、人の活動が比較的少ない早朝等の第１時間帯Ｉや、活動を終えた人が就寝した深夜等の第５時間帯Ｖ等である。都市ガスの使用量が最も増える時間帯は、例えば、人の活動が活発化する昼間等の第３時間帯ＩＩＩ等である。また、第１時間帯Ｉから第３時間帯ＩＩＩに向けたその中間の第２時間帯ＩＩは、都市ガスの使用量が第１時間帯Ｉから徐々に増加する傾向にある時間帯である。その反対に、第３時間帯ＩＩＩから第５時間帯Ｖに向けたその中間の第４時間帯ＩＶは、都市ガスの使用量が第３時間帯ＩＩＩから徐々に減少する傾向にある時間帯である。

【００６４】

本実施形態に係るガス差圧式発電装置１の制御方法は、ガス供給系統５０で流通可能な都市ガスの流量帯域のうち、膨張タービン２０で発電可能となる都市ガスの流量帯域とした発電許容領域ＰＢ内で、稼働させる膨張タービン２０を変更するタイミングとして、発電機３０で発電した出力Ｗ、または流量制御弁１０の弁開度Ｄの少なくとも一方に対応して設定された閾値ＴＰを、発電許容領域ＰＢ内に設けている。また、ガス差圧式発電装置１の制御方法は、都市ガスが発電管路５を流通する時、制御ユニット２は、発電機３０で発電した出力Ｗを検知して取得しながら、流量制御弁１０の弁開度Ｄを制御する共に、稼働中の膨張タービン２０で、閾値ＴＰに達する状態になるのを機に、第１膨張タービン２１と第２膨張タービン２２とに対し、閾値ＴＰを境に、継続して稼働させる膨張タービン２０を変更する。

【００６５】

また、ガス差圧式発電装置１の制御方法では、ガス供給系統５０の一次側ガス供給系統

５１から供給される都市ガスは、ガバナ９の開閉に関わらず、ガス供給系統５０から発電管路５を通じて、発電許容領域ＰＢ内で流通し、二次側ガス供給系統５２に圧送される。なお、都市ガスが、発電許容領域ＰＢ内で発電管路５を流通している間、ガバナ９は閉路していても良い。制御ユニット２は常時、第２発電機３２による発電出力Ｗ２と、第２流量制御弁１２の弁開度Ｄ２とを検知し、取得している。また、制御ユニット２は常時、第１発電機３１による発電出力Ｗ１と、第１流量制御弁１１の弁開度Ｄ１とを検知し、取得している。

【００６６】

具体的に説明する。図４（ｂ）は、第２膨張タービンの発電出力Ｗ２との関係を示す図である。図４（ｃ）は、第１膨張タービンの発電出力Ｗ１との関係を示す図である。図４（ｄ）は、双方の膨張タービンの総発電出力（Ｗ１＋Ｗ２）との関係を示す図である。図４（ｅ）は、第２流量制御弁の弁開度Ｄ２との関係を示す図である。図４（ｆ）は、第１流量制御弁の弁開度Ｄ１との関係を示す図である。図４（ｇ）は、二次側管路部を流れるガスの圧力との関係を示す図である。本実施形態に係るガス差圧式発電装置１の制御方法で、２つの膨張タービン２０（第１膨張タービン２１、第２膨張タービン２２）を変更する場合には、「膨張タービン２０を交替する場合」と、「膨張タービン２０の数を増やす場合」と、「膨張タービン２０の数を減らす場合」とがある。

【００６７】

（１）膨張タービン２０を交替する場合

第１膨張タービン２１と第２膨張タービン２２との間で、閾値ＴＰを境に、運転する膨張タービン２０の交替を伴って、発電機３０で発電を続けるとき、制御ユニット２は、閾値ＴＰに到達する時点に合わせて、新たに稼働させる次の膨張タービン２０の運転を前もって開始させる。この開始と共に、制御ユニット２は、閾値ＴＰに到達した時点で、既に稼働していた先の膨張タービン２０の運転を停止させる。制御ユニット２は、閾値ＴＰに到達した時点以降、次の膨張タービン２０が、発電機３０に対し、定常な運転状態で稼働し始めている。

【００６８】

図４を用いて、具体的に説明する。まず、運転する膨張タービン２０が、第１時間帯Ｉから第２時間帯ＩＩにかけて交替する場合、第１時間帯Ｉでは、都市ガスは、並列管路部７の第２管路（図１中、下側管路）を通じて、第２流量制御弁１２を流通している。第２膨張タービン２２は、第２流量制御弁１２による都市ガスの流量制御に基づいて、発電許容領域ＰＢ内で稼働（図４（ｂ）参照）している。その一方で、第１膨張タービン２１は停止中（図４（ｃ）参照）である。第２膨張タービン２２の稼働中、第２発電機３２による発電出力Ｗ２が、その第２最大出力Ｗ２ｍａｘに近づいた閾値ＴＰ１（図４（ｂ）参照）（図３中、閾値ＴＰ（ＴＰＵ）参照）に到達する時点に合わせ、制御ユニット２は、図４（ｆ）に示すように、第１流量制御弁１１の弁開度Ｄ１を開いた状態にする。これにより、制御ユニット２は、並列管路部７の第１管路に都市ガスを流通させて、新たに稼働させる次の膨張タービン２０（第１膨張タービン２１）の運転を前もって開始させる。

【００６９】

この第１膨張タービン２１の運転と同時に、制御ユニット２は、閾値ＴＰ１に到達した時点で、第２流量制御弁１２の弁開度Ｄ２を閉じた状態にすることにより、これまで並列管路部７の第２管路を流通していた都市ガスの流れを完全に遮断する。これにより、制御ユニット２は、既に稼働していた先の膨張タービン２０（第２膨張タービン２２）の運転を止めて、第２発電機３２による発電を停止させる（図４（ｂ）参照）。予め次の膨張タービン２０（第１膨張タービン２１）の運転が開始され、第１発電機３１が発電を開始しているため、閾値ＴＰ１に到達した時点以降、次の膨張タービン２０（第１膨張タービン２１）が、図４（ｃ）に示すように、発電機３０（第１発電機３１）に対し、定常な運転状態で稼働し始めている。かくして、第１膨張タービン２１と第２膨張タービン２２との間で、第２時間帯ＩＩで運転する膨張タービン２０が、閾値ＴＰ１を境に交替する。従って、発電機３０による発電が、第２発電機３２から第１発電機３１に切り替わっても、ガ

ス差圧式発電装置１では、閾値ＴＰ１に到達した時点で、発電出力Ｗに大きな変動が生じることなく、発電管路５を流れる都市ガスの流量に応じた発電出力Ｗで、発電を継続することができている。

【００７０】

次に、運転する膨張タービン２０が、第４時間帯ＩＶから第５時間帯Ｖにかけて交替する場合、第４時間帯ＩＶでは、都市ガスは、並列管路部７の第１管路（図１中、上側管路）を通じて、第１流量制御弁１１を流通している。第１膨張タービン２１は、第１流量制御弁１１による都市ガスの流量制御に基づいて、発電許容領域ＰＢ内で稼働（図４（ｃ）参照）している。その一方で、第２膨張タービン２２は停止中（図４（ｂ）参照）である。第１膨張タービン２１の稼働中、第１流量制御弁１１を通じる都市ガスの流量が、次第に減少すると、第１流量制御弁１１による都市ガスの流量制御に基づいて、第１膨張タービン２１が、発電許容領域ＰＢ内で稼働できなくなる状況となる閾値ＴＰ４（図４（ａ）参照）（図３中、閾値ＴＰ（ＴＰＬ）参照）に近づく。制御ユニット２は、閾値ＴＰ４（図４（ｃ）参照）に到達する時点に合わせ、図４（ｅ）に示すように、第２流量制御弁１２の弁開度Ｄ２を開いた状態にする。これにより、制御ユニット２は、並列管路部７の第２管路に都市ガスを流通させて、新たに稼働させる次の膨張タービン２０（第２膨張タービン２２）の運転を前もって開始させる。

【００７１】

この第２膨張タービン２２の運転と同時に、制御ユニット２は、閾値ＴＰ４に到達した時点で、第１流量制御弁１１の弁開度Ｄ１を閉じた状態にすることにより、これまで並列管路部７の第１管路を流通していた都市ガスの流れを完全に遮断する。これにより、制御ユニット２は、既に稼働していた先の膨張タービン２０（第１膨張タービン２１）の運転を止めて、第１発電機３１による発電を停止させる（図４（ｃ）参照）。予め次の膨張タービン２０（第２膨張タービン２２）の運転が開始され、第２発電機３２が発電を開始しているため、閾値ＴＰ４に到達した時点以降、次の膨張タービン２０（第２膨張タービン２２）が、図４（ｂ）に示すように、発電機３０（第２発電機３２）に対し、定常な運転状態で稼働し始めている。かくして、第１膨張タービン２１と第２膨張タービン２２との間で、第５時間帯Ｖで運転する膨張タービン２０が、閾値ＴＰ４を境に交替する。従って、発電機３０による発電が、第１発電機３１から第２発電機３２に切り替わっても、ガス差圧式発電装置１では、閾値ＴＰ４に到達した時点で、発電出力Ｗに大きな変動が生じることなく、発電管路５を流れる都市ガスの流量に応じた発電出力Ｗで、発電を継続することができている。

【００７２】

（２）膨張タービン２０の数を増やす場合

第１膨張タービン２１と第２膨張タービン２２に対し、閾値ＴＰを境に、運転する膨張タービン２０の数を増やして、発電機３０で発電を続けるとき、制御ユニット２は、閾値ＴＰに到達する時点に合わせて、新たに稼働させる追加対象の膨張タービン２０の運転を前もって開始させ、閾値ＴＰに到達した時点以降、追加対象の膨張タービン２０が、発電機３０に対し、定常な運転状態で稼働し始めている。また、制御ユニット２は、閾値ＴＰに到達した時点で、追加対象の膨張タービン２０の運転状態に基づいて、流量制御弁１０により、稼働していた継続対象の膨張タービン２０に流通させる都市ガスの流量を制御する。

【００７３】

図４を用いて、具体的に説明する。第２時間帯ＩＩから第３時間帯ＩＩＩにかけて、都市ガスの使用量が徐々に増加し、発電管路５を流れる都市ガスの流量が増えると、第２時間帯ＩＩで運転を行っている第１膨張タービン２１では、第１発電機３１による発電出力Ｗ１が、その第１最大出力Ｗ１ｍａｘに近づく。その第１最大出力Ｗ１ｍａｘに近づいた閾値ＴＰ２（図４（ｃ）参照）（図３中、閾値ＴＰ（ＴＰＵ）参照）に到達する時点に合わせ、制御ユニット２は、図４（ｅ）に示すように、第２流量制御弁１２の弁開度Ｄ２を開いた状態にする。これにより、制御ユニット２は、並列管路部７の第２管路に都市ガス

を流通させて、新たに稼働させる追加対象の膨張タービン２０（第２膨張タービン２２）の運転を前もって開始させる。追加対象の膨張タービン２０（第２膨張タービン２２）は、図４（ｂ）に示すように、閾値ＴＰ２に到達した時点以降、発電機３０（第２発電機３２）に対し、定常な運転状態で稼働し始めている。

【００７４】

その一方、閾値ＴＰ２に到達した時点で、制御ユニット２は、追加対象の膨張タービン２０（第２膨張タービン２２）の運転状態に基づき、図４（ｆ）に示すように、流量制御弁１０（第１流量制御弁１１）の弁開度Ｄを少し絞り、稼働していた継続対象の膨張タービン２０（第１膨張タービン２１）に流通させる都市ガスの流量を、所定量だけ減少させる。これにより、第１膨張タービン２１では、図４（ｃ）にように、第１発電機３１による発電出力Ｗ１が、多少低下するが、図４（ａ）に示すように、発電管路５の並列管路部７に流入する都市ガスの流量が増えているため、第２膨張タービン２２の第２発電機３２による発電出力Ｗ２は、次第に増大している。それ故に、発電機３０による発電が、第２時間帯ＩＩでは、第１発電機３１単体で行われていた状態から、第３時間帯ＩＩＩでは、第１発電機３１に第２発電機３２を加えて行う状態に切り替わっても、ガス差圧式発電装置１では、閾値ＴＰ２に到達した直後の時点で、発電出力Ｗに大きな変動が生じることはない。従って、ガス差圧式発電装置１は、発電管路５を流れる都市ガスの流量に応じた発電出力Ｗ（Ｗ１＋Ｗ２）で、図４（ｄ）に示すように、発電を継続することができている。

【００７５】

（３）膨張タービン２０の数を減らす場合

第１膨張タービン２１と第２膨張タービン２２に対し、閾値ＴＰを境に、運転する膨張タービン２０の数を減らし、発電機３０で発電を続けるとき、制御ユニット２は、閾値ＴＰに到達した時点で、稼働していた削減対象の膨張タービン２０の運転を停止させ、閾値ＴＰに到達した時点以降、稼働していた継続対象の膨張タービン２０は、発電機３０に対し、定常な運転状態を持続して稼働している。また、制御ユニット２は、閾値ＴＰに到達した時点で、削減対象の膨張タービン２０の運転状態に基づいて、流量制御弁１０により、継続対象の膨張タービン２０に流通させる都市ガスの流量を制御する。

【００７６】

図４を用いて、具体的に説明する。第３時間帯ＩＩＩから第４時間帯ＩＶにかけて、都市ガスの使用量が徐々に減少し、発電管路５を流れる都市ガスの流量は減る。第３時間帯ＩＩＩで運転を行っている第１膨張タービン２１と第２膨張タービン２２に対し、削減対象の膨張タービン２０は、本実施形態では、優先的に、発電出力Ｗの小さい発電機３０と接続された膨張タービン２０としている。第３時間帯ＩＩＩから第４時間帯ＩＶにかけて、都市ガスの使用量は徐々に減少し、発電管路５を流れる都市ガスの流量が減ると、閾値ＴＰ３に到達した時点で、第２流量制御弁１２の弁開度Ｄ２を閉じた状態にすることにより、これまで並列管路部７の第２管路を流通していた都市ガスの流れを完全に遮断する。これにより、制御ユニット２は、稼働していた削減対象の膨張タービン２０（第２膨張タービン２２）の運転を止めて、第２発電機３２による発電を停止させる（図４（ｂ）参照）。これに対し、これまで稼働していた継続対象の膨張タービン２０（第１膨張タービン２１）は、発電機３０（第１発電機３１）に対し、定常な運転状態を持続して稼働している。

【００７７】

その一方で、第１膨張タービン２１では、図４（ｃ）に示すように、第１発電機３１による発電出力Ｗ１は低下している。制御ユニット２は、閾値ＴＰ３に到達した時点で、削減対象の膨張タービン２０の運転状態に基づいて、図４（ｆ）に示すように、流量制御弁１０（第１流量制御弁１１）の弁開度Ｄを少し拡げ、稼働していた継続対象の膨張タービン２０（第１膨張タービン２１）に流通させる都市ガスの流量を、所定量だけ増加させる。図４（ａ）に示すように、発電管路５の並列管路部７に流入する都市ガスの流量が減り、第１膨張タービン２１では、図４（ｃ）に示すように、第１発電機３１による発電出力

Ｗ１は減少する傾向にある。しかしながら、第１膨張タービン２１では、第１流量制御弁１１の弁開度Ｄの増大により、第１発電機３１による発電出力Ｗ１は、削減対象の第２膨張タービン２２の運転停止に伴い、第２発電機による発電出力Ｗ２の欠損分を吸収することができる。それ故に、発電機３０による発電が、第３時間帯ＩＩＩでは、第１発電機３１に第２発電機３２を加えて行われていた状態から、第４時間帯ＩＶでは、第１発電機３１単体で行う状態に切り替わっても、ガス差圧式発電装置１では、閾値ＴＰ３に到達した直後の時点で、発電出力に大きな変動が生じることない。従って、ガス差圧式発電装置１は、発電管路５を流れる都市ガスの流量に応じた発電出力Ｗ（Ｗ１）で、発電を継続することができている。

【００７８】

次に、本実施形態に係るガス差圧式発電装置１の制御方法、ガス差圧式発電装置１、及びその制御プログラムの作用・効果について説明する。

【００７９】

本実施形態に係るガス差圧式発電装置１の制御方法は、都市ガスを供給元５６側から需要先５７側に向けて供給するガス供給系統５０上に、流通する都市ガスに対し、一次側の圧力を減圧して二次側の圧力に整圧するガバナ９と、一次側から流通する都市ガスを膨張させることにより、二次側の圧力に減圧する膨張タービン２０とを、並列に接続して連結されたガス差圧式発電装置に、電気的な制御を行う制御ユニット２と、膨張タービン２０の一次側に流入する都市ガスの流れを制御する流量制御弁１０と、を備え、膨張タービン２０は、接続する発電機３０と組みをなした態様で、本実施形態では、Ｎ＝２つ有し、２つの膨張タービン２０は、並列に接続された状態で、ガス供給系統５０と連結され、２つの膨張タービン２０のうち、第１膨張タービン２１と第２膨張タービン２２では、第１膨張タービン２１は、第２膨張タービン２２の第２発電機３２で可変する出力の範囲内で、最も大きな第２最大出力Ｗ２ｍａｘを発揮可能であるのに対し、可変する出力の範囲内に第２最大出力Ｗ２ｍａｘを包含し、かつ第２最大出力Ｗ２ｍａｘより大きい第１最大出力Ｗ１ｍａｘを発揮可能とする第１発電機３１に接続されていること、ガス供給系統５０で流通可能な都市ガスの流量帯域のうち、膨張タービン２０で発電可能となる都市ガスの流量帯域とした発電許容領域ＰＢ内で、稼働させる膨張タービン２０を変更するタイミングとして、発電機３０で発電した出力Ｗ、または流量制御弁１０の弁開度Ｄの少なくとも一方に対応して設定された閾値ＴＰが、発電許容領域ＰＢ内に設けられていること、都市ガスの流通時、制御ユニット２は、発電機３０で発電した出力Ｗを取得しながら、流量制御弁１０の弁開度Ｄを制御する共に、稼働中の膨張タービン２０で、閾値ＴＰに達する状態になるのを機に、第１膨張タービン２１と第２膨張タービン２２とに対し、閾値ＴＰを境に、継続して稼働させる膨張タービン２０を変更すること、を特徴とする。

【００８０】

この特徴により、需要先５７で都市ガスの使用量が変化して、発電管路５を流れる都市ガスの流量が大幅に変動しても、ガバナステーション６０では、ガス差圧式発電装置１は、整圧によって生じる都市ガスの潜在エネルギー（電気エネルギー）を、持続的して回収することができる。加えて、ガス差圧式発電装置１は、供給する都市ガスの整圧時に、生じた都市ガスの差圧に基づいて発電される発電電力Ｗに対し、発電効率をより高く、かつ出力レンジをより幅広くして発電することができる。また、ガス差圧式発電装置１では、発電機３０で発電する電力について、制御ユニット２により、定量的でより精緻な電力量の管理を行うことができる。特に、省エネルギー化等を促進する観点で、整圧時に都市ガスの差圧を利用して得られる電力を、電力供給先４０として、市場に提供して売電する場合でも、ガス差圧式発電装置１は、精緻な電力量の管理を厳格化した「計画値同時同量」を必須要件とする売電向けに、適用を行うことが容易になる。

【００８１】

ここで、「計画値同時同量」について、図５を用いて説明する。説明にあたり、先に例示したように、第１ガバナステーション６１に設置されるガス差圧式発電装置１で、最大３００ｋＷ（Ｗ１ｍａｘ）を発電可能とする第１発電機３１と、最大１２５ｋＷ（Ｗ２ｍ

ａｘ）を発電可能とする第２発電機３２の組み合わせの場合を挙げる。図５は、実施形態に係るガス差圧式発電装置による供給発電電力と、発電電力計画値との関係を、一例で示したグラフである。

【００８２】

ガス差圧式発電装置１で発電する電力を電力供給先４０に提供する場合、ガス差圧式発電装置１は、事前に発電計画を定める発電計画値を満す電力で発電する必要がある。本実施形態に係るガス差圧式発電装置１では、制御ユニット２が、第１電力計３６及び第２電力計３７で検出する発電出力Ｗに基づいて、第１流量制御弁１１の弁開度Ｄ及び第２流量制御弁１２の弁開度Ｄを制御することにより、発電計画値に沿う電力需要に対応すべく、発電機３０の発電出力Ｗを制御して調整する。従って、ガス差圧式発電装置１は、図５に示すように、発電計画値に対応すべく、発電電力Ｗを電力供給先４０に供給できているため、電力供給先４０に供給するための必須要件となっている「計画値同時同量」を、容易に達成することができる。

【００８３】

また、本実施形態に係るガス差圧式発電装置１の制御方法では、流量制御弁１０は、２つの膨張タービン２０（第１膨張タービン２１、第２膨張タービン２２）に対し、個々の膨張タービン２０と１対１で組をなして設けられていること、を特徴とする。

【００８４】

この特徴により、２つの膨張タービン２０は、個々の流量制御弁１０に基づいて、最適な条件下で運転することができる。

【００８５】

また、本実施形態に係るガス差圧式発電装置１の制御方法では、第１膨張タービン２１と第２膨張タービン２２とで、閾値ＴＰを境に、運転する膨張タービン２０の交替を伴って、発電機３０で発電を続けるとき、制御ユニット２は、閾値ＴＰに到達する時点に合わせて、新たに稼働させる次の膨張タービン２０の運転を前もって開始させる共に、閾値ＴＰに到達した時点で、既に稼働していた先の膨張タービン２０の運転を停止させ、閾値ＴＰに到達した時点以降、次の膨張タービン２０が、発電機３０に対し、定常な運転状態で稼働し始めていること、を特徴とする。

【００８６】

この特徴により、需要先５７で都市ガスの使用量が変化し、発電管路５を流れる都市ガスの流量の変動に対応する場合に、発電機３０による発電が、第１発電機３１と第２発電機３２で切り替わっても、閾値ＴＰに到達した時点で、発電出力Ｗに大きな変動が生じることなく、発電管路５を流れる都市ガスの流量に応じた発電出力Ｗで、発電を継続することができる。

【００８７】

また、本実施形態に係るガス差圧式発電装置１の制御方法では、第１膨張タービン２１と第２膨張タービン２２に対し、閾値ＴＰを境に、運転する膨張タービン２０の数を増やして、発電機３０で発電を続けるとき、制御ユニット２は、閾値ＴＰに到達する時点に合わせて、新たに稼働させる追加対象の膨張タービン２０の運転を前もって開始させ、閾値ＴＰに到達した時点以降、追加対象の膨張タービン２０が、発電機３０に対し、定常な運転状態で稼働し始めていること、を特徴とする。

【００８８】

この特徴により、需要先５７で都市ガスの使用量が増え、発電管路５を流れる都市ガスの流量が増加する場合でも、発電管路５を流れる都市ガスの流量に応じた発電出力Ｗ（Ｗ１＋Ｗ２）で、発電を継続することができている。

【００８９】

また、本実施形態に係るガス差圧式発電装置１の制御方法では、制御ユニット２は、閾値ＴＰに到達した時点で、追加対象の膨張タービン２０の運転状態に基づいて、流量制御弁１０により、稼働していた継続対象の膨張タービン２０に流通させる都市ガスの流量を制御すること、を特徴とする。

【００９０】
この特徴により、運転する膨張タービン２０の追加で、運転する発電機３０の数が増えても、閾値ＴＰに到達した直後の時点で、発電出力Ｗに大きな変動が生じることはない。
【００９１】
また、本実施形態に係るガス差圧式発電装置１の制御方法では、第１膨張タービン２１と第２膨張タービン２２で、閾値ＴＰを境に、運転する膨張タービン２０の数を減らして、発電機３０で発電を続けるとき、制御ユニット２は、閾値ＴＰに到達した時点で、稼働していた削減対象の膨張タービン２０の運転を停止させ、閾値ＴＰに到達した時点以降、稼働していた継続対象の膨張タービン２０は、発電機３０に対し、定常な運転状態を持続して稼働していること、を特徴とする。
【００９２】
この特徴により、需要先５７で都市ガスの使用量が減り、発電管路５を流れる都市ガスの流量が減少する場合でも、発電管路５を流れる都市ガスの流量に応じた発電出力Ｗで、発電を継続することができている。
【００９３】
また、本実施形態に係るガス差圧式発電装置１の制御方法では、制御ユニット２は、閾値ＴＰに到達した時点で、削減対象の膨張タービン２０の運転状態に基づいて、流量制御弁１０により、継続対象の膨張タービン２０に流通させる都市ガスの流量を制御すること、を特徴とする。
【００９４】
この特徴により、運転する膨張タービン２０の削減で、運転する発電機３０の数が減っても、閾値ＴＰに到達した直後の時点で、発電出力Ｗに大きな変動が生じることはない。
【００９５】
また、本実施形態に係るガス差圧式発電装置１の制御方法では、ガス供給系統５０のうち、２つの膨張タービン２０が設置された発電管路５で、流れる都市ガスが、発電許容領域ＰＢ上限の流量を超えるとき、ガバナ９は開路していること、を特徴とする。
【００９６】
この特徴により、都市ガスが、発電許容領域ＰＢ内で発電可能な流量を満たして、大量にガス供給系統５０を流れる場合、流通する都市ガスを無駄なく利用して、効率良く発電機３０で発電を行うことができると共に、発電許容領域ＰＢ上限の流量を超えた都市ガスは、ガバナ９によって整圧され、需要先５７側に供給できる。
【００９７】
また、本実施形態に係るガス差圧式発電装置１は、都市ガスを供給元５６側から需要先５７側に向けて供給するガス供給系統５０上に、流通する都市ガスに対し、一次側の圧力を減圧して二次側の圧力に整圧するガバナ９と、一次側から流通する都市ガスを膨張させることにより、二次側の圧力に減圧する膨張タービン２０とを、並列に接続した状態で連結されたガス差圧式発電装置において、膨張タービン２０は、接続する発電機３０と組みをなした態様で、２つ有し、２つの膨張タービン２０（第１膨張タービン２１、第２膨張タービン２２）は、並列に接続された状態で、ガス供給系統５０に連結されていること、第１膨張タービン２１と第２膨張タービン２２では、各々の発電機３０で発電可能な最大出力Ｗの大きさが、互いに異なっていること、膨張タービン２０の一次側に流入する都市ガスの流れを制御する流量制御弁１０と、電気的な制御を行う制御ユニット２と、を備え、制御ユニット２は、流量制御弁１０と発電機３０とに対し、電気的に接続され、第１膨張タービン２１と第２膨張タービン２２が、流量制御弁１０により、制御された都市ガスの流量に基づいて、選択的に作動すること、を特徴とする。
【００９８】
この特徴により、需要先５７で都市ガスの使用量が変化し、発電管路５を流れる都市ガスの流量の変動に対応する場合でも、発電機３０による発電出力Ｗに大きな変動が生じることなく、発電管路５を流れる都市ガスの流量に応じた発電出力Ｗで、発電を行うことができる。

【００９９】
　また、本実施形態に係るガス差圧式発電装置１では、流量制御弁１０は、２つの膨張タービン２０に対し、個々の膨張タービン２０と１対１で組をなして設けられていること、を特徴とする。
【０１００】
　この特徴により、２つの膨張タービン２０は、個々の流量制御弁１０に基づいて、最適な条件下で運転することができる。
【０１０１】
　また、本実施形態に係るガス差圧式発電装置１では、膨張タービン２０の一次側にある一次側管路部６に、都市ガスを加熱する熱交換器３５を備えていること、を特徴とする。
【０１０２】
　この特徴により、発電管路５の並列管路部７を流れる都市ガスに対し、膨張タービン２０による減圧時に、膨張による温度の低下を見込んで加熱を行うことで、膨張タービン２０の二次側を流れる都市ガスの温度は、減圧前の温度から大幅に低下するのを抑止できる。そのため、都市ガスが、膨張タービン２０によって減圧されても、都市ガスの温度は、供給に必要な温度を維持することができることから、膨張タービン２０の通過後、都市ガスを、引き続きガス供給系統５０の下流側に向けて供給していく上で、その運用に支障をきたすことが回避できる。
【０１０３】
　また、本実施形態に係るガス差圧式発電装置１の制御プログラムは、ガス供給系統５０で流通可能な都市ガスの流量帯域のうち、膨張タービン２０（第１膨張タービン２１、第２膨張タービン２２）で発電可能となる都市ガスの流量帯域とした発電許容領域ＰＢ内で、稼働させる膨張タービン２０を変更するタイミングとして、発電機３０で発電した出力Ｗ、または流量制御弁１０の弁開度Ｄの少なくとも一方に対応して設定された閾値ＴＰを、発電許容領域ＰＢ内に設けること、都市ガスの流通時、発電機３０で発電した出力を継続的に取得し、流量制御弁１０の弁開度Ｄを制御させ、稼働中の膨張タービン２０で、閾値ＴＰに達する状態になるのを機に、第１膨張タービン２１と第２膨張タービン２２とに対し、閾値ＴＰを境に、継続して稼働させる膨張タービン２０を変更させること、を特徴とする。
【０１０４】
　この特徴により、ガス差圧式発電装置１は、ガス供給系統５０を流れる都市ガスの流通に基づいて、自動運転で、整圧時に生じた都市ガスの差圧により発電することができる。
【０１０５】
　従って、本実施形態に係るガス差圧式発電装置１の制御方法、ガス差圧式発電装置１の制御プログラム、及びガス差圧式発電装置１によれば、供給する都市ガスの整圧時に、生じた都市ガスの差圧に基づいて、発電電力を直に制御して発電することができる。
【０１０６】
　以上において、本発明を実施形態に即して説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で、適宜変更して適用できる。
【０１０７】
（１）例えば、実施形態に係るガス差圧式発電装置１の制御方法では、都市ガスの流量減少化に伴い、膨張タービン２０の数を減らす場合に、発電出力が小さい発電機と接続された膨張タービンを優先して、発電出力Ｗ２が小さい第２膨張タービン２２を、削減対象の膨張タービン２０とした。しかしながら、削減対象の膨張タービンは、発電出力Ｗ１が大きい第１膨張タービン２１としても良く、実際に生じる都市ガスの流量減少分に応じて、発電許容領域に余裕を持たない発電機と接続された膨張タービンであれば良い。
【０１０８】
（２）また、実施形態では、２つの膨張タービン２０（第１膨張タービン２１、第２膨張タービン２２）を備えたガス差圧式発電装置１を挙げた。しかしながら、本発明のガス差圧式発電装置は、複数の膨張タービンのうち、第１の膨張タービンと第２の膨張タービン

以外に膨張タービンを包含したものでも良い。そして、第１の膨張タービンと第２の膨張タービン以外に包含する膨張タービンは、第１の膨張タービンまたは第２の膨張タービンの少なくとも何れかと同一、あるいは第１の膨張タービン及び第２の膨張タービンとは異なる発電出力を具備した発電機と接続されたものでも良い。

【０１０９】

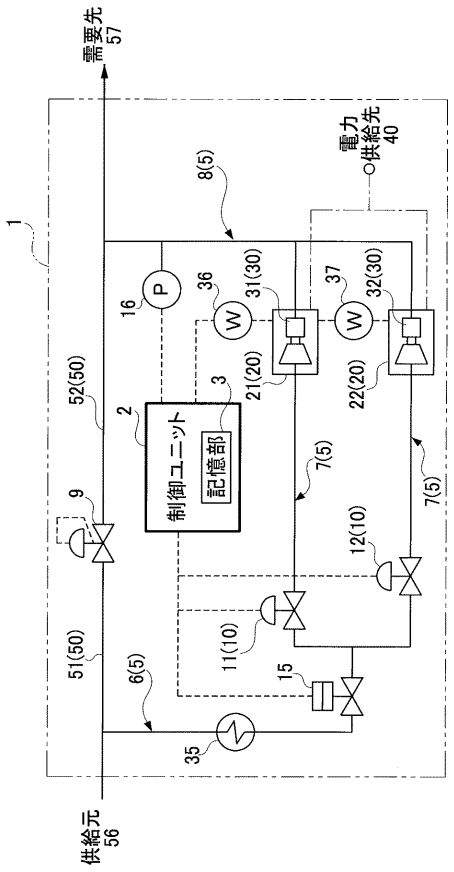
（３）また、実施形態に係るガス差圧式発電装置１の制御方法では、ガス差圧式発電装置１を、ガバナステーション６０に設置した。しかしながら、本発明のガス差圧式発電装置は、ガバナステーション６０以外にも、前述したように、例えば、ＬＮＧターミナルのほか、燃料ガスを整圧する設備を有した工場等のガス整圧設備所に設置されても良く、供給する燃料ガスの整圧を行うのにあたり、生じた燃料ガスの差圧を利用して発電を行う設備所であれば、本発明のガス差圧式発電装置の設置場所は、特に限定されるものではない。

【符号の説明】

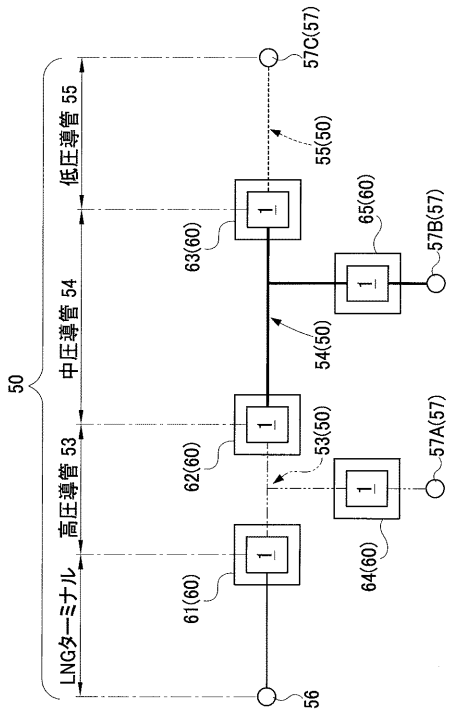
【０１１０】

１　ガス差圧式発電装置
２　制御ユニット（制御手段）
３　記憶部（記憶手段）
５　発電管路
９　ガバナ
１０　流量制御弁（ガス流量制御手段）
１１　第１流量制御弁（ガス流量制御手段）
１２　第２流量制御弁（ガス流量制御手段）
２０　膨張タービン
２１　第１膨張タービン（第１の膨張タービン）
２２　第２膨張タービン（第２の膨張タービン）
３０　発電機
３１　第１発電機（発電機）
３２　第２発電機（発電機）
５０　ガス供給系統
５６　供給元
５７　需要先
ＰＢ　発電許容領域
Ｗ１ｍａｘ　第１最大出力
Ｗ２ｍａｘ　第２最大出力

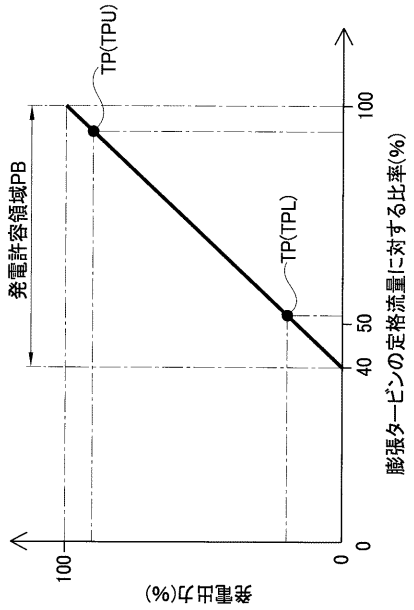
【図１】


需要先
57
電力
供給先
40
1
8(5)
16
P
36
31(30)
37
32(30)
52(50)
2
制御ユニット
3
記憶部
21(20)
22(20)
7(5)
7(5)
9
12(10)
11(10)
15
51(50)
6(5)
35
供給元
56

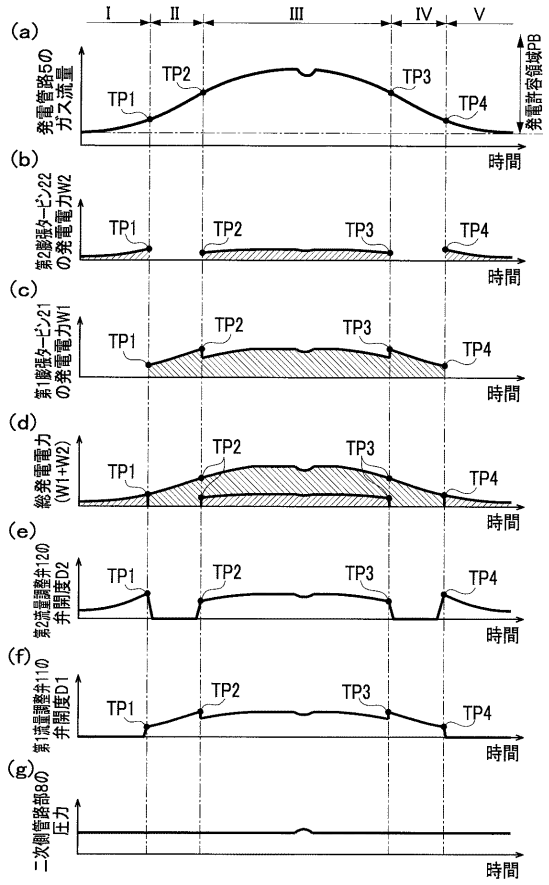
【図２】


50
低圧導管 55
中圧導管 54
高圧導管 53
LNGターミナル
57C(57)
55(50)
65(60)
57B(57)
63(60)
54(50)
53(50)
57A(57)
62(60)
64(60)
61(60)
56

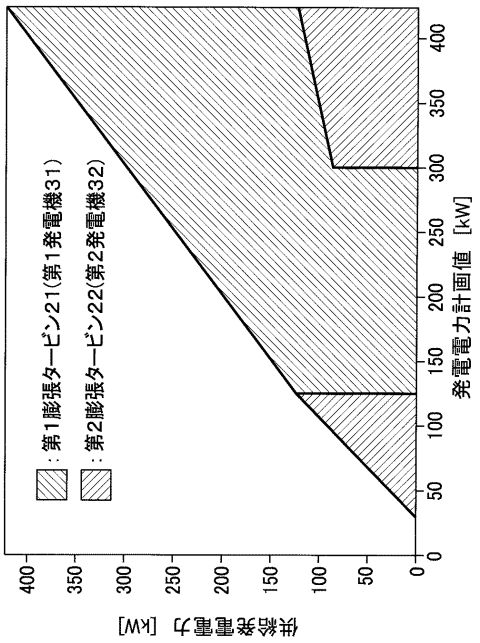
【図３】


TP(TPU)
TP(TPL)
発電計容領域PB
100
50
40
0
100
0
発電出力(%)
膨張タービンの定格流量に対する比率(%)

【図４】


I
II
III
IV
V
(a)
発電管路50のガス流量
TP1
TP2
TP3
TP4
発電計容領域PB
時間
(b)
第2膨張タービン22の発電電力W2
(c)
第1膨張タービン21の発電電力W1
(d)
総発電電力(W1+W2)
(e)
第2流量調整弁120弁開度D2
(f)
第1流量調整弁110弁開度D1
(g)
二次側管路部80の圧力

【図５】


：第1膨張タービン21(第1発電機31)
：第2膨張タービン22(第2発電機32)
供給発電電力 [kW]
発電電力計画値 [kW]
0
50
100
150
200
250
300
350
400

フロントページの続き

(72)発明者　小塚　満
愛知県名古屋市熱田区桜田町１９番１８号　東邦瓦斯株式会社内
(72)発明者　不破　暁
愛知県名古屋市熱田区桜田町１９番１８号　東邦瓦斯株式会社内

審査官　吉田　昌弘

(56)参考文献　特開２０１８－０３５７９４（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－１６７３９８（ＪＰ，Ａ）
特開２００７－３１５２８１（ＪＰ，Ａ）
米国特許第０４２７３５０８（ＵＳ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｆ０２Ｃ　　９／１６
Ｆ０２Ｃ　　１／０２
Ｆ０１Ｄ　１７／０４
Ｆ０１Ｄ　１７／１０
Ｆ０１Ｄ　１７／２０