(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B1)

(11)特許番号
特許第7635443号
(P7635443)

(45)発行日　令和7年2月25日(2025.2.25)

(24)登録日　令和7年2月14日(2025.2.14)

(51)国際特許分類

Ｆ０２Ｄ　23/00　(2006.01)	Ｆ０２Ｄ	23/00	Ｐ
Ｆ０２Ｂ　37/18　(2006.01)	Ｆ０２Ｂ	37/18	Ｇ
Ｆ０２Ｄ　41/04　(2006.01)	Ｆ０２Ｄ	41/04	

ＦＩ

請求項の数　6　（全17頁）

(21)出願番号　特願2024-22143(P2024-22143)
(22)出願日　令和6年2月16日(2024.2.16)
審査請求日　令和6年3月11日(2024.3.11)
早期審査対象出願
前置審査

(73)特許権者　316015888
三菱重工エンジン＆ターボチャージャ株式会社
神奈川県相模原市中央区田名３０００番地
(74)代理人　100149548
弁理士　松沼 泰史
(74)代理人　100162868
弁理士　伊藤 英輔
(74)代理人　100161702
弁理士　橋本 宏之
(74)代理人　100189348
弁理士　古都 智
(74)代理人　100196689
弁理士　鎌田 康一郎

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　制御装置、発電システム及び制御方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

過給機とエンジンを接続する給気管の途中から分岐された給気放出管に設けられた給気放出弁と、前記エンジンが排出する排ガスを、前記過給機をバイパスして排出する排気バイパス管に設けられた排気バイパス弁と、を制御する制御装置であって、

前記過給機から前記エンジンへ供給する空気又は燃料と空気が混合された混合ガスの目標給気圧力に基づいて、前記排気バイパス弁を制御する手段と、

前記エンジンの回転数に低下が生じる場合、前記給気放出弁を制御する手段と、

を備え、

前記排気バイパス弁を制御する手段は、前記過給機から前記エンジンへ供給する空気又は燃料と空気が混合された混合ガスの目標給気圧力に基づいて、前記排気バイパス弁の開度を制御し、

前記排気バイパス弁の開度を制御している間に前記エンジンの回転数に低下が生じると、前記給気放出弁を制御する手段は、前記給気放出弁を開き、

前記給気放出弁を制御する手段が前記給気放出弁を開くと、前記排気バイパス弁を制御する手段は、前記目標給気圧力を確保できるように前記排気バイパス弁の開度を制御し、

前記排気バイパス弁を制御する手段が前記目標給気圧力を確保できるように前記排気バイパス弁の開度を制御している間に所定の条件が成立すると、前記給気放出弁を制御する手段は、前記給気放出弁を閉じ、

前記エンジンの回転数に低下が生じる場合とは、前記エンジンの駆動により発電する発電

機が連系する電力系統の周波数が低下した場合、負荷遮断が発生した場合、負荷投入が発生した場合の何れかであり、
前記排気バイパス弁を制御する手段は、電力系統の周波数が低下した場合および前記負荷投入が発生した場合には、前記目標給気圧力を確保できるように前記排気バイパス弁の開度を低下させ、前記負荷遮断が発生した場合には、前記目標給気圧力を確保できるように前記排気バイパス弁の開度を増大させ、
前記所定の条件が成立するとは、前記給気放出弁を開いてから一定時間が経過するか、前記電力系統の周波数の低下又は前記発電機の必要発電出力の変動が静定することである、
制御装置。
【請求項２】
前記排気バイパス弁を制御する手段は、
前記エンジンの回転数および前記エンジンの出力から算出される正味平均有効圧力と、前記正味平均有効圧力と前記過給機から前記エンジンへの給気圧力との関係を定めた情報と、に基づいて、前記エンジンの前記正味平均有効圧力に応じた前記給気圧力を算出し、算出した前記給気圧力を達成できるように前記排気バイパス弁を制御する、
請求項１に記載の制御装置。
【請求項３】
前記給気放出弁を制御する手段は、
前記エンジンの回転数に低下が生じる場合、一定の開度で前記給気放出弁を開く、
請求項１または請求項２に記載の制御装置。
【請求項４】
前記給気放出弁を制御する手段は、
前記エンジンの回転数に低下が生じる場合、前記エンジンの回転数および／又は前記エンジンの出力に応じた開度で前記給気放出弁を開く、
請求項１または請求項２に記載の制御装置。
【請求項５】
エンジンと、前記エンジンが駆動する発電機と、前記エンジンに圧縮空気を供給する過給機と、前記過給機と前記エンジンを接続する給気管と、前記給気管から分岐される給気放出管と、前記給気放出管に設けられた給気放出弁と、前記エンジンが排出する排ガスを、前記過給機をバイパスして排出する排気バイパス管と、前記排気バイパス管に設けられた排気バイパス弁と、請求項１または請求項２に記載の制御装置と、
を備える発電システム。
【請求項６】
過給機とエンジンを接続する給気管の途中から分岐された給気放出管に設けられた給気放出弁と、前記エンジンが排出する排ガスを、前記過給機をバイパスして排出する排気バイパス管に設けられた排気バイパス弁と、を制御する制御方法であって、
前記過給機から前記エンジンへ供給する空気又は燃料と空気が混合された混合ガスの目標給気圧力に基づいて、前記排気バイパス弁の開度を制御し、
前記排気バイパス弁の開度を制御している間に前記エンジンの回転数に低下が生じると、前記給気放出弁を開き、
前記給気放出弁を開くと、前記目標給気圧力を確保できるように前記排気バイパス弁の開度を制御し、
前記目標給気圧力を確保できるように前記排気バイパス弁の開度を制御している間に所定の条件が成立すると、前記給気放出弁を閉じ、
前記エンジンの回転数に低下が生じる場合とは、前記エンジンの駆動により発電する発電機が連系する電力系統の周波数が低下した場合、負荷遮断が発生した場合、負荷投入が発生した場合の何れかであり、
前記目標給気圧力を確保できるように前記排気バイパス弁の開度を制御するときには、電力系統の周波数が低下した場合および前記負荷投入が発生した場合には、前記目標給気圧力を確保できるように前記排気バイパス弁の開度を低下させ、前記負荷遮断が発生した場

合には、前記目標給気圧力を確保できるように前記排気バイパス弁の開度を増大させ、
前記所定の条件が成立するとは、前記給気放出弁を開いてから一定時間が経過するか、前記電力系統の周波数の低下又は前記発電機の必要発電出力の変動が静定することである、
制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本開示は、制御装置、発電システム及び制御方法に関する。

【背景技術】

【０００２】

過給機付きのエンジンでは、過給機が圧縮した空気を燃焼室へ供給する。燃焼室で燃料とともに燃焼した空気は、排気管を通じて過給機へ供給され、その後、系外へ排出される。高出力のディーゼルエンジンや予混合ガスエンジンでは、過給機からエンジンへ供給する空気の一部を系外へ放出する給気放出管や、エンジンから過給機への排ガスの流路を迂回する排気バイパス管を設け、これらの配管を流れる空気量を制御することで、高効率な運転を実現している。例えば、特許文献１には、給気放出管（給気バイパス通路）や排気バイパス管を流れる空気量を調節することにより、エンジンの運転条件に応じた給気圧力を達成する制御が開示されている。

【０００３】

再生可能エネルギー電源の増加に伴い、系統に連系する発電設備には系統を維持する役割が求められている。系統の電圧や周波数が変動すると、系統に連系する発電設備には様々な影響が生じる。例えば、系統周波数が低下すると、系統に接続するエンジン発電機の回転数が低下する。エンジン発電機の回転数が低下すると、エンジン発電機に圧縮空気を供給する過給機の作動点が小風力側に変化し、サージングの発生確率が上昇する。また、過給機前吸い込みの予混合ガスエンジンの場合、燃料と空気を混合するミキサから燃焼室までの容積が大きく、負荷遮断等が発生すると、ミキサから燃焼室までの配管等に存在する予混合ガスが燃焼室に供給されてオーバーシュートが発生する可能性がある。このように系統周波数の低下や負荷遮断等により、エンジンの回転数が低下すると、過給機側でも様々な不具合が生じる可能性がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００４】

【文献】特開２００５－２４０５８５号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００５】

エンジン回転数の低下に対応した過給機の制御が必要である。

【０００６】

本開示は、上記課題を解決することができる制御装置、発電システム及び制御方法を提供する。

【課題を解決するための手段】

【０００７】

本開示の制御装置は、過給機とエンジンを接続する給気管の途中から分岐された給気放出管に設けられた給気放出弁と、前記エンジンが排出する排ガスを、前記過給機をバイパスして排出する排気バイパス管に設けられた排気バイパス弁と、を制御する制御装置であって、前記過給機から前記エンジンへ供給する空気又は燃料と空気が混合された混合ガスの目標給気圧力に基づいて、前記排気バイパス弁を制御する手段と、前記エンジンの回転数に低下が生じる場合、前記給気放出弁を制御する手段と、を備え、前記排気バイパス弁を制御する手段は、前記過給機から前記エンジンへ供給する空気又は燃料と空気が混合された混合ガスの目標給気圧力に基づいて、前記排気バイパス弁の開度を制御し、前記排気

バイパス弁の開度を制御している間に前記エンジンの回転数に低下が生じると、前記給気放出弁を制御する手段は、前記給気放出弁を開き、前記給気放出弁を制御する手段が前記給気放出弁を開くと、前記排気バイパス弁の開度を制御する手段は、前記目標給気圧力を確保できるように前記排気バイパス弁の開度を制御し、前記排気バイパス弁を制御する手段が前記目標給気圧力を確保できるように前記排気バイパス弁の開度を制御している間に所定の条件が成立すると、前記給気放出弁を制御する手段は、前記給気放出弁を閉じ、前記エンジンの回転数に低下が生じる場合とは、前記エンジンの駆動により発電する発電機が連系する電力系統の周波数が低下した場合、負荷遮断が発生した場合、負荷投入が発生した場合の何れかであり、前記排気バイパス弁を制御する手段は、電力系統の周波数が低下した場合および前記負荷投入が発生した場合には、前記目標給気圧力を確保できるように前記排気バイパス弁の開度を低下させ、前記負荷遮断が発生した場合には、前記目標給気圧力を確保できるように前記排気バイパス弁の開度を増大させ、前記所定の条件が成立するとは、前記給気放出弁を開いてから一定時間が経過するか、前記電力系統の周波数の低下又は前記発電機の必要発電出力の変動が静定することである。

【０００８】

本開示の発電システムは、エンジンと、前記エンジンが駆動する発電機と、前記エンジンに圧縮空気を供給する過給機と、前記過給機と前記エンジンを接続する給気管と、前記給気管から分岐される給気放出管と、前記給気放出管に設けられた給気放出弁と、前記エンジンが排出する排ガスを、前記過給機をバイパスして排出する排気バイパス管と、前記排気バイパス管に設けられた排気バイパス弁と、上述の制御装置と、を備える。

【０００９】

また、本開示の制御方法によれば、過給機とエンジンを接続する給気管の途中から分岐された給気放出管に設けられた給気放出弁と、前記エンジンが排出する排ガスを、前記過給機をバイパスして排出する排気バイパス管に設けられた排気バイパス弁と、を制御する制御方法であって、前記過給機から前記エンジンへ供給する空気又は燃料と空気が混合された混合ガスの目標給気圧力に基づいて、前記排気バイパス弁の開度を制御し、前記排気バイパス弁の開度を制御している間に前記エンジンの回転数に低下が生じると、前記給気放出弁を開き、前記給気放出弁を開くと、前記目標給気圧力を確保できるように前記排気バイパス弁の開度を制御し、前記目標給気圧力を確保できるように前記排気バイパス弁の開度を制御している間に所定の条件が成立すると、前記給気放出弁を閉じ、前記エンジンの回転数に低下が生じる場合とは、前記エンジンの駆動により発電する発電機が連系する電力系統の周波数が低下した場合、負荷遮断が発生した場合、負荷投入が発生した場合の何れかであり、前記目標給気圧力を確保できるように前記排気バイパス弁の開度を制御するときには、電力系統の周波数が低下した場合および前記負荷投入が発生した場合には、前記目標給気圧力を確保できるように前記排気バイパス弁の開度を低下させ、前記負荷遮断が発生した場合には、前記目標給気圧力を確保できるように前記排気バイパス弁の開度を増大させ、前記所定の条件が成立するとは、前記給気放出弁を開いてから一定時間が経過するか、前記電力系統の周波数の低下又は前記発電機の必要発電出力の変動が静定することである。

【発明の効果】

【００１０】

上述の制御装置、発電システム及び制御方法によれば、系統周波数の低下や負荷遮断時に生じるエンジン回転数の低下によるサージングやオーバーシュート等の発生を抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【００１１】

【図１】第一実施形態に係る発電システムの構成を示す概略図である。

【図２】第一実施形態に関しエンジン回転数の低下が生じる状況の説明図である。

【図３】第一実施形態に係る過給機の特性を示す図である。

【図４】第一実施形態に係る制御の一例を示す第１の図である。

【図５】第一実施形態に係る制御の一例を示す第２の図である。
【図６】第一実施形態に係る制御の一例を示す第３の図である。
【図７】第一実施形態に係る制御の一例を示すフローチャートである。
【図８】第二実施形態に係る発電システムの構成を示す概略図である。
【図９】第二実施形態に係る制御の一例を示す図である。
【図１０】第二実施形態に係る制御の一例を示すフローチャートである。
【図１１】各実施形態に係るコンピュータの構成を示す概略ブロック図である。
【発明を実施するための形態】
【００１２】
＜第一実施形態＞
以下、第一実施形態の発電システム１およびその制御について、図面を参照して説明する。
（発電システムの構成）
図１に示すように、第一実施形態に係る発電システム１は、空気管２ａと、給気管２ｂと、給気放出管３と、排気バイパス管４と、過給機５と、エンジン６と、発電機７と、燃料供給管８と、排気出口管９ａと、排気管９ｂと、冷却器１０と、を含む。過給機５は、コンプレッサ５ａと排気タービン５ｂを含む。コンプレッサ５ａへは空気管２ａを通じて空気が供給される。給気管２ｂはコンプレッサ５ａとエンジン６を接続し、コンプレッサ５ａで圧縮された空気は冷却器１０によって冷却され、給気管２ｂを通じてエンジン６へ供給される。燃料は、燃料供給管８を通じてエンジン６へ供給される。給気管２ｂには、給気圧力を計測する圧力センサ１１と、給気温度を計測する温度センサ１２が設けられており、これらのセンサが計測した値は制御装置１００へ送信される。給気管２ｂにはエンジン６への空気の流れを分岐する給気放出管３が接続されており、給気放出管３を通じて給気管２ｂ内の空気の一部を系外に放出することができる。給気放出管３には、空気の放出量を調節する給気放出弁３ａが設けられている。給気放出弁３ａの開度は、制御装置１００によって制御される。排気管９ｂは、エンジン６と排気タービン５ｂとを接続する。排気出口管９ａは、排気タービン５ｂの排気ガス出口からの排気ガスを排出するための流路である。排気バイパス管４は、排気管９ｂから分岐されて排気タービン５ｂをバイパスし、排気出口管９ａに接続されている。排気バイパス管４には、排気バイパス弁４ａが設けられており、排気バイパス弁４ａの開度は、制御装置１００によって制御される。エンジン６にはエンジン６の回転数を計測する回転数センサ１３とエンジン６の出力を計測する出力センサ１４が設けられている。これらのセンサが計測した値は制御装置１００へ送信される。発電機７は、エンジン６により駆動し発電する。発電機７は系統２０と接続されており、発電した電力を系統２０へ供給する。発電機７と系統２０を接続するラインには遮断機１６ａが設けられ、遮断機１６ａをオン（接続）・オフ（遮断）することにより、発電機７と系統２０の接続と遮断が切り替えられる。また、発電システム１を系統２０と連系せずに自立運転する場合に、発電した電力を発電所内の設備（不図示）に供給するために、発電機７と所内設備を接続するラインには遮断機１６ｂが設けられ、遮断機１６ｂをオン（接続）・オフ（遮断）することにより、発電機７と所内設備との接続と遮断が切り替えられる。遮断機１６ａ、１６ｂが接続状態にあるか遮断状態にあるかを示す遮断機信号はそれぞれ制御装置１００へ送信される。周波数センサ１５は系統周波数を計測する。周波数センサ１５が計測した系統２０の周波数は、制御装置１００へ送信される。制御装置１００は、コンピュータで構成され、センサ１１～１５による計測値や遮断機１６ａ、１６ｂの遮断機信号を取得して、給気放出弁３ａおよび排気バイパス弁４ａを制御する。例えば、制御装置１００は、給気圧力、回転数及び出力に基づいてエンジン６を効率的に運転するための目標給気圧力を算出し、この目標給気圧力に基づいて排気バイパス弁４aの開度を制御することにより、エンジン６への給気量を目標値に制御する。また、例えば、制御装置１００は、系統２０の周波数の低下（エンジン６の回転数低下）や負荷遮断等が生じたときに給気放出弁３ａを一時的に開き、サージング裕度を増大させることによって、サージングを回避する。

【００１３】
発電システム１では、系統周波数が低下するとエンジン６の回転数が低下する。また、図２に示すように負荷投入後や負荷遮断後にも周波数ｆ（エンジン６の回転数）が低下する。エンジン６の回転数が低下すると、過給機５の作動線が小風量側に変化し、過給機５のサージング裕度が減少してしまい、サージングの発生確率が上がる。図３に過給機５の特性曲線を模式的に示す。図３のグラフの縦軸は圧力比、横軸は過給機５が供給する空気の流量である。線３０は過給機５にサージングが生じる運転領域（３０の左側）とサージングが生じない運転領域（３０の右側）の境界を表し、線３２は、定格運転時の過給機５の作動線を示す。エンジン６の回転数が低下すると、過給機５の作動線は線３２から線３１へ変化する。すると、線３０までの距離が短くなり（つまり、サージング裕度が減少し）、サージングの発生確率が上昇する。特に予混合ガスエンジンでは、サージングが発生すると吹き返しにより混合ガスが給気室に逆流し、次のサイクルで吹き返された混合気と燃料ガスが燃焼室内に供給され、空気過剰率は低下し、Ｐｍｉ（平均有効圧力）は上昇する。そのため、過早着火やノッキングと言った異常燃焼が発生し、燃焼室を損傷させる場合がある。一般的に過給機５のサージング裕度を確保するためには、ディフューザーを絞ることで対応する。しかしながら、そのように製造されたディフューザーを搭載することで過給機５のサージング裕度を確保しようとすると、定格運転時などの周波数低下が生じない状態を含め、全体的に過給機５の効率が低下してしまう。過給機５の効率の低下はエンジン６の熱効率の低下を招く。そこで、本実施形態では、エンジン回転数の低下が生じる状態において、一時的に給気放出弁３ａを開くことにより、給気放出管３を通じて系外へ空気を放出することでサージング裕度を稼ぎ、それ以外の場面では給気放出弁３ａを閉じて高効率で過給機５を運転する。図３の線３３は、給気放出弁３ａを開いた場合の過給機５の作動線である。図示するように、給気放出弁３ａを開くことでサージング裕度を大きくすることができる。給気放出弁３ａを開くとサージング裕度を大きくすることができるが過給機５の効率は低下する。そこで、エンジン回転数の低下が生じない状態では給気放出弁３ａを閉じ、過給機５効率低下を防ぐ。一方の排気バイパス弁４ａについては、弁開度によらず、過給機効率やサージング裕度は概ね一定である。また、排気バイパス弁４ａを開くことで、エンジンの熱効率やプラントの総合的な効率を向上することができる。例えば、排気バイパス弁４ａを開くことで、排気出口管９ａから排出される排ガスの温度を上昇させることができ、排熱回収の観点で有効である。

【００１４】
（周波数低下時の制御）
次に系統２０の周波数（エンジン６の回転数）が低下した場合の給気放出弁３ａおよび排気バイパス弁４ａの制御について図４を参照して説明する。図４のグラフ４１は系統周波数の推移を示す。グラフ４２は排気バイパス弁４ａの開度の推移を示す。グラフ４３は給気放出弁３ａの開度の推移を示す。グラフ４１～４３の横軸の同じ位置は同じ時刻を示している。制御装置１００は、系統周波数によらず、常時、圧力センサ１１が計測する圧力が、Ｐｍｅ（正味平均有効圧力）と給気圧力のマップから算出される目標給気圧力となるよう排気バイパス弁４ａの開度制御を行う。例えば、制御装置１００は、回転数センサ１３が計測した回転数と出力センサ１４が計測した出力をＰｍｅの公式に代入してＰｍｅを算出し、Ｐｍｅと目標給気圧力の関係を規定したマップやテーブル、関数などを用いて、Ｐｍｅに応じた目標給気圧力を算出する。そして、制御装置１００は、目標給気圧力と排気バイパス弁４ａの開度の対応テーブル等を参照して、目標給気圧力に応じた排気バイパス弁４ａの開度を算出し、排気バイパス弁４ａを制御する。グラフ４２は、このような制御による排気バイパス弁４ａの開度の推移を示したものである。

【００１５】
制御装置１００は、周波数センサ１５が計測する系統２０の周波数を監視し、周波数が所定の閾値まで低下すると、又は、周波数の低下速度が所定の閾値以上となることを検知すると、サージングを抑制するために給気放出弁３ａを開く制御を行う。給気放出弁３ａの制御方法として以下の３種類の例を説明する。

（１）一定開度で開く。制御装置１００は、時刻Ｔ１に系統周波数の低下を検知すると、一定の開度で給気放出弁３ａを開く。グラフ４３は、この制御を示したものである。
（２）回転数に応じて段階的に開く。制御装置１００は、時刻Ｔ１に系統周波数の低下を検知すると、回転数センサ１３が計測する回転数に応じて段階的に給気放出弁３ａを開く。例えば、制御装置１００は、エンジン６の回転数（又は回転数の範囲）と給気放出弁３ａの開度とを対応付けたテーブル（回転数が低下するほど大きな開度となる）を保持しており、このテーブルを参照して、回転数センサ１３が計測する回転数に対応する弁開度を読み取り、給気放出弁３ａを制御する。
（３）回転数と出力に応じて段階的に開く。制御装置１００は、時刻Ｔ１に系統周波数の低下を検知すると、回転数センサ１３が計測する回転数と出力センサ１４が計測する出力に応じて段階的に給気放出弁３ａを開く。例えば、制御装置１００は、エンジン６の回転数（又は回転数の範囲）およびエンジン６の出力（又は出力の範囲）と給気放出弁３ａの開度とを対応付けたテーブルを保持しており、このテーブルを参照して、回転数センサ１３および出力センサ１４が計測する値に対応する弁開度を読み取り、給気放出弁３ａを制御する。

【００１６】

再生可能エネルギー電源の変動等によって系統周波数が低下した場合には、（１）～（３）の何れかの制御により、サージング裕度が確保される。一方、エンジン６側への空気の供給量が低下するため、排気バイパス弁４ａの開度を低下させ、給気圧力を確保する。なお、制御装置１００は、周波数センサ１５が計測する系統２０の周波数に代えて、回転数センサ１３が計測する回転数を監視し、回転数が所定の閾値まで低下すると、又は、回転数の低下速度が所定の閾値以上となることを検知すると、上記した給気放出弁３ａを開く制御を行うように構成してもよい。また、制御装置１００は、例えば、系統周波数の低下が止まった後に給気放出弁３ａを閉じてもよい。

【００１７】

（負荷投入時の制御）

次に図５を参照して系統２０から切り離された単独運転及び系統運転から単独運転への移行時に負荷投入された場合の制御について説明する。図５のグラフ５１は必要発電量の推移を示す。グラフ５２は排気バイパス弁４ａの開度の推移を示す。グラフ５３は給気放出弁３ａの開度の推移を示す。グラフ５１～５３の横軸の同じ位置は同じ時刻を示している。制御装置１００は、負荷投入前後を通じて、常時、圧力センサ１１が計測する圧力が、Ｐｍｅと給気圧力のマップから算出される目標給気圧力となるよう排気バイパス弁４ａの開度制御を行う。この制御については図４で説明したとおりである。

【００１８】

図２を参照して説明した通り、負荷投入時にも周波数の低下が起こり、サージング裕度が減少する。制御装置１００は、遮断機１６ｂが発する遮断機１６ｂをオンとすることを示す信号を取得すると、サージングを抑制するために給気放出弁３ａを開く制御を行う。給気放出弁３ａの制御方法として以下の２種類の例を説明する。
（１）一定開度で開く。制御装置１００は、時刻Ｔ１に遮断機信号（オン）を取得すると、一定の開度で所定時間だけ給気放出弁３ａを開き、所定時間経過後に給気放出弁３ａを閉じる。グラフ５３は、この制御を示したものである。
（２）出力に応じて開く。制御装置１００は、時刻Ｔ１に遮断機信号（オン）を取得すると、出力センサ１４が計測する出力に応じて給気放出弁３ａを開く。例えば、制御装置１００は、エンジン６の出力と給気放出弁３ａの開度とを対応付けたテーブル（出力が低下するほど大きな開度となる）を保持しており、このテーブルを参照して、出力センサ１４が計測する出力に対応する弁開度を読み取り、給気放出弁３ａを開く。制御装置１００は、例えば、一定時間、給気放出弁３ａを開いた後に給気放出弁３ａを閉じてもよいし、出力センサ１４が計測する出力が所定値に到達した後に給気放出弁３ａを閉じてもよい。このように、単独運転中に負荷投入の遮断機信号を検知すると、給気放出弁３ａを一時的に開け、サージング裕度を確保する。一方、エンジン６側への空気の供給量が低下するため

、排気バイパス弁の開度を低下させ、給気圧力を確保する。
【００１９】
（負荷低減時の制御）
次に図６を参照して、系統２０から切り離された単独運転や系統運転から単独運転に移行する際に大きな負荷低減が生じる場合の制御について説明する。図６のグラフ６１は必要発電量の推移を示す。グラフ６２は排気バイパス弁４ａの開度の推移を示す。グラフ６３は給気放出弁３ａの開度の推移を示す。グラフ６１～６３の横軸の同じ位置は同じ時刻を示している。制御装置１００は、負荷遮断前後を通じて、常時、圧力センサ１１が計測する圧力が、Ｐｍｅと給気圧力のマップから算出される目標給気圧力となるよう排気バイパス弁４ａの開度制御を行う。この制御については図４を参照して説明したとおりである。
【００２０】
図２を参照して説明した通り、負荷遮断時にも周波数の低下が起こり、サージング裕度が減少する。制御装置１００は、遮断機１６ａから遮断機１６ａをオフとすることを示す信号を取得すると、サージングを抑制するために給気放出弁３ａを開く制御を行う。給気放出弁３ａの制御方法として以下の２種類の例を説明する。これらの制御は図５を参照して説明したものと同様である。
（１）一定開度で開く。制御装置１００は、時刻Ｔ１に遮断機信号（オフ）を取得すると、一定の開度で所定時間だけ給気放出弁３ａを開き、所定時間経過後に給気放出弁３ａを閉じる。グラフ６３は、この制御を示したものである。
（２）出力に応じて開く。制御装置１００は、時刻Ｔ１に遮断機信号（オフ）を取得すると、出力センサ１４が計測する出力に応じて給気放出弁３ａを開く。
制御装置１００は、例えば、一定時間、給気放出弁３ａを開いた後に給気放出弁３ａを閉じてもよいし、出力センサ１４が計測する出力が所定値に到達した後に給気放出弁３ａを閉じてもよい。このように、負荷遮断の遮断機信号を検知すると、給気放出弁３ａを一時的に開けることにより、サージング裕度を稼ぎ、サージングを回避することができる。
【００２１】
（動作）
次に図７を参照して、本実施形態の給気放出弁３ａおよび排気バイパス弁４ａの制御について説明する。
図７は、第一実施形態に係る制御の一例を示すフローチャートである。
制御装置１００は、給気圧力が、Ｐｍｅと給気圧力のマップから算出される目標給気圧力となるよう排気バイパス弁４ａを制御する（ステップＳ１）。この制御は、過給機５の運転中、継続して行われる。次に制御装置１００は、系統周波数の低下または必要発電出力の変動があるかどうかを判定する（ステップＳ２）。例えば、制御装置１００は、周波数センサ１５の計測値や、遮断機１６ａ、１６ｂが発する遮断機信号によって、周波数低下や必要発電出力変動の有無を判定する。周波数低下等がない場合（ステップＳ２；Ｎｏ）、ステップＳ４の処理へ進む。周波数低下等がある場合（ステップＳ２；Ｙｅｓ）、制御装置１００は、給気放出弁３ａを一時的に開く制御を行う（ステップＳ３）。例えば、制御装置１００は、（１）一定開度で給気放出弁３ａを開いてもよいし、（２）エンジン６の回転数に応じた開度で給気放出弁３ａを開いてもよいし、（３）エンジン６の出力に応じた開度で給気放出弁３ａを開いてもよいし、（４）エンジン６の回転数と出力に応じた開度で給気放出弁３ａを開いてもよい。また、制御装置１００は、給気放出弁３ａを開いてから一定時間が経過すると、給気放出弁３ａを閉じてもよいし、系統周波数の低下や必要発電出力の変動が静定したら給気放出弁３ａを閉じてもよい。給気放出弁３ａの開閉制御中も、制御装置１００は、ステップＳ１の排気バイパス弁４ａの制御を継続する。制御装置１００は、過給機５の運転が停止するまでの間（ステップＳ４；Ｎｏ）、ステップＳ２以降の処理を繰り返し行う。この間もステップＳ１の排気バイパス弁４ａの制御は継続して行われる。過給機５の運転を停止する場合（ステップＳ４；Ｙｅｓ）、図７の処理を終了する。
【００２２】

（効果）
第一実施形態によれば、系統周波数の低下や負荷急変などの必要発電出力の変動によってエンジン６の回転数が低下する場合に、給気放出弁３ａを開としてエンジン６へ供給する空気を放出するかわりに、過給機５へ供給される空気流量を維持（又は増大）させる。これにより、過給機５の作動線が小風量側に変化し、過給機５のサージング裕度が減少することを防ぎ、サージングの発生を抑制することができる。また、エンジン６の回転数低下が予測、推定される状況のみ給気放出弁３ａを開くことで、それ以外の場面では過給機５の運転効率を低下させることなく運転することができる。また、ほとんど生じることが無い系統周波数の低下に備えるために、サージング対応を施したディフューザーを搭載するといったハードウェアの改造が不要で、バルブの制御だけでエンジン回転数の低下に対応することができるので容易に導入することができる。

【００２３】
＜第二実施形態＞
以下、第二実施形態の発電システム１´およびその制御について、図面を参照して説明する。図８は、第二実施形態に係る発電システムの構成を示す概略図である。図８に例示するのは、過給機前吸込みの予混合ガスエンジンを含んだ発電システム１´の概略図である。図１に例示するガスエンジンと異なり、コンプレッサ５ａの前段にミキサ２ｃが設けられ、ミキサ２ｃには空気管２ａと燃料供給管８が接続され、ミキサ２ｃにて燃料ガスと空気が混合される。混合されたガス（混合ガスと称する。）は給気管２ｄを通じて過給機５のコンプレッサ５ａに供給される。コンプレッサ５ａで圧縮された混合ガスは、冷却器１０にて冷却され、給気管２ｅを通じてエンジン６の燃焼室６ａに供給される。エンジン６で燃焼した排ガスは、排気集合管９ｃに集められ、排気管９ｂを通じて排気タービン５ｂに供給される。他の構成については、図１で説明したものと同様である。また、図８ではセンサ類の記載を省略している。図８に例示する過給機前吸込みの予混合ガスエンジンの場合、ミキサ２ｃから燃焼室６ａまでの配管等の容積が大きく、運転中、この空間には混合ガスが充満している。この状態で、負荷遮断が生じると、ミキサ２ｃから燃焼室６ａまでの間に存在する混合ガスが燃焼室へ供給され燃焼し、エンジン６の出力がオーバーシュートする可能性がある。そこで、第二実施形態では、負荷遮断時に給気放出弁３ａを開として、混合ガスを放出することでオーバーシュートを抑制する。

【００２４】
（負荷遮断時の制御）
図９を参照して系統２０から切り離して（負荷遮断）単独運転へ移行する場合の制御について説明する。図９のグラフ９１は必要発電量の推移を示す。グラフ９２は排気バイパス弁４ａの開度の推移を示す。グラフ９３は給気放出弁３ａの開度の推移を示す。グラフ９１～９３の横軸の同じ位置は同じ時刻を示している。制御装置１００´は、遮断機１６ａまたは遮断器１６ｂをオフとすることを示す遮断機信号を取得すると、オーバーシュートを抑制する制御を行う。制御装置１００´は、時刻Ｔ１に遮断機信号（オフ）を取得すると、所定時間経過後に排気バイパス弁４ａを全開とする制御を行う（グラフ９２）。また、制御装置１００´は、給気放出弁３ａを開く制御を行う。給気放出弁３ａの制御方法として以下の２種類の例を説明する。これらの制御は図５を参照して説明したものと同様である。
（１）一定開度で開く。制御装置１００´は、時刻Ｔ１に遮断機信号（オフ）を取得すると、一定の開度で所定時間だけ給気放出弁３ａを開き、所定時間経過後に給気放出弁３ａを閉じる。グラフ９３は、この制御を示したものである。
（２）出力に応じて開く。制御装置１００´は、時刻Ｔ１に遮断機信号（オフ）を取得すると、出力センサ１４が計測する出力に応じて給気放出弁３ａを開く。
制御装置１００´は、例えば、一定時間、給気放出弁３ａを開いた後に給気放出弁３ａを閉じてもよいし、出力センサ１４が計測する出力が所定値に到達した後に給気放出弁３ａを閉じてもよいし、排気バイパス弁４ａが全開となった後に給気放出弁３ａを閉じてもよい。この制御は、負荷遮断や緊急停止時に適用することができる。また、図９で説明し

た制御を行った後、運転を継続し、再度系統２０に接続してもよい。
【００２５】
（動作）
次に図１０を参照して、本実施形態の給気放出弁３ａおよび排気バイパス弁４ａの制御について説明する。
図１０は、第二実施形態に係る制御の一例を示すフローチャートである。
制御装置１００´は、混合ガスの給気圧力が、Ｐｍｅと給気圧力のマップから算出される目標給気圧力となるよう排気バイパス弁４ａを制御する（ステップＳ１１）。この制御は、過給機５の運転中、継続して行われる。次に制御装置１００´は、負荷遮断が発生したかどうかを判定する（ステップＳ１２）。例えば、制御装置１００´は、遮断機１６ａが発する遮断機信号によって、負荷遮断の有無を判定する。負荷遮断がない場合（ステップＳ１２；Ｎｏ）、ステップＳ１の処理を継続する。負荷遮断がある場合（ステップＳ１２；Ｙｅｓ）、制御装置１００´は、給気放出弁３ａを開く制御を行う（ステップＳ１３）。例えば、制御装置１００´は、（１）一定開度で給気放出弁３ａを開いてもよいし、（２）エンジン６の出力に応じた開度で給気放出弁３ａを開いてもよい。また、制御装置１００´は、負荷遮断を検知してから一定時間が経過すると、排気バイパス弁４ａを全開とする（ステップＳ１４）。
【００２６】
（効果）
第二実施形態によれば、負荷遮断等の必要発電出力の変動によってエンジン６の出力がオーバーシュートすることを抑制することができる。
【００２７】
図１１は、実施形態に係るコンピュータの構成を示す概略ブロック図である。
コンピュータ９００は、ＣＰＵ９０１、主記憶装置９０２、補助記憶装置９０３、入出力インタフェース９０４、通信インタフェース９０５を備える。上述の制御装置１００、１００´は、コンピュータ９００に実装される。そして、上述した各機能は、プログラムの形式で補助記憶装置９０３に記憶されている。ＣＰＵ９０１は、プログラムを補助記憶装置９０３から読み出して主記憶装置９０２に展開し、当該プログラムに従って上記処理を実行する。ＣＰＵ９０１は、プログラムに従って、記憶領域を主記憶装置９０２に確保する。ＣＰＵ９０１は、プログラムに従って、処理中のデータを記憶する記憶領域を補助記憶装置９０３に確保する。
【００２８】
他の実施形態においては、コンピュータ９００は、上記構成に加えて、または上記構成に代えてＰＬＤ（Programmable Logic Device）などのカスタムＬＳＩ（Large Scale Integrated Circuit）を備えてもよい。ＰＬＤの例としては、ＰＡＬ(Programmable Array Logic)、ＧＡＬ(Generic Array Logic)、ＣＰＬＤ(Complex Programmable Logic Device)、ＦＰＧＡ（Field Programmable Gate Array）が挙げられる。この場合、プロセッサ９１によって実現される機能の一部または全部が当該集積回路によって実現されてよい。このような集積回路もプロセッサの一例に含まれる。
【００２９】
制御装置１００、１００´の全部または一部の機能を実現するためのプログラムをコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録して、この記録媒体に記録されたプログラムをコンピュータシステムに読み込ませ、実行することにより各機能部による処理を行ってもよい。ここでいう「コンピュータシステム」とは、ＯＳや周辺機器等のハードウェアを含むものとする。また、「コンピュータシステム」は、WWWシステムを利用している場合であれば、ホームページ提供環境（あるいは表示環境）も含むものとする。また、「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、ＣＤ、ＤＶＤ、ＵＳＢ等の可搬媒体、コンピュータシステムに内蔵されるハードディスク等の記憶装置のことをいう。また、このプログラムが通信回線によってコンピュータ９００に配信される場合、配信を受けたコンピュータ９００が当該プログラムを主記憶装置９０２に展開し、上記処理を実行しても良い。また

、上記プログラムは、前述した機能の一部を実現するためのものであっても良く、さらに前述した機能をコンピュータシステムにすでに記録されているプログラムとの組み合わせで実現できるものであってもよい。

【００３０】

以上のとおり、本開示に係るいくつかの実施形態を説明したが、これら全ての実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することを意図していない。これらの実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これらの実施形態及びその変形は、発明の範囲や要旨に含まれると同様に、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

【００３１】

＜付記＞

各実施形態に記載の制御装置、発電システム及び制御方法は、例えば以下のように把握される。

【００３２】

（１）第１の態様に係る制御装置は、過給機とエンジンを接続する給気管の途中から分岐された給気放出管に設けられた給気放出弁と、前記エンジンが排出する排ガスを、前記過給機をバイパスして排出する排気バイパス管に設けられた排気バイパス弁と、を制御する制御装置であって、前記過給機から前記エンジンへ供給する空気又は燃料と空気が混合された混合ガスの目標給気圧力に基づいて、前記排気バイパス弁の開度を制御する手段と、前記エンジンの回転数に低下が生じる場合、前記給気放出弁を開く手段と、を備える。

これにより、エンジン回転数の低下時に生じるサージングや出力のオーバーシュートを回避することができる。

【００３３】

（２）第２の態様に係る制御装置は、（１）の制御装置であって、前記排気バイパス弁を制御する手段は、前記エンジンの回転数および前記エンジンの出力から算出される正味平均有効圧力と、前記正味平均有効圧力と前記過給機から前記エンジンへの給気圧力との関係を定めた情報と、に基づいて、前記エンジンの前記正味平均有効圧力に応じた前記給気圧力を算出し、算出した前記給気圧力を達成できるように前記排気バイパス弁を制御する。

これにより、効率よくエンジンを運転することができる。

【００３４】

（３）第３の態様に係る制御装置は、（１）～（２）の制御装置であって、前記給気放出弁を開く手段は、前記エンジンの回転数に低下が生じる場合、一定の開度で前記給気放出弁を開く。

これにより、エンジン回転数の低下時に生じるサージングや出力のオーバーシュートを回避することができる。

【００３５】

（４）第４の態様に係る制御装置は、（１）～（２）の制御装置であって、前記給気放出弁を開く手段は、前記エンジンの回転数に低下が生じる場合、前記エンジンの回転数および／又は前記エンジンの出力に応じた開度で前記給気放出弁を開く。

これにより、エンジン回転数の低下時に生じるサージングや出力のオーバーシュートを回避することができる。

【００３６】

（５）第５の態様に係る制御装置は、（１）～（４）の制御装置であって、前記エンジンの回転数に低下が生じる場合とは、前記エンジンの駆動により発電する発電機が連系する電力系統の周波数が低下した場合、負荷遮断が発生した場合、負荷投入が発生した場合の何れかである。

これにより、エンジン回転数の低下を予測、推定することができる。

【００３７】

（６）第６の態様に係る発電システムは、エンジンと、前記エンジンが駆動する発電機と

、前記エンジンに圧縮空気を供給する過給機と、前記過給機と前記エンジンを接続する給気管と、前記給気管から分岐される給気放出管と、前記給気放出管に設けられた給気放出弁と、前記エンジンが排出する排ガスを、前記過給機をバイパスして排出する排気バイパス管と、前記排気バイパス管に設けられた排気バイパス弁と、請求項１または請求項２に記載の制御装置と、を備える。

【００３８】

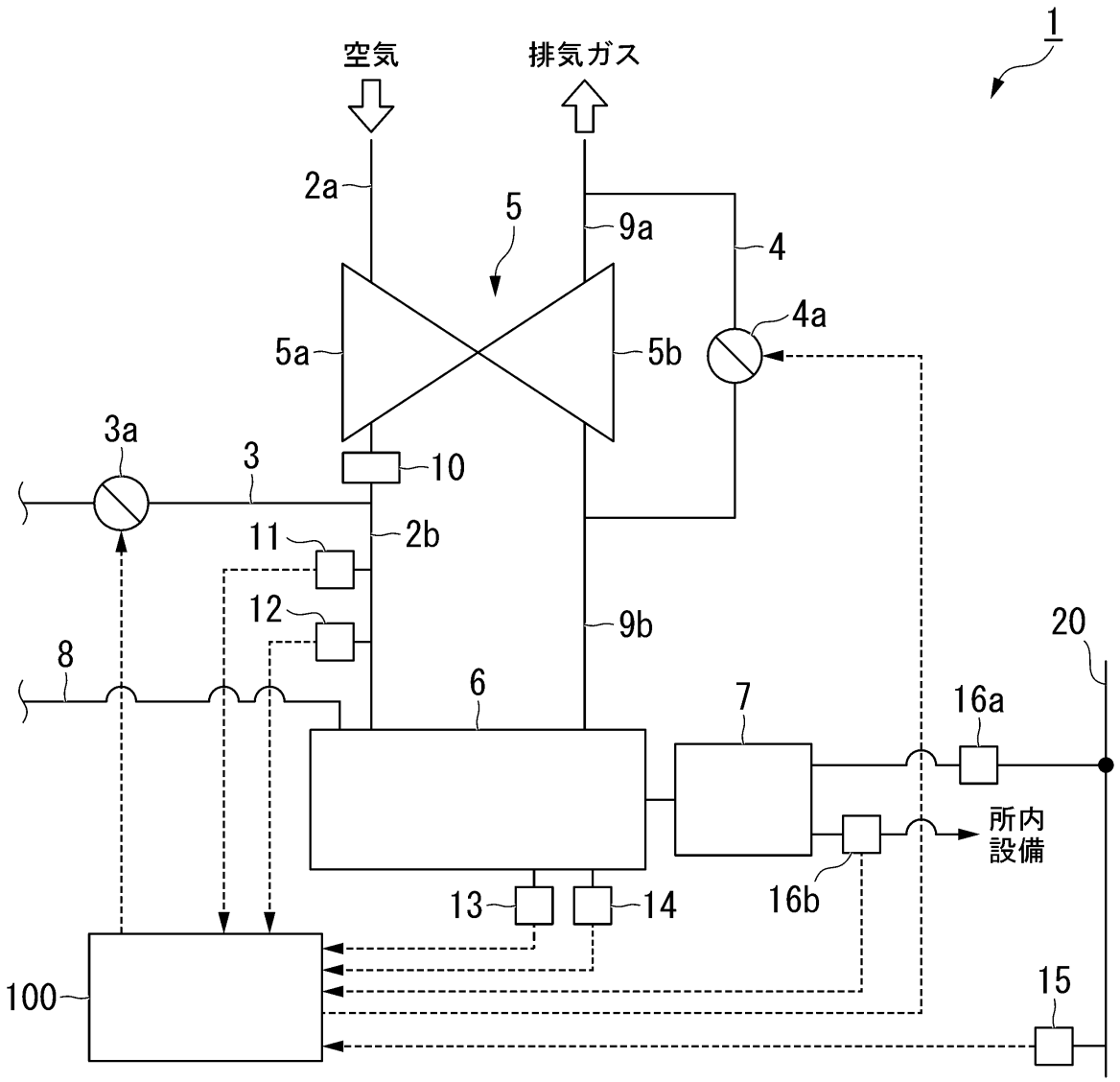
（７）第７の態様に係る制御方法は、過給機とエンジンを接続する給気管の途中から分岐された給気放出管に設けられた給気放出弁と、前記エンジンが排出する排ガスを、前記過給機をバイパスして排出する排気バイパス管に設けられた排気バイパス弁と、を制御する制御方法であって、前記過給機から前記エンジンへ供給する空気又は燃料と空気が混合された混合ガスの目標給気圧力に基づいて、前記排気バイパス弁の開度を制御し、前記エンジンの回転数に低下が生じる場合、前記給気放出弁を開く。

【符号の説明】

【００３９】

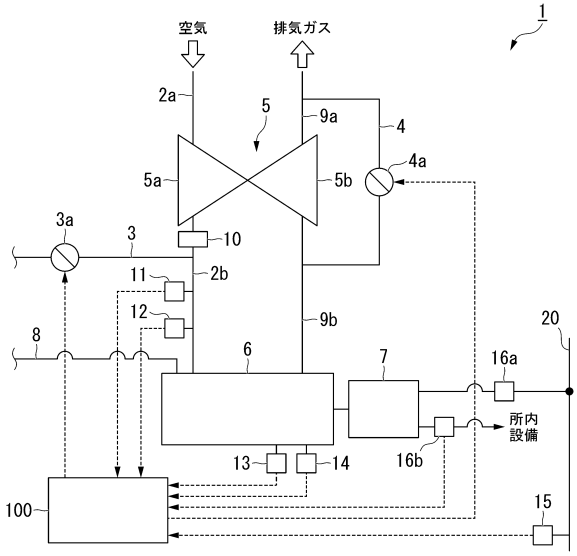
１、１´・・・発電システム、２ａ・・・空気管、２ｂ・・・給気管、２ｃ・・・ミキサ、２ｄ・・・給気管、２ｅ・・・給気管、３・・・給気放出管、３ａ・・・給気放出弁、４・・・排気バイパス管、４ａ・・・排気バイパス弁、５・・・過給機、５ａ・・・コンプレッサ、５ｂ・・・排気タービン、６・・・エンジン、７・・・発電機、８・・・燃料供給管、９ａ・・・排気出口管、９ｂ・・・排気管、９ｃ・・・排気集合管、１０・・・冷却器、１１・・・圧力センサ、１２・・・温度センサ、１３・・・回転数センサ、１４・・・出力センサ、１５・・・周波数センサ、１６ａ、１６ｂ・・・遮断機、２０・・・系統、１００、１００´・・・制御装置、９０１・・・ＣＰＵ、９０２・・・主記憶装置、９０３・・・補助記憶装置、９０４・・・入出力インタフェース、９０５・・・通信インタフェース

【要約】
【課題】エンジン回転数の低下に対応した過給機の制御を提供する。
【解決手段】制御装置は、過給機とエンジンを接続する給気管の途中から分岐された給気放出管に設けられた給気放出弁と、前記エンジンが排出する排ガスを、前記過給機をバイパスして排出する排気バイパス管に設けられた排気バイパス弁と、を制御する制御装置であって、前記過給機から前記エンジンへ供給する空気又は燃料と空気が混合された混合ガスの目標給気圧力に基づいて、前記排気バイパス弁を制御する手段と、前記エンジンの回転数に低下が生じる場合、前記給気放出弁を開く手段と、を備える。
【選択図】図１

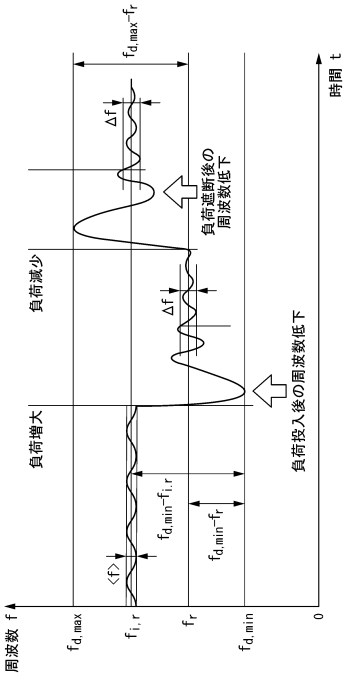


【図面】

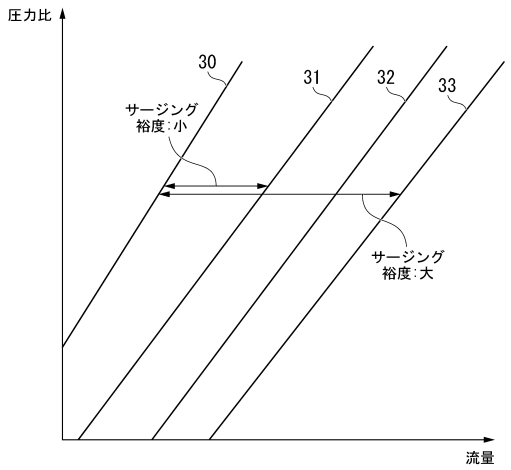
【図１】


空気
排気ガス
1
2a
5
9a
4
4a
5a
5b
3a
3
10
11
2b
12
9b
8
6
7
16a
20
所内
設備
13
14
16b
100
15

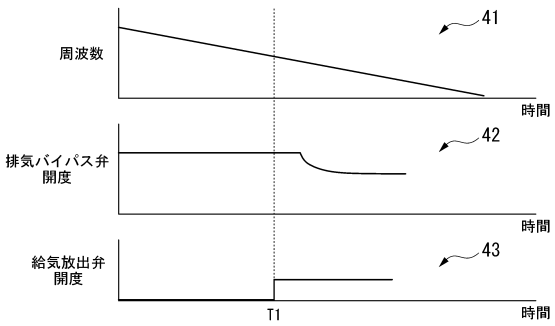
【図２】


$f_{d,max}-f_r$
時間 t
Δf
負荷遮断後の
周波数低下
負荷減少
Δf
負荷増大
負荷投入後の周波数低下
$f_{d,min}-f_{l,r}$
$f_{d,min}-f_r$
<F>
周波数 f
$f_{d,max}$
$f_{l,r}$
f_r
$f_{d,min}$
0

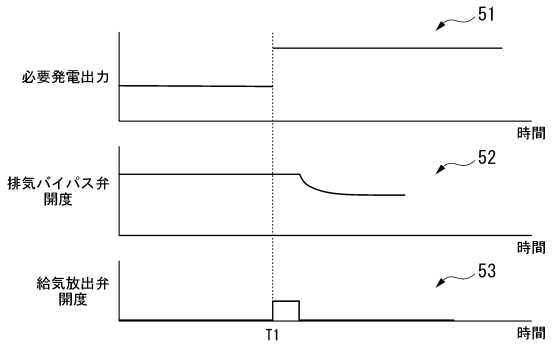
【図３】


圧力比
30
31
32
33
サージング
裕度:小
サージング
裕度:大
流量

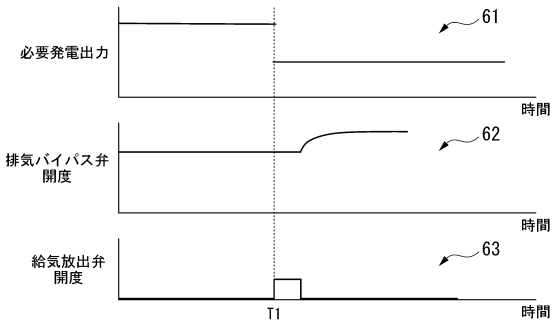
【図４】


41
周波数
時間
42
排気バイパス弁
開度
時間
43
給気放出弁
開度
T1
時間

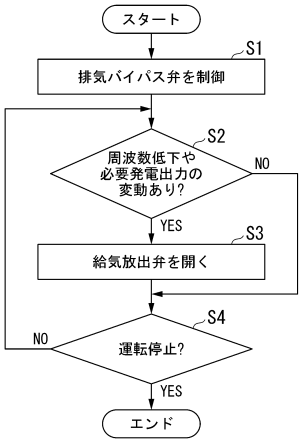
【図５】


51
必要発電出力
時間
52
排気バイパス弁
開度
時間
53
給気放出弁
開度
T1
時間

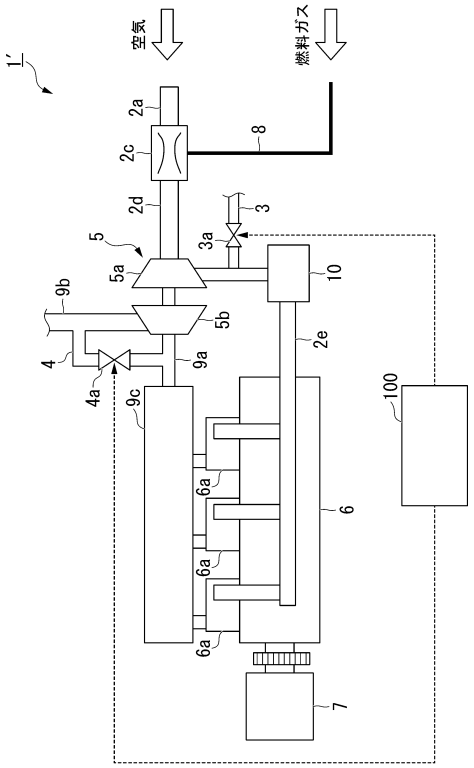
【図６】


61
必要発電出力
時間
62
排気バイパス弁
開度
時間
63
給気放出弁
開度
T1
時間

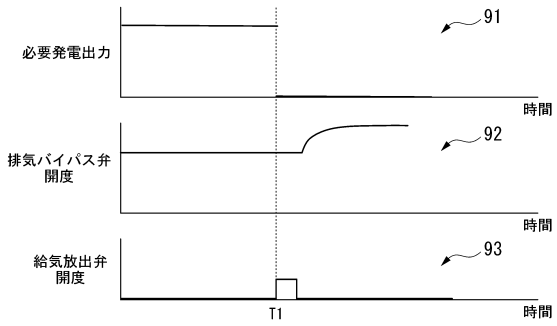
【図７】


スタート
S1
排気バイパス弁を制御
S2
周波数低下や
必要発電出力の
変動あり?
NO
YES
S3
給気放出弁を開く
S4
運転停止?
NO
YES
エンド

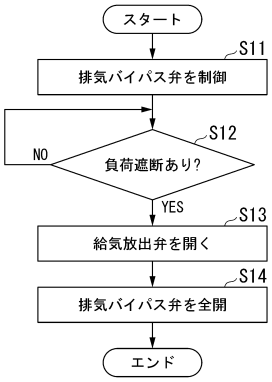
【図８】


空気
燃料ガス
1'
2a
8
2c
2d
3
3a
5
5a
10
9b
5b
2e
4
9a
4a
9c
100
6a
6
6a
6a
7

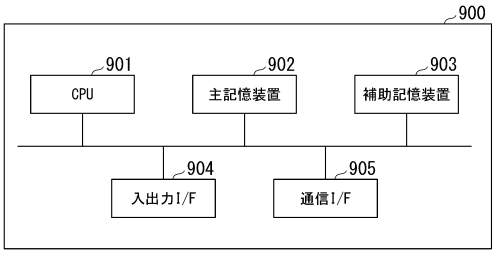
【図９】


必要発電出力
91
時間
排気バイパス弁
開度
92
時間
給気放出弁
開度
93
T1
時間

【図１０】


スタート
S11
排気バイパス弁を制御
S12
NO
負荷遮断あり?
YES
S13
給気放出弁を開く
S14
排気バイパス弁を全開
エンド

【図１１】


900
901
CPU
902
主記憶装置
903
補助記憶装置
904
入出力I/F
905
通信I/F

フロントページの続き

(72)発明者　鈴木 元
神奈川県相模原市中央区田名３０００番地 三菱重工エンジン＆ターボチャージャ株式会社内
(72)発明者　小圷 孝弘
神奈川県相模原市中央区田名３０００番地 三菱重工エンジン＆ターボチャージャ株式会社内
審査官　戸田 耕太郎
(56)参考文献　特開２０１７－１８０４２７（ＪＰ，Ａ）
中国特許出願公開第１１３０２７５９６（ＣＮ，Ａ）
特許第７１６０２２６（ＪＰ，Ｂ１）
特開昭６３－２４８９３７（ＪＰ，Ａ）
特開２００８－０３８８６８（ＪＰ，Ａ）
特開平０３－２５３７４８（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－１４９２２６（ＪＰ，Ａ）
特開２０１６－１６４３９９（ＪＰ，Ａ）
国際公開第２０２３／１３９７１６（ＷＯ，Ａ１）
(58)調査した分野　(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｆ０２Ｄ　２３／００
Ｆ０２Ｂ　３７／１８
Ｆ０２Ｄ　４１／０４