

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6934835号
(P6934835)

(45) 発行日 令和3年9月15日(2021.9.15)

(24) 登録日 令和3年8月26日(2021.8.26)

(51) Int.Cl. F I
F O 2 C 9/32 (2006.01) F O 2 C 9/32

請求項の数 20 (全 27 頁)

(21) 出願番号	特願2018-77254 (P2018-77254)	(73) 特許権者	514030104
(22) 出願日	平成30年4月13日 (2018.4.13)		三菱パワー株式会社
(65) 公開番号	特開2019-183772 (P2019-183772A)		神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3番1号
(43) 公開日	令和1年10月24日 (2019.10.24)	(74) 代理人	110000785
審査請求日	令和3年1月26日 (2021.1.26)		誠真 I P 特許業務法人
		(72) 発明者	高木 一茂
			東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内
		(72) 発明者	齋藤 昭彦
			東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ガスタービンの制御装置及びガスタービン並びにガスタービンの制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ガスタービンの出力の目標値である制御目標値を算出するように構成された目標値算出部と、

前記制御目標値と、前記ガスタービンの実出力値との偏差に基づき燃料指令値を算出するように構成された指令値算出部と、

を備え、

前記目標値算出部は、

前記ガスタービンの出力要求値の前記実出力値に対する差分が閾値以下になる直前において、前記制御目標値を前記出力要求値よりも大きな値に設定し、

前記差分が前記閾値以下になった後、前記制御目標値を前記値から減少させるように構成されたガスタービンの制御装置。

【請求項2】

前記目標値算出部は、

前記差分が前記閾値よりも大きいことを含むバイアス加算条件を満たす場合、前記出力要求値とバイアス値との和を上限として前記制御目標値を算出し、

前記制御目標値を前記出力要求値と前記バイアス値との前記和よりも小さな値として算出する

ように構成された

請求項 1 に記載のガスタービンの制御装置。

【請求項 3】

前記目標値算出部は、

前記バイアス加算条件を満たす場合、前記和に向けて前記制御目標値を一定レートで増大させ、

前記バイアス加算条件を満たさない場合、前記出力要求値に前記制御目標値が到達するまで一定レートで前記制御目標値を減少させるように構成された

請求項 2 に記載のガスタービンの制御装置。

【請求項 4】

前記バイアス加算条件は、

前記差分が前記閾値よりも大きい第 1 条件を含み、

前記ガスタービンのタービン入口温度の指標が該指標の閾値未満である第 2 条件、

前記ガスタービンの圧縮器の入口案内翼の開度が全開未満である第 3 条件、及び、

前記ガスタービンの燃料流量を調整するための流量調整弁の開度が上限値未満である第 4 条件のうち少なくともいずれかの条件を含む

請求項 2 又は 3 に記載のガスタービンの制御装置。

【請求項 5】

前記バイアス値は、前記バイアス加算条件が満たされている間、一定値であることを特徴とする請求項 2 乃至 4 の何れか一項に記載のガスタービンの制御装置。

【請求項 6】

前記バイアス値は、前記バイアス加算条件が満たされている期間のうち、前記制御目標値が前記出力要求値よりも小さいときはゼロであり、前記制御目標値が前記出力要求値以上であるときは正の値である

ことを特徴とする請求項 2 乃至 4 の何れか一項に記載のガスタービンの制御装置。

【請求項 7】

前記バイアス値は、前記バイアス加算条件が満たされている間、時間とともに徐々に増加するように設定される

ことを特徴とする請求項 2 乃至 4 の何れか一項に記載のガスタービンの制御装置。

【請求項 8】

前記指令値算出部は、

前記偏差に基づく入力信号を受け取って、前記燃料指令値を算出するためのフィードバック指令値を算出するように構成されたフィードバック制御器と、

前記差分が前記閾値以下になったとき、前記差分が前記閾値に達したときの前記フィードバック指令値である上限指令値以下に前記燃料指令値を制限するように構成された第 1 上限設定部と、を含む

請求項 1 乃至 7 の何れか一項に記載のガスタービンの制御装置。

【請求項 9】

前記フィードバック制御器は、

前記偏差から求まる比例項及び積分項に基づいて前記フィードバック指令値を算出するとともに、

前記差分が前記閾値以下になったとき、前記積分項の増加を制限して前記フィードバック指令値を算出するように構成された

ことを特徴とする請求項 8 に記載のガスタービンの制御装置。

【請求項 10】

前記指令値算出部は、

前記偏差に基づく入力信号を受け取って、前記燃料指令値を算出するためのフィードバック指令値を出力するように構成されたフィードバック制御器と、

前記フィードバック指令値と、前記フィードバック指令値とは別に算出された少なくとも一つの他の指令値とのうち最小の指令値を出力するように構成された低値選択器と、

10

20

30

40

50

前記差分が前記閾値以下になったとき、前記差分が前記閾値に達したときの前記低値選択器の出力値である上限指令値以下に前記燃料指令値を制限するように構成された第2上限設定部と、を含む

請求項1乃至7の何れか一項に記載のガスタービンの制御装置。

【請求項11】

前記指令値算出部は、

前記偏差に基づく入力信号を受け取って、前記燃料指令値を算出するためのフィードバック指令値を出力するように構成されたフィードバック制御器と、

前記差分が前記閾値以下になったとき、前記フィードバック制御器の前記入力信号をゼロに制限するように構成された偏差上限設定部と、を含む

10

請求項1乃至10の何れか一項に記載のガスタービンの制御装置。

【請求項12】

請求項1乃至11の何れか一項に記載の制御装置と、

空気を圧縮するための圧縮機と、

前記圧縮機からの圧縮空気と燃料との燃焼反応により燃焼ガスを生成するための燃焼器と、

前記燃焼器からの前記燃焼ガスにより駆動されるタービンと、を備え、

前記制御装置は、前記タービンの出力を制御するように構成されたことを特徴とするガスタービン。

20

【請求項13】

ガスタービンの出力の目標値である制御目標値を算出するステップと、

前記制御目標値と、前記ガスタービンの実出力値との偏差に基づき燃料指令値を算出するステップと、

を備え、

前記制御目標値を算出するステップでは、

前記ガスタービンの出力要求値の前記実出力値に対する差分が閾値以下になる直前において、前記制御目標値を前記出力要求値よりも大きな値に設定し、

前記差分が前記閾値以下になった後、前記制御目標値を前記値から減少させるガスタービンの制御方法。

30

【請求項14】

前記制御目標値を算出するステップでは、

前記差分が前記閾値よりも大きいことを含むバイアス加算条件を満たす場合、前記出力要求値とバイアス値との和を上限として前記制御目標値を算出し、

前記バイアス加算条件を充足しない場合、前記制御目標値を前記出力要求値と前記バイアス値との前記和よりも小さな値として算出する

請求項13に記載のガスタービンの制御方法。

【請求項15】

前記制御目標値を算出するステップでは、

前記バイアス加算条件を満たす場合、前記和に向けて前記制御目標値を一定レートで増大させ、

40

前記バイアス加算条件を満たさない場合、前記出力要求値に前記制御目標値が到達するまで一定レートで前記制御目標値を減少させる

請求項14に記載のガスタービンの制御方法。

【請求項16】

前記バイアス加算条件は、

前記差分が前記閾値よりも大きい第1条件を含み、

前記ガスタービンのタービン入口温度の指標が該指標の閾値未満である第2条件、

前記ガスタービンの圧縮器の入口案内翼の開度が全開未満である第3条件、及び、

前記ガスタービンの燃料流量を調整するための流量調整弁の開度が上限値未満である第4条件のうち少なくともいずれかの条件を含む

50

請求項 14 又は 15 に記載のガスタービンの制御方法。

【請求項 17】

前記燃料指令値を算出するステップは、

前記偏差に基づく入力値に基づいて、前記燃料指令値を算出するためのフィードバック指令値を算出するステップと、

前記差分が前記閾値以下になったとき、前記差分が前記閾値に達したときの前記フィードバック指令値である上限指令値以下に前記燃料指令値を制限するステップと、を含む請求項 14 乃至 16 の何れか一項に記載のガスタービンの制御方法。

【請求項 18】

前記フィードバック指令値を算出するステップでは、

前記偏差から求まる比例項及び積分項に基づいて前記フィードバック指令値を算出するとともに、

前記差分が前記閾値以下になったとき、前記積分項の増加を制限して前記フィードバック指令値を算出する

ことを特徴とする請求項 17 に記載のガスタービンの制御方法。

【請求項 19】

前記燃料指令値を算出するステップは、

前記偏差に基づく入力値に基づいて、前記燃料指令値を算出するためのフィードバック指令値を算出するステップと、

前記フィードバック指令値と、前記フィードバック指令値とは別に算出された少なくとも一つの他の指令値とのうち最小の指令値を算出するステップと、

前記差分が前記閾値以下になったとき、前記差分が前記閾値に達したときの前記最小の指令値である上限指令値以下に前記燃料指令値を制限するステップと、を含む

請求項 13 乃至 16 の何れか一項に記載のガスタービンの制御方法。

【請求項 20】

前記燃料指令値を算出するステップは、

前記偏差に基づく入力値に基づいて、前記燃料指令値を算出するためのフィードバック指令値を算出するステップと、

前記差分が前記閾値以下になったとき、前記フィードバック指令値を算出するステップでの前記入力値をゼロに制限するステップと、を含む

請求項 13 乃至 19 の何れか一項に記載のガスタービンの制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、ガスタービンの制御装置及びガスタービン並びにガスタービンの制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

ガスタービンは、要求負荷の変動に応じて、出力を変化させるように運転制御することが要求される場合がある。

【0003】

このような運転制御を行うための装置として、例えば特許文献 1 には、負荷要求設定値から算出される目標出力と、実際の発電機出力との偏差に基づくフィードバック制御により、ガスタービンの負荷を制御する制御装置が開示されている。

この制御装置において、フィードバック制御の目標出力は、負荷要求設定値に応じて求まる負荷設定値 (LDSET) に基づいて決定されるようになっている。より具体的には、例えば、負荷要求設定値がステップ状に増加するとき、負荷設定値 (LDSET) は変更前の負荷要求設定値から変更後の負荷要求設定値まで徐々に増加するようになっている。

そして、この制御装置では、要求負荷設定値の変化に対して発電機出力の追従を早くするために、負荷設定値 (LDSET) が上述のように徐々に増加している間は、負荷設定値 (L

10

20

30

40

50

DSET) に所定のバイアス値を加算して得られる目標出力に基づいて、フィードバック制御が行われるようになっている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2007-177626号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、ガスタービンは、プラント起動時等に、出力を急速に増加させる運転が求められることがある。

10

一方、ガスタービンの出力を急速に上昇させるためには、燃焼器に供給する燃料の流量を急速に増大させる必要があるが、この場合、燃焼器内での燃料が空気に対して過剰となりやすく、このためタービン入口温度が高くなりやすい。しかし、タービン入口温度が設計上限値を超過すると、ガスタービンを構成する機器の損傷につながる場合がある。そこで、ガスタービンの急速な出力上昇を実現しながら、タービン入口温度の超過を抑制することが望まれる。

【0006】

上述の事情に鑑みて、本発明の少なくとも一実施形態は、ガスタービンの急速な出力上昇と、タービン入口温度の超過防止との両立が可能なガスタービンの制御装置及びガスタービン並びにガスタービンの制御方法を提供することを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0007】

(1) 本発明の少なくとも一実施形態に係るガスタービンの制御装置は、

ガスタービンの出力の目標値である制御目標値を算出するように構成された目標値算出部と、

前記制御目標値と、前記ガスタービンの実出力値との偏差に基づき燃料指令値を算出するように構成された指令値算出部と、

を備え、

前記目標値算出部は、

30

前記ガスタービンの出力要求値の前記実出力値に対する差分が閾値以下になる直前において、前記制御目標値を前記出力要求値よりも大きな値に設定し、

前記差分が前記閾値以下になった後、前記制御目標値を前記値から減少させるように構成される。

【0008】

上記(1)の構成では、出力要求値と実出力値との差分が閾値以下になる直前において、出力要求値よりも大きな値として設定された制御目標値に基づく制御を行うようにしたので、制御目標値が出力要求値に達した後も、実出力値が出力要求値にさらに近づくまで(即ち、出力要求値と実出力値との差分が閾値になるまで)、制御偏差を大きく確保することができる。これにより、制御の応答性を向上させることができる。

40

また、上記(1)の構成では、出力要求値と実出力値との差分が閾値以下になったら、制御目標値を減少させて制御偏差を減少させるようにしたので、オーバーシュートが抑制されるように燃料指令値を算出し、ガスタービンに供給する燃料流量が過剰となるのを抑制することができる。

よって、上記(1)の構成によれば、ガスタービンの急速な出力上昇と、タービン入口温度の超過防止とを両立することができる。

【0009】

(2) 幾つかの実施形態では、上記(1)の構成において、

前記目標値算出部は、

前記差分が前記閾値よりも大きいことを含むバイアス加算条件を満たす場合、前記出

50

力要求値とバイアス値との和を上限として前記制御目標値を算出し、

前記バイアス加算条件を充足しない場合、前記制御目標値を前記出力要求値と前記バイアス値との前記和よりも小さな値として算出するように構成される。

【0010】

上記(2)の構成では、出力要求値と実出力値との差分が閾値よりも大きいとき(即ち、前記差分が閾値になる直前まで)、出力要求値にバイアス値を加算して得られる制御目標値に基づく制御を行うようにしたので、制御目標値が出力要求値に達した後も、実出力値が出力要求値にさらに近づくまで(即ち、出力要求値と実出力値との差分が閾値になるまで)、制御偏差を大きく確保することができる。これにより、制御の応答性を向上させることができる。

10

また、上記(2)の構成では、出力要求値と実出力値との差分が閾値以下となった場合、制御目標値の算出時におけるバイアス値の加算を解除して、制御目標値を減少させて制御偏差を減少させるようにしたので、オーバーシュートが抑制されるように燃料指令値を算出し、ガスタービンに供給する燃料流量が過剰となるのを抑制することができる。

よって、上記(2)の構成によれば、ガスタービンの急速な出力上昇と、タービン入口温度の超過防止とを両立することができる。

【0011】

(3) 幾つかの実施形態では、上記(2)の構成において、

前記目標値算出部は、

前記バイアス加算条件を満たす場合、前記出力要求値と前記バイアス値との前記和に向けて前記制御目標値を一定レートで増大させ、

前記バイアス加算条件を満たさない場合、前記出力要求値に前記制御目標値が到達するまで一定レートで前記制御目標値を減少させるように構成される。

20

【0012】

上記(3)の構成によれば、制御目標値を一定レートで増大又は減少させるようにしたので、例えば、制御目標値をステップ状に増大又は減少させる場合に比べて、ガスタービン出力の急激な変化を抑制して、ガスタービンの損傷を抑制することができる。

【0013】

(4) 幾つかの実施形態では、上記(2)又は(3)の構成において、

前記バイアス加算条件は、

前記差分が前記閾値よりも大きい第1条件を含み、

前記ガスタービンのタービン入口温度の指標が該指標の閾値未満である第2条件、

前記ガスタービンの圧縮器の入口案内翼の開度が全開未満である第3条件、及び、

前記ガスタービンの燃料流量を調整するための流量調整弁の開度が上限値未満である第4条件のうち少なくともいずれかの条件を含む。

30

【0014】

上記(4)の構成によれば、第1条件、又は、第2条件乃至第4条件の少なくともいずれか、の少なくとも一方が満たされる場合に、出力要求値にバイアス値を加算して得られる制御目標値に基づく制御が行われる。

40

すなわち、出力要求値と実出力値との差分が閾値よりも大きいとき、あるいは、タービン入口温度が閾値(例えば上限値)よりも低いか、上述の入口案内翼の開度が全開未満であるか、上述の流量調整弁の開度が上限値未満であるときには、出力要求値にバイアス値を加算して得られる制御目標値に基づく制御を行うようにしたので、制御偏差を大きく確保して、制御の応答性を向上させることができる。

また、出力要求値と実出力値との差分が閾値以下となったとき、あるいは、タービン入口温度が閾値(例えば上限値)に達するか、上述の入口案内翼の開度が全開になるか、上述の流量調整弁の開度が上限値に達したら、制御目標値の算出時におけるバイアス値の加算を解除して、制御目標値を減少させて制御偏差を減少させる。よって、オーバーシュー

50

トが抑制されるように燃料指令値を算出し、ガスタービンに供給する燃料流量が過剰となるのをより確実に抑制することができる。

よって、上記(4)の構成によれば、ガスタービンの急速な出力上昇を可能としながら、タービン入口温度の超過をより確実に抑制することができる。

【0015】

(5) 幾つかの実施形態では、上記(2)乃至(4)の何れかの構成において、前記バイアス値は、前記バイアス加算条件が満たされている間、一定値である。

【0016】

上記(5)の構成によれば、バイアス加算条件が満たされている間のバイアス値を一定としたので、バイアス値を容易に管理することができる。

10

【0017】

(6) 幾つかの実施形態では、上記(2)乃至(4)の何れかの構成において、前記バイアス値は、前記バイアス加算条件が満たされている期間のうち、前記制御目標値が前記出力要求値よりも小さいときはゼロであり、前記制御目標値が前記出力要求値以上であるときは正の値である。

【0018】

上記(6)の構成によれば、前記バイアス加算条件が満たされている期間のうち、出力要求値の前記実出力値に対する差分が比較的小さく、バイアス値の加算による制御偏差の拡大の必要性が大きい期間にのみ、出力要求値にバイアス値を加算するようにしたので、それよりも前の期間において、指令値算出部で算出される燃料指令値が過剰となるのをより確実に抑制することができる。よって、ガスタービンに供給される燃料流量が過剰となるのをより確実に抑制することができる。

20

【0019】

(7) 幾つかの実施形態では、上記(2)乃至(4)の何れかの構成において、前記バイアス値は、前記バイアス加算条件が満たされている間、時間とともに徐々に増加するように設定される。

【0020】

上記(7)の構成によれば、バイアス加算条件が満たされている間、出力要求値に加算するバイアス値を徐々に増加させることで、指令値算出部で算出される燃料指令値が急激に大きくなることを抑制することができる。よって、ガスタービンに供給される燃料流量が過剰となるのをより確実に抑制することができる。

30

【0021】

(8) 幾つかの実施形態では、上記(1)乃至(7)の何れかの構成において、前記指令値算出部は、

前記偏差に基づき入力信号を受け取って、前記燃料指令値を算出するためのフィードバック指令値を算出するように構成されたフィードバック制御器と、

前記出力要求値の前記実出力値に対する前記差分が前記閾値以下になったとき、前記差分が前記閾値に達したときの前記フィードバック指令値である上限指令値以下に前記燃料指令値を制限するように構成された第1上限設定部と、を含む。

【0022】

40

上記(8)の構成によれば、出力要求値の実出力値に対する差分が閾値以下になったとき、前記差分が閾値に達したときのフィードバック指令値である上限指令値以下に燃料指令値を制限するようにしたので、タービン入口温度の超過をより確実に抑制することができる。

【0023】

(9) 幾つかの実施形態では、上記(8)の構成において、

前記フィードバック制御器は、

前記偏差から求まる比例項及び積分項に基づいて前記フィードバック指令値を算出するとともに、

前記出力要求値の前記実出力値に対する前記差分が前記閾値以下になったとき、前記

50

積分項の増加を制限して前記フィードバック指令値を算出するように構成される。

【0024】

上記(9)の構成によれば、出力要求値の実出力値に対する差分が閾値以下になったとき、前記差分が閾値に達したときのフィードバック指令値である上限指令値以下に燃料指令値を制限するとともに、積分項の増加を制限してフィードバック指令値を算出するようにしたので、積分計算が飽和することで制御の応答性が低下する現象(ワインドアップ)を防止することができる。

【0025】

(10)幾つかの実施形態では、上記(1)乃至(7)の何れかの構成において、前記指令値算出部は、

前記偏差に基づく入力信号を受け取って、前記燃料指令値を算出するためのフィードバック指令値を出力するように構成されたフィードバック制御器と、

前記フィードバック指令値と、前記フィードバック指令値とは別に算出された少なくとも一つの他の指令値とのうち最小の指令値を算出するように構成された低値選択器と、

前記出力要求値の前記実出力値に対する前記差分が前記閾値以下になったとき、前記差分が前記閾値に達したときの前記低値選択器の出力値である上限指令値以下に前記燃料指令値を制限するように構成された第2上限設定部と、を含む。

【0026】

上記(10)の構成によれば、フィードバック制御器からのフィードバック指令値と、該フィードバック指令値とは別に算出された指令値のうち、最小の指令値に基づいて燃料指令値を決定するとともに、出力要求値の実出力値に対する差分が閾値以下になったとき、前記差分が閾値に達したときの低値選択器の出力値である上限指令値以下に燃料指令値を制限するようにしたので、タービン入口温度の超過をより確実に抑制することができる。

【0027】

(11)幾つかの実施形態では、上記(1)乃至(10)の何れかの構成において、前記指令値算出部は、

前記偏差に基づく入力信号を受け取って、前記燃料指令値を算出するためのフィードバック指令値を出力するように構成されたフィードバック制御器と、

前記出力要求値の前記実出力値に対する前記差分が前記閾値以下になったとき、前記フィードバック制御器の前記入力信号をゼロに制限するように構成された偏差上限設定部と、を含む。

【0028】

上記(11)の構成によれば、出力要求値の実出力値に対する差分が閾値以下になったとき、フィードバック制御器の入力信号をゼロに制限するようにしたので、タービン入口温度の超過をより確実に抑制することができる。

【0029】

(12)本発明の少なくとも一実施形態に係るガスタービンは、

上記(1)乃至(11)の何れかに記載の制御装置と、

空気を圧縮するための圧縮機と、

前記圧縮機からの圧縮空気と燃料との燃焼反応により燃焼ガスを生成するための燃焼器と、

前記燃焼器からの前記燃焼ガスにより駆動されるタービンと、を備え、

前記制御装置は、前記タービンの出力を制御するように構成される。

【0030】

上記(12)の構成では、出力要求値と実出力値との差分が閾値以下になる直前において、出力要求値よりも大きな値として設定された制御目標値に基づく制御を行うようにしたので、制御目標値が出力要求値に達した後も、実出力値が出力要求値にさらに近づくまで(即ち、出力要求値と実出力値との差分が閾値になるまで)、制御偏差を大きく確保することができる。これにより、制御の応答性を向上させることができる。

10

20

30

40

50

また、上記(12)の構成では、出力要求値と実出力値との差分が閾値以下になったら、制御目標値を減少させて制御偏差を減少させるようにしたので、オーバーシュートが抑制されるように燃料指令値を算出し、ガスタービンに供給する燃料流量が過剰となるのを抑制することができる。

よって、上記(12)の構成によれば、ガスタービンの急速な出力上昇と、タービン入口温度の超過防止とを両立することができる。

【0031】

(13)本発明の少なくとも一実施形態に係るガスタービンの制御方法は、

ガスタービンの出力の目標値である制御目標値を算出するステップと、

前記制御目標値と、前記ガスタービンの実出力値との偏差に基づき燃料指令値を算出するステップと、
を備え、

前記制御目標値を算出するステップでは、

前記ガスタービンの出力要求値の前記実出力値に対する差分が閾値以下になる直前において、前記制御目標値を前記出力要求値よりも大きな値に設定し、

前記差分が前記閾値以下になった後、前記制御目標値を前記値から減少させる。

【0032】

上記(13)の方法では、出力要求値と実出力値との差分が閾値以下になる直前において、出力要求値よりも大きな値として設定された制御目標値に基づく制御を行うようにしたので、制御目標値が出力要求値に達した後も、実出力値が出力要求値にさらに近づくまで(即ち、出力要求値と実出力値との差分が閾値になるまで)、制御偏差を大きく確保することができる。これにより、制御の応答性を向上させることができる。

また、上記(13)の方法では、出力要求値と実出力値との差分が閾値以下になったら、制御目標値を減少させて制御偏差を減少させるようにしたので、オーバーシュートが抑制されるように燃料指令値を算出し、ガスタービンに供給する燃料流量が過剰となるのを抑制することができる。

よって、上記(13)の方法によれば、ガスタービンの急速な出力上昇と、タービン入口温度の超過防止とを両立することができる。

【0033】

(14)幾つかの実施形態では、上記(13)の方法において、

前記制御目標値を算出するステップでは、

前記差分が前記閾値よりも大きいことを含むバイアス加算条件を満たす場合、前記出力要求値とバイアス値との和を上限として前記制御目標値を算出し、

前記バイアス加算条件を充足しない場合、前記制御目標値を前記出力要求値と前記バイアス値との前記和よりも小さな値として算出する。

【0034】

上記(14)の方法では、出力要求値と実出力値との差分が閾値よりも大きいとき(即ち、前記差分が閾値になる直前まで)、出力要求値にバイアス値を加算して得られる制御目標値に基づく制御を行うようにしたので、制御目標値が出力要求値に達した後も、実出力値が出力要求値にさらに近づくまで(即ち、出力要求値と実出力値との差分が閾値になるまで)、制御偏差を大きく確保することができる。これにより、制御の応答性を向上させることができる。

また、上記(14)の方法では、出力要求値と実出力値との差分が閾値以下となったら、制御目標値の算出時におけるバイアス値の加算を解除して、制御目標値を減少させて制御偏差を減少させるようにしたので、オーバーシュートが抑制されるように燃料指令値を算出し、ガスタービンに供給する燃料流量が過剰となるのを抑制することができる。

よって、上記(14)の方法によれば、ガスタービンの急速な出力上昇と、タービン入口温度の超過防止とを両立することができる。

【0035】

(15)幾つかの実施形態では、上記(14)の方法において、

10

20

30

40

50

前記制御目標値を算出するステップでは、

前記バイアス加算条件を満たす場合、前記出力要求値と前記バイアス値との前記和に向けて前記制御目標値を一定レートで増大させ、

前記バイアス加算条件を満たさない場合、前記出力要求値に前記制御目標値が到達するまで一定レートで前記制御目標値を減少させる。

【0036】

上記(15)の方法によれば、制御目標値を一定レートで増大又は減少させるようにしたので、例えば、制御目標値をステップ状に増大又は減少させる場合に比べて、ガスタービン出力の急激な変化を抑制して、ガスタービンの損傷を抑制することができる。

【0037】

(16)幾つかの実施形態では、上記(14)又は(15)の方法において、

前記バイアス加算条件は、

前記差分が前記閾値よりも大きい第1条件を含み、

前記ガスタービンのタービン入口温度の指標が該指標の閾値未満である第2条件、

前記ガスタービンの圧縮器の入口案内翼の開度が全開未満である第3条件、及び、

前記ガスタービンの燃料流量を調整するための流量調整弁の開度が上限値未満である第4条件のうち少なくともいずれかの条件を含む。

【0038】

上記(16)の方法によれば、第1条件、又は、第2条件乃至第4条件の少なくともいずれか、の少なくとも一方が満たされる場合に、出力要求値にバイアス値を加算して得られる制御目標値に基づく制御が行われる。

すなわち、出力要求値と実出力値との差分が閾値よりも大きいとき、あるいは、タービン入口温度が閾値(例えば上限値)よりも低いか、上述の入口案内翼の開度が全開未満であるか、上述の流量調整弁の開度が上限値未満であるときには、出力要求値にバイアス値を加算して得られる制御目標値に基づく制御を行うようにしたので、制御偏差を大きく確保して、制御の応答性を向上させることができる。

また、出力要求値と実出力値との差分が閾値以下となったとき、あるいは、タービン入口温度が閾値(例えば上限値)に達するか、上述の入口案内翼の開度が全開になるか、上述の流量調整弁の開度が上限値に達したら、制御目標値の算出時におけるバイアス値の加算を解除して、制御目標値を減少させて制御偏差を減少させる。よって、オーバーシュートが抑制されるように燃料指令値を算出し、ガスタービンに供給する燃料流量が過剰となるのをより確実に抑制することができる。

よって、上記(16)の方法によれば、ガスタービンの急速な出力上昇を可能としながら、タービン入口温度の超過をより確実に抑制することができる。

【0039】

(17)幾つかの実施形態では、上記(13)乃至(16)の何れかの方法において、

前記燃料指令値を算出するステップは、

前記偏差に基づく入力値に基づいて、前記燃料指令値を算出するためのフィードバック指令値を算出するステップと、

前記出力要求値の前記実出力値に対する前記差分が前記閾値以下になったとき、前記差分が前記閾値に達したときの前記フィードバック指令値である上限指令値以下に前記燃料指令値を制限するステップと、を含む。

【0040】

上記(17)の方法によれば、出力要求値の実出力値に対する差分が閾値以下になったとき、前記差分が閾値に達したときのフィードバック指令値である上限指令値以下に燃料指令値を制限するようにしたので、タービン入口温度の超過をより確実に抑制することができる。

【0041】

(18)幾つかの実施形態では、上記(17)の方法において、

前記フィードバック指令値を算出するステップでは、

10

20

30

40

50

前記偏差から求まる比例項及び積分項に基づいて前記フィードバック指令値を算出するとともに、

前記出力要求値の前記実出力値に対する前記差分が前記閾値以下になったとき、前記積分項の増加を制限して前記フィードバック指令値を算出する。

【0042】

上記(18)の方法によれば、出力要求値の実出力値に対する差分が閾値以下になったとき、前記差分が閾値に達したときのフィードバック指令値である上限指令値以下に燃料指令値を制限するとともに、積分項の増加を制限してフィードバック指令値を算出するようにしたので、積分計算が飽和することで制御の応答性が低下する現象(ワインドアップ)を防止することができる。

10

【0043】

(19)幾つかの実施形態では、上記(13)乃至(16)の何れかの方法において、前記燃料指令値を算出するステップは、

前記偏差に基づく入力値に基づいて、前記燃料指令値を算出するためのフィードバック指令値を算出するステップと、

前記フィードバック指令値と、前記フィードバック指令値とは別に算出された少なくとも一つの他の指令値とのうち最小の指令値を算出するステップと、

前記出力要求値の前記実出力値に対する前記差分が前記閾値以下になったとき、前記差分が前記閾値に達したときの前記低値選択ステップで算出された前記最小の指令値である上限指令値以下に前記燃料指令値を制限するステップと、を含む。

20

【0044】

上記(19)の方法によれば、フィードバック制御器からのフィードバック指令値と、該フィードバック指令値とは別に算出された指令値のうち、最小の指令値に基づいて燃料指令値を決定するとともに、出力要求値の実出力値に対する差分が閾値以下になったとき、前記差分が閾値に達したときの低値選択器の出力値である上限指令値以下に燃料指令値を制限するようにしたので、タービン入口温度の超過をより確実に抑制することができる。

【0045】

(20)幾つかの実施形態では、上記(13)乃至(19)の何れかの方法において、前記燃料指令値を算出するステップは、

30

前記偏差に基づく入力値に基づいて、前記燃料指令値を算出するためのフィードバック指令値を算出するステップと、

前記出力要求値の前記実出力値に対する前記差分が前記閾値以下になったとき、前記フィードバック指令値を算出するステップでの前記入力値をゼロに制限するステップと、を含む。

【0046】

上記(20)の方法によれば、出力要求値の実出力値に対する差分が閾値以下になったとき、フィードバック制御器の入力信号をゼロに制限するようにしたので、タービン入口温度の超過をより確実に抑制することができる。

【発明の効果】

40

【0047】

本発明の少なくとも一実施形態によれば、ガスタービンの急速な出力上昇と、タービン入口温度の超過防止との両立が可能なガスタービンの制御装置及びガスタービン並びにガスタービンの制御方法が提供される。

【図面の簡単な説明】

【0048】

【図1】幾つかの実施形態に係る制御装置を含むガスタービンの概略図である。

【図2】一実施形態に係る制御装置の構成を示すブロック図である。

【図3】一実施形態に係る制御装置の目標値算出部の構成を示すブロック図である。

【図4】ガスタービンの出力制御に係る各パラメータの時間変化の一例を示す図である。

50

- 【図 5】ガスタービンの出力制御に係る各パラメータの時間変化の一例を示す図である。
 【図 6】ガスタービンの出力制御に係る各パラメータの時間変化の一例を示す図である。
 【図 7】一実施形態に係る制御装置の構成を示すブロック図である。
 【図 8】ガスタービンの出力制御に係る各パラメータの時間変化の一例を示す図である。
 【図 9】一実施形態に係る制御装置の構成を示すブロック図である。
 【図 10】一実施形態に係る制御装置の構成を示すブロック図である。
 【図 11】一実施形態に係る制御装置の構成を示すブロック図である。
 【図 12】一実施形態に係る制御装置の構成を示すブロック図である。
 【発明を実施するための形態】

【0049】

10

以下、添付図面を参照して本発明の幾つかの実施形態について説明する。ただし、実施形態として記載されている又は図面に示されている構成部品の寸法、材質、形状、その相対的配置等は、本発明の範囲をこれに限定する趣旨ではなく、単なる説明例にすぎない。

【0050】

図 1 は、幾つかの実施形態に係る制御装置を含むガスタービンの概略図である。同図に示すように、ガスタービン 1 は、空気を圧縮するための圧縮機 3 と、燃料（例えば天然ガス等）を燃焼させて燃焼ガスを発生させるための燃焼器 4 と、燃焼ガスにより回転駆動されるように構成されたタービン 5 と、ガスタービン 1 の出力を制御するための制御装置 10 と、を備える。

【0051】

20

燃焼器 4 には、燃料（天然ガス等）が供給されるとともに圧縮機 3 からの圧縮空気が送り込まれるようになっており、この圧縮空気を酸化剤として燃料が燃焼され、燃焼ガスが発生するようになっている。燃焼器 4 に供給される燃料の流量は、流量調節手段としての流量調整弁 7 によって調整可能になっている。

【0052】

タービン 5 には回転軸 6 を介して発電機 8 が連結されており、タービン 5 の回転エネルギーによって発電機 8 が駆動されて電力が生成されるようになっている。タービン 5 で仕事を終えた燃焼ガスは、排ガスとしてタービン 5 から排出されるようになっている。

【0053】

発電機 8 で生成された電力は、図示しない遮断機又は変圧器等を介して電力系統へと送電されるようになっていてもよい。

30

発電機 8 での発電電力（有効電力；発電機又はガスタービンの実出力値）の値が図示しない計測器で計測され、制御装置 10 にフィードバックされるようになっている。

【0054】

制御装置 10 は、図示しない CPU 及びメモリを有しており、受け取ったガスタービン 1 の実出力値 P_A 等に基づいて、燃焼器 4 に供給すべき燃料の流量に係る指令値（燃料指令値 F_I ）を算出する。そして、燃焼器 4 に供給される燃料の流量が、算出した燃料指令値 F_I に合致するように、流量調整弁 7 の開度を調節するように構成されている。

このようにして、制御装置 10 によってガスタービン 1 の出力の制御（すなわち、発電機出力の制御）が行われるようになっている。

40

【0055】

以下、図 2 ~ 図 12 を参照して、幾つかの実施形態に係るガスタービン 1 の制御装置 10 及び制御方法について説明する。

図 2 は、一実施形態に係る制御装置 10 の構成を示すブロック図である。図 3 は、一実施形態に係る制御装置 10 の目標値算出部の構成を示すブロック図である。図 4 ~ 図 6 は、それぞれ、ガスタービン 1 の起動時における、ガスタービン 1 の出力制御に係る各パラメータの時間変化の一例を示す図である。

【0056】

図 2 に示すように、一実施形態に係る制御装置 10 は、ガスタービン 1 の出力の目標値である制御目標値 P_T を算出するための目標値算出部 20 と、ガスタービン 1 の燃焼器 4

50

に供給する燃料の流量に係る燃料指令値 F_I を算出するための指令値算出部 30 と、を備えている。

目標値算出部 20 は、ガスタービン 1 の出力要求値 P_D 、ガスタービン 1 の実出力値 P_A 、及び、後述するバイアス値 b に基づいて、制御目標値 P_T を算出するように構成される。

指令値算出部 30 は、目標値算出部 20 によって算出された制御目標値 P_T と、ガスタービン 1 の実出力値 P_A との偏差に基づき燃料指令値 F_I を算出するように構成される。

なお、出力要求値 P_D は、外部（上位の制御装置等）から制御装置 10 に与えられるようになっていてもよい。

【0057】

図 2 に示すように、目標値算出部 20 へは、出力要求値 P_D 及びバイアス値 b に基づいて決まる補正要求値 P_{D^*} が入力される。補正要求値 P_{D^*} は以下のようにして決定される。

【0058】

まず、減算器 12 により、出力要求値 P_D と実出力値 P_A との差分 X （差分 $X =$ 出力要求値 $P_D -$ 実出力値 P_A ）が計算される。

【0059】

次に、比較器（ハイ/ロウモニタ）14 により、差分 X と閾値 X_{th} とが比較される。閾値 X_{th} は、例えば出力要求値 P_D の 0% 以上 10% 以下の範囲の値であってもよい。

【0060】

上述の差分 X が閾値 X_{th} よりも大きい（ $X > X_{th}$ ）とのバイアス加算条件を満たす場合、比較器 14 は、「ON」を示す信号を出力し、この信号を受け取った切替器 18 は、メモリ 16 からバイアス値 b を読み出し、加算器 19 に出力する。そして、加算器 19 は、比較器 14 からの出力であるバイアス値 b と、出力要求値 P_D との和を補正要求値 P_{D^*} として目標値算出部 20 に出力する。

【0061】

一方、上述の差分 X が閾値 X_{th} 以下であるとき（ $X \leq X_{th}$ ）（すなわち、上述のバイアス加算条件を充足しない場合）、比較器 14 は、「OFF」を示す信号を出力し、この信号を受け取った切替器 18 は、メモリ 17 からゼロ値を読み出し、加算器 19 に出力する。そして、加算器 19 は、比較器 14 からの出力であるゼロ値と、出力要求値 P_D との和（すなわち出力要求値 P_D ）を補正要求値 P_{D^*} として目標値算出部 20 に出力する。

【0062】

目標値算出部 20 は、加算器 19 からの入力である補正要求値 P_{D^*} に基づいて、制御目標値 P_T を算出する。図 3 に示すように、目標値算出部 20 は、減算器 21、比較器（ハイ/ロウモニタ）22、24、アナログメモリ 26 を含む。

【0063】

減算器 21 は、加算器 19（図 2 参照）から受け取った補正要求値 P_{D^*} と、アナログメモリ 26 の出力である制御目標値 P_T との偏差である負荷設定偏差（負荷設定偏差 = 補正要求値 $P_{D^*} -$ 制御目標値 P_T ）を演算する。

【0064】

比較器 22 では、前記負荷設定偏差が所定値（例えば 0.1 MW）以上であるか否かを判定し、所定値（例えば 0.1 MW）以上であると判定した場合にはアナログメモリ 26 に対して制御目標値増指令 I_{INC} を出力する。即ち、制御目標値増指令 I_{INC} は、負荷設定偏差が所定値（例えば 0.1 MW）以上となったときに ON となり、負荷設定偏差が所定値（例えば 0.1 MW）よりも小さくなったときに OFF となる。

【0065】

また、比較器 24 では、前記負荷設定偏差が所定値（例えば -0.1 MW）以下であるか否かを判定し、所定値（例えば -0.1 MW）以下であると判定した場合にはアナログメモリ 26 に対して制御目標値減指令 I_{DEC} を出力する。即ち、制御目標値減指令 I_{DEC}

10

20

30

40

50

E_C は、負荷設定偏差が所定値（例えば - 0.1 MW）以下となったときに ON となり、負荷設定偏差が所定値（例えば - 0.1 MW）よりも大きくなったときに OFF となる。

【0066】

アナログメモリ 26 では、比較器 22 から制御目標値増指令 I_{INC} が入力されると（制御目標値増指令 I_{INC} が ON になると）、制御目標値 P_T の増加を開始し、制御目標値増指令 I_{INC} が入力され続けている間（制御目標値増指令 I_{INC} が ON の間）は制御目標値 P_T を所定の増加率（例えば 10 MW/分）で徐々に増加させ、比較器 22 から制御目標値増指令 I_{INC} が入力されなくなると（制御目標値増指令 I_{INC} が OFF になると）、制御目標値 P_T の増加を停止する。

なお、制御目標値増指令 I_{INC} が入力され続けている間（制御目標値増指令 I_{INC} が ON の間）の制御目標値 P_T の増加率は一定であってもよい（すなわち、制御目標値 P_T は一定レートで増加するようになっていてもよい）。

【0067】

また、アナログメモリ 26 では比較器 24 から制御目標値減指令 I_{DEC} が入力されると（制御目標値減指令 I_{DEC} が ON になると）、制御目標値 P_T の減少を開始し、制御目標値減指令 I_{DEC} が入力され続けている間（制御目標値減指令 I_{DEC} が ON の間）は制御目標値 P_T を所定の減少率（例えば - 10 MW/分）で徐々に減少させ、比較器 24 から制御目標値減指令 I_{DEC} が入力されなくなると（制御目標値減指令 I_{DEC} が OFF になると）、制御目標値 P_T の減少を停止する。

なお、制御目標値減指令 I_{DEC} が入力され続けている間（制御目標値減指令 I_{DEC} が ON の間）は制御目標値 P_T を所定の減少率は一定であってもよい（すなわち、制御目標値 P_T は一定レートで減少するようになっていてもよい）。

【0068】

すなわち、目標値算出部 20 は、補正要求値 P_D^* を上限として、制御目標値 P_T を算出する。

【0069】

そして、この制御目標値 P_T がアナログメモリ 26 から減算器 21 及び減算器 28（図 2 参照）へ出力される。

【0070】

そして、図 2 に示すように、減算器 28 では、目標値算出部 20 によって算出された制御目標値 P_T と、ガスタービン 1 の実出力値 P_A との偏差 E （偏差 $E =$ 制御目標値 $P_T -$ 実出力値 P_A ）が算出され、算出された偏差 E は、指令値算出部 30 に入力される。

【0071】

図 2 に示す例示的な実施形態では、指令値算出部 30 は、フィードバック制御器 32 である。フィードバック制御器 32 は、例えば、減算器 28 から受け取った偏差 E に基づいて比例・積分演算を行うことにより、燃料指令値 F_I を算出し出力する PI 制御器であってもよい。あるいは、フィードバック制御器 32 は、減算器 28 から受け取った偏差 E に基づいて比例・積分・微分演算を行うことにより、燃料指令値 F_I を算出し出力する PID 制御器であってもよい。

【0072】

以上のように構成された制御装置 10（図 2 参照）では、ガスタービン 1 の起動時、出力制御に係るパラメータの時間変化は、例えば図 4 に示すようになる。なお、以下に説明する例では、比較器 14（図 12 参照）で、差分 X と比較される閾値 X_{th} はゼロとする。

【0073】

図 4 に示すように、例えば、時刻 t_0 までは、出力要求値 P_D 、実出力値 P_A 及び制御目標値 P_T はゼロである。

【0074】

時刻 t_0 において、出力要求値 P_D が 0 から P_{D0} にステップ状に増加すると、時刻 t_0 以降時刻 t_2 まで、出力要求値 P_D と実出力値 P_A との差分 X が閾値 X_{th} （ゼロ）よ

10

20

30

40

50

りも大きくなる。すなわち、この期間、上述の差分 X が閾値 X_{th} よりも大きいというバイアス加算条件が満たされ、加算器 19 により、出力要求値 $P_D (= P_{D0})$ にバイアス値 b が加算された補正要求値 $P_{D*} (P_{D*} = P_D + b)$ が算出される。

【0075】

また、時刻 t_0 から t_2 までの間、目標値算出部 20 は、加算器 19 により算出された補正要求値 P_{D*} を上限値として、制御目標値を規定レートで増加させていく。すなわち、制御目標値 P_T は、時刻 t_0 よりも後、かつ、時刻 t_2 よりも前の時刻 t_1 で出力要求値 $P_D (= P_{D0})$ に到達するが、この出力要求値 $P_D (= P_{D0})$ を超えても、出力要求値 P_D とバイアス値 b との和である補正要求値 P_{D*} に向けて増加され続ける。

なお、図 4 に示す実施形態では、時刻 t_0 から t_2 までの間、目標値算出部 20 は、制御目標値を一定レートで増加させている。

10

【0076】

そして、時刻 t_2 において、出力要求値 P_D と実出力値との差分 X が閾値（ゼロ）に到達し、該閾値（ゼロ）以下になり、すなわち、上述のバイアス加算条件が充足されなくなる。したがって、時刻 t_2 以降、切替器 18 によりバイアス値 b の加算が解除され、加算器 19 は、出力要求値 $P_D (= P_{D0})$ を補正要求値 P_{D*} として算出する。

【0077】

また、時刻 t_2 以降、目標値算出部 20 は、出力要求値 P_D に到達するまで（すなわち時刻 t_3 まで）、制御目標値 P_T を規定レートで減少させていく。すなわち、目標値算出部 20 は、制御目標値 P_T は、出力要求値 P_D とバイアス値 b との和よりも小さな値として算出する。

20

なお、図 4 に示す実施形態では、時刻 t_2 から t_3 までの間、目標値算出部 20 は、制御目標値を一定レートで減少させている。

【0078】

このように、上述した実施形態では、出力要求値 P_D の実出力値 P_A に対する差分 X が閾値 X_{th} よりも大きいとき（時刻 $t_0 \sim t_2$ ）、なかでも特に、差分 X が閾値 X_{th} 以下になる直前（例えば、制御目標値 P_T が出力要求値 P_D に到達時刻 t_1 から、実出力値 P_A が出力要求値 P_D に到達する時刻 t_2 まで）において、制御目標値 P_T が出力要求値 P_D よりも大きな値に設定される。よって、制御目標値 P_T が出力要求値 P_D に達した時刻 t_2 の後も、実出力値 P_A が出力要求値 P_D にさらに近づくまで（即ち、出力要求値 P_D と実出力値 P_A との差分 X が閾値 X_{th} になる時刻 t_2 まで）、制御偏差を大きく確保することができる。これにより、制御の応答性を向上させることができる。

30

また、上述した実施形態では、出力要求値 P_D の実出力値 P_A に対する差分 X が閾値 X_{th} 以下になった後（時刻 t_2 以後）、制御目標値 P_T を減少させるようにしたので、オーバーシュートが抑制されるように燃料指令値 F_T を算出し、ガスタービン 1 に供給する燃料流量が過剰となるのを抑制することができる。

よって、ガスタービン 1 の急速な出力上昇と、タービン入口温度の超過防止とを両立することができる。

なお、上述の実施形態では、出力要求値 P_D と実出力値 P_A との差分 X に着目して、この差分 X に基づいて、出力要求値 P_D へのバイアス値 b の加算及びその解除のタイミングを決定しているため、ガスタービン 1 の出力制御の応答性を従来の方法に比べてより向上させることができるとともに、タービン入口温度の超過をより確実に抑制することができる。

40

【0079】

図 4 を参照して説明した上述の例では、出力要求値 P_D と実出力値 P_A との差分 X が閾値 X_{th} よりも大きい時刻 t_0 から時刻 t_{2m} までの期間、加算器 19 において出力要求値 P_D に加算するバイアス値は b で一定であったが、バイアス値の設定の仕方はこれに限定されず、例えば、図 5 や図 6 に示すようになっていてもよい。

【0080】

図 5 に示す例では、出力要求値 P_D と実出力値 P_A との差分 X が閾値 X_{th} よりも大き

50

い時刻 t_0 から時刻 t_2 までの期間のうち、差分 X が閾値 X_{th} 以下になる直前の期間のみ、すなわち、例えば制御目標値 P_T が出力要求値 P_D に到達する時刻 t_1 から、実出力値 P_A が出力要求値 P_D に到達する時刻 t_2 までの期間のみ、加算器 19 において出力要求値 P_D にバイアス値 b を加算するように設定される。

これは以下の理由による。すなわち、差分 X が閾値 X_{th} 以下になる直前の期間（例えば時刻 t_1 から t_2 までの期間）は、出力要求値 P_D と実出力値 P_A との差分が、時刻 t_1 までの期間に比べて非常に小さくなる。このため、この期間において、バイアス値の加算により制御目標値 P_T を大きく設定することは、これにより指令値算出部 30 に与える制御目標値 P_T と実出力値 P_A との偏差 E を大きくすることができるため、制御の応答性を高めるうえで重要だからである。

10

【0081】

また、差分 X が閾値 X_{th} 以下になる直前の期間（例えば時刻 t_1 から t_2 まで）よりも前の期間（例えば時刻 t_0 以降かつ t_1 よりも前まで）は、出力要求値 P_D と実出力値 P_A との差が比較的大きいため、指令値算出部 30 に与える偏差が比較的大きくなることから、バイアス値の加算により制御目標値 P_T をより大きくすることの必要性が比較的小さい。そこで、図 5 に示すように、上述の差分 X が閾値 X_{th} よりも大きい時刻 t_0 から時刻 t_2 までの期間のうち、バイアス値の加算による制御偏差の拡大の必要性が大きい期間、すなわち、差分 X が閾値 X_{th} 以下になる直前の期間（例えば時刻 t_1 から t_2 まで）のみ出力要求値 P_D にバイアス値 b を加算することで、それよりも前の期間において、指令値算出部 30 で算出される燃料指令値が過大となることをより確実に抑制することができ、ガスタービン 1 に供給される燃料流量が過剰となるのをより確実に抑制することができる。

20

【0082】

また、図 6 に示す例では、出力要求値 P_D と実出力値 P_A との差分 X が閾値 X_{th} よりも大きい時刻 t_0 から時刻 t_2 までの期間、加算器 19 において出力要求値 P_D に加算するバイアス値は、0 から b まで徐々に増加するように設定される。

この場合も、差分 X が閾値 X_{th} 以下になる直前の期間（例えば時刻 t_1 から t_2 までの期間）において、バイアス値が大きくなるように設定されているので、この期間において、バイアス値の加算により制御目標値 P_T を大きく設定することができ、これにより指令値算出部 30 に与える制御目標値 P_T と実出力値 P_A との偏差 E を大きくすることができる。

30

また、このように、出力要求値 P_D に加算するバイアス値を徐々に増加させることで、指令値算出部 30 で算出される燃料指令値が急激に大きくなることを抑制することができる。よって、ガスタービン 1 に供給される燃料流量が過剰となるのをより確実に抑制することができる。

【0083】

なお、図 4 ~ 図 6 に示すそれぞれの例では、バイアス値の設定の仕方が異なるが、出力要求値 P_D と実出力値 P_A との差分 X が閾値 X_{th} 以下になる直前の期間（例えば時刻 t_1 から t_2 までの期間）において加算されるバイアス値がある程度大きければ、何れの場合であっても、制御装置 10 によって得られる燃料指令値は、ほぼ同じとなると考えられる。

40

【0084】

上述の実施形態において、バイアス加算条件が満たされるときには、加算器 19 で出力要求値に対してバイアス値を加算し、こうして得られる補正要求値 P_{D*} を上限として、目標値算出部 20 で制御目標値 P_T を算出するとともに、バイアス加算条件が満たされなくなったときには、加算器 19 でのバイアス値の加算を解除して、目標値算出部で算出する制御目標値を減少するようになっている。

そして、上述の実施形態では、バイアス加算条件は、出力要求値 P_D の実出力値 P_A に対する差分 X が閾値 X_{th} よりも大きい、という第 1 条件である。

【0085】

50

幾つかの実施形態では、バイアス加算条件は、上述の第1条件と、ガスタービン1のタービン入口温度が閾値未満である第2条件と、を含んでいてもよい。

すなわち、バイアス加算条件が満たされる、とは、上述の第1条件又は第2条件の少なくとも一方が満たされるときであってもよい。

また、バイアス加算条件が充足されない、とは、上述の第1条件又は第2条件の少なくとも一方が満たされないときであってもよい。

【0086】

このように、第1条件又は第2条件の少なくとも一方が満たされる場合に、出力要求値 P_D にバイアス値 b を加算して得られる制御目標値 P_T に基づく制御が行われる。

すなわち、出力要求値 P_D と実出力値 P_A との差分 X が閾値 X_{th} よりも大きいとき、あるいは、タービン入口温度が閾値（例えば上限値）よりも低いときには、出力要求値 P_D にバイアス値 b を加算して得られる制御目標値 P_T に基づく制御を行うようにしたので、制御偏差を大きく確保して、制御の応答性を向上させることができる。

10

【0087】

また、第1条件又は第2条件の少なくとも一方が満たされない場合に、出力要求値 P_D へのバイアス値の加算をせずに得られる制御目標値 P_T に基づく制御が行われる。

すなわち、仮に、出力要求値 P_D と実出力値 P_A との差分 X が閾値 X_{th} 以下となっていなくても、タービン入口温度が閾値（例えば上限値）に達したら、制御目標値 P_T の算出時におけるバイアス値 b の加算を解除して、制御目標値 P_T を減少させて制御偏差を減少させる。よって、オーバーシュートが抑制されるように燃料指令値を算出し、ガスター

20

【0088】

なお、第2条件として、ガスタービン1のタービン入口温度の指標（タービン入口温度自体も含む）が閾値未満であること、を採用してもよい。すなわち、タービン入口の温度を直接計測することは困難であることも考えられるため、タービン入口温度と関連する計測値に基づく指標を評価基準としてもよい。

【0089】

また、上述のバイアス加算条件は、ガスタービン21のタービン入口温度の指標が閾値未満である、との第2条件に替えて、あるいは、第1条件及び第2条件に加えて、以下の第3条件又は第4条件を含んでいてもよい。

30

第3条件は、ガスタービン1の圧縮機3の入口案内翼（IGV）の開度が全開未満である、との条件である。

第4条件は、燃焼器4への燃料の流量を調節するための流量調整弁7の開度が上限値未満である、との条件である。

【0090】

このように、バイアス加算条件が複数の条件を含むことにより、例えば、仮に、出力要求値 P_D の実出力値 P_A に対する差分 X が閾値 X_{th} よりも大きい、という第1条件が満たされない場合であっても、第2条件～第4条件の何れかが満たされない場合には、制御目標値 P_T の算出時におけるバイアス値 b の加算を解除して、制御目標値 P_T を減少させて制御偏差を減少させることができる。よって、オーバーシュートが抑制されるように燃料指令値を算出し、ガスタービンに供給する燃料流量が過剰となるのをより確実に抑制することができる。

40

【0091】

図7及び図9～図11は、それぞれ、一実施形態に係る制御装置10の構成を示すブロック図である。図8は、図7及び図9～図11に示す制御装置10を用いたときの、ガスタービン1の起動時における、ガスタービン1の出力制御に係る各パラメータの時間変化の一例を示す図である。

【0092】

図7及び図9～図11に示すブロック図において、実出力値 P_A 、出力要求値 P_D 、及びバイアス値 b 等に基づいて、目標値算出部20で制御目標値 P_T を算出し、減算器28

50

において制御目標値 P_T と実出力値 P_A との偏差 E を算出して指令値算出部 30 に入力するところまでは、図 2 に示すブロック図と同じである。

また、出力要求値 P_D と実出力値 P_A との差分 X が閾値 X_{th} よりも大きいとき ($X > X_{th}$) (すなわち、バイアス加算条件を満たす場合)、図 7 及び図 9 ~ 図 11 に示す制御装置 10 による燃料指令値 F_I の算出結果は、図 2 に示す制御装置 10 と同じである (すなわち、図 3 のグラフと、図 8 のグラフとでは、時刻 t_0 から時刻 t_2 の期間は、同じ挙動となる)。

そこで、以下においては、図 7 及び図 9 ~ 図 11 に示す実施形態について、主に指令値算出部 30 について説明する。

【0093】

図 7 及び図 9 に示す例示的な実施形態では、指令値算出部 30 は、フィードバック制御器 32 と、第 1 上限設定部 40 と、を含む。

【0094】

フィードバック制御器 32 は、制御目標値 P_T と実出力値 P_A との偏差 E に基づく入力信号を受け取って、燃料指令値 F_I を算出するためのフィードバック指令値 F_B を出力するように構成されている。

一実施形態では、フィードバック制御器 32 は、減算器 28 から受け取った偏差 E に基づいて比例・積分演算を行うことにより、フィードバック指令値 F_B を算出し出力する P I 制御器であってもよい。あるいは、一実施形態では、フィードバック制御器 32 は、減算器 28 から受け取った偏差 E に基づいて比例・積分・微分演算を行うことにより、フィードバック指令値 F_B を算出し出力する P I D 制御器であってもよい。

【0095】

第 1 上限設定部 40 は、出力要求値 P_D の実出力値 P_A に対する差分 X が閾値 X_{th} 以下になったとき (すなわち、バイアス加算条件を充足しなくなったとき)、差分 X が閾値 X_{th} に達したときの前記フィードバック指令値 F_B である上限指令値以下に燃料指令値 F_I を制限するように構成される。

【0096】

図 7 に示す例示的な実施形態では、第 1 上限設定部 40 は、切替器 42 と、低値選択器 46 と、を含んでおり、フィードバック制御器 32 で算出されたフィードバック指令値 F_B は、低値選択器 46 に入力されるようになっている。

【0097】

比較器 14 での差分 X と閾値 X_{th} との比較の結果、差分 X が閾値 X_{th} よりも大きい ($X > X_{th}$) とき (すなわち、バイアス加算条件を満たす場合)、比較器 14 は、「ON」を示す信号を切替器 42 に出力する。この信号を受け取った切替器 42 は、フィードバック制御器 32 から受け取ったフィードバック指令値 F_B をメモリ 44 に格納するとともに、低値選択器 46 にフィードバック指令値 F_B を出力する。

低値選択器 46 は、フィードバック制御器 32 及び切替器 42 の両方から同じ値 (フィードバック指令値 F_B) を受け取るので、このフィードバック指令値 F_B を、燃料指令値 F_I として出力する。

なお、フィードバック制御器 32 によりフィードバック指令値 F_B が繰り返し算出されることとなるが、差分 X が閾値 X_{th} よりも大きいとの条件が満たされている間は、基本的には、図 3 等 に示すように、算出されるフィードバック指令値 F_B (燃料指令値 F_I) は徐々に増加する。

【0098】

一方、比較器 14 での差分 X と閾値 X_{th} との比較の結果、差分 X が閾値 X_{th} 以下であるとき ($X \leq X_{th}$) (すなわち、バイアス加算条件を充足しない場合)、比較器 14 は、「OFF」を示す信号を切替器 42 に出力する。この信号を受け取った切替器 42 は、メモリ 44 に格納されているフィードバック指令値 z^{-1} (フィードバック制御器 32 による前回の算出結果) を低値選択器 46 に出力する。

低値選択器 46 は、フィードバック制御器 32 からの出力であるフィードバック指令値

10

20

30

40

50

F B (今回の算出結果)と、切替器 4 2 からの出力である前回のフィードバック指令値 z^{-1} のうち小さいほうを、燃料指令値 F_I として出力する。

【 0 0 9 9 】

すなわち、図 8 に示すように、実出力値 P_A が出力要求値 P_D に到達した時刻 t_2 から時刻 t_4 までの期間は、出力要求値 P_D と実出力値 P_A との差分 X が閾値 X_{th} 以下となるが、この間、実出力値 P_A よりも制御目標値 P_T のほうが大きい。したがって、この期間中、メモリ 4 4 (図 7 参照) には、実出力値 P_A が出力要求値 P_D に到達した時刻 t_2 におけるフィードバック指令値 F_2 が格納されている。そして、このフィードバック指令値 F_2 は、上述の期間中 ($t_2 \sim t_4$) にフィードバック制御器 3 2 で新しく算出されるフィードバック指令値 F_B よりも値が小さいため、この期間中は、低値選択器 4 6 でフィードバック指令値 F_2 が選択され、燃料指令値 F_I として出力される。

10

すなわち、差分 X が閾値 X_{th} 以下となる時刻 t_2 以降しばらくの間は、燃料指令値 F_I が、時刻 t_2 において算出されたフィードバック指令値 F_2 にホールドされる。

【 0 1 0 0 】

上述の実施形態によれば、出力要求値 P_D の実出力値 P_A に対する差分 X が閾値 X_{th} 以下になったとき、前記差分 X が閾値 X_{th} に達したときのフィードバック指令値 F_B である上限指令値 (上述の例では時刻 t_2 で算出されるフィードバック指令値 F_2) 以下に燃料指令値 F_I が制限される。よって、タービン入口温度の超過をより確実に抑制することができる。

【 0 1 0 1 】

20

図 9 に示す例示的な実施形態では、フィードバック制御器 3 2 は、制御目標値 P_T と実出力値 P_A との偏差 E から求まる比例項及び積分項に基づいてフィードバック指令値 F_B を算出する P I 制御器である。そして、この P I 制御器は、出力要求値 P_D の実出力値 P_A に対する差分 X が閾値 X_{th} 以下になったとき、積分項の増加を制限して、フィードバック指令値 F_B を算出するように構成される。

【 0 1 0 2 】

より具体的には、図 9 に示す実施形態では、第 1 上限設定部 4 0 は、切替器 4 2 を含む。切替器 4 2 は、比較器 1 4 での差分 X と閾値 X_{th} との比較の結果に応じて、P I 制御器によって出力される燃料指令値 F_I に上限値を与える。

【 0 1 0 3 】

30

例えば、比較器 1 4 での差分 X と閾値 X_{th} との比較の結果、差分 X が閾値 X_{th} よりも大きいとき ($X > X_{th}$) (すなわち、バイアス加算条件を満たす場合)、予め設定された通常の上限值 F_{lim} を、上限値として P I 制御器に与える。また、比較器 1 4 での差分 X と閾値 X_{th} との比較の結果、差分 X が閾値 X_{th} 以下であるとき ($X \leq X_{th}$) (すなわち、バイアス加算条件が充足されない場合)、P I 制御器により前回算出されたフィードバック指令値 z^{-1} を、上限値として P I 制御器に与える。

そして、P I 制御器 3 2 は、算出したフィードバック指令値 F_B に対して、切替器 4 2 から与えられた上限値で制限をかけて、燃料指令値 F_I として出力するようになっている。

【 0 1 0 4 】

40

すなわち、図 9 に示す実施形態の場合にも、図 7 に示す実施形態と同じように、実出力値 P_A が出力要求値 P_D に到達した時刻 t_2 から時刻 t_4 までの期間中は、メモリ 4 4 (図 9 参照) には、実出力値 P_A が出力要求値 P_D に到達した時刻 t_2 におけるフィードバック指令値 F_2 (燃料指令値 F_I) が格納される。そして、このフィードバック指令値 F_2 (燃料指令値 F_I) は、上述の期間中 ($t_2 \sim t_4$) にフィードバック制御器 3 2 で新しく算出されるフィードバック指令値 F_B (燃料指令値 F_I) よりも値が小さいため、この期間中は、P I 制御器 3 2 で算出されたフィードバック指令値 F_B は、切替器 4 2 からの上限値、すなわち、フィードバック指令値 F_2 (時刻 t_2 における燃料指令値 F_I) で制限され、このフィードバック指令値 F_2 が、P I 制御器 3 2 から出力される。

【 0 1 0 5 】

50

そして、P I制御器 3 2 は、上述の期間中 ($t_2 \sim t_4$; すなわち、出力要求値 P_D の実出力値 P_A に対する差分 X が閾値 X_{th} 以下になったとき)、積分項の増加を制限して、フィードバック指令値 F_B を算出するように構成される。

【0106】

仮に、P I制御器 3 2 から出力される燃料指令値 F_I を、上述のように上限指令値 (フィードバック指令値 F_2) 以下に制限する場合 (燃料指令値 F_I がホールドされる場合)、P I制御器 3 2 において積分項の計算を停止せずに積分項を積算していくと、燃料指令値 F_I のホールド解除されたときに (図 8 の時刻 t_4 参照)、積分の蓄積が膨大となり、燃料指令値 F_I が過剰に大きくなってしまい、制御の応答性が低下する場合がある。

【0107】

この点、上述の実施形態によれば、出力要求値 P_D の実出力値 P_A に対する差分 X が閾値 X_{th} 以下になったとき、前記差分 X が閾値 X_{th} に達したときのフィードバック指令値 F_B である上限指令値 F_2 以下に燃料指令値 F_I を制限するとともに、積分項の増加を制限してフィードバック指令値を算出するようにしたので、積分計算が飽和することで制御の応答性が低下する現象 (ワインドアップ) を防止することができる。

【0108】

なお、上述のように積分項の増加を制限する処理は、上述の差分 X が閾値 X_{th} 以下になったとき (即ち、燃料指令値 F_I のホールドが開始されたとき)、かつ、制御目標値 P_T と実出力値 P_A との偏差がゼロより大きいときに行うようにしてもよい。すなわち、増加方向への積分計算のみ、停止するようにしてもよい。これにより、積分計算が飽和することをより確実に防止することができる。

【0109】

図 10 に示す例示的な実施形態では、指令値算出部 30 は、フィードバック制御器 32 と、低値選択器 34 と、第 2 上限設定部 50 と、を含む。

【0110】

フィードバック制御器 32 は、減算器 28 から偏差 E に基づく入力信号を受け取って、燃料指令値 F_I を算出するためのフィードバック指令値 F_B を出力するように構成される。フィードバック制御器 32 は、例えば、P I制御器又は P I D制御器であってもよい。

【0111】

低値選択器 34 は、フィードバック制御器 32 からのフィードバック指令値 F_B と、該フィードバック指令値 F_B とは別に算出された少なくとも一つの他の指令値 (図 10 における指令値 $A \sim C$) のうち最小の指令値 I_{min} を算出して出力する。

ここで、フィードバック指令値 F_B とは別に算出される他の指令値 (指令値 $A \sim C$) は、他の制御ロジックからの出力であってもよく、例えば、ガバナ制御指令値又は温度制御指令値であってもよい。

【0112】

第 2 上限設定部 50 は、切替器 52 及びメモリ 54 を含んでおり、例えば図 7 に示す低値選択器 46 と同様に機能し、出力要求値 P_D の実出力値 P_A に対する差分 X が閾値 X_{th} 以下になったとき、差分 X が閾値 X_{th} に達したときの低値選択器 34 の出力値である上限指令値 I_{min} 以下に燃料指令値 F_I を制限するように構成される。なお、燃料指令値 F_I の時間変化は、図 8 のグラフに示すようになる。

【0113】

上述の実施形態によれば、フィードバック制御器 32 からのフィードバック指令値 F_B と、該フィードバック指令値 F_B とは別に算出された指令値 (図 10 の指令値 $A \sim C$) のうち、最小の指令値 I_{min} に基づいて燃料指令値 F_I を決定するとともに、出力要求値 P_D の実出力値 P_A に対する差分 X が閾値 X_{th} 以下になったとき、前記差分 X が閾値 X_{th} に達したときの低値選択器 34 の出力値である上限指令値 I_{min} 以下に燃料指令値 F_I を制限するようにしたので、タービン入口温度の超過をより確実に抑制することができる。

【0114】

10

20

30

40

50

図 1 1 に示す例示的な実施形態では、指令値算出部 3 0 は、フィードバック制御器 3 2 と、偏差上限設定部 6 0 と、を含む。

【 0 1 1 5 】

フィードバック制御器 3 2 は、減算器 2 8 から偏差 E に基づく入力信号を受け取って、燃料指令値 F_I を算出するためのフィードバック指令値 F_B を出力するように構成される。フィードバック制御器 3 2 は、例えば、P I 制御器又は P I D 制御器であってもよい。

【 0 1 1 6 】

偏差上限設定部 6 0 は、出力要求値 P_D の実出力値 P_A に対する差分 X が閾値 X_{th} 以下になったとき、フィードバック制御器 3 2 の入力信号をゼロに制限するように構成される。

10

すなわち、偏差上限設定部 6 0 は、切替器 6 2 と、低値選択器 6 6 を含んでいる。

そして、上述の差分 X が閾値 X_{th} より大きいときには、減算器 2 9 から低値選択器 6 6 への入力、及び、切替器 6 2 から低値選択器 6 6 への入力は、何れも、制御目標値 P_T と実出力値 P_A との偏差 E である。よって、この偏差 E が低値選択器 6 6 からフィードバック制御器 3 2 に入力され、該偏差 E に基づいてフィードバック指令値 F_B が算出され、該フィードバック指令値 F_B が燃料指令値 F_I として出力される。

【 0 1 1 7 】

一方、上述の差分 X が閾値 X_{th} 以下となったときには、減算器 2 9 から低値選択器 6 6 へは上述の偏差 E が入力され、切替器 6 2 から低値選択器 6 6 へは、メモリ 6 4 に格納されたゼロ値が入力される。そして、低値選択器 6 6 からは、これらの入力（偏差 E とゼロ値）のうち小さいほうであるゼロ値が、フィードバック制御器に出力される。すなわち、フィードバック制御器の入力信号がゼロに制限される。

20

この場合、フィードバック制御器 3 2 でフィードバック指令値 F_B の算出に用いられる偏差がゼロとなるので、燃料指令値 F_I は、差分 X が閾値に到達したとき（すなわち、実出力値 P_A が出力要求値 P_D に到達したとき；図 8 の時刻 t_2 参照）のフィードバック指令値 F_2 を上限としてそれ以下の値に変化する。なお、燃料指令値 F_I の時間変化は、図 8 のグラフに示すようになる。

【 0 1 1 8 】

このように、出力要求値 P_D の実出力値 P_A に対する差分 X が閾値 X_{th} 以下になったとき、フィードバック制御器 3 2 の入力信号をゼロに制限することにより、タービン入口温度の超過をより確実に抑制することができる。

30

【 0 1 1 9 】

図 1 2 は、一実施形態に係る制御装置 1 0 の構成を示すブロック図である。

一実施形態に係るガスタービン 1 の制御装置 1 0 は、ガスタービン 1 の出力の目標値である制御目標値 P_T を算出するための目標値算出部 2 0 と、制御目標値 P_T と、ガスタービン 1 の実出力値 P_A との偏差 E に基づき燃料指令値 F_I を算出するための指令値算出部 3 0 と、を備える。

指令値算出部 3 0 は、前記偏差 E に基づく入力信号を受け取って、燃料指令値 F_I を算出するためのフィードバック指令値 F_B を出力するように構成されたフィードバック制御器 3 2 と、出力要求値 P_D の実出力値 P_A に対する差分 X が閾値 X_{th} 以下になったとき、前記差分 X が前記閾値 X_{th} に達したときのフィードバック指令値 F_B である上限指令値以下に燃料指令値 F_I を制限するための第 1 上限設定部 4 0 と、を含む。

40

【 0 1 2 0 】

図 1 2 に示すように、上述の実施形態に係る制御装置 1 0 は、ガスタービン 1 の出力の目標値である制御目標値 P_T を算出するための目標値算出部 2 0 と、ガスタービン 1 の燃焼器 4 に供給する燃料の流量に係る燃料指令値 F_I を算出するための指令値算出部 3 0 と、を備えている。

【 0 1 2 1 】

目標値算出部 2 0 は、ガスタービン 1 の出力要求値 P_D 、及び、ガスタービン 1 の実出力値 P_A に基づいて、制御目標値 P_T を算出するように構成される。

50

指令値算出部 30 は、目標値算出部 20 によって算出された制御目標値 P_T と、ガスタービン 1 の実出力値 P_A との偏差に基づき燃料指令値 F_I を算出するように構成される。

なお、出力要求値 P_D は、外部（上位の制御装置等）から制御装置 10 に与えられるようになっていてもよい。

【0122】

図 12 に示すように、目標値算出部 20（図 3 参照）へは、補正要求値 P_{D^*} として、出力要求値 P_D が入力される。目標値算出部 20 は、図 3 を参照してすでに説明したように、出力要求値 P_D （補正要求値 P_{D^*} ）を上限として、制御目標値 P_T を算出し、算出した制御目標値を減算器 28 に出力する。

【0123】

指令値算出部 30 は、上述のフィードバック制御器 32 と、第 1 上限設定部 40 と、を含み、図 7 を用いて説明したものと同様の構成を有している。

【0124】

上述の実施形態によれば、出力要求値 P_D の実出力値 P_A に対する差分 X が閾値 X_{th} 以下になったとき、前記差分 X が閾値 X_{th} に達したときのフィードバック指令値 F_B である上限指令値以下に燃料指令値 F_I を制限するようにしたので、タービン入口温度の超過を確実に抑制することができる。

【0125】

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明は上述した実施形態に限定されることはなく、上述した実施形態に変形を加えた形態や、これらの形態を適宜組み合わせた形態も含む。

【0126】

本明細書において、「ある方向に」、「ある方向に沿って」、「平行」、「直交」、「中心」、「同心」或いは「同軸」等の相対的或いは絶対的な配置を表す表現は、厳密にそのような配置を表すのみならず、公差、若しくは、同じ機能が得られる程度の角度や距離をもって相対的に変位している状態も表すものとする。

例えば、「同一」、「等しい」及び「均質」等の物事が等しい状態であることを表す表現は、厳密に等しい状態を表すのみならず、公差、若しくは、同じ機能が得られる程度の差が存在している状態も表すものとする。

また、本明細書において、四角形状や円筒形状等の形状を表す表現は、幾何学的に厳密な意味での四角形状や円筒形状等の形状を表すのみならず、同じ効果が得られる範囲で、凹凸部や面取り部等を含む形状も表すものとする。

また、本明細書において、一の構成要素を「備える」、「含む」、又は、「有する」という表現は、他の構成要素の存在を除外する排他的な表現ではない。

【符号の説明】

【0127】

- | | | |
|----|--------|----|
| 1 | ガスタービン | |
| 3 | 圧縮機 | |
| 4 | 燃焼器 | |
| 5 | タービン | 40 |
| 6 | 回転シャフト | |
| 7 | 流量調整弁 | |
| 8 | 発電機 | |
| 10 | 制御装置 | |
| 12 | 減算器 | |
| 14 | 比較器 | |
| 16 | メモリ | |
| 17 | メモリ | |
| 18 | 切替器 | |
| 19 | 加算器 | 50 |

10

20

30

40

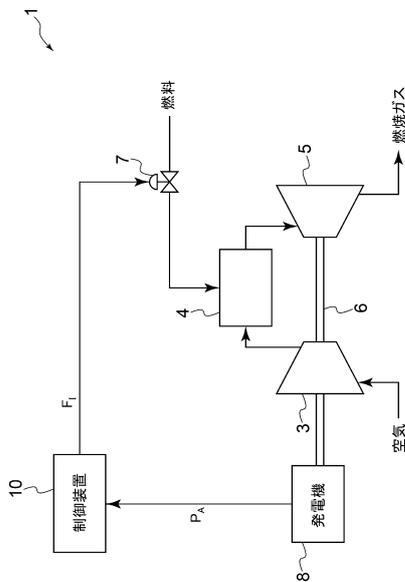
50

- 2 0 目標値算出部
- 2 1 減算器
- 2 2 比較器
- 2 4 比較器
- 2 6 アナログメモリ
- 2 8 減算器
- 2 9 減算器
- 3 0 指令値算出部
- 3 2 フィードバック制御器
- 3 4 低値選択器
- 4 0 第 1 上限設定部
- 4 2 切替器
- 4 4 メモリ
- 4 6 低値選択器
- 5 0 第 2 上限設定部
- 5 2 切替器
- 5 4 メモリ
- 6 0 偏差上限設定部
- 6 2 切替器
- 6 4 メモリ
- 6 6 低値選択器
- 1 0 4 燃焼器
- 1 0 5 タービン

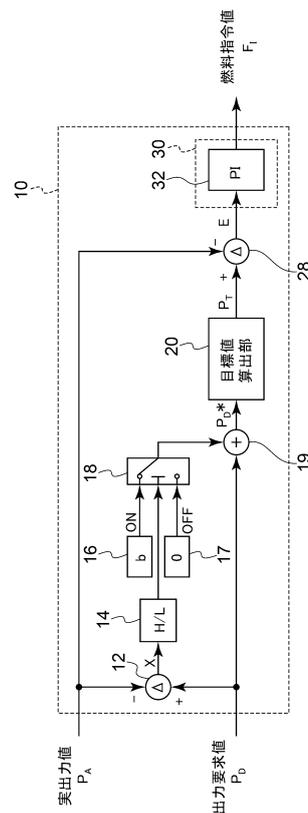
10

20

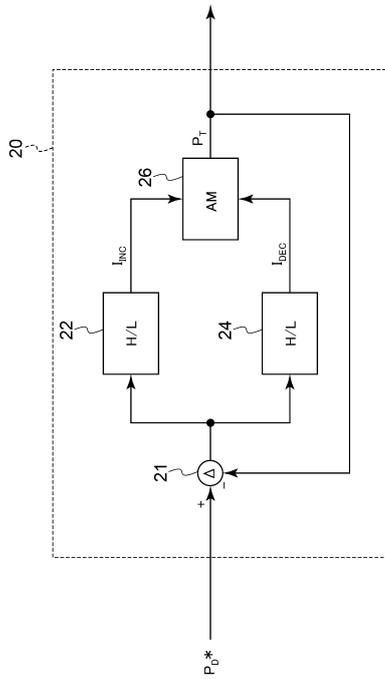
【図 1】



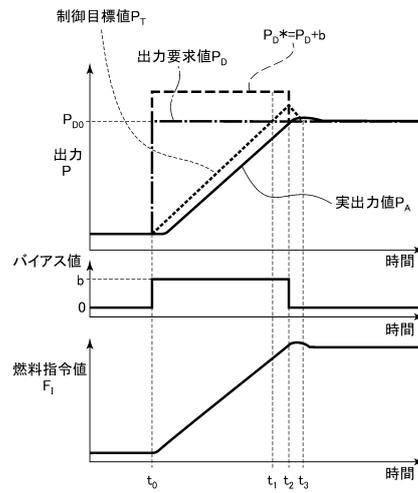
【図 2】



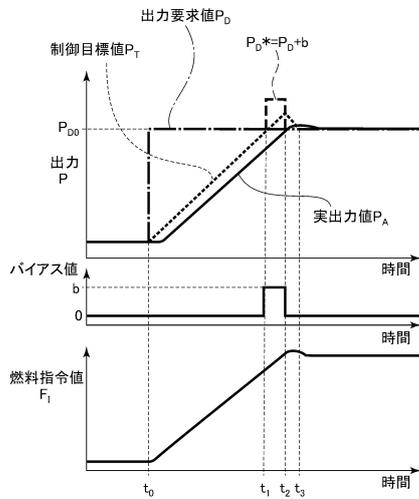
【図3】



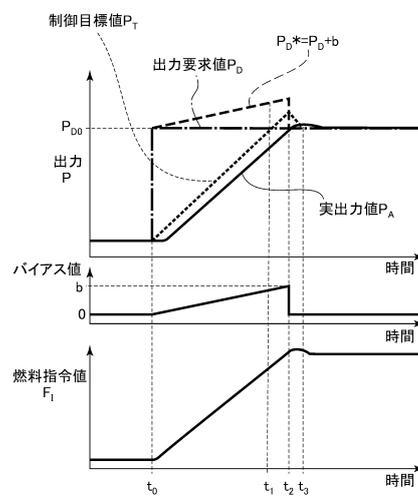
【図4】



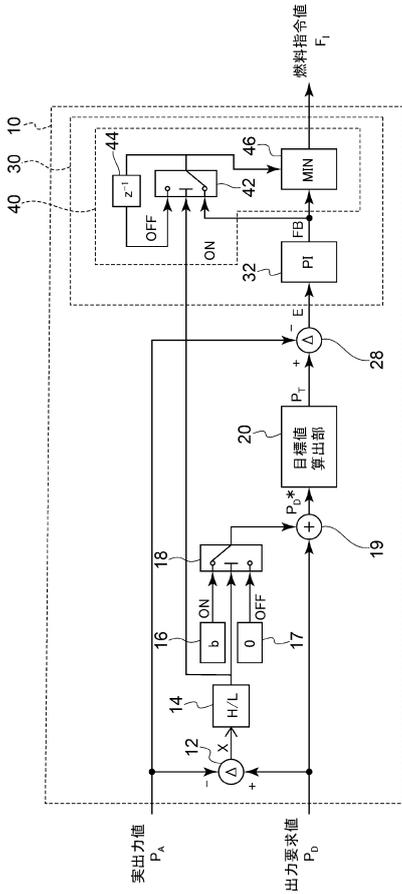
【図5】



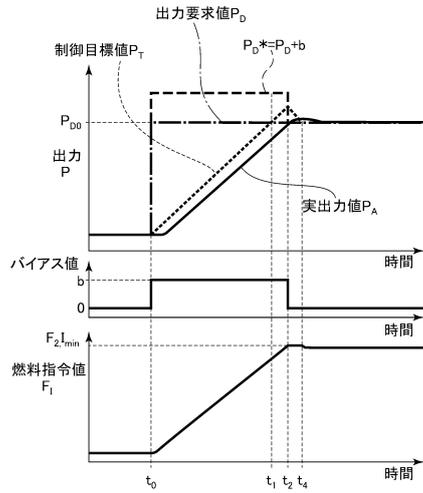
【図6】



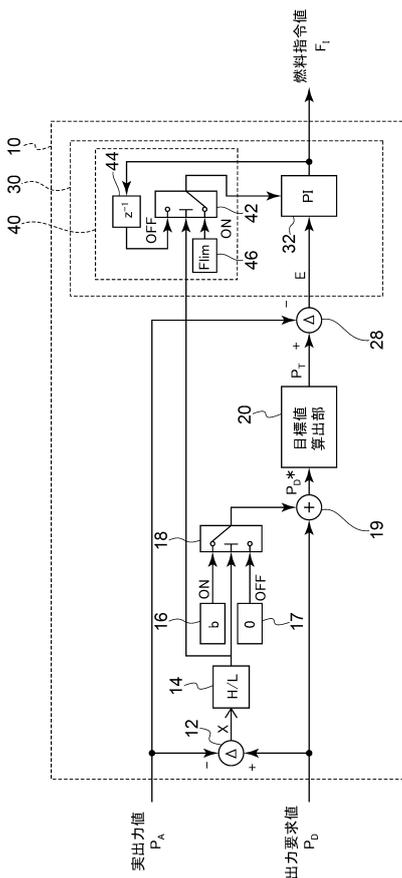
【図7】



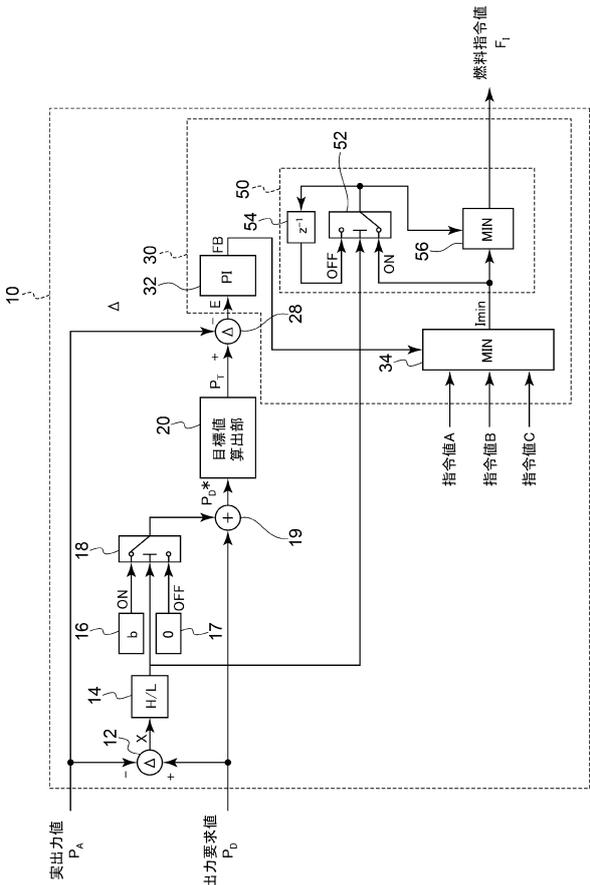
【図8】



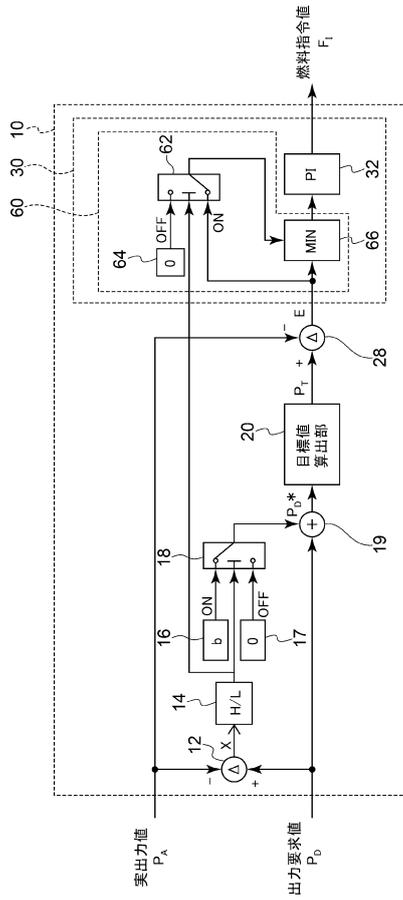
【図9】



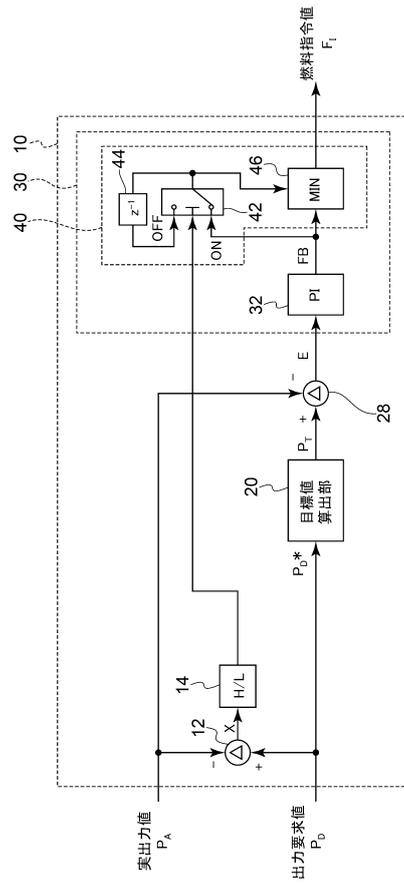
【図10】



【 図 1 1 】



【 図 1 2 】



フロントページの続き

- (72)発明者 竹中 竜児
神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3番1号 三菱日立パワーシステムズ株式会社内
- (72)発明者 岩 崎 好史
神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3番1号 三菱日立パワーシステムズ株式会社内

審査官 北村 一

- (56)参考文献 特開平05-272361(JP,A)
特開2007-177626(JP,A)
特開昭51-083949(JP,A)
特開2014-055548(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|-------------|
| F02C | 1/00 - 9/58 |
| F23R | 3/00 - 7/00 |