

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6082299号
(P6082299)

(45) 発行日 平成29年2月15日 (2017. 2. 15)

(24) 登録日 平成29年1月27日 (2017. 1. 27)

(51) Int. Cl.

F I

FO1D 15/10 (2006.01)
 HO2P 9/00 (2006.01)
 FO2C 7/00 (2006.01)
 FO1D 25/00 (2006.01)

FO1D 15/10 D
 HO2P 9/00 B
 FO2C 7/00 A
 FO1D 25/00 V
 FO1D 25/00 W

請求項の数 17 (全 23 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2013-70571 (P2013-70571)
 (22) 出願日 平成25年3月28日 (2013. 3. 28)
 (65) 公開番号 特開2014-194173 (P2014-194173A)
 (43) 公開日 平成26年10月9日 (2014. 10. 9)
 審査請求日 平成28年3月25日 (2016. 3. 25)

(73) 特許権者 514030104
 三菱日立パワーシステムズ株式会社
 神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3
 番1号
 (74) 代理人 100134544
 弁理士 森 隆一郎
 (74) 代理人 100064908
 弁理士 志賀 正武
 (72) 発明者 笹原 淳
 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 北内 洋介
 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】 原動機の異常検出方法、この方法を実行する原動機の制御装置、及びこの装置を備えている発電
 プラント

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

発電機に機械的に接続されている原動機の異常検出方法において、
 出力計で検知された前記発電機の出力の変動幅が許容出力変動幅の範囲外になったか否
 かに応じて、前記原動機が異常であるか否かを判断する異常判断工程と、
 前記異常判断工程での判断基準となる前記許容出力変動幅と、前記異常判断工程での判
 断対象となる前記出力計で検知された前記出力とのうちの一方を、回転数計で検知された
 前記発電機と前記原動機とのうちの一方の回転数を用いて補正する補正工程と、
 を実行することを特徴とする原動機の異常検出方法。

【請求項2】

請求項1に記載の原動機の異常検出方法において、
 前記補正工程では、前記一方の回転数を用いて、該回転数の回転数変動幅を求める回転
 数変動幅算出工程と、前記回転数変動幅が大きくなるに連れて、前記許容出力変動幅が大
 きくなるよう、該許容出力変動幅を補正する許容変動幅補正工程と、を実行し、
 前記異常判断工程では、前記出力計で検知された前記出力の変動幅が前記許容変動幅補
 正工程で補正された前記許容出力変動幅の範囲外になったか否かに応じて、前記原動機が
 異常であるか否かを判断する

ことを特徴とする原動機の異常検出方法。

【請求項3】

請求項2に記載の原動機の異常検出方法において、

10

20

前記回転数変動幅算出工程では、

前記回転数が定格回転数よりも高いときに低下した場合に、前記原動機及び前記発電機が正常運転中であるときに許容される回転数低下率を用いて求められる回転数である上参照回転数を求める上参照回転数演算工程と、

前記回転数が定格回転数以下のときに上昇した場合に、前記原動機及び前記発電機が正常運転中であるときに許容される回転数上昇率を用いて求められる回転数である下参照回転数であって、前記上参照回転数と同じ時刻における下参照回転数を求める下参照回転数演算工程と、

前記上参照回転数と前記下参照回転数との差を求め、該差を前記回転数変動幅として出力する偏差演算工程と、

を実行することを特徴とする原動機の異常検出方法。

【請求項 4】

請求項 2 又は 3 に記載の原動機の異常検出方法において、

前記異常判断工程では、前記出力計で検知された前記出力と該出力に対する基準出力との差を該出力の変動とする出力変動算出工程を、

実行することを特徴とする原動機の異常検出方法。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の原動機の異常検出方法において、

前記補正工程では、前記一方の回転数と、該回転数の単位時間当たりの変化率である回転数変化率と、前記原動機及び前記発電機における回転系の慣性モーメントとを用いて、該原動機の見掛け上の出力変動を求め、前記出力計で検知された前記発電機の出力から該見掛け上の出力変動分を減算した値を、補正された出力とし、

前記異常判断工程では、前記補正工程で補正された前記出力の変動幅が前記許容出力変動幅の範囲外になったか否かに応じて、前記原動機が異常であるか否かを判断する、

ことを特徴とする原動機の異常検出方法。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の原動機の異常検出方法において、

前記補正工程では、前記出力計から出力された前記出力から、前記回転数計からの出力に対する前記出力計からの出力の遅れ時間分遅れている前記見掛け上の出力変動を減算する、

ことを特徴とする原動機の異常検出方法。

【請求項 7】

請求項 5 又は 6 に記載の原動機の異常検出方法において、

前記異常判断工程では、前記補正工程で補正された前記出力と前記出力計で検知された前記出力に対する基準出力との差を該出力の変動とする出力変動算出工程を、

実行することを特徴とする原動機の異常検出方法。

【請求項 8】

請求項 4 又は 7 に記載の原動機の異常検出方法において、

前記出力変動算出工程では、前記原動機及び前記発電機が正常運転中であるときに許容される出力変化率を用いて求められる出力である参照出力を前記基準出力とする、

ことを特徴とする原動機の異常検出方法。

【請求項 9】

発電機に機械的に接続されている原動機の制御装置において、

出力計で検知された前記発電機の出力の変動幅が許容出力変動幅の範囲外になったか否かに応じて、前記原動機が異常であるか否かを判断する異常判断部と、

前記異常判断部での判断基準となる前記許容出力変動幅と前記異常判断部での判断対象となる前記出力計で検知された前記出力とのうちの一方を、回転数計で検知された前記発電機と前記原動機とのうちの一方の回転数を用いて補正する補正部と、

前記異常判断部で前記原動機が異常であると判断されると、前記原動機をトリップさせることができる操作部にトリップ信号を出力して、該原動機をトリップさせるトリップ信

10

20

30

40

50

号出力部と、

を備えていることを特徴とする原動機の制御装置。

【請求項 10】

請求項 9 に記載の原動機の制御装置において、

前記補正部は、前記一方の回転数を用いて、該回転数の回転数変動幅を求める回転数変動幅算出部と、前記回転数変動幅が大きくなるに連れて、前記許容出力変動幅が大きくなるよう、該許容出力変動幅を補正する許容変動幅補正部と、を有し、

前記異常判断部は、前記出力計で検知された前記出力の変動幅が前記許容変動幅補正部で補正された前記許容出力変動幅の範囲外になったか否かに応じて、前記原動機が異常であるか否かを判断する

10

ことを特徴とする原動機の制御装置。

【請求項 11】

請求項 10 に記載の原動機の制御装置において、

前記回転数変動幅算出部は、

前記回転数が定格回転数よりも高いときに低下した場合に、前記原動機及び前記発電機が正常運転中であるときに許容される回転数低下率を用いて求められる回転数である上参照回転数を求める上参照回転数演算部と、

前記回転数が定格回転数以下のときに上昇した場合に、前記原動機及び前記発電機が正常運転中であるときに許容される回転数上昇率を用いて求められる回転数である下参照回転数であって、前記上参照回転数と同じ時刻における下参照回転数を求める下参照回転数演算部と、

20

前記上参照回転数と前記下参照回転数との差を求め、該差を前記回転数変動幅として出力する偏差演算部と、

を有することを特徴とする原動機の制御装置。

【請求項 12】

請求項 10 又は 11 に記載の原動機の制御装置において、

前記異常判断部は、前記出力計で検知された前記出力と該出力に対する基準出力との差を該出力の変動とする出力変動算出部を有する、

ことを特徴とする原動機の制御装置。

【請求項 13】

30

請求項 9 に記載の原動機の制御装置において、

前記補正部は、

前記一方の回転数と、該回転数の単位時間当たりの変化率である回転数変化率と、前記原動機及び前記発電機における回転系の慣性モーメントとを用いて、該原動機の見掛け上の出力変動を求める見掛け出力変動算出部と、

前記出力計で検知された前記発電機の出力から前記見掛け上の出力変動分を減算した値を、補正された出力とする出力演算部と、

を有し、

前記異常判断部は、前記補正部が補正した前記出力の変動幅が前記許容出力変動幅の範囲外になったか否かに応じて、前記原動機が異常であるか否かを判断する、

40

ことを特徴とする原動機の制御装置。

【請求項 14】

請求項 13 に記載の原動機の制御装置において、

前記補正部は、前記出力演算部に入力する前記見掛け上の出力変動を、前記回転数計からの出力に対する前記出力計からの出力の遅れ時間分遅らせる遅れ時間調節部を有する、

ことを特徴とする原動機の制御装置。

【請求項 15】

請求項 13 又は 14 に記載の原動機の制御装置において、

前記異常判断部は、前記補正部が補正した前記出力と前記出力計で検知された前記出力に対する基準出力との差を該出力の変動とする出力変動算出部を有する、

50

ことを特徴とする原動機の制御装置。

【請求項 16】

請求項 12 又は 15 に記載の原動機の制御装置において、

前記出力変動算出部は、前記原動機及び前記発電機が正常運転中であるときに許容される出力変化率を用いて求められる出力である参照出力を前記基準出力とする、

ことを特徴とする原動機の制御装置。

【請求項 17】

請求項 9 から 16 のいずれか一項に記載の原動機の制御装置と、

前記原動機と、

前記発電機と、

前記操作部と、

を備えていることを特徴とする発電プラント。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、発電機に機械的に接続されている原動機の異常検出方法、この方法を実行する原動機の制御装置、及びこの制御装置を備えている発電プラントに関する。

【背景技術】

【0002】

発電機に機械的に接続されている原動機としては、ガスタービン、蒸気タービン、風車等がある。これらの原動機の急激な出力変化、つまり変動を検知することができれば、原動機の安全運転を実現できる。

20

【0003】

そこで、特許文献 1 では、原動機又は発電機の現在の出力と、所定時間前の原動機又は発電機の出力との差である出力変化量又は出力変化率を求め、これらの値と基準値とを比較することで、原動機の急激な出力変化を検知する技術を提案している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開平 11-64127 号公報

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

発電機の出力とガスタービンや蒸気タービン等の原動機の出力とは、基本的に等しい。このため、原動機と発電機とのうち、一方の出力を検知することができれば、これを他方の出力として扱うことができる。

【0006】

ところで、原動機の出力を直接検知することは難しい。一方、発電機の出力については、発電機に出力計（電力計）を設けることで、この出力を容易に検知することができる。このため、原動機又は発電機の出力を検知する場合、発電機の出力を検知し、これを代用することが多い。

40

【0007】

このように、発電機に出力計を設けて、この発電機及び原動機の出力を管理する場合、原動機の出力が一定の場合でも、電力系統の変動に伴って発電機の回転数と発電機の出力が変動する。一般的に、ガスタービンや蒸気タービン等の原動機には負荷変動を検出し、急激に変化した場合にトリップさせる機能が備えられている。このような場合、特許文献 1 に記載の技術では、原動機の出力が一定であっても、原動機の出力が急激に変化したと検知し、原動機の安全運転のためにこの原動機をトリップさせる可能性が高い。

【0008】

すなわち、従来技術では、電力系統が変動した場合に、原動機が異常であると誤検出す

50

ることがあるという問題点がある。

【0009】

そこで、本発明は、原動機異常の誤検出を少なくすることができる原動機の異常検出方法、これらの方法を実行する原動機の制御装置、及びこの装置を備えている発電プラント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】

上記目的を達成するための発明に係る一態様としての原動機の異常検出方法は、
発電機に機械的に接続されている原動機の異常検出方法において、出力計で検知された前記発電機の出力の変動幅が許容出力変動幅の範囲外になったか否かに応じて、前記原動機が異常であるか否かを判断する異常判断工程と、前記異常判断工程での判断基準となる前記許容出力変動幅と、前記異常判断工程での判断対象となる前記出力計で検知された前記出力とのうちの一方を、回転数計で検知された前記発電機と前記原動機とのうちの一方の回転数を用いて補正する補正工程と、を実行することを特徴とする。

10

【0011】

原動機の出力が一定の場合でも、電力系統が変動すると、これに伴って発電機の回転数と発電機の出力とが変動する。この場合、当該異常検出方法では、回転数を用いて、異常判断工程での判断基準となる許容出力変動幅と、異常判断工程での判断対象となる出力計で検知された出力とのうちの一方が補正される。このため、当該異常検出方法では、電力系統の変動に伴う発電機の回転数の変動により、発電機の出力が変動しても、許容出力変動幅と出力との相対関係において、電力系統の変動に伴う出力の変動がないものとして扱われる。

20

【0012】

よって、当該異常検出方法では、電力系統が変動した場合における原動機異常の誤検出を少なくすることができる。

【0013】

ここで、前記原動機の異常検出方法において、前記補正工程では、前記一方の回転数を用いて、該回転数の回転数変動幅を求める回転数変動幅算出工程と、前記回転数変動幅が大きくなるに連れて、前記許容出力変動幅が大きくなるよう、該許容出力変動幅を補正する許容変動幅補正工程と、を実行し、前記異常判断工程では、前記出力計で検知された前記出力の変動幅が前記許容変動幅補正工程で補正された前記許容出力変動幅の範囲外になったか否かに応じて、前記原動機が異常であるか否かを判断してもよい。

30

【0014】

当該異常検出方法では、回転数変動幅が大きくなるに連れて許容出力変動幅が大きくなる。このため、当該異常検出方法では、電力系統の変動に伴う発電機の回転数の変動により、発電機の出力が変動しても、許容出力変動幅が大きくなるので、原動機異常の誤検出を少なくすることができる。

【0015】

また、前記許容変動幅補正工程を実行する前記原動機の異常検出方法において、前記回転数変動幅算出工程では、前記回転数が定格回転数よりも高いときに低下した場合に、前記原動機及び前記発電機が正常運転中であるときに許容される回転数低下率を用いて求められる回転数である上参照回転数を求める上参照回転数演算工程と、前記回転数が定格回転数以下のときに上昇した場合に、前記原動機及び前記発電機が正常運転中であるときに許容される回転数上昇率を用いて求められる回転数である下参照回転数であって、前記上参照回転数と同じ時刻における下参照回転数を求める下参照回転数演算工程と、前記上参照回転数と前記下参照回転数との差を求め、該差を前記回転数変動幅として出力する偏差演算工程と、を実行してもよい。

40

【0016】

また、前記許容変動幅補正工程を実行するいずれかの前記原動機の異常検出方法において、前記異常判断工程では、前記出力計で検知された前記出力と該出力に対する基準出力

50

との差を該出力の変動とする出力変動算出工程を実行してもよい。

【0017】

また、前記一態様としての前記原動機の異常検出方法において、前記補正工程では、前記一方の回転数と、該回転数の単位時間当たりの変化率である回転数変化率と、前記原動機及び前記発電機における回転系の慣性モーメントとを用いて、該原動機の見掛け上の出力変動を求め、前記出力計で検知された前記発電機の出力から該見掛け上の出力変動分を減算した値を、補正された出力とし、前記異常判断工程では、前記補正工程で補正された前記出力の変動幅が前記許容出力変動幅の範囲外になったか否かに応じて、前記原動機が異常であるか否かを判断してもよい。

【0018】

10

前述したように、原動機の出力が一定の場合でも、電力系統が変動すると、これに伴って発電機の回転数と発電機の出力とが変動する。この場合における発電機の出力変動は、原動機にとって、見掛け上の出力変動となる。そこで、当該異常検出方法では、回転数等を用いて、原動機の見掛け上の出力変動を求め、この見掛け上の出力変動を出力計で検知された出力から減算し、出力計で検知された出力から電力系統の変動に伴う出力の変動を除いている。このため、当該異常検出方法では、電力系統の変動に伴う発電機の回転数の変動により、発電機の出力が変動しても、この出力の変動が除かれた出力に基づいて、原動機の異常の有無が判断されるので、原動機異常の誤検出を少なくすることができる。

【0019】

ここで、原動機の見掛け上の出力変動を求める前記原動機の異常検出方法において、前記補正工程では、前記出力計から出力された前記出力から、前記回転数計からの出力に対する前記出力計からの出力の遅れ時間分遅れている前記見掛け上の出力変動を減算することが好ましい。

20

【0020】

複数の発電プラントにおいて、回転数計で検知された回転数の位相と出力計で検知された実際の出力の位相とを比較した結果、ある時刻における回転数の回転数計からの出力時刻に対して、出力計は、同じある時刻における発電機の出力の出力時刻が遅れていることが判明した。

【0021】

遅れ時間分遅れている発電機の出力から、回転数等から求められた、遅れていない見掛け上の出力変動を減算して、補正値を求めると、適正な補正値を得ることができない。そこで、当該異常検出方法では、補正工程において、出力計から出力された出力から、回転数計からの出力に対する出力計からの出力の遅れ時間分遅れている見掛け上の出力変動を減算することで、適正な補正値を得ている。

30

【0022】

また、原動機の見掛け上の出力変動を求める、いずれかの前記原動機の異常検出方法において、前記異常判断工程では、前記補正工程で補正された前記出力と前記出力計で検知された前記出力に対する基準出力との差を該出力の変動とする出力変動算出工程を実行してもよい。

【0023】

40

また、前記出力変動算出工程を実行する、いずれかの前記原動機の異常検出方法において、前記出力変動算出工程では、前記原動機及び前記発電機が正常運転中であるときに許容される出力変化率を用いて求められる出力である参照出力を前記基準出力としてもよい。

【0024】

上記目的を達成するための発明に係る一態様としての原動機の制御装置は、

発電機に機械的に接続されている原動機の制御装置において、出力計で検知された前記発電機の出力の変動幅が許容出力変動幅の範囲外になったか否かに応じて、前記原動機が異常であるか否かを判断する異常判断部と、前記異常判断部での判断基準となる前記許容出力変動幅と前記異常判断部での判断対象となる前記出力計で検知された前記出力とのう

50

ちの一方を、回転数計で検知された前記発電機と前記原動機とのうちの一方の回転数を用いて補正する補正部と、前記異常判断部で前記原動機が異常であると判断されると、前記原動機をトリップさせることができる操作部にトリップ信号を出力して、該原動機をトリップさせるトリップ信号出力部と、を備えていることを特徴とする。

【0025】

当該制御装置では、以上の異常検出方法と同様に、電力系統が変動した場合における原動機異常の誤検出を少なくすることができる。この結果、当該制御装置では、原動機の誤トリップを少なくすることができる。

【0026】

また、前記原動機の制御装置において、前記補正部は、前記一方の回転数を用いて、該回転数の回転数変動幅を求める回転数変動幅算出部と、前記回転数変動幅が大きくなるに連れて、前記許容出力変動幅が大きくなるよう、該許容出力変動幅を補正する許容変動幅補正部と、を有し、前記異常判断部は、前記出力計で検知された前記出力の変動幅が前記許容変動幅補正部で補正された前記許容出力変動幅の範囲外になったか否かに応じて、前記原動機が異常であるか否かを判断してもよい。

10

【0027】

また、前記許容変動幅補正部を有する前記原動機の制御装置において、前記回転数変動幅算出部は、前記回転数が定格回転数よりも高いときに低下した場合に、前記原動機及び前記発電機が正常運転中であるときに許容される回転数低下率を用いて求められる回転数である上参照回転数を求める上参照回転数演算部と、前記回転数が定格回転数以下のときに上昇した場合に、前記原動機及び前記発電機が正常運転中であるときに許容される回転数上昇率を用いて求められる回転数である下参照回転数であって、前記上参照回転数と同じ時刻における下参照回転数を求める下参照回転数演算部と、前記上参照回転数と前記下参照回転数との差を求め、該差を前記回転数変動幅として出力する偏差演算部と、を有してもよい。

20

【0028】

また、前記許容変動幅補正部を有する、いずれかの前記原動機の制御装置において、前記異常判断部は、前記出力計で検知された前記出力と該出力に対する基準出力との差を該出力の変動とする出力変動算出部を有してもよい。

【0029】

30

また、前記一態様としての前記原動機の制御装置において、前記補正部は、前記一方の回転数と、該回転数の単位時間当たりの変化率である回転数変化率と、前記原動機及び前記発電機における回転系の慣性モーメントとを用いて、該原動機の見掛け上の出力変動を求める見掛け出力変動算出部と、前記出力計で検知された前記発電機の出力から前記見掛け上の出力変動分を減算した値を、補正された出力とする出力演算部と、を有し、前記異常判断部は、前記補正部が補正した前記出力の変動幅が前記許容出力変動幅の範囲外になったか否かに応じて、前記原動機が異常であるか否かを判断してもよい。

【0030】

また、前記見掛け出力変動算出部を有する前記原動機の制御装置において、前記補正部は、前記出力演算部に入力する前記見掛け上の出力変動を、前記回転数計からの出力に対する前記出力計からの出力の遅れ時間分遅らせる遅れ時間調節部を有することが好ましい。

40

【0031】

また、前記許容変動幅補正部を有する、いずれかの前記原動機の制御装置において、前記異常判断部は、前記補正部が補正した前記出力と前記出力計で検知された前記出力に対する基準出力との差を該出力の変動とする出力変動算出部を有してもよい。

【0032】

また、前記出力変動算出部を有する、いずれかの前記原動機の制御装置において、前記出力変動算出部は、前記原動機及び前記発電機が正常運転中であるときに許容される出力変化率を用いて求められる出力である参照出力を前記基準出力としてもよい。

50

【0033】

上記目的を達成するための発明に係る一態様としての発電プラントは、
以上のいずれかの前記制御装置と、前記原動機と、前記発電機と、前記操作部と、を備えていることを特徴とする。

【発明の効果】

【0034】

本発明では、電力系統が不安定になり、発電機の出力が変動した場合でも、原動機が異常であるか否かの判断をより正確に行うことができ、原動機異常の誤検出を少なくすることができる。

【図面の簡単な説明】

10

【0035】

【図1】本発明に係る第一実施形態における発電プラントの系統図である。

【図2】本発明に係る第一実施形態における発電機出力の変動に伴うガスタービンのトリップを説明するための説明図である。

【図3】本発明に係る第一実施形態における回転数変動幅の求め方を示す説明図である。

【図4】本発明に係る第一実施形態における回転数変動幅と補正量との関係を示すグラフである。

【図5】本発明に係る第一実施形態における制御装置の動作を示すフローチャートである。

【図6】発電機又はガスタービンの回転数の変動と発電機出力の変動との関係を示す説明図である。

20

【図7】従来技術における回転数変動幅と許容出力変動幅との関係を示す説明図である。

【図8】本発明に係る第一実施形態における回転数変動幅と許容出力変動幅との関係を示す説明図である。

【図9】本発明に係る第二実施形態における制御装置の機能ブロック図である。

【図10】発電機又はガスタービンの回転数と発電機及びガスタービンの出力との関係を示す説明図である。

【図11】本発明に係る第二実施形態における制御装置の動作を示すフローチャートである。

【図12】本発明に係る第二実施形態におけるガスタービン出力の変動に伴うガスタービンのトリップを説明するための説明図である。

30

【図13】本発明に係る第三実施形態における制御装置の機能ブロック図である。

【図14】本発明に係る第三実施形態における回転数変化率の求め方を示す説明図である。

【図15】本発明に係る第四実施形態における制御装置の機能ブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0036】

以下、本発明に係る発電プラントの各種実施形態について、図面を参照して詳細に説明する。

【0037】

40

「第一実施形態」

まず、図1～図8を用いて、第一実施形態としての発電プラントについて説明する。

【0038】

本実施形態の発電プラントは、図1に示すように、原動機としてのガスタービン10と、ガスタービン10の駆動で発電する発電機20と、制御装置100と、を備えている。

【0039】

ガスタービン10は、大気を圧縮して圧縮空気を生成する空気圧縮機11と、燃料を圧縮空気中で燃焼させ高温の燃焼ガスを生成する燃焼器13と、燃焼ガスにより駆動するタービン14と、を備えている。このタービン14のロータ15と発電機20のロータ21とは機械的に接続されている。このため、タービン14のロータ15が回転すると発電機

50

20のロータ21も回転する。タービン14のロータ15又は発電機20のロータ21には、一方のロータ15,21の回転数を検知する回転数計25が設けられている。燃焼器13には、この燃焼器13に燃料を供給する燃料ライン16が接続されている。この燃料ライン16には、燃料遮断弁17が設けられている。

【0040】

発電機20と電力系統29とは、電源線22で電氣的に接続されている。この電源線22には、遮断器23と、変圧器24と、発電機20の出力を検知する出力計26とが設けられている。

【0041】

制御装置100は、出力計26で検知された出力の変動幅が許容出力変動幅の範囲外になったか否かに応じてガスタービン10が異常であるか否かを判断する異常判断部160と、回転数計25で検知された回転数を用いて許容出力変動幅を補正する補正部150と、異常判断部160が異常であると判断すると、操作部である燃料遮断弁17及び遮断器23に対してトリップ信号を出力するトリップ信号出力部170と、を備えている。操作部の一つである燃料遮断弁17は、このトリップ信号を受けると閉じて、燃焼器13への燃料供給が停止する。また、操作部の他の一つである遮断器23は、このトリップ信号を受けると開いて、発電機20と電力系統29との電氣的な接続が断たれる。

10

【0042】

制御装置100の異常判断部160は、出力計26からの出力の変動幅 ΔP_g を求める出力変動算出部167と、出力変動幅 ΔP_g が許容出力変動幅 ΔP_s の範囲外か否かを判断する許容幅判断器163と、出力変動幅 ΔP_g が許容出力変動幅 ΔP_s の範囲外になっている時間が所定時間以上であるか否かを判断するための許容外時間判断器166と、を有している。

20

【0043】

出力変動算出部167は、出力計26からの出力に基づき参照出力 P_r を出力する参照出力発生器161と、参照出力 P_r と出力計26からの発電機20の出力 P_g との差である出力変動幅 ΔP_g を求める減算器162と、を有している。

【0044】

参照出力 P_r は、図2に示すように、ガスタービン10及び発電機20が正常運転中であるときに許容される出力変化率に基づいて求められる現時点 t_b の出力である。参照出力発生器161は、出力が増加した場合の増加時参照出力 $P_{ri}(P_r)$ と、出力が減少した場合の減少時参照出力 $P_{rd}(P_r)$ とを出力する。減算器162は、発電機20の出力 P_g と増加時参照出力 P_{ri} との差である増加時出力変動幅 $\Delta P_i(\Delta P_g)$ 、及び発電機20の出力 P_g と減少時参照出力 P_{rd} との差である減少時出力変動幅 $\Delta P_d(\Delta P_g)$ を求める。

30

【0045】

なお、ここでは、参照出力 P_r を基準として、この参照出力 P_r と出力計26からの発電機20の出力 P_g との差を出力変動幅 ΔP_g としているが、所定時間前の発電機20の出力を基準にして、この基準となる発電機20の出力と現時点の発電機20の出力との差を出力変動幅 ΔP_g としてもよい。

40

【0046】

許容幅判断器163は、出力が増加した場合の上限許容変動幅 ΔP_{si} を減算器162からの出力変動幅 ΔP_g が超えているか否かを判断する上限判断器164と、出力が減少した場合の下限許容変動幅 ΔP_{sd} を減算器162からの出力変動幅 ΔP_g が超えているか否かを判断する下限判断器165と、を有する。許容幅判断器163は、減算器162からの出力変動幅 ΔP_g が許容出力変動幅 ΔP_s の範囲外であると、異常状態である旨を示す異常信号を出力する。具体的には、減算器162からの出力変動幅 ΔP_g が上限許容変動幅 ΔP_{si} を超えている場合には上限判断器164が異常信号を出力し、減算器162からの出力変動幅 ΔP_g が下限許容変動幅 ΔP_{sd} を負側に超えている場合には下限判断器165が異常信号を出力する。

50

【0047】

許容外時間判断器166は、タイマーを有し、許容幅判断器163からの異常信号が入力するとタイマーによるカウントダウンを開始し、この異常信号の入力が所定時間 T_p （図2参照）以上継続すると、つまり、タイマーが0になると、トリップ信号出力部170に対して異常信号を出力する。

【0048】

トリップ信号出力部170は、許容外時間判断器166からの異常信号が入力すると、操作部である燃料遮断弁17や遮断器23等にトリップ信号を出力する。

【0049】

制御装置100の補正部150は、図1に示すように、回転数計25で検知された回転数の変動幅を求める回転数変動幅算出部151と、回転数変動幅に応じて許容出力変動幅の補正量を求める補正量演算部155と、補正量に応じて許容出力変動幅を補正する許容変動幅補正部156と、を有する。

10

【0050】

回転数変動幅算出部151は、現時点の上参照回転数を求める上参照回転数演算器152と、現時点の下参照回転数を求める下参照回転数演算器153と、上参照回転数と下参照回転数との差を回転数変動幅として出力する減算（偏差演算）器154と、を有する。

【0051】

図3に示すように、上参照回転数 N_{ru} は、回転数が定格回転数よりも高いときに低下した場合に、ガスタービン10及び発電機20が正常運転中であるときに許容される回転数低下率を用いて求められる回転数である。また、下参照回転数 N_{rd} は、回転数が定格回転数以下のときに上昇した場合に、ガスタービン10及び発電機20が正常運転中であるときに許容される回転数上昇率を用いて求められる回転数である。減算器154は、現時点の上参照回転数 N_{ru} と現時点の下参照回転数 N_{rd} との差を求め、これを現時点の回転数変動幅 ΔN_p として出力する。

20

【0052】

なお、ここでの定格回転数とは、電力系統29の周波数により定まる回転数である。また、現時点の回転数変動幅 ΔN_p としては、例えば、現時点から予め定めた所定時間過去までの時間における最大回転数と最小回転数との差を採用してもよい。

【0053】

30

補正量演算部155は、回転数変動幅を補正量に変換する関数 F を有している。この関数 F は、例えば、図4に示すように、回転数変動幅の大きさに比例する補正量を出力する関数である。従って、補正量演算部155は、入力する回転数変動幅の大きさが大きくなれば、これに比例して大きい補正量を出力する。

【0054】

許容変動幅補正部156は、図1に示すように、異常判断部160の上限判断器164が保有している上限許容変動幅 ΔP_{si} に補正量を加える上限補正器157と、下限判断器165が保有している下限許容変動幅 ΔP_{sd} から補正量を減算する下限補正器158と、を有する。従って、回転数変動幅の大きさが大きくなれば、上限判断器164が保有している上限許容変動幅 ΔP_{si} はより大きくなり、下限判断器165が保有している下限許容変動幅 ΔP_{sd} は負側により大きくなる。

40

【0055】

次に、図5に示すフローチャートに従って、制御装置100の処理の流れについて説明する。

【0056】

制御装置100の許容変動幅補正部156は、回転数計25からの回転数を受け付けて、この回転数に基づいて異常判断部160の許容幅判断器163が保有している許容出力変動幅を補正する（補正工程（S1））。この補正工程（S1）では、まず、回転数変動幅算出部151が回転数計25からの回転数の変動幅を求める（回転数変動幅算出工程（S2））。次に、補正量演算部155が回転数変動幅の大きさに比例した補正量を求め、

50

許容変動幅補正部 156 が異常判断部 160 の許容幅判断器 163 が保有している許容変動幅 ΔP_s を補正する（許容変動幅補正工程（S3））。具体的に、許容変動幅補正部 156 は、前述したように、回転数変動幅の大きさに比例して、許容幅判断器 163 の上限判断器 164 が保有している上限許容変動幅 ΔP_{si} を大きくし、許容幅判断器 163 の下限判断器 165 が保有している下限許容変動幅 ΔP_{sd} を負側に大きくする。

【0057】

以上で、補正工程（S1）が終了する。

【0058】

また、以上の補正工程（S1）と並行して、異常判断部 160 は、ガスタービン 10 が異常か否かを判断する（異常判断工程（S4））。この異常判断工程（S4）では、まず、参照出力発生器 161 が出力計 26 からの出力を受け付け、この出力に基づき参照出力 P_r を出力する。減算器 162 は、この参照出力 P_r と出力計 26 からの発電機 20 の出力 P_g との差である出力変動幅 ΔP_g を求める（出力変動幅算出工程（S5））。そして、この出力変動幅 ΔP_g に基づいて各判断器 163, 166 が異常か否かの判断を行う（判断工程（S6））。

【0059】

この判断工程（S6）では、許容幅判断器 163 が減算器 162 から出力変動幅 ΔP_g を受け付け、この出力変動幅 ΔP_g が補正部 150 で補正された許容出力変動幅 ΔP_s の範囲外か否かを判断する。そして、許容幅判断器 163 は、出力変動幅 ΔP_g が許容出力変動幅 ΔP_s の範囲外であると、異常状態である旨を示す異常信号を出力する。この異常信号が出力されると、許容外時間判断器 166 は、出力変動幅 ΔP_g が許容出力変動幅 ΔP_s の範囲外になっている時間が所定時間 T_p 以上であるか否かを判断し、所定時間 T_p 以上であれば、トリップ信号出力部 170 に異常信号を出力する。すなわち、この判断工程（S6）では、出力変動幅 ΔP_g が許容出力変動幅 ΔP_s の範囲外であり、且つこの状態が所定時間 T_p 継続すると、トリップ信号出力部 170 に異常信号を出力する。一方、出力変動幅 ΔP_g が許容出力変動幅 ΔP_s の範囲外ではない、又は、出力変動幅 ΔP_g が許容出力変動幅 ΔP_s の範囲外である状態が所定時間 T_p 継続しない場合には、補正工程（S1）に戻ると共に、異常判定工程（S4）に戻る。

【0060】

トリップ信号出力部 170 は、異常判断部 160 が異常信号を出力すると（S6で Yes の場合）、前述したように、操作部に対してトリップ信号を出力する（S7）。この結果、ガスタービン 10 はトリップする。

【0061】

図 6 に示すように、ガスタービン 10 の出力が一定でも、電力系統 29 が変動すると、発電機 20 の回転数と発電機 20 の出力とが変動する。この回転数と出力とは、極めて高い相関性があり、回転数が大きく変動すると、出力も大きく変動する。但し、回転数と出力とは、多少の位相ズレがある。

【0062】

「背景技術」の欄で述べた特許文献 1 に記載の技術では、発電機 20 の現在の出力と所定時間前の発電機 20 の出力との差と、固定値である基準値とが比較されて、ガスタービン 10 の状態を判定している。すなわち、図 7 に示すように、基準値である発電機 20 の出力の許容出力変動幅 ΔP_s は、回転数変動幅 ΔN_p の変化に関わらず、一定である。従って、ガスタービン 10 の出力が一定でも、電力系統 29 が変動して、発電機 20 の出力が大きく変動すると、例えば、図 6 中の時刻 t_x でガスタービン 10 をトリップさせる可能性がある。

【0063】

一方、本実施形態では、図 8 に示すように、回転数変動幅 ΔN_p の大きさに比例して、許容出力変動幅 ΔP_s を大きくしているため、より具体的には、回転数変動幅 ΔN_p の大きさに比例して、上限許容変動幅 ΔP_{si} を大きくすると共に、下限許容変動幅 ΔP_{sd} を負側に大きくしている。従って、図 6 に示すように、電力系統 29 の大きな変動により

、発電機 20 の回転数が大きく変動して、発電機 20 の出力も大きく変動しても、このときの出力変動幅 ΔP_g は許容出力変動幅 ΔP_s の範囲内になり、ガスタービン 10 をトリップさせることはない。言い換えると、本実施形態では、例えば、ガスタービン 10 の出力が一定のときに、電力系統 29 が大きく変動して、発電機 20 の出力も大きく変動しても、ガスタービン 10 が異常であるとは判断せず、ガスタービン 10 の運転が継続される。

【0064】

以上のように、本実施形態では、電力系統 29 が変動した場合におけるガスタービン異常の誤検出、及びガスタービン 10 の誤トリップを少なくすることができる。

【0065】

10

「第二実施形態」

次に、図 9～図 12 を用いて、第二実施形態としての発電プラントについて説明する。

【0066】

本実施形態及び以下の実施形態の発電プラントは、いずれも、第一実施形態の制御装置 100 を変更したもので、その他の構成は第一実施形態の発電プラントと同じである。従って、本実施形態及び以下の実施形態については、主として、第一実施形態の制御装置 100 の変更内容について説明する。

【0067】

本実施形態の制御装置 100 a は、図 9 に示すように、出力の変動幅が許容出力変動幅の範囲外になったか否かに応じてガスタービン 10 が異常であるか否かを判断する異常判断部 160 a と、出力計 26 で検知された出力を補正する補正部 110 と、第一実施形態と同様のトリップ信号出力部 170 と、を備えている。

20

【0068】

異常判断部 160 a は、補正部 110 からの出力 P_t の変動幅 ΔP を求める出力変動算出部 167 a と、第一実施形態と同様の許容幅判断器 163 及び許容外時間判断器 166 と、を有している。

【0069】

出力変動算出部 167 a は、出力計 26 からの出力に基づき参照出力 P_r を出力する参照出力発生器 161 と、参照出力 P_r と補正部 110 からの出力 P_t との差である出力変動幅 ΔP_g を求める減算器 162 a と、を有している。

30

【0070】

参照出力発生器 161 は、第一実施形態と同様、出力が増加した場合の増加時参照出力 P_{ri} (P_r) と、出力が減少した場合の減少時参照出力 P_{rd} (P_r) とを出力する。減算器 162 a は、補正部 110 からの出力 P_t と増加時参照出力 P_{ri} との差である増加時出力変動幅 ΔP_i 、及び補正部 110 からの出力 P_t と減少時参照出力 P_{rd} との差である減少時出力変動幅 ΔP_d を求める。

【0071】

なお、ここでは、参照出力 P_r を基準として、この参照出力 P_r と補正部 110 からの出力 P_t との差を出力変動幅 ΔP_g としているが、所定時間前の補正部 110 からの出力 P_t を基準にして、この基準となる補正部 110 からの出力と現時点の補正部 110 からの出力との差を出力変動幅 ΔP_g としてもよい。

40

【0072】

許容幅判断器 163 及び許容外時間判断器 166 は、前述したように、第一実施形態のものと同様である。

【0073】

制御装置 100 a の補正部 110 は、回転数計 25 で検知された回転数を用いて、ガスタービン 10 の見掛け上の出力変動を求める見掛け出力変動算出部 111 と、見掛け出力変動算出部 111 が求めたガスタービン 10 の見掛け上の出力変動と出力計 26 で検知された発電機 20 の出力 P_g とを用いてガスタービン 10 の出力 P_t を求める出力演算部 118 と、を有する。すなわち、この補正部 110 は、出力計 26 で検知された発電機 20

50

の出力 P_g を補正することで、補正後の出力としてガスタービン 10 の出力 P_t を出力する。

【0074】

ガスタービン 10 の出力 P_t は、以下の式 (1) で示すように、出力計 26 で検知された発電機 20 の出力 P_g から、ガスタービン 10 及び発電機 20 における回転系の慣性力によるガスタービン 10 の見掛け上の出力変動 Δp を減算した値である。

$$P_t = P_g - \Delta p \quad \dots \dots \dots (1)$$

【0075】

よって、出力演算部 118 は、出力計 26 で検知された発電機 20 の出力 P_g と、見掛け出力変動算出部 111 が求めたガスタービン 10 の見掛け上の出力変動 Δp との偏差を求める偏差演算器である。

10

【0076】

ガスタービン 10 及び発電機 20 における回転系の慣性力によるガスタービン 10 の見掛け上の出力変動 Δp は、以下の式 (2) で表すことができる。

【0077】

$$\begin{aligned} \Delta p &= T_r \times \omega \\ &= -I \times d\omega / dt \times \omega \\ &= -I \times (2\pi / 60)^2 \times dN / dt \times N \quad \dots \dots \dots (2) \end{aligned}$$

T_r : 加速トルク ($= -I \times d\omega / dt$) [$N \cdot m$]

ω : 角速度 ($= 2\pi N / 60$) [rad / s]

20

I : 慣性モーメント [$kg \cdot m^2$]

t : 時間 [s]

N : 回転数 [rpm]

【0078】

なお、式 (2) 中の慣性モーメント I は、ガスタービン 10 及び発電機 20 における回転系の慣性モーメントである。このため、この慣性モーメント I は、ガスタービン 10 における空気圧縮機 11 のロータ 12、タービン 14 のロータ 15 及び発電機 20 のロータ 21 を合せたものの慣性モーメントである。また、式 (2) 中で、時間変化に伴う変動パラメータは、回転数 N のみであり、他のパラメータは固定値である。このため、式 (2) で示されるガスタービン 10 の見掛け上の出力変動 Δp は、回転数 N を検知することで求めることができる。

30

【0079】

図 10 に示すように、ガスタービン 10 の出力 P_t が一定でも、電力系統 29 が変動すると、発電機 20 の回転数と発電機 20 の出力 P_g とが変動する。このような電力系統 29 の変動に伴う発電機 20 の出力変動は、ガスタービン 10 の正味出力 P_t に対して、上記式 (2) に示されているガスタービン 10 の見掛け上の出力変動 Δp となる。従って、電力系統 29 が変動した場合でも、式 (1) に示すように、出力計 26 で検知された発電機 20 の出力 P_g からガスタービン 10 の見掛け上の出力変動 Δp を減算することで、ガスタービン 10 の正味出力 P_t を求めることができる。なお、ガスタービン 10、発電機 20 及び電力系統 29 が安定している場合、ガスタービン 10 の見掛け上の出力変動 Δp は実質的に「0」になる。このため、この場合、式 (1) から理解できるように、ガスタービン 10 の出力 P_t と発電機 20 の出力 P_g とは実質的に等しくなる。

40

【0080】

ところで、ガスタービン 10 及び発電機 20 の回転数 N が一定周期 T で変動している場合、この回転数の位相に対して発電機 20 の出力の位相は、理論的には $T / 4$ だけズレる。しかしながら、複数の発電プラントにおいて、回転数計で検知された回転数の位相と出力計で検知された実際の出力の位相とを比較すると、出力計で検出された出力の位相は、回転数計で検知された回転数の位相に対して $T / 4$ よりも遅れていることが判明した。すなわち、出力計で検知される実際の出力の位相は、理論的な出力の位相に対して遅れ時間 T_d 分遅れていることが判明した。言い換えると、ある時刻における回転数の回転数計が

50

らの出力時刻に対して、出力計は、同じある時刻における発電機の出力の出力時刻が遅れ時間 T_d 分遅くなることが判明した。

【0081】

この遅れ時間 T_d の発生原因は明確に判明していないが、出力計のハードウェアが遅れ時間の発生に起因していると考えられる。出力計は、基本的に、電流計と、電圧計と、電流計で検知された電流値と電圧計で検知された電圧値とを掛け合わせる演算器と、を有して構成されている。このように、出力計は、複数の段階を経て出力を得ているため、出力計で検知される出力の位相は、理論的な出力位相に対して遅れる、と考えられる。

【0082】

式(1)を用いて、ガスタービン10の出力 P_t を求める場合、式(1)中のガスタービン10の見掛け上の出力変動 Δp は、式(2)を用いて前述したように、回転数が検知されれば求められる。このため、回転数から求められる見掛け上の出力変動 Δp の位相は理論的な出力変動の位相と実質的に一致し、この理論的な出力変動に対して実質的に遅れていない。一方、式(1)中の発電機20の出力 P_g は出力計26で検知されたものであるから、この発電機20の出力 P_g の位相は理論的な出力の位相に対して遅れ時間 T_d 遅れている。

【0083】

仮に、位相が遅れ時間 T_d 分遅れている発電機20の出力 P_g から、位相が遅れていない見掛け上の出力変動 Δp を減算して、ガスタービン10の出力 P_t を求めるとする。この場合、遅れ時間 T_d が比較的短い時間であれば、あまり問題にならないが、遅れ時間 T_d が比較的長い時間になれば、求められるガスタービン10の出力 P_t に大きな誤差が含まれることになる。特に、遅れ時間 T_d が回転数の変動周期 T の $1/2$ である場合、本来、出力の正のピーク値から出力変動の正のピーク値を減算しなければならないにも関わらず、出力の正のピーク値から出力変動の負のピーク値を減算することになり、ガスタービン10の出力の変動が見掛け上の変動より極めて大きくなってしまう。

【0084】

そこで、本実施形態の見掛け出力変動算出部111では、以上の知見に基づき、回転数計25で検知された回転数 N から、遅れ時間 T_d を調節したガスタービン10の見掛け上の出力変動 Δp を求める。具体的に、本実施形態の見掛け出力変動算出部111は、図9に示すように、回転数計25で検知された回転数 N を用いて遅れ時間 T_d を考慮していないガスタービン10の見掛け上の出力変動を求める出力変動演算部120と、この見掛け上の出力変動を予め定められている遅れ時間 T_d 分だけ遅らせる遅れ時間調節部112と、を有している。

【0085】

出力変動演算部120は、互いに異なるサンプリング時刻でサンプリングされた二つの回転数を用いて回転数変化率 (dN/dt) を求める回転数変化率演算部130と、ガスタービン10及び発電機20における回転系の慣性モーメント I を出力する慣性モーメント発生器121と、式(2)中の定数である $[-(2\pi/60)^2]$ を出力する定数発生器122と、複数の乗算器123, 124, 125と、を有している。乗算器123, 124, 125としては、慣性モーメント I と定数 $[-(2\pi/60)^2]$ を掛け合わせる第一乗算器123と、第一乗算器123からの出力 $[-I \times (2\pi/60)^2]$ に回転数変化率 (dN/dt) を掛ける第二乗算器124と、第二乗算器124からの出力 $[-I \times (2\pi/60)^2 \times dN/dt]$ に回転数 N を掛ける第三乗算器125と、を有している。すなわち、この出力変動演算部120は、式(2)の演算を実行する。

【0086】

回転数変化率演算部130は、回転数計25からの回転数を所定時間 T_s 遅らせて出力する遅延器133と、回転数計25からの回転数と遅延器133からの回転数との差を求める減算器134と、所定時間 T_s を出力する時間発生器132と、減算器134からの出力を時間発生器132からの所定時間 T_s で割る除算器139と、を有する。すなわち、回転数変化率演算部130は、現時点の回転数と、現時点から所定時間 T_s 過去の回転

10

20

30

40

50

数との平均回転数変化率を現時点の回転数変化率としている。

【0087】

次に、図11に示すフローチャートに従って、制御装置100aの処理の流れについて説明する。

【0088】

制御装置100aの補正部110は、回転数計25からの回転数 N と出力計26からの発電機20の出力 P_g とを受け付け、この出力 P_g を補正して、ガスタービン10の出力 P_t を出力する（補正工程（S10））。

【0089】

この補正工程（S10）では、まず、補正部110の出力変動演算部120が、ガスタービン10の見掛け上の出力変動 Δp を求める（見掛け出力変動演算工程（S12））。この際、出力変動演算部120の回転数変化率演算部130が前述の方法で回転数変化率を求める。出力変動演算部120は、式（2）に従って、この回転数変化率と回転数と回転系の慣性モーメント等を用いて、ガスタービン10の見掛け上の出力変動 Δp を求める。

10

【0090】

補正工程（S10）では、続いて、遅れ時間調節部112が出力変動演算部120で求められたガスタービン10の見掛け上の出力変動 Δp を遅れ時間 T_d 前の見掛け上の出力変動 Δp に調節する（遅れ時間調節工程（S13））。具体的に、遅れ時間調節部112は、遅延器であり、遅れ時間調節部112が出力変動演算部120で求められたガスタービン10の見掛け上の出力変動 Δp を遅れ時間 T_d だけ遅らせてから出力する。

20

【0091】

この結果、遅れ時間調節部112から出力された見掛け上の出力変動 Δp は、出力計26の遅れ時間 T_d を考慮した見掛け上の出力変動となる。なお、見掛け出力変動演算工程（S12）と遅れ時間調節工程（S13）とを合わせた工程が、出力計26の遅れ時間 T_d を考慮した見掛け上の出力変動を求める見掛け出力変動算出工程（S11）を成す。

【0092】

補正工程（S10）では、さらに、出力演算部118が、式（1）に従って、出力計26からの発電機20の出力 P_g から、見掛け出力変動算出部111で求められたガスタービン10の見掛け上の出力変動 Δp を減算して、ガスタービン10の出力 P_t を求める（出力演算工程（S14））。出力計26からの発電機20の出力 P_g は、現時点から実質的に遅れ時間 T_d 遅れた出力であるが、見掛け出力変動算出部111からのガスタービン10の見掛け上の出力変動 Δp も、現時点から実質的に遅れ時間 T_d 遅れた見掛け上の出力変動である。このため、出力演算部118が扱う発電機20の出力 P_g とガスタービン10の見掛け上の出力変動 Δp との間には、遅れ時間 T_d に基づく位相ズレがない。よって、出力演算部118は、正確なガスタービン10の出力を求めることができる。

30

【0093】

以上で、補正工程（S10）が終了する。

【0094】

異常判断部160aは、ガスタービン10が異常か否かを判断する（異常判断工程（S4a））。この異常判断工程（S4a）では、まず、参照出力発生器161が出力計26からの出力を受け付け、この出力に基づき参照出力 P_r を出力する。減算器162aは、この参照出力 P_r と補正部110からのガスタービン10の出力 P_t との差である出力変動幅 ΔP_g を求める（出力変動幅算出工程（S5a））。そして、この出力変動幅 ΔP_g に基づいて各判断器163、166が異常か否かの判断を行う（判断工程（S6a））。

40

【0095】

この判断工程（S6a）では、許容幅判断器163が減算器162aから出力変動幅 ΔP_g を受け付け、この出力変動幅 ΔP_g が予め定められている許容出力変動幅 ΔP_s の範囲外か否かを判断する。そして、許容幅判断器163は、出力変動幅 ΔP_g が許容出力変動幅 ΔP_s の範囲外であると、異常状態である旨を示す異常信号を出力する。この異常信

50

号が出力されると、許容外時間判断器166は、出力変動幅 ΔP_g が許容出力変動幅 ΔP_s の範囲外になっている時間が所定時間 T_p 以上であるか否かを判断し、所定時間 T_p 以上であれば、トリップ信号出力部170に異常信号を出力する。

【0096】

トリップ信号出力部170は、第一実施形態と同様、異常判断部160aが異常信号を出力すると（S6aでYesの場合）、前述したように、操作部に対してトリップ信号を出力する（S7）。この結果、ガスタービン10はトリップする。

【0097】

例えば、図12に示すように、時刻 t_a からガスタービン10の出力 P_t が比較的に急激に減少し始めたとする。なお、図12に示すガスタービン10の出力 P_t は、ガスタービン10の見掛け上の出力変動 Δp を含まない正味の出力である。この結果、減少時参照出力 P_{rd} （ P_r ）とガスタービン10の出力 P_t との差である減少時出力変動幅 ΔP_d （ ΔP ）が生じる。ガスタービン10の出力 P_t は、その後も比較的に急激に減少すると、次第に減少時出力変動幅 ΔP_d も負側に大きくなる。この減少時出力変動幅 ΔP_d が、時刻 t_b のときに予め定められている下限許容変動幅 ΔP_{sd} （ ΔP_s ）を負側に超えると、下限判断器165は許容外時間判断器166へ異常信号を出力する。許容外時間判断器166は、異常信号の入力が所定時間 T_p 継続すると、時刻 t_b から所定時間 T_p 後の時刻 t_c に、トリップ信号出力部170に異常信号を出力する。この結果、トリップ信号出力部170は、前述したように、操作部に対してトリップ信号を出力し、ガスタービン10がトリップする。

【0098】

以上のように、本実施形態では、例えば、電力系統29が不安定になり、ガスタービン10と発電機20との出力バランスがくずれた場合等でも、発電機20の出力から正確なガスタービン10の出力を求めることができる。

【0099】

また、本実施形態では、ガスタービン10の出力 P_t が一定の場合に、電力系統29の不安定に起因して発電機20の出力 P_g が変動しても、以上のように正確に求められたガスタービン10の出力 P_t に応じてガスタービン10が異常であるか否かの判断が行われるので、ガスタービン異常の誤検出、及びガスタービン10の誤トリップを少なくすることができる。

【0100】

「第三実施形態」

次に、図13及び図14を用いて、第三実施形態としての発電プラントについて説明する。

【0101】

本実施形態の制御装置100bは、第二実施形態の制御装置100aにおける回転数変化率演算部130を変更したもので、その他の構成は第二実施形態の制御装置100aと基本的に同じである。そこで、以下では、主として、この変更内容について説明する。

【0102】

まず、本実施形態の回転数変化率演算部130bでの回転数変化率の求め方について、図14を参照して説明する。

【0103】

第一時刻 t_1 における回転数変化率を求める際には、まず、第一時刻 t_1 に回転数計25から出力された第一回転数 N_1 と、第一時刻 t_1 から所定時間 T_s 前の第二時刻 t_2 に回転数計25から出力された第二回転数 N_2 とを用いて、両回転数 N_1 、 N_2 の差である第一回転数変化量 ΔN_1 を求める。次に、第一時刻 t_1 から所定時間 T_s 後の第三時刻 t_3 に回転数計25から出力された第三回転数 N_3 と第一回転数 N_1 とを用いて、両回転数 N_3 、 N_1 の差である第二回転数変化量 ΔN_2 を求める。

【0104】

次に、第一回転数変化量 ΔN_1 と第二回転数変化量 ΔN_2 との平均値である平均変化量

10

20

30

40

50

$\Delta N a$ を求める。次に、この平均変化量 $\Delta N a$ を所定時間 $T s$ で割って、この値を第一時刻 $t 1$ における回転数変化率とする。

【0105】

すなわち、ここでは、第一時刻 $t 1$ と第二時刻 $t 2$ との間での第一平均回転数変化率と、第一時刻 $t 1$ と第三時刻 $t 3$ との間での第二平均回転数変化率との平均値を第一時刻 $t 1$ における回転数変化率としている。

【0106】

第一時刻 $t 1$ と第二時刻 $t 2$ との間の所定時間 $T s$ 、及び第一時刻 $t 1$ と第三時刻 $t 3$ との間の所定時間 $T s$ は、予想される遅れ時間 $T d$ 以下の時間である。

【0107】

ところで、第一時刻 $t 1$ における回転数変化率を以上のように求める場合、第一時刻 $t 1$ に対して未来の時刻である第三時刻 $t 3$ における第三回転数 $N 3$ が必要である。

【0108】

また、出力演算部118において、第一時刻 $t 1$ での回転数変化率を用いて求められる見掛け上の出力変動分が減算される対象は、第一時刻 $t 1$ での発電機20の出力である。この第一時刻 $t 1$ での発電機20の出力は、所定時間 $T s$ が予想される遅れ時間 $T d$ 以下の時間である関係上、第一時刻 $t 1$ に対して所定時間 $T s$ だけ未来の時刻である第三時刻 $t 3$ よりもさらに未来の時刻、つまり第一時刻 $t 1$ から遅れ時間 $T d$ 分だけ未来の第四時刻 $t 4$ に出力計26から出力される出力である。従って、第一時刻 $t 1$ での発電機20の出力が得られる第四時刻 $t 4$ から見ると、第三時刻 $t 3$ は過去の時刻である。このため、出力演算部118において、第一時刻 $t 1$ でのガスタービン10の出力を求める場合には、第三時刻 $t 3$ が第四時刻 $t 4$ に対して過去の時刻であるため、第一時刻 $t 1$ に対して未来の時刻である第三時刻 $t 3$ における第三回転数 $N 3$ を得ることができる。

【0109】

本実施形態の回転数変化率演算部130bは、以上の方法で回転数変化率を求める。そこで、この回転数変化率演算部130bは、図13に示すように、定数である「2」を出力する定数発生器131と、所定時間 $T s$ を出力する時間発生器132と、回転数計25からの回転数を所定時間 $T s$ 遅らせて出力する第一遅延器133と、回転数計25からの回転数と第一遅延器133からの回転数との差を求める第一減算器134と、第一遅延器133からの回転数をさらに所定時間 $T s$ 遅らせて出力する第二遅延器135と、第一遅延器133からの回転数と第二遅延器135からの回転数との差を求める第二減算器136と、第一減算器134からの出力に第二減算器136からの出力を加える加算器137と、加算器137からの出力を定数発生器131からの「2」で割る第一除算器138と、第一除算器138からの出力を時間発生器132からの所定時間 $T s$ で割る第二除算器139と、を有する。

【0110】

ここで、この回転数変化率演算部130bにおいて、回転数計25から前述の第三時刻 $t 3$ における第三回転数 $N 3$ が出力されたとする。このとき、第一遅延器133は、第三時刻 $t 3$ から所定時間 $T s$ 前の第一時刻 $t 1$ における第一回転数 $N 1$ を出力する。第一減算器134は、第一回転数 $N 1$ と第三回転数 $N 3$ との差である第二回転数変化量 $\Delta N 2$ を出力する。また、このとき、第二遅延器135は、第一時刻 $t 1$ から所定時間 $T s$ 前の第二時刻 $t 2$ における第二回転数 $N 2$ を出力する。第二減算器136は、第一遅延器133からの出力である第一回転数 $N 1$ と第二遅延器135からの出力である第二回転数 $N 2$ との差である第一回転数変化量 $\Delta N 1$ を出力する。加算器137及び第一除算器138では、第一回転数変化量 $\Delta N 1$ と第二回転数変化量 $\Delta N 2$ との平均値である平均変化量 $\Delta N a$ を求める。第二除算器139は、平均変化量 $\Delta N a$ を所定時間 $T s$ で割って、第一時刻 $t 1$ における回転数変化率を出力する。

【0111】

なお、以上では、平均変化量 $\Delta N a$ を求めてから、この平均変化量 $\Delta N a$ を所定時間 $T s$ で割って回転数変化率を求めているが、第一回転数変化量 $\Delta N 1$ 及び第二回転数変化量

10

20

30

40

50

ΔN_2 を求めてから、これらの変化量の変化率を求め、各変化率の平均値を第一時刻 t_1 における回転数変化率としてもよい。

【0112】

ところで、図14を用いて前述したように、出力演算部118において、第一時刻 t_1 での回転数変化率を用いて求められる見掛け上の出力変動分が減算される対象は、第一時刻 t_1 での発電機20の出力である。この第一時刻 t_1 での発電機20の出力は、第一時刻 t_1 から遅れ時間 T_d 分だけ未来の第四時刻 t_4 に出力計26から出力される出力である。

【0113】

一方、第一時刻 t_1 での回転数変化率は、第一時刻 t_1 から所定時間 T_s 分だけ未来の第三時刻 t_3 に回転数計25から出力される回転数を用いて求められる。従って、第一時刻 t_1 での回転数変化率が求められる時刻は、第一時刻 t_1 から所定時間 T_s 分だけ未来の第三時刻 t_3 以降になる。

10

【0114】

このため、出力変動演算部120bが、第一時刻 t_1 におけるガスタービン10の見掛け上の出力変動 Δp を出力する時刻も、第一時刻 t_1 から所定時間 T_s 分だけ未来の第三時刻 t_3 以降になる。よって、出力変動演算部120bからの出力である見掛け上の出力変動 Δp は、すでに所定時間 T_s 遅れているので、この見掛け上の出力変動 Δp を $(T_d - T_s)$ 分を遅らせるだけで、この見掛け上の出力変動 Δp と出力計26からの発電機20の出力との遅れ時間 T_d 差が解消される。

20

【0115】

そこで、本実施形態の遅れ時間調節部112bは、第二実施形態と異なり、出力変動演算部120bからの出力である見掛け上の出力変動 Δp を $(T_d - T_s)$ 分を遅らせる。

【0116】

遅れ時間調節部112bにより $(T_d - T_s)$ 分遅らされた見掛け上の出力変動 Δp は、見掛け出力変動算出部111bの出力として、補正部110bの出力演算部118に送られる。出力演算部118では、第二実施形態と同様に、出力計26からの出力 P_g から、見掛け出力変動算出部111bからの見掛け上の出力変動 Δp が減算されて、減算結果であるガスタービン10の正味出力が異常判断部160aに出力される。

30

【0117】

以上、本実施形態では、3つの時刻から回転数変化率を求めているので、より正確な回転数変化率を求めることができる。本実施形態では、図14に示すように、時刻 t_1 を基準にして、この時刻 t_1 と過去の時刻 t_2 との間の平均回転数変化率のみならず、この時刻 t_1 と未来の時刻 t_3 との間の平均回転数変化率も使って、これら平均回転数変化率の平均値を時刻 t_1 での回転数変化率としている。このため、本実施形態では、回転数変化率を求める時刻 t_1 での回転数が極大値又は極小値をとるときには、第二実施形態よりもより正確な回転数変化率を求めることができる。

【0118】

「第四実施形態」

次に、図15を用いて、第四実施形態としての発電プラントについて説明する。

40

【0119】

本実施形態の制御装置100cは、第二実施形態の制御装置100aにおける遅れ時間調節部112の位置を変更したもので、その他の構成は第二実施形態の制御装置100aと基本的に同じである。従って、以下では、主として、この変更内容について説明する。

【0120】

第二実施形態の遅れ時間調節部112は、見掛け出力変動演算部120と出力演算部118との間に配置されている。一方、本実施形態の遅れ時間調節部112cは、回転数計25と見掛け出力変動演算部120との間に配置されている。

【0121】

本実施形態では、回転数計25で検知された回転数が遅れ時間調節部112cにより見

50

掛け時間 T_d 遅らされてから、見掛け出力変動演算部 120 に入力する。この結果、見掛け出力変動演算部 120 で求められたガスタービン 10 の見掛け上の出力変動 Δp は、既に見掛け時間 T_d 分遅れていることになる。このため、本実施形態では、第二実施形態のように、見掛け出力変動演算部 120 からの見掛け上の出力変動 Δp は、遅れ時間調節されることなく、出力演算部 118 に入力する。

【0122】

以上のように、出力計 26 からの出力の遅れに対する出力変動の遅れ時間調節は、第一実施形態のように、見掛け出力変動演算部 120 の出力であるガスタービン 10 の見掛け上の出力変動に対して行っても、本実施形態のように、見掛け出力変動演算部 120 の入力値である回転数に対して行ってもよい。よって、第三実施形態においても、本実施形態と同様に、遅れ時間調節部を回転数計 25 と見掛け出力変動演算部 120 b との間に配置してもよい。また、第三実施形態では、見掛け出力変動演算部 120 b における第一遅延器 133 及び第二遅延器 135 で回転数を遅らせる所定時間 T_s を遅れ時間 T_d に設定することでも、遅れ時間調節を実行することができる。

10

【0123】

なお、以上の実施形態は、いずれも、ガスタービンが原動機の発電プラントであるが、原動機はガスタービンに限定されるものではなく、例えば、蒸気タービンや風車等であってもよい。

【符号の説明】

【0124】

20

10…ガスタービン、11：空気圧縮機、13：燃焼器、14：タービン、17：燃料遮断弁、20：発電機、23：遮断器、25：回転数計、26：出力計、100，100a，100b，100c：制御装置、110，110b：補正部、111，111b：見掛け出力変動算出部、112，112a，112b，112c：遅れ時間調節部、120，120b：出力変動演算部、130，130b：回転数変化率演算部、160，160a：異常判断部、170：トリップ信号出力部

【図 1】

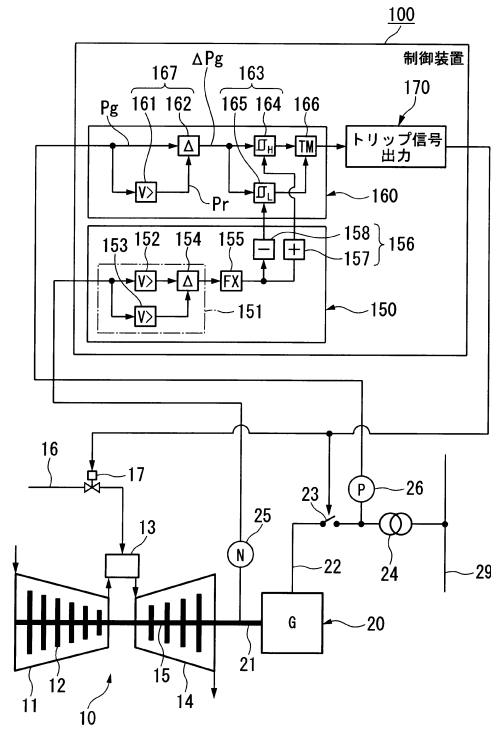


図 1

【図 2】

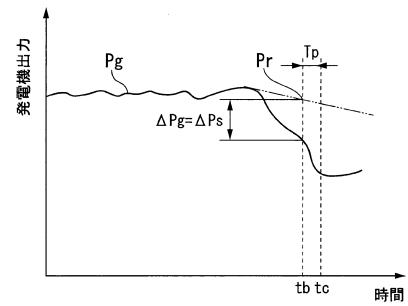


図 2

【図 3】

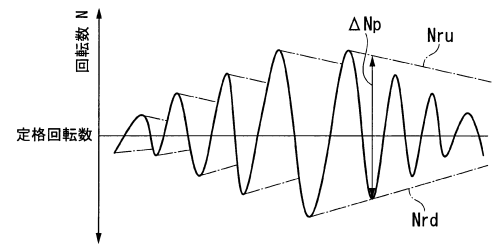


図 3

【図 4】

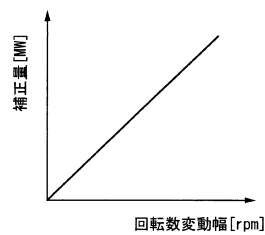


図 4

【図 6】

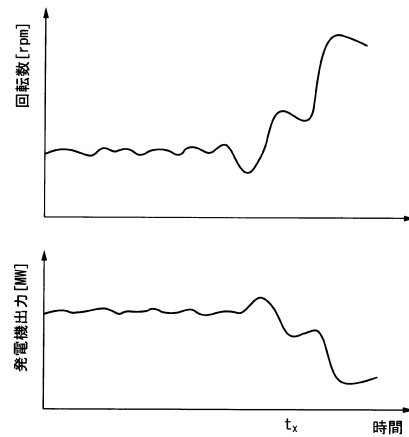


図 6

【図 5】

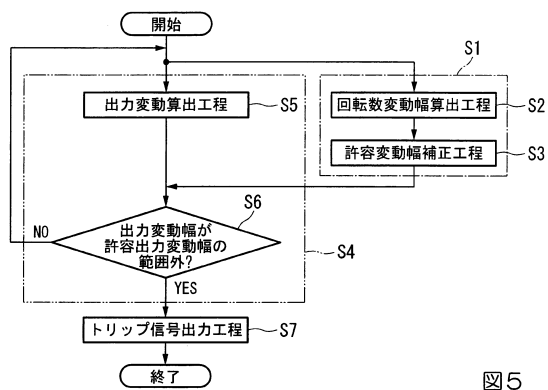


図 5

【図 7】

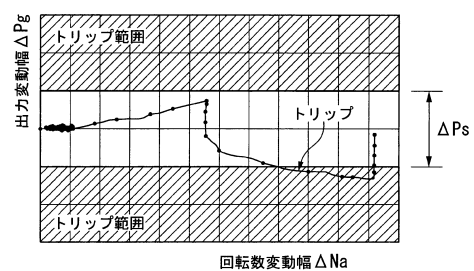
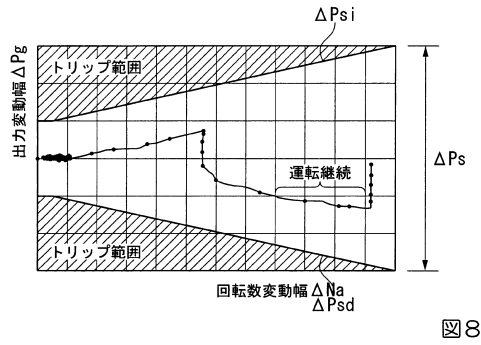
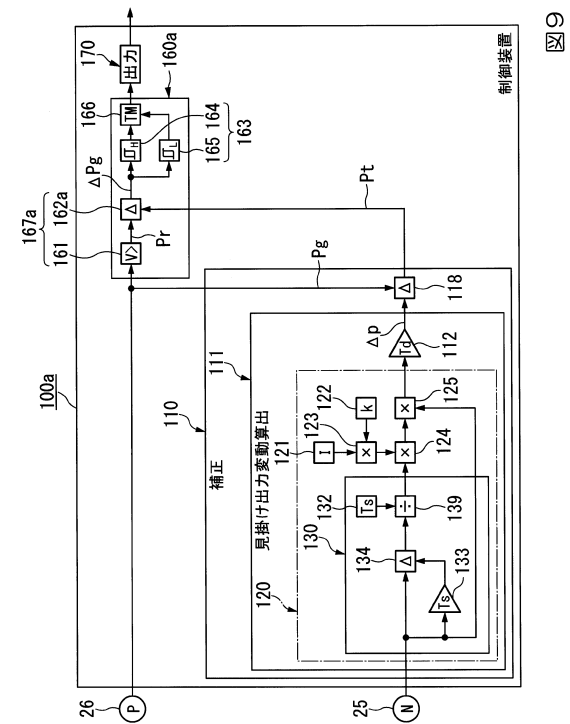


図 7

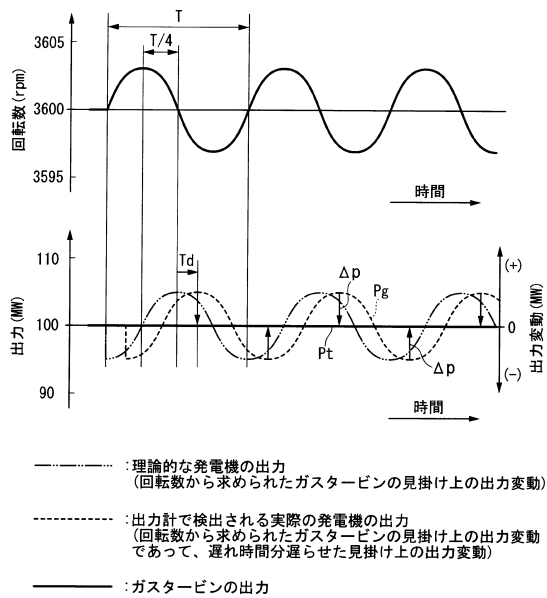
【図 8】



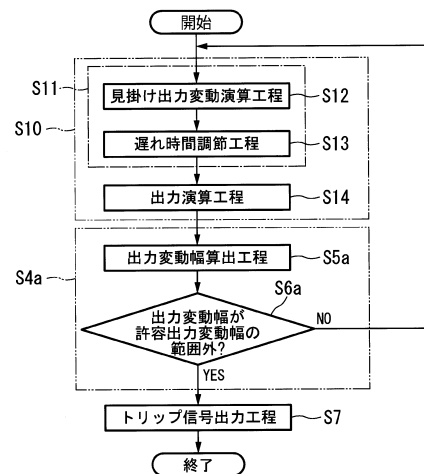
【図 9】



【図 10】



【図 11】



【図 1 2】

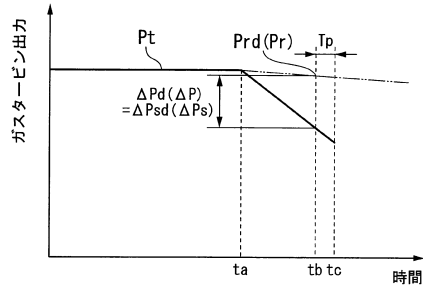


図 1 2

【図 1 3】

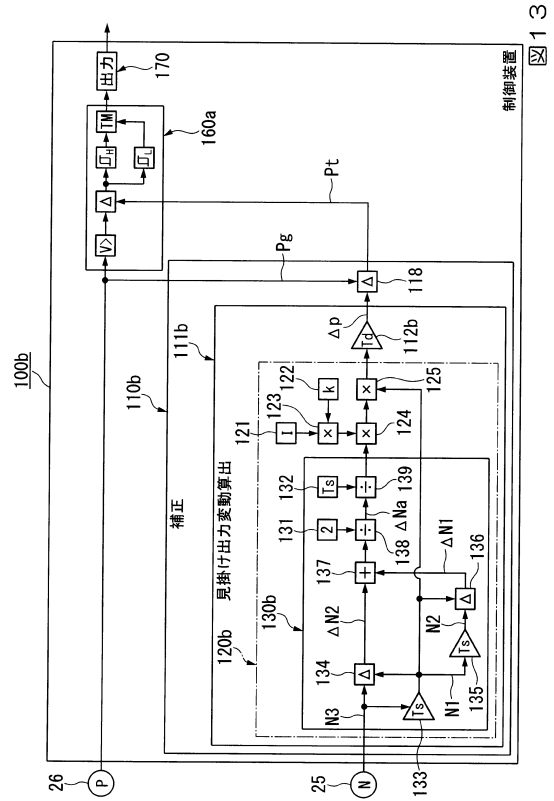


図 1 3

【図 1 4】

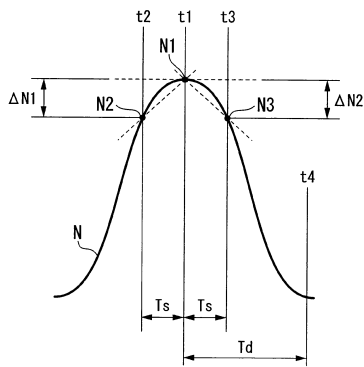


図 1 4

【図 1 5】

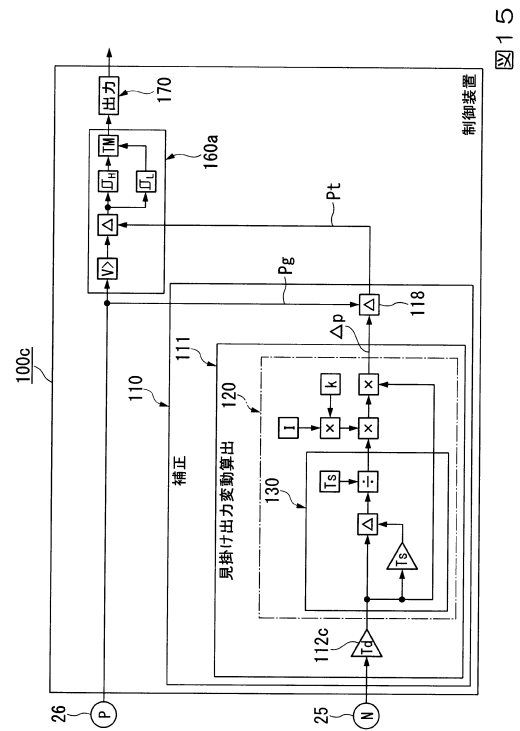


図 1 5

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
F 0 1 D 15/10 C

(72)発明者 恵藤 陽介
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 平崎 丈尾
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 井内 秀樹
東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内

審査官 筑波 茂樹

(56)参考文献 特開平11-64127 (JP, A)
特開昭60-6003 (JP, A)
特開昭59-43910 (JP, A)
特開昭61-104259 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
F 0 1 D 15/10
F 0 1 D 25/00
F 0 2 C 7/00
H 0 2 P 9/00