(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3672312号
(P3672312)
(45)発行日　平成17年7月20日(2005.7.20)　(24)登録日　平成17年4月28日(2005.4.28)

(51)Int.Cl.[7]　F I
F01K 23/10　F01K 23/10　T
F01K 23/16　F01K 23/16

請求項の数 6　(全 6 頁)

(21)出願番号　特願平7-521362
(86)(22)出願日　平成7年2月8日(1995.2.8)
(65)公表番号　特表平8-509048
(43)公表日　平成8年9月24日(1996.9.24)
(86)国際出願番号　PCT/US1995/001720
(87)国際公開番号　WO1995/021991
(87)国際公開日　平成7年8月17日(1995.8.17)
審査請求日　平成14年2月6日(2002.2.6)
(31)優先権主張番号　08/196,916
(32)優先日　平成6年2月15日(1994.2.15)
(33)優先権主張国　米国(US)

(73)特許権者
ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ
アメリカ合衆国、１２３４５、ニューヨーク州、スケネクタデイ、リバーロード、１番
(74)代理人
弁理士　松本　研一
(72)発明者　ローウェン，ウィリアム・アーウィン
アメリカ合衆国、１２３０９、ニューヨーク州、スケネクタデイ、オーチャード・パーク・ドライブ、２１４１番
(72)発明者　クアージェンセン・ジェンス
アメリカ合衆国、１２３０９、ニューヨーク州、スケネクタデイ、レキシントン・パークウェイ、２０３３番
最終頁に続く

(54)【発明の名称】複合サイクル蒸気及びガスタービン発電システムを定数設定可能なドループで運転する方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
ガスタービンと、蒸気タービンと、発電機とを単一シャフト上に有している複合サイクル発電システムを運転する方法であって、
前記発電機の全パワー出力を表す第１の値を得る工程と、
前記蒸気タービンのパワー出力を表す第２の値を得る工程と、
前記第１の値と前記第２の値とを相関させて、前記発電機の全パワー出力への前記ガスタービンのみのパワー寄与を表す第３の値を得る工程と、
前記ガスタービンへの燃料流れを該ガスタービンの実際の速度と基準速度との誤差信号の関数として制御する調速機を設ける工程と、
前記ガスタービンへの燃料流れを制御するために前記調速機を前記ガスタービンの実際の速度と基準速度との誤差信号及び前記第３の値に比例応答させる工程とを備えた複合サイクル発電システムを運転する方法。
【請求項２】
前記蒸気タービンは、再熱式蒸気タービンであり、該再熱式蒸気タービンの再熱器圧力の関数として前記第２の値を得る工程を更に含んでいる請求項１に記載の方法。
【請求項３】
前記蒸気タービンは、第１段タービンノズルを含んでおり、該第１段ノズルの下流の蒸気圧力の関数として前記第２の値を得る工程を更に含んでいる請求項１に記載の方法。
【請求項４】

発電機に連結されたガスタービンと蒸気タービンとを有している複合サイクル発電システムを運転する方法であって、
前記発電機の全パワー出力を測定し、該全パワー出力に比例する第１の信号を得る工程と、
前記蒸気タービンのパワー出力を測定し、該パワー出力に比例する第２の信号を得る工程と、
前記第１の信号から前記第２の信号を引いて、前記発電機の全パワー出力への前記ガスタービンのみのパワー寄与を表す第３の信号を得る工程と、
前記ガスタービンへの燃料の流れを該ガスタービンの実際の速度と基準速度との誤差信号及び前記第３の信号の関数として制御する工程とを備えた複合サイクル発電システムを運転する方法。
【請求項５】
前記蒸気タービンは、再熱式蒸気タービンであり、該再熱式蒸気タービンの再熱器圧力の関数として前記第２の信号を得る工程を更に含んでいる請求項４に記載の方法。
【請求項６】
前記蒸気タービンは、第１段タービンノズルを含んでおり、該第１段ノズルの下流の蒸気圧力の関数として前記第２の信号を得る工程を更に含んでいる請求項４に記載の方法。
【発明の詳細な説明】
技術分野
本発明は、複合サイクル蒸気及びガスタービン発電システムに関し、特に、蒸気タービン及びガスタービン、並びに発電機が単一シャフト上にある複合サイクル・システムを、メガワット・フィードバックを採用しているガスタービン制御システムを用いて定数設定可能なドループを実現するように運転する方法に関する。
発明の背景
代表的なガスタービン発電システムにおいては、調速機（ガバナ）又は速度制御器を通常用いてガスタービンへの燃料流れを変化させることにより、変動する周囲及び負荷条件下でタービン速度を予め選定した値に維持する。実際のタービン速度を基準値又は設定点値（オペレータの制御下にある速度チェンジャと言うこともある）と比較することにより、実際の値と基準値との差から成る速度誤差が決定される。ガスタービンへの燃料流れの変化は、この誤差の関数である。従って、オペレータが速度誤差を変えることにより、即ち基準値又は設定点を上下させることにより、ガスタービンの出力を制御することができる。
この形式の速度制御は、ドループ制御（ｄｒｏｏｐ　ｃｏｎｔｒｏｌ）又はドループ・ガバナと称される。ガスタービンへの燃料流れは誤差信号の関数である。例えば、ゼロ誤差信号を得た場合、タービンがタービンの運転に無負荷時にある最小量の燃料を必要とする限りで、極めてわずかの燃料をタービンに供給する。従って、ゼロ誤差信号は無負荷燃料での運転に実質的に相当する。正の出力を得るためには、実際の速度と基準速度との間の誤差信号を介して、追加の燃料を供給しなければならない。設定点を調節することによりシステムに正の誤差を設定すれば、追加の燃料が利得定数に比例してタービンに供給される。例えば、全速力無負荷燃料から全速力全負荷燃料に移行するためには、利得定数が２０：１であるとすると、５％の誤差をガバナに設定して、１００％燃料、即ち全速力全負荷燃料を得る。無負荷と全負荷との速度誤差をドループと呼ぶ。この例で、基準速度と実際の速度との誤差はドループに等しくなければならない、即ち、タービンに１００％燃料を得るためには５％、全速力無負荷燃料を得るためには０％に等しくなければならない。
この形式のシステムにおいて、タービンへの制御された燃料流れ出力を速度制御へのフィードバックの一部として測定する。しかしながら、燃料のエネルギ含量は、例えば、ばらつきの大きい燃料温度、発熱量、そしてしばしば低NO_x運転のためのスチーム又は水噴射流量に従って変動する。具体的には、燃料ガスをガス組成の変動する石油化学プロセスの副生物として生成する場合に、燃料ガスをいくつかの異なる供給源から供給する場合に、又は組成が時間若しくは取得深さと共に変化する燃料を単一産地から供給する場合に、

通常、燃料発熱量の変動に遭遇する。パワー出力への燃料変換効率も、タービンの老化（エイジング）の結果として、又はもっと顕著な態様では、乾式低NO_x燃焼システムを用いてモード変化中に燃焼効率を変化させる結果として変化する。その結果、燃料流量を測定し、その燃料流量に応じたフィードバック信号を速度ガバナに与えることは、特定の設定を得るのに必要な燃料を正確に反映しない。しかしながら、ガスタービンは優れた熱量計を構成しているので、発電機出力は定常燃料流れコマンドでのエネルギ入力の変化を反映する。燃料流れフィードバックの代わりに出力パワーフィードバックを利用することは、定数設定可能なドループと呼ばれる。従って、定数設定可能なドループ制御システムを用いることにより、従来の燃料流れフィードバックの代わりに、発電機出力パワーの設定可能な部分的フィードバックが採用されている。燃料流れフィードバックの代わりに、発電機出力の割合（％）に比例する信号をガバナにフィードバックすると、その結果は、燃料又は燃料噴射条件とは独立にこの比例特性を維持する対応する割合比例ドループ・システムとなる。従って、定数設定可能なドループは、発電機の測定されたパワー出力を燃料コマンド・フィードバックと置き換えて、速度設定点と実際の速度との誤差に対する速度ガバナの比例又はドループ応答を生じさせるという考えである。これは、ガスタービン燃料コマンド（燃料容量）と発電機の出力パワーとの間の比例特性に片寄りがある場合に採用されている。定数設定可能なドループ調速システムは、単純サイクル・ガスタービン上のこれらの条件を補償するために、長年使用されている。

現代のエネルギ生産では、複合サイクル・システムがしばしば用いられている。代表的な複合サイクル・システムは、発電機を駆動するために、１つ又は複数のガスタービンを１つの蒸気タービンと組み合わせて用いている。このような複合サイクル・システムの一例では、蒸気タービン、ガスタービン及び発電機を単一シャフト上に配置している。しかしながら、ガスタービンと、ガスタービン内のエネルギ放出に対する動的応答が広い範囲で変化する蒸気タービンとの両方によって発電機を駆動するので、ガスタービン用の定数設定可能なドループ制御システムを直接用いることはできない。その結果、発電機出力は、単一サイクル・ガスタービン・システムのようにガスタービン出力を直接表すことはない。このことは、乾式低NO_xモード変換点の前後でガスタービンに負荷をかけたり外したりする同時動的プロセスの間には、特にそうである。スチーム・サイクルの応答が遅いことで関係が変わる。その結果、単一サイクル・ガスタービンに従来から使用されているような、定数設定可能なドループ調速システムは、これまで複合サイクル発電システムに直接適用されたことはない。

発明の開示

本発明によれば、ガスタービンへの燃料流れを制御する定数設定可能なドループ調速システムが、蒸気タービンが発電機出力へ寄与する割合を求め、発電機出力へのガスタービンのみの寄与を表す補償信号を速度ガバナに与えることにより、複合サイクル蒸気及びガスタービン発電システムに用いられている。更に詳しくは、発電機の全パワー出力を測定し、その全パワー出力に対する蒸気タービンの寄与に比例した値を全パワーから引くと、得られる値はガスタービンの瞬間パワーの測定値である。次に、その得られた値を定数設定可能なドループ・システムにフィードバック信号として用いて、ガスタービンへのガバナ・ループを閉じることを可能にする。要するに、本発明は、単一シャフト複合サイクル蒸気及びガスタービン発電システムに定数設定可能なドループを利用することを可能にして、変動する発熱量及び／又は乾式低NO_x燃焼システムにおける変化する燃焼効率を補償する。

本発明によれば、再熱式蒸気タービンの場合には再熱器圧力を、非再熱式蒸気タービンの場合には制御弁より下流であるが、第１段タービンノズルより上流のタービン・ボウル圧力を測定することにより、蒸気タービンの寄与を表す値を得ることができる。この圧力信号を測定することにより、全発電機出力と比較するための蒸気タービンパワー出力の指示値が得られる。この信号を全発電機出力から引くことにより、全発電機出力に対するガスタービンの寄与のみを表す信号又は値が得られる。本発明において、この最後の信号を、定数設定可能なドループ調速システムにおいて、速度チェンジャへのフィードバック信号

として用いる。従って、本発明によれば、本発明以外ではガスタービンの機械的パワーを発電機出力から直接推定できないガスタービンに、定数設定可能なドループ制御システムを利用することが可能になる。

本発明の好適な実施例では、ガスタービンと、蒸気タービンと、発電機とを単一シャフト上に有している複合サイクル発電システムを運転する方法が、発電機の全パワー出力を表す第１の値を得る工程と、蒸気タービンのパワー出力を表す第２の値を得る工程と、第１の値と第２の値とを相関させて、発電機の全パワー出力へのガスタービンのみのパワー寄与を表す第３の値を得る工程と、ガスタービンへの燃料流れをガスタービンの実際の速度と基準速度との誤差信号の関数として制御する調速機を設ける工程と、調速機をガスタービンの実際の速度と基準速度との誤差信号及び第３の値に比例応答させて、ガスタービンへの燃料流れを制御する工程とを含んでいる。

従って、本発明の主たる目的は、ガスタービン用の定数設定可能なドループ調速システムを用いて、複合サイクルガス及び蒸気タービン発電システムを運転する新規で優れた方法を提供することにある。

【図面の簡単な説明】

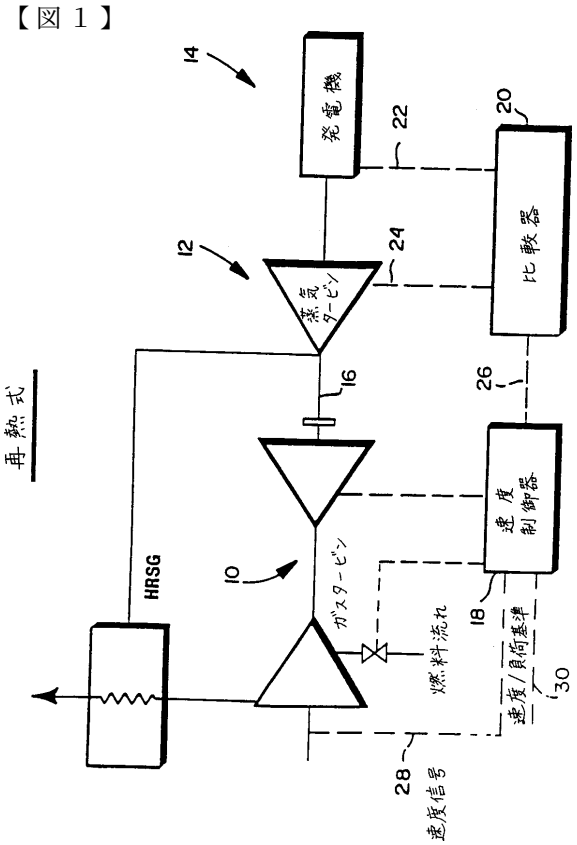
図１は単一シャフト上にガスタービンと、蒸気タービンと、発電機とを有している複合サイクル・システムを示すブロック線図である。

発明を実施する最良の態様

図面を参照すると、参照番号１０で総称したガスタービンと、参照番号１２で総称した蒸気タービンと、参照番号１４で総称した発電機とが図示されている。タービン１０及び１２、並びに発電機１４は、単一シャフト１６上にある。ガスタービン１０用の速度制御器、即ち調速機（ガバナ）１８が線図的に示されている。前述したように、調速機は、定数設定可能なドループ型であり、本発明によれば、ガスタービンの実際の速度２８と基準速度３０との誤差信号であって、ガスタービンが発生するパワーに比例する誤差信号を用いて、単一シャフト複合サイクル蒸気及びガスタービン発電システムにおけるガスタービンへの燃料流れを制御する。定数設定可能なドループ型調速機制御システムを適用する目的のためにガスタービンパワー出力のみを表す信号を与えるために、速度制御器１８に、全発電機出力へのガスタービンの寄与の割合のみに対応する信号を与える。その信号を発生するために、発電機１４の全出力を表す第１の信号２２又は第１の値を比較器２０に送る。蒸気タービンのパワー出力を表す第２の値又は第２の信号も比較器２０に送る。第２の信号２４は、再熱式蒸気タービンにおける再熱器圧力又は非再熱式蒸気タービンにおける第１段タービンノズルより下流のタービン・ボウル圧力の関数として得ることができる。２つの信号２２及び２４を比較器２０で互いに比較し、蒸気タービンのパワー出力を表す信号を全発電機出力を表す信号から引いて、ガスタービンのパワー出力のみを表す第３の信号２６を得る。この第３の信号を調速機１８に送ると、調速機１８は、ガスタービンへの燃料流れを、実際の速度と基準速度との誤差信号及びガスタービンのみのパワー出力の関数として変化させる。

以上、現在のところ最も実用的且つ好適と考えられる実施例について本発明を説明したが、本発明は、開示した実施例に限定されず、本発明の要旨の範囲内の種々の変更例及び均等構成を包含する。

【図１】


14
発電機
22
20
比較器
12
蒸気タービン
24
再熱式
16
26
速度制御器
HRSG
10
ガスタービン
18
燃料流れ
速度/負荷基準
30
28
速度信号

フロントページの続き

審査官　植村　貴昭

(56)参考文献　特開昭６０－０６０２０８（ＪＰ，Ａ）
特開昭６１－０６６８０９（ＪＰ，Ａ）
特開平８－２７０４０７（ＪＰ，Ａ）
米国特許第４５５０５６５（ＵＳ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)
F01K 23/10
F01K 23/16