

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4068546号  
(P4068546)

(45) 発行日 平成20年3月26日(2008.3.26)

(24) 登録日 平成20年1月18日(2008.1.18)

(51) Int.Cl. F I  
**F O 2 C 3/22 (2006.01)** F O 2 C 3/22  
**F O 2 C 7/22 (2006.01)** F O 2 C 7/22 B

請求項の数 1 (全 13 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2003-370324 (P2003-370324)</p> <p>(22) 出願日 平成15年10月30日(2003.10.30)</p> <p>(65) 公開番号 特開2005-133630 (P2005-133630A)</p> <p>(43) 公開日 平成17年5月26日(2005.5.26)</p> <p>審査請求日 平成17年12月8日(2005.12.8)</p> <p>前置審査</p>	<p>(73) 特許権者 000005108 株式会社日立製作所 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号</p> <p>(74) 代理人 100077816 弁理士 春日 譲</p> <p>(72) 発明者 山中 和典 茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会社 日立製作所 所 火力・水力事業部内</p> <p>(72) 発明者 圓島 信也 茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 株式会社 日立製作所 所 電力・電機開発研究所内</p> <p style="text-align: right;">最終頁に続く</p>
---	--

(54) 【発明の名称】 ガスタービン発電設備及びその運用方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

老朽ガス田もしくは油田近傍に設置されたガスタービンを有し、老朽ガス田で発生する天然ガスもしくは油田で発生する随伴ガスを用いて前記ガスタービンにより発電し、得られた電気を消費地に供給するガスタービン発電設備であって、

前記ガスタービンは圧縮機にて圧縮した空気を燃焼器に導き、燃料と混合させた後に燃焼させて、その燃焼ガスによりタービンを駆動し、さらに前記ガスタービンの回転軸から得られる動力で発電機を駆動するガスタービンであり、

前記ガスタービンの回転軸から得られる動力で駆動するブースト圧縮機と、

前記ガスタービンの前記圧縮機の出口もしくは途中から前記ブースト圧縮機入口に至る空気系統と、

前記空気系統に設置された抽気弁と、

前記ブースト圧縮機入口側であって、前記空気系統の接続位置よりも上流に設置された切り替え弁とを備え、

前記天然ガスもしくは随伴ガスを燃料として前記ブースト圧縮機で昇圧し燃焼器に供給することを特徴とするガスタービン発電設備。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ガスタービン発電設備及びその運用方法に係り、特に、老朽化したガス田で

採掘量および圧力が低下した天然ガスや、油田で石油採掘時に得られる圧力の低い随伴ガスなど、老朽ガス田等のガスを用いたガスタービン発電設備及びその運用方法に関する。

【背景技術】

【0002】

世界規模での環境汚染に対して、各種エンジンに対する排気ガスの規制が進められている。このような状況の中で、環境への影響が少ない燃料として天然ガスがある。

【0003】

天然ガスNGをガス田GFから消費地に送る方法としては、図1に示すように、ガス田において液化設備を用いて天然ガスを液化して消費地に陸上輸送もしくは海上輸送したり、パイプラインPLよりガスのまま消費地に輸送する方法がある。パイプラインには、天然ガスがパイプラインを流れるにつれ生じる圧力損失をポンプにより昇圧するためのブースタステーションBSが数箇所設置されている。ブースタステーションBSの間隔は、例えば、数10km～数100kmである。なお、一般的なガスタービン発電設備の構成としては、例えば、特開2003-166428号公報や特開2002-327629号公報に記載のものが知られている。

10

【0004】

【特許文献1】特開2003-166428号公報

【0005】

【特許文献2】特開2002-327629号公報

【発明の開示】

20

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、天然ガス田では採掘が進み老朽化すると、採掘量が少なくなるため、液化天然ガスにして輸送したり、パイプラインでガス輸送するためのコストの負担が増加して、利益を確保できなくなる。そこで、従来は、このような老朽ガス田からの天然ガスは消費地に送られず、有効に利用されることはないものであった。

【0007】

また、油田で石油採掘時に同時に随伴ガスが得られ、このガスについても従来は有効に使われることはないものであった。

【0008】

30

本発明の目的は、老朽化したガス田から得られる天然ガスや、油田から得られる随伴ガスなど、老朽ガス田等のガスを有効利用可能なガスタービン発電設備及びその運用方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

(1)上記目的を達成するために、本発明は、老朽ガス田もしくは油田近傍に設置されたガスタービンを有し、老朽ガス田で発生する天然ガスもしくは油田で発生する随伴ガスを用いて前記ガスタービンにより発電し、得られた電気を消費地に供給するガスタービン発電設備であって、前記ガスタービンは圧縮機にて圧縮した空気を燃焼器に導き、燃料と混合させた後に燃焼させて、その燃焼ガスによりタービンを駆動し、さらに前記ガスタービンの回転軸から得られる動力で発電機を駆動するガスタービンであり、前記ガスタービンの回転軸から得られる動力で駆動するブースト圧縮機と、前記ガスタービンの前記圧縮機の出口もしくは途中から前記ブースト圧縮機入口に至る空気系統と、前記空気系統に設置された抽気弁と、前記ブースト圧縮機入口側であって、前記空気系統の接続位置よりも上流に設置された切り替え弁とを備え、前記天然ガスもしくは随伴ガスを燃料として前記ブースト圧縮機で昇圧し燃焼器に供給するようにしたものである。

40

【0010】

かかる構成により、老朽ガス田等のガスを有効利用し得るものとなる。

【0020】

かかる構成により、老朽ガス田等のガスを有効利用し得るものとなる。

50

## 【0022】

かかる方法により、老朽ガス田等のガスを有効利用し得るものとなる。

## 【発明の効果】

## 【0027】

本発明によれば、老朽ガス田等のガスを有効利用することができる。

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0028】

以下、図2～図5を用いて、本発明の第1の実施形態による老朽ガス田等のガスを用いたガスタービン発電設備及びその運用方法について説明する。なお、以下の説明では、老朽ガス田で採掘される天然ガスを例にして説明する。

10

## 【0029】

最初に、図2を用いて、本実施形態によるガスタービン発電設備を用いた天然ガスの有効利用法の概念について説明する。

図2は、本発明の第1の実施形態によるガスタービン発電設備を用いた天然ガスの有効利用法の概念図である。

## 【0030】

本発明の第1の特徴とする点は、天然ガスの老朽ガス田GFの近傍にガスタービン発電設備10を配置したことにある。老朽ガス田の天然ガスは、採掘量が少なくなるだけでなく、採掘されたときの天然ガスの圧力も低下する。そのような少量、低圧の天然ガスを有効利用するために、老朽ガス田近傍にガスタービン発電設備10を設置する。ガスタービン発電設備10は、設備コストが低く、高効率で、天然ガスを燃料にすることができるため、天然ガスを有効利用するために用いる発電設備として好適である。

20

## 【0031】

ガスタービン発電設備10は、ガスタービン圧縮機1と、燃焼器2と、タービン3と、変速機4と、発電機5とを備えている。本発明では、天然ガスのガス田GFの近傍にガスタービン発電設備10を配置して、ガス田GFから得られる天然ガスNGを燃料ガス供給システム7を介して、タービン3を駆動するための燃料として発電する。発電された電力は、ケーブルCを介して、消費地に供給される。なお、発生した電気の消費は、老朽ガス田設備以外の場所に限らず、需要があれば老朽ガス田設備内でもよいものである。

## 【0032】

ここで、ガスタービン発電設備10は、老朽ガス田GFの直上に配置するのが理想的であるが、立地条件等により直上に配置するのが難しい場合もある。その際は、パイプを介して、ガスタービン発電設備10まで供給する必要がある。しかしながら、ガス田GFからガスタービン発電設備10までの距離が長くなると、パイプの全長が長くなり、パイプの配設コストが上昇するとともに、パイプ内での圧力損失も大きくなる。そこで、老朽ガス田GFの近傍とは、老朽ガス田からの天然ガスをガスタービン発電設備10に供給してガスタービンを運転できる距離である。実質的には、老朽ガス田GFの近傍とは、ガス田GFから約20km以内で10km程度の距離までである。

30

## 【0033】

次に、本発明の第2の特徴としては、ブースト圧縮機6を備えるとともに、このブースト圧縮機6を、ガスタービン発電設備10のタービン3の回転軸から得られる動力により駆動することにある。老朽ガス田から得られる天然ガスの圧力は、低圧である。一方、ガスタービン3の燃焼器2に供給される燃料の圧力は、ガスタービン圧縮機1で昇圧され燃焼器2に供給される燃焼空気の圧力より高くなければならない。そこで、本実施形態では、この低圧のガスを利用するため、ブースト圧縮機6を備えている。そして、ブースト圧縮機6は、タービン3の回転軸から得られる動力を変速機4により変速して、この動力により駆動するようにして、新たなモータ等の駆動源を不要としている。ブースト圧縮機6により昇圧された天然ガスは、逆止弁8及び燃料流量調節弁9を介して、燃焼器2に供給される。

40

## 【0034】

50

次に、図3を用いて、本実施形態によるガスタービン発電設備の構成について説明する。

図3は、本発明の第1の実施形態によるガスタービン発電設備の系統図である。なお、図2と同一符号は、同一部分を示している。

【0035】

ガスタービンへ供給された燃料ガスは、燃焼器2にてガスタービン圧縮機1からの燃焼空気により燃焼し、その燃焼ガスによりタービン3を駆動する。タービンで得られた動力は、変速機4を介して発電機5を駆動して発電する。老朽したガス田では発掘される天然ガスの圧力が低いために、そのままガスタービン燃料として使用することができないため、昇圧する必要がある。そこで、発電機5の変速機4からの軸力で燃料ブースト圧縮機6

10

【0036】

ここで、一般的なガスタービンの圧力について説明する。通常、老朽ガス田で発生する天然ガスの圧力P1は、例えば、10ata未満である。採掘量が低下し、しかも、低圧となると、従来のように、パイプラインで消費地に供給することができず、また、パイプライン設備を維持し、経済的に成立するだけの利益を確保することが難しくなる。また、液化して輸送する方法でも、液化設備や輸送設備を維持し、経済的に成立するだけの利益を確保することが難しくなる。

【0037】

20

一方、ガスタービンの圧縮機1の圧力比は通常10~20であるため、燃焼用空気の圧力P2は、10~20ataとなる。このままでは圧力バランス上、天然ガスをガスタービン燃焼器2に供給できない。そこで、ブースト圧縮機6は、圧縮機1の軸端から発電機5を駆動するための変速機4を介して駆動し、老朽ガス田からの天然ガスの圧力をガスタービン用燃焼器の燃料として必要とする圧力P2、例えば、20~30ataに昇圧して燃焼器2に供給する。燃焼用空気圧力P2(10~20ata)に対して、燃料となる天然ガスの圧力P3が20~30ataあるのは、燃焼器2の内部の圧力損失を考慮しているからである。このようにガスタービン軸から変速機4を介して駆動力をブースト圧縮機6に伝えることにより、ブースト圧縮機6をガスタービンの一部とすることができ、設備をコンパクトにできる。また、ブースト圧縮機6をガスタービンの軸力を用いない別置き

30

【0038】

次に、ブースト圧縮機6を駆動する軸系について説明する。変速機4は、圧縮機1の側の軸端に接続され、タービン2の側の軸端には接続していないものである。これは、圧縮機1の側の方が、タービン2の側に比べて温度が低いため、熱伸びが小さく、熱変形を考慮した間隙等を小さくとることができるためである。発電機5及びブースト圧縮機6は、

40

【0039】

老朽ガス田に適したガスタービンの大きさは、発掘されるガス量から考慮して1万kWから10万kWの中型ガスタービンである。中型ガスタービンの回転数N1は、発電機の回転数N2(3600rpm(60Hz対応)もしくは3000rpm(50Hz対応))よりも高速回転で設計されているのが一般である。例えば、2~3万kWのガスタービンでは、圧縮機軸端の回転数N1は7200rpm程度であり、そのため消費地へ電力を供給する発電機5は減速比2~2.4程度の減速機4aを介して動力を伝達している。出力が1万kWから10万kWの中型ガスタービンとすることで、コンパクトな設備であるので発掘箇所近傍に設置しやすく、且つ、老朽ガス田等で採掘量が低下している場合や採

50

掘量が少ないガス田等の場合、発掘されるガス量に対応した適切な発電を実施することが出来、経済性に優れた発電システムを提供できる。

また、燃料を昇圧するブースト圧縮機 6 は、流量が圧縮機 1 に比べて少なく、コンパクト化を図るため、その回転数 N 3 は、20000 ~ 30000 rpm 程度の高回転にすることが望ましいものである。そこで、低圧ガスをガスタービン用燃焼器の燃料として必要な圧力まで昇圧するブースト圧縮機 6 は、増速比 3 ~ 4 程度の増速機 4 b を介して動力を伝達している。

#### 【0040】

このように変速機 4 は、発電機 5 に動力伝達する減速機 4 a と、ブースト圧縮機 6 に動力伝達する増速機 4 b とで構成される。この構成は、ガスタービンの回転数を制御すれば発電機 5 だけでなくブースト圧縮機 6 の回転数も機械的に決まるので、信頼性の高いブースト圧縮機の運転が可能となる。また、ブースト圧縮機 6 を別駆動とするとモータ等の付帯設備、設置スペースが必要となるが、一体構成にしているので前述の高効率だけでなくコンパクト化も図ることができる。

#### 【0041】

次に、図 4 及び図 5 を用いて、本実施形態によるガスタービン発電設備の具体的構成について説明する。

図 4 は、本発明の第 1 の実施形態によるガスタービン発電設備の詳細系統図である。図 5 は、本発明の第 1 の実施形態によるガスタービン発電設備に用いるブースト圧縮機の吐出圧の説明図である。なお、図 2 と同一符号は、同一部分を示している。

#### 【0042】

図 4 に示す構成では、図 3 の構成に加えて、圧力計 17, 18 によって検出される圧力やガスタービンの運転状態に応じて、燃料流量調節弁 9 や、起動用燃料供給弁 12 や、アンチサージ弁 24 を制御する制御装置 14 を備えている。

#### 【0043】

起動用燃料供給弁 12 は、ブースト圧縮機 6 と逆止弁 8 が直列に接続された系統に対して並列に設けられたバイパス系統 15 に設けられている。そして、ガスタービンの回転数が低い起動過程においては、起動用燃料供給弁 12 を開いて、バイパス系統 15 から燃焼器 2 に燃料である天然ガスを供給する。

#### 【0044】

ここで、図 5 を用いて、ブースト圧縮機の吐出圧について説明する。図 5 の横軸はタービン 1 の回転数を示し、縦軸はブースト圧縮機 6 の吐出圧を示している。図 5 に示すように、ガスタービンの回転数が低い起動過程においては、ブースト圧縮機 6 の回転数も低いために、ブースト圧縮機 6 による昇圧効果よりもブースト圧縮機 6 自体が抵抗体となり、圧力損失を発生する影響が大きく、ブースト圧縮機 6 の吐出圧力のほうが、燃料ガス採掘時の圧力よりも低くなる場合がある。この場合、十分昇圧されずに必要な燃料を燃焼器に供給できない可能性がある。そこで、図 4 も示したように、ブースト圧縮機 6 をバイパスして燃焼器 2 へ燃料ガスを供給するバイパス系統 15 を設ける。起動時の着火回転数からブースト圧縮機 6 の吐出圧力が上昇するまでの低速運転時の間、制御装置 14 は、起動用燃料ガス供給弁 12 を開き、バイパス系統 15 から燃料が供給されるようにする。この起動用のバイパス系統 15 はタービン回転数が上昇し、ブースト圧縮機 6 の吐出圧力が上昇するまでの間に使用する。ブースト圧縮機 6 の吐出圧が上昇したら、制御装置 14 は、起動用燃料ガス供給弁 12 を閉じてバイパス系統 15 燃料を供給することを止めて、ブースト圧縮機 6 を通してのみから燃料を燃焼器 2 へ供給する。

#### 【0045】

具体的には、制御装置 14 は、圧力計 18 によって計測された燃料ガス昇圧五の圧縮機 6 の吐出圧力と、圧力計 17 によって計測された、ガス田から採掘された燃料ガス圧力を比較し、圧縮機 6 の吐出圧が採掘されガス圧力よりも高くなると、起動用燃料ガス供給弁 12 の開度を閉にする。

#### 【0046】

なお、圧力計 17, 18 を用いる方法に代えて、タービン 1 の回転数を検出するタービン回転数計 31 や、圧縮機 6 の回転数を検出する圧縮機回転数計 32 を用いることができる。すなわち、発電設備の試運転時に、ブースト圧縮機 6、ガスタービン圧縮機 1 の吐出圧力とタービン回転数の特性を計測して、図 5 に示したような特性を予め求める。そして、制御装置 14 は、回転数計 31 によって計測されたタービン回転数が、図 5 に示す回転数 N4 よりも低い場合、すなわち、圧縮機 6 の吐出圧が採掘されガス圧力よりも低い場合には、供給弁 12 を開き、タービン回転数が、回転数 N4 よりも高くなると、供給弁 12 を閉じる。また、回転数計 32 によって計測された圧縮機 6 の回転数と、変速機 4 のギア比により、タービン回転数が求まるため、回転数計 32 によって計測された圧縮機 6 の回転数によっても、供給弁 12 の開閉を制御することができる。同様に、発電機回転数を用いることもできる。

10

## 【0047】

次に、アンチサージ弁 24 について説明する。ガスタービンの昇速中や低負荷運転時には燃焼器 2 へと供給する燃料流量は、定格運転時より少ないものである。そのため、ブースト圧縮機 6 の圧力・流量特性によっては、サージ域での運転となる可能性がある。そこで、ブースト圧縮機 6 がサージ域で運転される事を防止するため、圧縮機 6 の出口側と入口側とを接続するアンチサージ系統 22 を設け、その途中にアンチサージ弁 24 を設ける。制御装置 14 は、ガスタービンの運転状態に応じて、アンチサージ弁 12 を制御して、アンチサージ系統 22 を利用して流量を確保することで、ガスタービンの起動から定格負荷まで全域において安定した運転をすることができる。

20

## 【0048】

また、ガスタービンの起動から着火回転数に達するまでは、駆動用モータでガスタービン回転数を上げるため、このときは、制御装置 14 は、燃料供給調節弁 9 を閉じることになる。一方、ガスタービンの回転数が上がると、圧縮機 6 の吐出が締切状態になる。そこで、起動から着火回転数に到達するまでは、制御装置 14 は、アンチサージ弁 24 を開くことにより、締切状態での運転を回避することができる。なお、このとき、アンチサージ弁 24 に代えて、燃料供給弁 12 を開いても、図示の矢印 R1 の流路を形成して、締切状態を回避することができる。つまり、起動・着火・昇速して燃料ガス昇圧圧縮機の吐出圧力が上昇し、バイパス系統からの燃料供給を停止した後は、起動用燃料ガス供給弁 12 をアンチサージ弁として使用する。弁 12 を起動用燃料ガス供給とアンチサージの 2 つの目的に使用することにより燃料ガス昇圧圧縮機廻りの系統構成を簡略化でき低コスト化が図れる。

30

## 【0049】

さらに、タービン停止時には、制御装置 14 は、燃料遮断と同時にアンチサージ弁 24 を開くことで、燃料ガス昇圧圧縮機 6 の締切運転を防止する。これにより、安全にガスタービンを停止することが可能となる。

## 【0050】

なお、以上の説明では、老朽ガス田を例にして説明したが、油田で石油採掘時に同時に得られる随伴ガスについても、ガスタービン発電設備を用いて有効利用することができる。

40

## 【0051】

以上説明したように、本実施形態によれば、老朽ガス田という特殊な使用状況においても、従来使用していたパイプラインや液化設備、輸送設備を介さずに、老朽ガス田で発生している天然ガスを、老朽ガス田近傍に配置したガスタービン発電設備を用いて発電して電気を消費地に送ることにより、従来放置されていたガスを有効に利用することができる。新たに設置した発電設備の設置費用は、発電によって得られた電気を売ることにより回収でき、利益を得ることができる。また、これにより、パイプラインや液化設備、輸送設備の補修、管理、維持費を削減できる。

## 【0052】

さらに、ガスタービンの軸から増速機を介して燃料ガスブースト圧縮機を駆動し、かつ

50

ガスタービンの軸から減速機を介して発電機を駆動し、それら増速機と減速機を一体化した変速機とすることで、老朽ガス田に対応できる高信頼性で高効率、コンパクトなガスタービンとすることができる。老朽ガス田や油田では既設プラント設備が存在し、そこにガスタービンを設置することになるので、発電設備をコンパクト化できることにより、敷地の有効利用を図れる。

【0053】

次に、図6を用いて、本発明の第2の実施形態によるガスタービン発電設備の具体的構成について説明する。

図6は、本発明の第2の実施形態によるガスタービン発電設備の詳細系統図である。なお、図4と同一符号は、同一部分を示している。

10

【0054】

本実施形態の特徴は、バイパス系統15に、昇圧圧縮機21および、この昇圧圧縮機21を駆動するモータ33を設けたものである。ガス田で採掘される燃料ガス圧力が低く、前述のように起動用の燃料ガスを供給する為のバイパス系統15を利用しても燃焼器2に燃料ガスを供給できない場合、起動用バイパス系統15に起動時のみ使用する昇圧圧縮機21を設置する。この圧縮機は起動時の短時間のみに使用されるので供給流量が小さく、且つ必要とされる吐出圧力も小さいので必要とされるモータ33の動力は、ブースト圧縮機6の定格時動力に比べて小さくできる。また、小型の圧縮機であるので設置スペースもそれほど大きなものではないものである。

【0055】

20

ここで、燃料を供給するのは着火回転数到達後であるので、制御装置14Aは、着火回転数到達後に、モータ22を駆動して燃料ガス起動用昇圧圧縮機21は起動すれば良いものである。或いは、ガスタービンの起動時間短縮のため、あらかじめ起動用昇圧圧縮機21が起動するのに必要な時間を見込んで起動させても良いものである。これにより、ガスタービンが着火回転数到達した時に起動用昇圧圧縮機21の吐出圧が必要な圧力を確立しているようにする。ガスタービンの燃焼器2に着火・昇速後、前述したように燃料ガス昇圧圧縮機6の吐出圧力が燃焼器に燃料を供給するのに十分な圧力まで上昇した後、制御装置14Aは、供給弁12を閉じて、起動用バイパス系統15からの燃料供給を止めて、ブースト圧縮機6側の通常の燃料ガス供給系統から燃料供給し、起動用昇圧圧縮機21を停止する。これにより、起動時に十分な圧力の燃料をガスタービンに供給できるので、燃焼器の失火等の生じない信頼性の高いガスタービン起動が可能となる。

30

【0056】

以上説明したように、本実施形態によれば、老朽ガス田のガス圧がさらに低い場合でも、起動用昇圧圧縮機を用いて、ガスタービンを起動でき、従来放置されていたガスを有効に利用することができる。

【0057】

次に、図7を用いて、本発明の第3の実施形態によるガスタービン発電設備の具体的構成について説明する。

図7は、本発明の第3の実施形態によるガスタービン発電設備の詳細系統図である。なお、図4と同一符号は、同一部分を示している。

40

【0058】

本実施形態では、タンク36及びタンク36と圧縮機6との間の系統に備えられた開閉弁11を備えている。起動から着火回転数に到達するまでの間は、駆動用モータでガスタービン回転数を上げていくので、このときはガスタービンに燃料を供給する必要は無いため、燃料調節弁9を全閉として運転することになる。しかしながら、燃料ガスのブースト圧縮機6の吐出が締切状態での運転となるので圧縮機の温度が上昇するなどの機器保護上問題がある。ブースト圧縮機6をガスタービン回転軸に連結することにより本来停止しておきたいブースト圧縮機が回転してしまうことに起因しているのである。このため、ブースト圧縮機6の吐出系統を、起動から着火回転数に到達するまでは、制御装置14Bは、開閉弁11を開いて、ブースト圧縮機6が供給する燃料ガスを収容可能な量を備えた小型

50

のタンク 36 に接続して起動時の数分間の燃料ガスはタンク 36 へと逃がし圧縮機を締め切り運転から保護する。ガスタービンが昇速して着火回転数に到達したら、制御装置 14B は、タンク 36 に接続された開閉弁を閉じ、燃焼器 2 に接続された調節弁 9 を開いて、燃焼器 2 に燃料ガスを供給して着火操作を行う。この方法により、ブースト圧縮機 6 は締め切り運転されることが無くなり、信頼性が向上する。

【0059】

以上説明したように、本実施形態によれば、老朽ガス田のガス圧がさらに低い場合でも、起動用昇圧圧縮機を用いて、ガスタービンを起動でき、従来放置されていたガスを有効に利用することができるとともに、締め切り運転を回避することができる。

【0060】

次に、図 8 を用いて、本発明の第 4 の実施形態によるガスタービン発電設備の具体的構成について説明する。

図 8 は、本発明の第 4 の実施形態によるガスタービン発電設備の詳細系統図である。なお、図 4 と同一符号は、同一部分を示している。

【0061】

本実施形態では、ブースト圧縮機に燃料供給する系統に設けた切り替え弁 91 と、ガスタービン圧縮機 1 の吐出側と燃料ブースト圧縮機 6 の入口側を接続する系統 34 に設けられた調節弁 13 及び逆止弁 23 とを備えている。図 7 にて説明したブースト圧縮機 6 の締め切り運転防止のためは、制御装置 14C は、ブースト圧縮機に燃料供給する系統 7 に設けた切り替え弁 91 を閉として、系統 34 に設けた抽気弁 13 を開いて、ガスタービン圧縮機 1 の吐出空気または抽気空気を燃料ブースト圧縮機 6 へと供給し、燃焼器 2 に空気を流すことにより圧縮機 6 の保護に必要な流量を確保する。ガスタービン着火回転数に達した後は、制御装置 14C は、抽気弁 13 を閉じて切り替え弁 91 を開き、燃料調節弁 9 を開いて開度を調整する。供給される燃料を着火し、さらに必要な燃料ガスの流量を燃焼器 2 へと供給することにより昇速・負荷上昇させる。この方法により、ブースト圧縮機 6 は締め切り運転されることが無くなり、信頼性が向上する。

【0062】

以上説明したように、本実施形態によれば、老朽ガス田のガス圧がさらに低い場合でも、起動用昇圧圧縮機を用いて、ガスタービンを起動でき、従来放置されていたガスを有効に利用することができるとともに、締め切り運転を回避することができる。

【0063】

以上説明した本発明の各実施形態によると、次のような効果が得られる。老朽ガス田で採掘量が低下している場合は今まで使用していたパイプラインや液化設備、輸送設備を維持し、経済的に成立するだけの利益を確保することが難しくなる。よって、従来使用していたパイプラインや液化設備、輸送設備を介さずに、老朽ガス田で発生している天然ガスをその場で発電して電気を消費地に送るほうが経済的に有利になってくる。また、新たに設置した発電設備費は電気を売ることにより回収でき、利益をあげることができる。

【0064】

また、ガスタービン軸から増速機を介して駆動力を燃料ブースト圧縮機に伝えることにより、ブースト圧縮機をガスタービンの一部とすることができ、設備をコンパクトにできる利点がある。また、ブースト圧縮機をモータ等で駆動する場合に比べて、ガスタービンの軸力で直接駆動するので損失が少なく高効率で達成できる。さらに、軸駆動のブースト圧縮機をガスタービンの一部として備えたガスタービンを老朽ガス田の近傍に設置して、発電により電気を消費地に供給することにより、従来使用していなかった少量で圧力の低い天然ガスを有効に利用することができる。

【0065】

ガスタービンの軸から増速機を介して直接に燃料ガスブースト圧縮機を駆動し、かつガスタービンの軸から減速機を介して直接に発電機を駆動し、それら増速機と減速機を一体化した変速機とすることで、老朽ガス田に対応できる高信頼性で高効率、コンパクトなガスタービンとすることができる。老朽ガス田や油田では既設プラント設備が存在し、そこ

10

20

30

40

50

にガスタービンを設置することになるので、前記のようにコンパクト化できるので敷地の有効利用が図れる。

【0066】

一方で起動から着火回転数に到達するまでの間は、駆動用モータでガスタービン回転数を上げていくので、このときはガスタービンに燃料を供給する必要は無い。この為、燃料調節弁を全閉として運転することになる。しかしながら、燃料ガスのブースト圧縮機の吐出が締切状態での運転となるので圧縮機の機器保護上問題がある。この為、ブースト圧縮機の吐出系統を小型のタンクに接続して起動時の数分間の燃料ガスはタンクへと逃がし圧縮機を締切運転から保護する。ガスタービンが昇速して着火回転数に到達したらタンクと燃焼器への燃料ガス供給切替弁を操作して、燃焼器へと燃料ガスを供給して着火操作を行

10

【0067】

また、ブースト圧縮機の締切運転防止のために、前述するようなタンクを用いずにガスタービン圧縮機の吐出空気または抽気空気を燃料ブースト圧縮機へと供給し、燃焼器に空気を流すことによりブースト圧縮機保護の為に必要な流量を確保する。ガスタービン着火回転数に達した後は、抽気弁を閉じて燃料調節弁を開き開度を調整する。供給される燃料を着火し、さらに必要な燃料ガスの流量を燃焼器へと供給することにより昇速・負荷上昇させる。この方法により、ブースト圧縮機は締め切り運転されることが無くなり、信頼性が向上する。

20

【0068】

さらに、ガスタービンの回転数が低い起動過程においては、ブースト圧縮機の回転数も低いために、ブースト圧縮機による昇圧効果よりもブースト圧縮機自体が抵抗体となり圧力損失を発生する影響が大きく、ブースト圧縮機吐出圧力のほうが、燃料ガス採掘時の圧力よりも低くなる可能性がある。この場合、十分昇圧されずに必要な燃料を燃焼器に供給できない可能性がある。このような場合にはブースト圧縮機をバイパスして燃焼器へ燃料ガスを供給する系統を設ける。これにより、起動時の着火回転数からブースト圧縮機の吐出圧力が上昇するまでの低速運転時の燃料を供給でき、信頼性の高い運転が可能となる。

【0069】

しかし、ガス田で採掘される燃料ガス圧力が低く、前述するような起動用の燃料ガスを供給する為のバイパス系統を利用しても燃焼器に燃料ガスを供給できない場合、起動用バイパス系統に起動時のみ使用する昇圧圧縮機を設置する。これにより、圧力の低い起動時でも十分な燃料を供給することができる。

30

【0070】

また、ガスタービンの昇速中や低負荷運転時には燃焼器へと供給する燃料流量が少ない。この為、ブースト圧縮機の圧力・流量特性によっては、サージ域での運転となる可能性がある。この場合のブースト圧縮機がサージ域で運転される事を防止する為にアンチサージ系統を設ける。アンチサージ系統を利用して流量を確保することでガスタービンの起動から定格負荷まで全域において安定した運転をすることができる。

【0071】

以上示してきたように発電機とブースト圧縮機の変速機を一体化した設備を使用し、圧力の低い老朽ガス田の天然ガスを使用するために生じる起動過程の問題を解決することで、これまで有効利用されなかった老朽化したガス田より採掘される低圧の燃料ガスを利用してガスタービンで発電することができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0072】

【図1】従来の天然ガスの利用方法の説明図である。

【図2】本発明の第1の実施形態によるガスタービン発電設備を用いた天然ガスの有効利用法の概念図である。

【図3】本発明の第1の実施形態によるガスタービン発電設備の系統図である。

50

【図4】本発明の第1の実施形態によるガスタービン発電設備の詳細系統図である。

【図5】本発明の第1の実施形態によるガスタービン発電設備に用いるブースト圧縮機の吐出圧の説明図である。

【図6】本発明の第2の実施形態によるガスタービン発電設備の詳細系統図である。

【図7】本発明の第3の実施形態によるガスタービン発電設備の詳細系統図である。

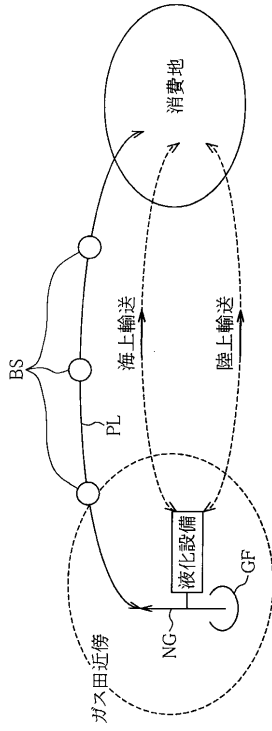
【図8】本発明の第4の実施形態によるガスタービン発電設備の詳細系統図である。

【符号の説明】

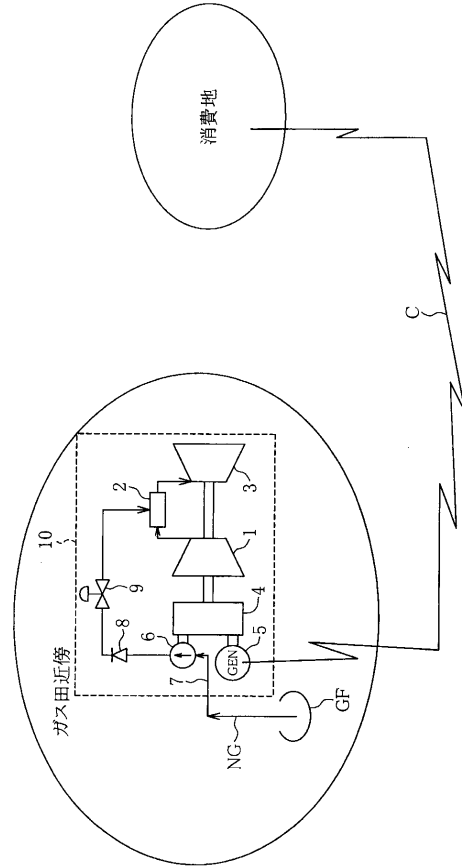
【0073】

1 ... 圧縮機	
2 ... 燃焼器	10
3 ... タービン	
4 ... 変速機	
4 a ... 発電機用減速機	
4 b ... 燃料ガスブースト圧縮機用増速機	
5 ... 発電機	
6 ... 燃料ガスブースト圧縮機	
7 ... 燃料ガス供給系統	
8 , 2 3 ... 逆止弁	
9 ... 燃料流量調節弁	
1 1 ... 起動用バイパス弁	20
1 2 ... 起動用燃料供給弁	
1 3 ... 空気供給弁	
1 4 ... 制御装置	
1 5 ... 起動用燃料供給系統	
1 6 ... 燃料供給系統	
1 7 , 1 8 ... 圧力計	
1 9 ... 燃料昇圧圧縮機回転数計	
2 0 ... タービン回転数計	
2 1 ... 起動用燃料昇圧圧縮機	
2 2 ... アンチサージ系統	30
2 4 ... アンチサージ弁	
3 1 ... タービン回転数計	
3 2 ... 圧縮機回転数計	
3 3 ... モータ	
3 4 ... 系統	
3 6 ... タンク	

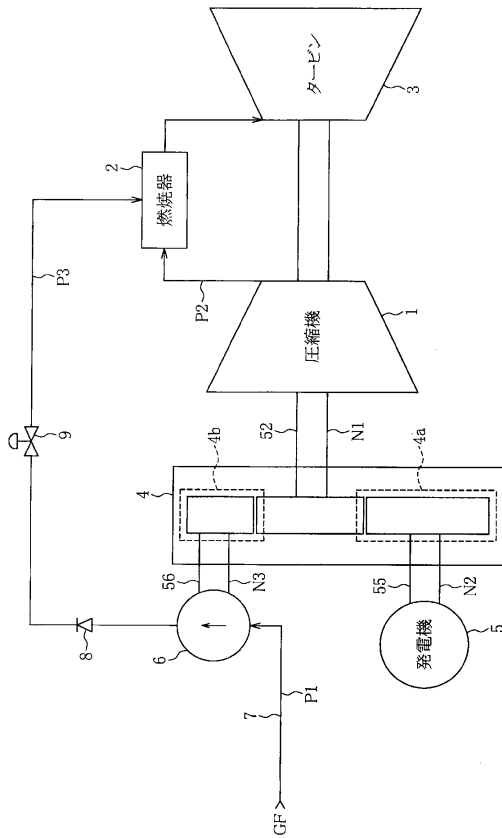
【図1】



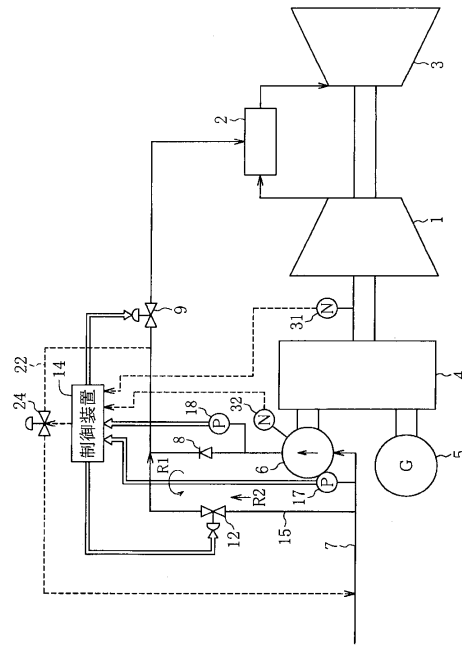
【図2】



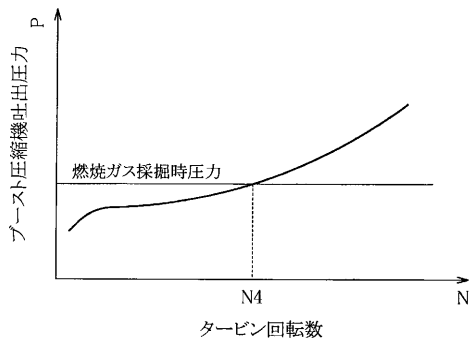
【図3】



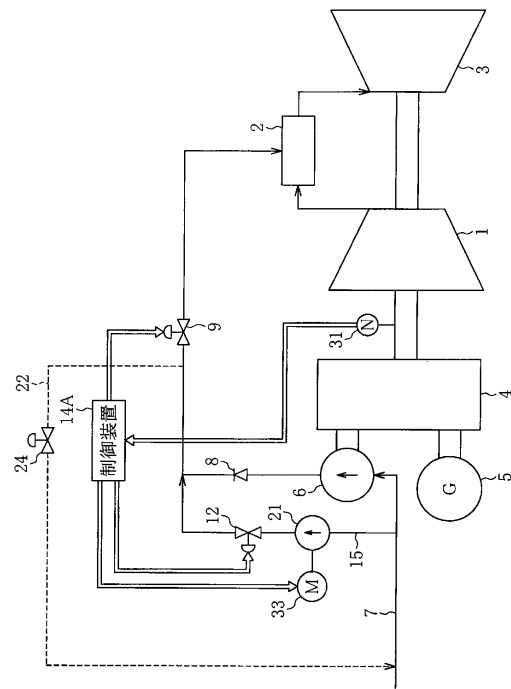
【図4】



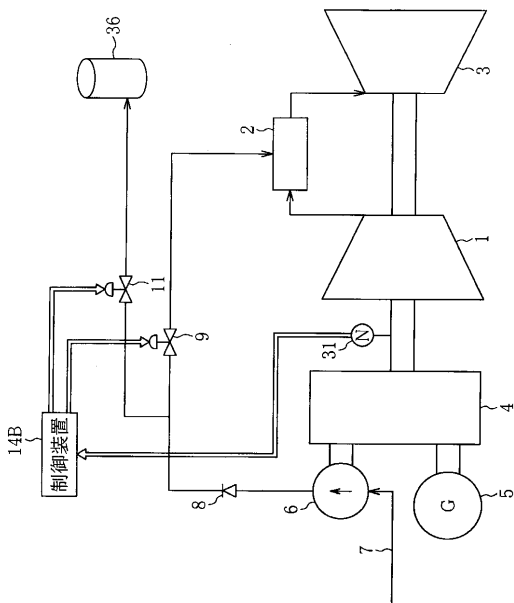
【図5】



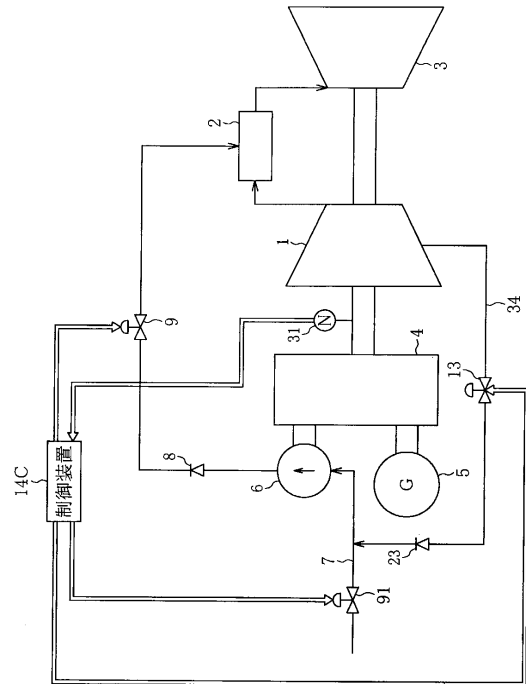
【図6】



【図7】



【図8】



## フロントページの続き

- (72)発明者 濱武 久司  
茨城県日立市幸町三丁目1番1号  
力事業部内  
株式会社 日立製作所 火力・水
- (72)発明者 堀次 睦  
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地  
機グループ内  
株式会社 日立製作所 電力・電

審査官 稲葉 大紀

- (56)参考文献 特開平03-088903(JP,A)  
特開昭56-083525(JP,A)  
特開昭62-075033(JP,A)  
特開2002-259734(JP,A)  
特開2003-042397(JP,A)

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F02C 3/22  
F02C 7/22、7/232、7/26  
F02C 9/30、9/40