

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4081439号

(P4081439)

(45) 発行日 平成20年4月23日(2008.4.23)

(24) 登録日 平成20年2月15日(2008.2.15)

(51) Int.Cl.

F I

F O 2 C 3/28 (2006.01)

F O 2 C 3/28

F O 2 C 3/30 (2006.01)

F O 2 C 3/30

C

F O 2 C 7/22 (2006.01)

F O 2 C 7/22

A

請求項の数 6 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2003-515061 (P2003-515061)
(86) (22) 出願日 平成14年7月8日(2002.7.8)
(65) 公表番号 特表2004-535529 (P2004-535529A)
(43) 公表日 平成16年11月25日(2004.11.25)
(86) 国際出願番号 PCT/EP2002/007589
(87) 国際公開番号 W02003/008768
(87) 国際公開日 平成15年1月30日(2003.1.30)
審査請求日 平成16年1月29日(2004.1.29)
(31) 優先権主張番号 01117470.3
(32) 優先日 平成13年7月19日(2001.7.19)
(33) 優先権主張国 欧州特許庁(EP)

前置審査

(73) 特許権者 390039413
シーメンス アクチエンゲゼルシャフト
Siemens Aktiengesellschaft
ドイツ連邦共和国 D-80333 ミュンヘン
ヴィッテルスバッハープラッツ 2
Wittelsbacherplatz 2, D-80333 Muenchen, Germany
(74) 代理人 100075166
弁理士 山口 巖
(72) 発明者 ハンネマン、フランク
ドイツ連邦共和国 91080 シュペールドルフ
ホーエ ヴァルテ 2
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ガスタービン用バーナの運転方法と原動所設備

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

化石燃料(B)をガス化し、該燃料を合成ガス(SG)として、ガスタービン(2)に付属するバーナ(7)に燃焼用に供給するガスタービン(2)におけるバーナ(7)の運転方法において、

合成ガス(SG)を第1部分流(SG1)と第2部分流(SG2)とに分け、これら兩部分流(SG1、SG2)を別々にバーナ(7)に燃焼用に供給すると共に、

ガスタービン(2)の調達すべき出力に応じて、兩部分流(SG1、SG2)の少なくとも一方に、運転時の発熱量を変化すべく天然ガス(EG)或いは蒸気(D)を混入させることを特徴とするガスタービンにおけるバーナの運転方法。

10

【請求項 2】

ガスタービン(2)の最低負荷運転時或いは無負荷運転時に、兩部分流(SG1、SG2)の一方を零にすることを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項 3】

請求項1又は2記載の方法を実施する原動所設備(3)であって、

少なくとも1つのバーナ(7)を備えた燃焼器(6)が付属するガスタービン(2)と、燃焼器(6)に前置接続された燃料系(129)とを備え、該燃料系が化石燃料(B)のガス化装置(132)と、該装置から出て燃焼器(6)に開口するガス管(130)とを含む原動所設備(3)において、

ガス管(130)から燃焼器(6)の上流でもう1つの(第2)ガス管(131)が分

20

岐し、ガス管（１３０）がバーナ（７）の第１燃料通路（２３８）に接続され、第２ガス管（１３１）が、バーナ（７）の第１燃料通路（２３８）から分離された第２燃料通路（２４０）に接続されたこと、第２ガス管（１３１）に、運転時の発熱量を調整すべく、天然ガス（ＥＧ）或いは蒸気（Ｄ）が供給管（２４４）を経て供給されることおよびガス管（１３０）および第２ガス管（１３１）に夫々調整弁（２０８ａ、２０８ｂ）が設けられ、これらの調整弁（２０８ａ、２０８ｂ）を経て、それらの燃料通路（２３８、２４０）における燃料流が調整されることを特徴とする原動所設備。

【請求項４】

ガス管（１３０）にガス封じ装置（２００）が接続され、該装置が、ガス管（１３０）から第２ガス管（１３１）の分岐点（２４２）の上流に配置されたことを特徴とする請求項３記載の設備。

10

【請求項５】

第２ガス管（１３１）に、ガス化装置（１３２）で発生した合成ガス（ＳＧ）が供給されることを特徴とする請求項３又は４記載の設備。

【請求項６】

ガスタービン（２）の燃焼ガス側に廃熱ボイラ（３０）が後置接続され、該ボイラの加熱器が、蒸気タービン（２０）の水・蒸気回路（２４）に接続されたガス蒸気複合タービン設備（１）として形成されたことを特徴とする請求項３から５の１つに記載の設備。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【０００１】

本発明は、化石燃料をガス化し、該燃料を合成ガスとしてガスタービンに付属したバーナに燃焼用に供給するガスタービン用バーナの運転方法に関する。本発明はまた、特にこの方法を実施するための、少なくとも１つのバーナを備えた燃焼器が付属するガスタービンと、燃焼器に前置接続された燃料系とを備え、該燃料系が化石燃料のガス化装置と、このガス化装置から出て燃焼器に開口するガス管とを含む原動所設備に関する。

【０００２】

化石燃料ガス化統合形のガス蒸気複合タービン設備は、通常燃料のガス化装置を含む。この装置は、出口側が多数のガス浄化用構成要素を経て、ガスタービンの燃焼器に接続されている。そのガスタービンの燃焼ガス側に廃熱ボイラが後置接続され、該ボイラの加熱器は、蒸気タービンの水・蒸気回路に接続されている。かかる設備は、例えば英国特許出願公開第２２３４９８４号又は米国特許第４６９７４１５号明細書で公知である。

30

【０００３】

ガス化化石燃料や合成ガスの燃焼に伴う有害物質の発生量を減少すべく、ガス管に飽和器が接続され、ガス蒸気複合タービン設備の運転中、飽和器において合成ガスに水蒸気が注入される。そのために、ガス化燃料は飽和器を、飽和器回路と呼ばれる水回路内を導かれる水流と対向流で貫流する。その場合、特に高い効率を得るために、ガス蒸気複合タービン設備の水・蒸気回路からの熱が飽和器回路に入れられる。

【０００４】

ガス化燃料は、飽和器において飽和器回路内を導かれる加熱済み水流と接触することにより水蒸気で飽和され、一定の範囲内で加熱される。熱力学および運転上の理由から、その燃料をガスタービンの燃焼器に供給する前になお加熱する必要がある。

40

【０００５】

独国特許出願公開第１９８３２２９３号明細書は、ガスタービンの燃焼ガス側に廃熱ボイラを後置接続したガス蒸気複合タービン設備を開示している。そのボイラの加熱器は、蒸気タービンの水・蒸気回路に接続されている。ガスタービンの燃焼器に対する化石燃料を統合的にガス化すべく、燃料ガス化装置が燃料管を経て燃焼器に前置接続されている。特に高い設備効率を得るため、燃料管にガス化装置と飽和器との間で、窒素を混入するための混合装置に加えて、熱交換器の一次側を接続し、その熱交換器の二次側を、飽和器と燃焼器との間で同様に燃料管に接続している。

50

【0006】

独国特許出願公開第19832293号明細書に記載のガス蒸気複合タービン設備は、国際公開第00/20728号パンフレットに由来する。そこに記載されたガス蒸気複合タービン設備は、化石燃料として油を利用する場合も、特に高い設備効率で運転される。

【0007】

そのために、国際公開第00/20728号パンフレットの場合、燃料管に、ガス化燃料の流れ方向に見てガス化燃料に窒素を混入するための混合装置の上流で、熱交換器の一次側を接続している。該熱交換器の二次側は流れ媒体に対する蒸発器を形成し、熱交換器の蒸気側をガスタービンの燃焼器に接続している。

【0008】

ガス蒸気複合タービン設備の特に安全な運転を保証すべく、いつでも、ガスタービンの燃焼器への合成ガスの供給を停止できねばならない。そのため、通常ガス管に、燃焼器の上流で非常止め弁を接続している。その弁は、必要ならガスタービンに付属する燃焼器に合成ガスが到達しないよう、ガス管を特に瞬時に閉鎖する。

【0009】

燃料系は、当該安全技術基準に基づき、通常ガス封じ装置を含む。該装置は2つの弁、例えばガス貫流路を開閉する球形弁を有する。これら両弁間に、中間放圧管又は圧力管を接続している。その放圧管は、余剰ガスを燃やすトーチに接続されている。中間放圧管の代わりに、ガスがガス封じ弁を経て流入しないように作用する圧力管が接続されている。即ちガス封じ装置は、第1範囲における燃料系、ガス封じ装置の上流で第2範囲のガス化系、又はガス封じ装置の下流で所謂ガスタービン・燃料系を気密に分離する。

【0010】

ガス化装置付きガス蒸気複合タービン設備は、例えば石炭や産業残滓や廃棄物から生じた合成ガス並びに例えば天然ガスや油等の第2燃料で運転される。合成ガスから第2燃料に或いはその逆に切り換える際、安全技術上の理由から、ガス封じ装置と燃焼器の間の範囲、即ちガスタービン燃料系を、窒素や蒸気等の不活性媒体で洗浄する必要がある。

【0011】

ガス蒸気複合タービン設備をガス化装置からの合成ガス、第2燃料又は補助燃料で選択的に運転するには、タービンに付属の燃焼器のバーナを、合成ガスと、例えば天然ガスや燃料油等の第2燃料を必要に応じて供給できる二種類又は多種類燃料形バーナとして設計せねばならない。その際、各燃料は、バーナの燃料通路を経て燃焼領域に供給する。

【0012】

本発明の課題は、良好な合成ガス運転が達成できる、ガスタービンのバーナの改善された運転方法を提供することにある。更なる本発明の課題は、特にこの方法を実施するための原動所設備を提供することにある。

【0013】

この課題は本発明に基づき、化石燃料をガス化し、該燃料を合成ガスとしてガスタービンに付属のバーナに燃焼用に供給するバーナの運転方法において、合成ガスを第1部分流と第2部分流とに分け、兩部分流を別々にバーナに燃焼用に供給することで解決される。

【0014】

また、本発明に基づいて、2つの部分流より多くの部分流を利用し、それらを別々にバーナに燃焼用に供給してもよい。

【0015】

本発明は、原動所設備、例えば化石燃料ガス化統合形のガス蒸気複合タービン設備の設備効率が、燃料が燃焼用に供給されるバーナにおける燃料側圧力損失が大きくなればなるほど悪化するという考えから出発している。この損失は、その燃料ガスに対するバーナの流れ抵抗ないし流れコンダクタンスにより定まる。

【0016】

ガスが配管を貫流する際に生ずる圧力差は、ガス流量、例えば質量流量に比例する。その比例係数が流れ抵抗と言われる。流れ抵抗の逆数は流れコンダクタンスである。原動所

10

20

30

40

50

設備に対する上述の効率設計から、設計状態、即ち、例えば定格出力運転におけるバーナ圧力損失をできるだけ小さくする必要がある。しかしそのために、非常に低いガスタービン出力での運転時や無負荷運転時に、燃料側のバーナ圧力損失が過度に低くなり、火炎振動に対する燃焼の十分な安定が得られなくなる。従って、そのような設備構成に対して、合成ガスモードでの出力運転は、ガスタービンの基本負荷と各状態に依存する最低部分負荷の間でしかできない。

【0017】

本発明は、ガスタービンのバーナを合成ガスで運転する全く新しい方式を提案する。即ち化石燃料のガス化で生じた、天然ガスに比べ低カロリーの燃料ガスを、バーナに燃焼用に少なくとも2つの部分流として別々に供給する。この結果、燃料側バーナ圧力損失の許容範囲内で調整できる燃料質量流量の帯域幅がかなり広がり、この結果、特に従来通常のバーナ運転に比べ少ない燃料質量流量が可能となる。合成ガスを第1および第2部分流又はより多くの部分流に分割することで、燃料をバーナの空間的に異なる相応の個所に燃焼用に供給できる。その結果、各合成ガス部分流に対応する2つ以上の燃焼領域が生ずる。

10

【0018】

この結果、合成ガス運転中の、過小燃料側バーナ圧力損失による燃焼不安定を防止できる。更に、特にバーナや燃焼器のうなり音を防止すべく、バーナを合成ガス運転に適合するために将来考え得る高価な構造的変更が不要となる。合成ガスを少なくとも2つの部分流でバーナに供給することで、唯一の合成ガス通路による運転に比べ、全般的にバーナの運転様式の良好な調整方式と最適化方式が生ずる。この場合、特にバーナでの合成ガスの燃焼を、部分流の調整によりバーナの所望の運転モード、例えば基本負荷や部分負荷や無負荷の運転モードに、非常に効果的に的確に適合させ、最良にできる利点がある。運転調整性の拡大に伴い、燃料周辺条件の変化への系統の適合も容易になる。

20

【0019】

この新たな運転方式により、段階的な合成ガス運転が可能となる。この運転は、一方ではバーナに付属したガスタービンの全負荷時に全部分流、特に第1および第2部分流の大きな質量流量で、他方では最低負荷運転時又は無負荷運転時にも唯一の大きな合成ガス部分流で、夫々バーナにおける圧力損失を低減する。その際、第1部分流或いは場合により別の部分流と第2部分流とは、これらがバーナを別々に貫流し、各燃焼領域に流入する際、異なる流れコンダクタンスを受け、この結果、燃料質量流量の所定の変化範囲で、バーナでの圧力損失の変化幅を、唯一の合成ガス流に比べかなり小さくできる利点がある。この結果、ガスタービンの基本負荷時のバーナにおける圧力損失は、最低負荷時、即ち無負荷運転時の圧力損失に比べ、同じバーナ設計での単流構成より小さくなる。

30

【0020】

本発明の有利な実施態様では、第1および第2部分流を個々に調整してバーナに供給する。この構成では、両部分流を互いに無関係に調整でき、この結果バーナの運転帯域幅が広がる。その際、例えば合成ガスの総質量流量を一定に保ち、第1および第2部分流を、調達すべき燃焼出力と安定運転に関し互いに調和させる運転様式を選択するとよい。

【0021】

両部分流の少なくとも一方に、発熱量を変化すべく天然ガス或いは蒸気を混入できる。部分流の発熱量は、要求に応じ、天然ガスや蒸気の混入によって増大又は減少する。また両部分流を相互に無関係に、蒸気や例えば窒素等の不活性媒体の供給によって不活性化してもよい。従って合成ガスの各部分流について、特に部分流毎に発熱量が異なるよう設定でき、この結果、各燃焼領域で、それに応じた燃焼により異なる熱量が得られる。この結果、幅広い自由度、即ち発熱量を利用でき、その発熱量は、合成ガスの各部分流に対して必要に応じて個々に調整できる利点がある。

40

【0022】

部分流をガスタービンの発生すべき出力に応じて調整するとよい。合成ガスによるガスタービンのバーナの運転方法では、部分流を、即ち特に各ガス質量流量の大きさや各比発熱量を、ガスタービンの発生すべき出力に応じて調整するとよい。この場合、例えばガス

50

タービンの出力を、全ての燃料通路に対し共通の設定値に設定し、各燃料通路におけるガス流を後置接続した制御回路で互いに無関係に、上述の要件に応じて、例えば閉制御回路で設定値に応じて追従制御する。

【0023】

ガスタービンの最低負荷又は無負荷運転時に、兩部分流の一方を零にするとよい。従ってこの運転モードは、合成ガスの1つの部分流をバーナに供給することで実現する。そのため、最低負荷又は無負荷運転に対応する部分流を選択し、その部分流を、燃焼領域迄バーナを経て貫流する際、そのために必要な最低圧力損失に応じて相応しい流れ抵抗で流す。選択した合成ガス部分流の僅かな質量流量でも、その大きな流れ抵抗で、例えばバーナを経ての過小圧力勾配による燃焼不安定は回避できる。

10

【0024】

原動所設備に関する課題は、本発明に基づき、上述の方法を実施する原動所設備であって、少なくとも1つのバーナを備えた燃焼器が付属するガスタービンと、燃焼器に前置接続された燃料系とを備え、該燃料系が化石燃料のガス化装置と、この装置から出て燃焼器に開口するガス管とを含む原動所設備において、ガス管から燃焼器の上流でもう1つの第2ガス管が分岐し、該管がバーナの第1燃料通路に接続され、第2ガス管が、バーナの第1燃料通路から流れ技術的に分離された第2燃料通路に接続されることで解決される。

【0025】

バーナには、通常代表的には40000 kJ/kgの高発熱量の天然ガスに対する通路として設計された第2燃料通路が既に存在している。この通路を、補助的に、第1燃料通路と流れ技術的に別個に配置された合成ガス用の第2通路として利用するとよい。この結果、原動所設備のバーナは合成ガスに対し2つの燃料通路を有することとなる。ガス化装置で化石燃料のガス化により生じた合成ガスを、ガス管および第2ガス管を経てそれらに接続した燃料通路に別々に供給する。その第1および第2燃料通路で、合成ガスに対する流れコンダクタンスが異なり、この結果各燃料通路に夫々合成ガス部分流を的確に供給することで、段階的燃料供給、特に2段燃料供給が可能となる。この結果、原動所設備は、特に、例えば化石燃料としての石炭のガス化によって生ずる低カロリー燃料ガスの燃焼に対して有利に利用できる。段階的合成ガス供給によって、合成ガス運転中の燃料側バーナ圧力損失の許容範囲内で調整できる燃料質量流量の帯域幅が拡大し、かくして全負荷運転時のバーナ圧力損失を最小にし、或いは少なくともかなり減少できる利点がある。

20

30

【0026】

本発明の有利な実施態様では、ガス管および第2ガス管に夫々調整弁を設け、これらの弁で、各燃料通路における燃料流が調整される。この際合成ガス用調整弁を備えたガス管を並列接続し、各調整弁で、それらに対応する燃料通路への部分流を調整する。

【0027】

ガス管にガス封じ装置を接続し、該装置を、ガス管又は第2ガス管の分岐点の上流に配置するとよい。

【0028】

この結果、一方でガス閉鎖機能を確実にし、他方で止め弁と調整弁の数を減らせる。ガス管から他のガス管への分岐点の上流に、非常止め弁や気密閉鎖弁を設けるとよい。

40

【0029】

ガス化装置付き原動所設備は、例えば石炭や残滓油から生ずる合成ガスと、例えば天然ガスのような第2燃料で運転される。合成ガスを第2燃料に或いはその逆に切り換える際、安全技術上の理由から、ガス封じ装置と燃焼器の間の範囲、即ちガスタービン燃料系を、窒素や蒸気等の不活性媒体で洗浄する必要がある。この要求は、原動所設備において、例えばガス管に接続され燃焼器の上流側に配置されたガス封じ装置が、非常止め弁、放圧系又は加圧系およびガス封じ弁を含むことで達成される。この結果、ガスタービンのバーナに供給すべき燃料ガスの切り換え時、合成ガス又は第2燃料、更に場合によっては燃料系からの燃焼ガスの排除が、被洗浄体積が非常に小さいので、特に確実に保証される。また被洗浄体積が小さい場合、兩燃料通路を一方向から洗浄するだけでよい。この結果、洗

50

浄過程の複雑な調整機構を省ける。第2燃料、例えば天然ガスに切り換える場合、第2ガス管および燃料通路の洗浄は不要である。ガスタービンの非常遮断時だけ、両燃料通路、場合により一層多くの燃料通路を洗浄する。

【0030】

その洗浄は、ガスタービンのバーナ毎に、前進方向、即ち燃焼器の方向にだけ行うとよい。洗浄過程は蒸気又は窒素、例えば純窒素で実施する。窒素による洗浄は、小さな被洗浄体積に基づき、特に経済的に行なえる。またその洗浄過程のために、原動所設備に配置された蒸気タービン設備から蒸気を取り出す必要がなく、この結果、その原動所設備の総効率が特に高くなる。その上、腐食が全く或いはほんの僅かしか生じない故、高合金鋼を利用する必要もない。小さな被洗浄体積は、原動所設備における構成要素の密な配置により得られる。ガス封じ装置と非常止め弁を例えば相並べて配置することで、非常止め弁はガス封じ装置内に設けた弁の機能を負い、この結果、その弁を省け、ガスタービン燃料系の被洗浄体積は特に小さくなる。更に、燃料系の非常に小さな体積に伴い、負荷急減時の過速回転は、特にガス案内構成要素の小さな追走作用のため、かなり御し易くなる。

10

【0031】

特にガス管から第2ガス管への分岐点の上流に配置され、ガス管に接続されたガス封じ装置における弁として、通常球形弁や玉弁が採用されている。この弁は特に高い気密性を有する。非常止め弁は、例えば非常止めフラップ弁として形成される。しかし、弁の構造的大きさに関係して、例えば適当な非常止め弁のようなあらゆる別の高速閉鎖弁が採用できる。この結果、ガス化装置付き原動所設備は、合成ガス運転時或いは燃料を第2燃料に切り換える際、特に安全に運転できる。

20

【0032】

原動所設備の有利な実施態様では、第2ガス管に、供給管を経て天然ガスや蒸気を供給する。バーナの第2燃料通路に接続した第2ガス管は、合成ガスへの天然ガスや蒸気の混入により、第2燃料通路の運転時の発熱量を調整する。合成ガスへの天然ガスの混入に伴い発熱量が高まり、これに対し合成ガスへの蒸気の混入により発熱量が減少する。供給管を経た天然ガスや蒸気の的確な混入に伴い、発熱量を、バーナの所望の運転モードに非常に精確に合わせられる。

【0033】

第2ガス管に、特にガス化装置で化石燃料のガス化により生成した合成ガスを供給するとよい。この結果、第2ガス管に、必要に応じて合成ガス、天然ガス蒸気又はそれらの混合気を供給できる。

30

【0034】

原動所設備のガスタービンの燃焼ガス側に廃熱ボイラを接続し、該ボイラの加熱器を蒸気タービンの水・蒸気回路に接続したガス蒸気複合タービン設備として形成するとよい。

【0035】

この原動所設備の他の利点は、上述のバーナの運転方法の利点に類似して生ずる。

【0036】

以下図を参照し本発明の実施例を詳細に説明する。図は尺度通りでなく概略的に示す。

【0037】

図1の原動所設備3は、ガス蒸気複合タービン設備1として構成され、ガスタービン設備1aと蒸気タービン設備1bとを含む。ガスタービン設備1aは、ガスタービン2とこれに前置接続された燃焼器6を含む。ガスタービン2に空気圧縮機4が、そしてその圧縮空気管8に燃焼器6が接続されている。燃焼器6はバーナ7を備える。ガスタービン2、空気圧縮機4および発電機10は、共通の軸12上に置かれている。

40

【0038】

蒸気タービン設備1bは、発電機22が連結された蒸気タービン20と、水・蒸気回路24内で蒸気タービン20に後置接続された復水器26と、廃熱ボイラ30とを含む。蒸気タービン20は、第1圧力段、即ち高圧部20aと、第2圧力段、即ち中圧部20bとから成る。更に、第3圧力段、即ち蒸気タービン20の低圧部20cが設けられ、それら

50

各圧力段 20 a、20 b、20 c は、共通の軸 32 を経て発電機 22 を駆動する。

【0039】

ガスタービン 2 で膨張した作動媒体 AM、即ち燃焼ガスを廃熱ボイラ 30 に供給すべく、排気管 34 を廃熱ボイラ 30 の入口 30 a に接続している。ガスタービン 2 で膨張済みの作動媒体 AM は、廃熱ボイラ 30 の出口 30 b から煙突（図示せず）を経て流出する。

【0040】

廃熱ボイラ 30 は復水加熱器 40 を備える。この加熱器 40 は入口側が復水管 42 を経て復水ポンプ装置 44 に接続され、復水器 26 から復水 K を受給する。復水加熱器 40 の出口側は配管 45 を経て給水タンク 46 に接続している。復水加熱器 40 を必要に応じて迂回すべく、復水管 42 をバイパス管（図示せず）を経て給水タンク 46 に直結する。給水タンク 46 は、配管 47 を経て中圧抽出口付き高圧給水ポンプ 48 に接続している。

10

【0041】

高圧給水ポンプ 48 は、給水タンク 46 から出る給水 S を蒸気タービン 20 の高圧部 20 a に対応する水・蒸気回路 24 の高圧段 50 に適した圧力レベルに高める。高圧状態の給水 S は、給水加熱器 52 を経て高圧段 50 に供給される。出口側で該加熱器 52 は、弁 54 で遮断可能な給水管 56 を経て高圧ドラム 58 に、該ドラム 58 は、水・蒸気循環路 62 を形成すべく、廃熱ボイラ 30 内に配置した高圧蒸発器 60 に接続している。主蒸気 F を排出すべく、高圧ドラム 58 は廃熱ボイラ 30 内に配置した高圧過熱器 64 に、過熱器 64 の出口側は、蒸気タービン 20 の高圧部 20 a の蒸気入口 66 に接続している。

【0042】

20

蒸気タービン 20 の高圧部 20 a の蒸気出口 68 は、再熱器 70 を経て蒸気タービン 20 の中圧部 20 b の蒸気入口 72 に、そして蒸気出口 74 は、転流管 76 を経て蒸気タービン 20 の低圧部 20 c の蒸気入口 78 に接続している。蒸気タービン 20 の低圧部 20 c の蒸気出口 80 は、蒸気管 82 を経て復水器 26 に接続し、この結果水・蒸気閉回路 24 が生じている。

【0043】

高圧給水ポンプ 48 から、復水 K が中間圧力に達する抽出点で分岐管 84 が分岐する。該管は、もう 1 つの給水加熱器 86 又は中圧エコマイザを経て、蒸気タービン 20 の中圧段 20 b に対応した水・蒸気回路の中圧段 90 に接続している。第 2 給水加熱器 86 は、出口側が弁 92 で遮断できる給水管 94 を経て中圧段 90 の中圧ドラム 96 に、そして該ドラム 96 は、水・蒸気循環路 100 を形成すべく、廃熱ボイラ 30 内に配置され、中圧蒸発器として構成された加熱器 98 に接続されている。中圧主蒸気 F' を排出すべく、中圧ドラム 96 は蒸気管 102 を経て再熱器 70 に接続され、この結果蒸気タービン 20 の中圧部 20 b の蒸気入口 72 に連通している。

30

【0044】

低圧給水ポンプ 107 を備え、弁 108 で遮断可能なもう 1 つの配管 110 が配管 47 から分岐している。該配管は蒸気タービン 20 の低圧部 20 c に対応する水・蒸気回路 24 の低圧段 120 に接続されている。この低圧段 120 は低圧ドラム 122 を含み、該ドラムは、水・蒸気循環路 126 を形成すべく、廃熱ボイラ 30 内に配置され、低圧蒸発器として形成された加熱器に接続されている。低圧主蒸気 F'' を排出すべく、低圧ドラム 122 は、低圧過熱器 128 を接続した蒸気管 127 を経て転流管 76 に接続されている。従ってこの実施例では、ガス蒸気複合タービン設備 1 の水・蒸気回路 24 は 3 つの圧力段 50、90、120 を含む。しかしより少数の、特に 2 つの圧力段にしてもよい。

40

【0045】

ガスタービン設備 1 a は、化石燃料 B のガス化で生じたガス化生ガスや合成ガス SG で運転すべく設計されている。合成ガス SG として、例えば石炭や油のガスが利用できる。そのためガスタービン設備 1 a は、ガスタービン 2 に付属する燃焼器 6 のバーナ 7 に、合成ガス SG を供給する燃料系 129 を、該燃料系は、ガス化装置 132 をガスタービンの燃焼器 6 に接続するガス管 130 を含む。化石燃料 B として石炭、天然ガス又は油が、ガス化装置 132 に取入れ系 134 を経て供給される。更に燃料系 129 は、ガス化装置 1

50

32とガスタービン2の燃焼器6の間でガス管130に接続された構成要素を含む。

【0046】

燃焼器6の上流で、ガス管130からもう1つのガス管131が分岐し、両ガス管130、131は別々に燃焼器6のバーナ7に接続されている。合成ガスSGは両ガス管130、131により第1部分流SG1と第2部分流SG2に分けられる。合成ガスSGの両部分流SG1、SG2は、バーナ7に燃焼用に別々に供給される。その際、第1部分流SG1はガス管130、第2部分流SG2は第2ガス管131を経て各々供給される。第2ガス管131はガス管130から、図2に詳細に示す範囲236で分岐している。該範囲236の下流で、ガス管130および第2ガス管131は、バーナ7の異なった接続個所に、流れ技術的に並列接続されている。この結果、部分流SG1、SG2は流れ技術的に別個に、互いに無関係にバーナ7に供給される。

10

【0047】

化石燃料Bのガス化に必要な酸素 O_2 を用意すべく、燃料系129に付属する空気分解装置138が、ガス化装置132に酸素管136を経て接続されている。該装置138は入口側に、第1および第2部分空気流L1、L2から成る空気流Lを供給される。第1部分空気流L1は空気圧縮機4で圧縮された空気から取り出され、そのため空気分解装置138は入口側が、圧縮空気管8から分岐点142で分岐する抽出空気管140に接続されている。この空気管に、補助空気圧縮機144に接続されたもう1つの空気管143が開口し、この管を経て、空気分解装置138に第2部分空気流L2が供給される。従って本実施例では、空気分解装置138に流入する総空気流Lは、圧縮空気管8から分岐した部分空気流L1と、補助空気圧縮機144で搬送される部分空気流L2とから成る。かかる回路構成は部分統合設備構成とも呼べる。それに代わる所謂完全統合設備構成では、もう1つの空気管143と補助空気圧縮機144を共に省き、もって空気分解装置138への空気供給を、圧縮空気管8から取り出した部分空気流L1だけで全部行う。

20

【0048】

空気分解装置138で空気流Lの分解時に酸素 O_2 と共に得られる窒素 N_2 は、空気分解装置138に接続した窒素供給管230を経て、混合装置146に供給し、そこで合成ガスSGに混入させる。その装置146は、窒素 N_2 を混合ガスと特にむら無しに一樣に混合すべく設計する。この装置146は選択的なものであり、窒素内の酸素含有量が少ない他の設備構成では省略してもよい。

30

【0049】

ガス化装置132から出る合成ガスSGは、ガス管130を経て、先ず合成ガス廃熱ボイラ147に達する。この合成ガス廃熱ボイラ147で、流れ媒体との熱交換に伴い、合成ガスSGを冷却する。その熱交換中に生じた高圧蒸気は、図示しない方法で、水・蒸気回路24の高圧段50に供給する。

【0050】

合成ガスSGの流れ方向に見て合成ガス廃熱ボイラ147の下流でかつ混合器146の上流に、ガス管130に合成ガスSGに対する除塵装置148と脱硫装置149を接続している。特に燃料として油ガスを利用する際、除塵装置に代えて煤洗浄装置を設ける。

【0051】

40

燃焼器6に配置したバーナ7でガス化燃料Bが燃焼する際に生ずる有害物質の量を特に減少すべく、燃焼器6へのガス化燃料Bの流入前に、燃料Bに水蒸気を注入する。その水蒸気注入は飽和器系で行うと熱力学的に有利である。そのため、ガス管130に飽和器150を接続する。合成ガスSGの形にガス化した燃料Bを、飽和器150内で、被加熱飽和器水Wと対向流で導く。飽和器水Wは、飽和器150に接続された飽和器回路152内を循環する。この回路152に、循環ポンプ154と飽和器水Wを加熱するための熱交換器156とを接続している。熱交換器156の一次側に水・蒸気回路24の中圧段90における加熱済み給水を供給する。ガス化燃料の飽和時に生ずる飽和器水Wの消費量を補償すべく、飽和器回路152に給水管158を接続している。

【0052】

50

ガス管 130 に、合成ガス SG の流れ方向に見て飽和器 150 の下流で、合成ガス・混合ガス熱交換器として作用する熱交換器 159 の二次側を接続し、熱交換器 159 の一次側を除塵装置 148 の上流個所で同様にガス管 130 に接続している。この結果、除塵装置 148 に流入する合成ガス SG はその熱の一部を、飽和器 150 から出る合成ガス SG に伝達する。脱硫装置 149 への流入前の、熱交換器 159 を経ての合成ガス SG の案内は、別の構成要素に関して変更された回路構成でも可能である。特に煤洗浄装置を利用する場合、熱交換器 159 は合成ガス側を煤洗浄装置の下流に配置するとよい。

【0053】

飽和器 150 と熱交換器 159 との間のガス管 130 に、もう 1 つの熱交換器 160 の二次側を接続している。その熱交換器 160 の一次側で、給水又は蒸気で加熱する。合成ガス・純ガス熱交換器として形成した熱交換器 159、160 により、ガス蒸気複合タービン設備 1 の種々の運転状態においても、ガスタービン 2 の燃焼器 6 のバーナ 7 に流入する合成ガス SG の特に確実な加熱（予熱）を保証する。空気分解装置 138 に供給すべき抽出空気とも呼ばれる圧縮空気部分流 L1 を冷却すべく、抽出空気管 140 に熱交換器 162 の一次側を接続している。その熱交換器 162 の二次側は、流れ媒体 S' に対する中圧蒸発器として形成してある。熱交換器 162 は蒸発器循環路 163 を形成すべく、中圧ドラムとして形成した気水分離器 164 に、そして該分離器 164 は、配管 166、168 を経て、水・蒸気循環路 100 に付属する中圧ドラム 96 に接続している。しかし熱交換器 162 の二次側を中圧ドラム 96 に直結してもよい。即ち本実施例では、気水分離器 164 を中圧蒸発器として形成した加熱器 98 に間接的に接続する。気水分離器 164 にはまた、蒸発した流れ媒体 S' を補給すべく、給水管 170 を接続している。

【0054】

圧縮空気第 1 部分流 L1 の流れ方向に見て熱交換器 162 の下流で、抽出空気管 140 に、もう 1 つの熱交換器 172 を接続している。この熱交換器 172 は二次側が流れ媒体 S'' に対する低圧蒸発器を構成する。該熱交換器 172 は、蒸気循環路 174 を形成すべく、低圧ドラムとして形成した気水分離器 176 に接続している。本実施例の場合、気水分離器 176 は配管 178、180 を経て、水・蒸気循環路 126 に付属する低圧ドラム 122 に接続され、この結果、低圧蒸発器として形成した加熱器 124 に間接的に接続している。しかし気水分離器 176 は他の適当な様式で接続してもよく、該分離器 176 から取り出した蒸気を、プロセス蒸気および／又は加熱蒸気として、補助負荷に導ける。他の異なった形態では、熱交換器 172 の二次側を低圧ドラム 122 に直結してもよい。更に、気水分離器 176 は給水管 182 に接続している。

【0055】

両蒸発器循環路 163、174 は夫々強制循環路として形成できる。その際、流れ媒体 S'、S'' の循環は循環ポンプにより保証され、流れ媒体 S'、S'' は蒸発器として形成した熱交換器 162、172 で少なくとも部分的に蒸発する。しかしこの実施例では、蒸発器循環路 163 並びに蒸発器循環路 174 を夫々自然循環路として形成し、流れ媒体 S'、S'' の循環は、蒸発過程中に生ずる圧力差および／又は各熱交換器 162、172 および各気水分離器 164、176 の測地学的配置により保証する。この実施例では、蒸発器循環路 163 又は蒸発器循環路 174 に、夫々系統を始動するための非常に小さな寸法の唯一の循環ポンプ（図示せず）しか接続していない。

【0056】

飽和器回路 152 に熱結合すべく、給水加熱器 86 の下流で分岐した加熱済み給水 S が供給される熱交換器 156 に加えて、飽和器水・熱交換器 184 を設けている。該熱交換器は一次側に給水タンク 46 からの給水 S を受ける。そのため、熱交換器 184 の一次側の入口を配管 186 を経て分岐管 84 に、出口を配管 188 を経て給水タンク 46 に各々接続している。給水・熱交換器 184 から流出する冷却済み給水 S を再熱すべく、配管 188 に補助熱交換器 190 を接続し、該熱交換器の一次側は抽出空気管 140 の熱交換器 172 に接続している。この配置により抽出空気から特に多量の熱回収ができ、この結果ガス蒸気複合タービン設備 1 の、特に大きな効率が得られる。部分空気流 L1 の流れ方向

に見て熱交換器 172 と熱交換器 190 の間で、抽出空気管 140 から冷却空気管 192 が分岐している。冷却済み部分空気流 L の部分流 L' が、冷却空気管 192 を経てガスタービン 2 に、その翼の冷却空気として供給される。この形態はしばしば利用される。

【0057】

ガス蒸気複合タービン設備 1 の運転中、ガスタービン 2 のバーナ 7 に、ガス化装置 132 での化石燃料 B のガス化で得た合成ガス SG が供給される。このガス SG は範囲 236 で第 1 および第 2 部分流 SG1、SG2 に分けられ、個々に調節の上バーナ 7 に燃焼用として供給される。

【0058】

ガスタービン 2 のバーナ 7 の合成ガス運転を可能とする回路構成を図 2 に示す。図 2 は図 1 の範囲 236 と、バーナ 7 への接続部を拡大して示す。バーナ 7 は、ガスタービン 2 に付属する燃焼器 6 内に配置されている（図 1 参照）。範囲 236 で、ガス管 130 から分岐点 242 でもう 1 つの（第 2）ガス管 131 が分岐している。バーナ 7 はバーナ軸線 252 を有し、これに沿って、第 1 燃料通路 238 と流れ技術的に該通路 238 と別個の第 2 燃料通路 240 とが夫々延びている。更にバーナ 7 は燃焼室 246 を有し、該室内に、第 1、第 2 燃焼領域 248a、248b が形成される。第 1 燃焼領域 248a は第 1 燃料通路 238、第 2 燃焼領域 248b は第 2 燃料通路 240 に対応する。両燃焼領域 248a、248b は少なくとも部分的に空間的に重畳し、該通路 238、240 はバーナ 7 のバーナ軸線 252 の周りに半径方向に互いに間隔を隔てて配置され、両燃料通路 238、240 は夫々筒形環状空間を形成している。バーナ 7 には運転中、圧縮機 4 から圧縮空気管 8 を経て取り出した燃焼用空気 L_v が供給される（図 1 参照）。更にガス管 130 は第 1 燃料通路 238、第 2 ガス管 131 は第 2 燃料通路 240 に各々接続されている。この結果、合成ガス SG の第 1 部分流 SG1 が燃焼用に第 1 燃料通路 238、合成ガス SG の第 2 部分流 SG2 が燃焼用に第 2 燃料通路 240 に夫々供給される。第 1 部分流 SG1 は第 1 燃焼領域 248a、第 2 部分流 SG2 は第 2 燃焼領域 248b で夫々燃焼用空気 L を供給されて燃焼する。その際、高温燃焼ガスが発生し、ガスタービン 2 に供給される。

【0059】

図 1 A の燃料系 129 の停止時、洗浄が必要である。従って燃料ガス化系 129 の第 1 と第 2 範囲を、1 回又は数回の工程で、別個に窒素 N_2 で洗浄する。ガス化系或いは第 1 範囲およびガスタービン燃料系或いは第 2 範囲は、範囲 236 で、図 2 に示すガス封じ装置 200 で互いに分離されている。該装置はガス管 130 に接続され、かつガス管 130 からの第 2 ガス管 131 の分岐点 242 の上流に配置されている。ガス化系は、それ自体ガス封じ装置 200 迄のガス化装置を含み、ガスタービン燃料系は、ガス封じ装置 200 とガスタービン 2 のバーナ 7 を有する燃焼器 6 迄の後置接続された構成要素を含む。

【0060】

ガス封じ装置 200 はガス管 130 に配置された非常止め弁 202 を含み、この弁 202 の直後に、球形弁として形成したガス封じ弁 204 が接続されている。ガス化装置 132 停止後の洗浄中又は飽和器 150 および後置接続した熱交換器の洗浄中、残留ガスは排気管 207 を経てトーチ（燃焼炎）に向けて排出される。その弁付き排気管 207 は、ガス封じ装置 200 の放圧系 206 として使われる。ガス管 130 はガス封じ装置 200 を経て気密に遮断でき、必要に応じ非常止め弁 202 を経て特に瞬間的に閉鎖できる。

【0061】

ガス封じ装置 200 の直後で、ガス管 130 に調整弁 208a を接続している。バーナ 7 への合成ガス SG の第 1 部分流 SG1 は、調整弁 208a により調整される。ガス管 130 から分岐した第 2 ガス管 131 にも調整弁 208b が接続されている。この調整弁 208b を経て、バーナ 7 への合成ガス SG の第 2 部分流 SG2 が調整される。

【0062】

ガス化系又は燃料系の第 1 範囲、即ちガス化装置 132 からガス封じ装置 200 迄を窒素 N_2 で洗浄すべく、空気分解装置 138 からの純窒素 $R-N_2$ を利用する。そのため、空気分解装置 138 で空気流 L の分解中に酸素 O_2 と共に発生した窒素 N_2 を、純窒素 $R-N$

10

20

30

40

50

N_2 として、空気分解装置 138 から供給管 210 を経て排出する。この管 210 から、弁 212 で遮断可能な分岐管 214 が分岐し、該分岐管 214 は、燃料系 129 の第 1 範囲および化石燃料ガス化装置 132 に開口し、それらを洗浄すべく利用される。

【0063】

第 2 範囲又はガスタービン燃料系を窒素 N_2 で洗浄すべく、同様に純窒素 $R-N_2$ を用いる。このため、供給管 210 が窒素貯蔵タンク 220 に開口している。弁 222 で遮断可能な予備管 224 が追加的に供給管 210 に開口している。該予備管 224 は入口側が純窒素 $R-N_2$ の非常補給系 226 に接続している。窒素貯蔵タンク 220 を空気分解装置 138 と非常補給系 226 に接続することで、窒素貯蔵タンク 220 を、空気分解装置 138 並びに非常補給系 226 からの純窒素 $R-N_2$ で充填する。この結果、空気分解装置 138 の休止時も、ガス化系 129 の洗浄が確実にできる。窒素貯蔵タンク 220 は、これが洗浄過程に必要な純窒素 $R-N_2$ 量を十分大きな予備量を含めて提供するように設計してある。窒素貯蔵タンク 220 の出口側は、洗浄管 228 を経てガス管 130 に接続している。ガス管 130 は、合成ガス SG の流れ方向に見てガス封じ装置 200 の直ぐ下流の範囲、即ちガス封じ弁 204 の下流で洗浄管 228 に開口している。

10

【0064】

空気分解装置 138 で発生した不純窒素 $U-N_2$ を供給すべく、空気分解装置 138 から第 2 供給管 230 が分岐する（図 1 参照）。該管 230 は混合装置 146 に開口する。ガスタービンでの NO_x 発生量を減少すべく、混合装置 146 で合成ガス SG に不純窒素 $U-N_2$ を添加し、窒素 N_2 と合成ガス SG をむら無く一様に混合させる。

20

【0065】

燃焼器 6 のバーナ 7 に供給する燃料ガスの切り換えに相当するガスタービン 2 の合成ガス SG から第 2 燃料への切り換え毎に、ガスタービン燃料系 129 を窒素 N_2 により洗浄する。その洗浄過程で、ガスタービン燃料系 129 内に存在する合成ガス SG を、安全技術上の理由から、ほぼ完全に排除せねばならない。

【0066】

合成ガス運転中、即ち図 2 に示す両燃料通路 240、238 に部分流 SG1、SG2 の形で燃焼用に供給される合成ガス SG の燃焼時、第 2 部分流 SG2 に天然ガス EG 又は蒸気 D を混入させる。この結果、第 2 燃料通路 240 の運転に利用する第 2 部分流 SG2 の発熱量が、必要に応じて高まり又は低下する。そのため、天然ガス供給系 244a 並びに蒸気 D 或いは純窒素 $R-N_2$ の供給系 244b を含む供給装置 244 を設けている。この供給装置 244 は範囲 236 において接続箇所 250 で、第 2 ガス管 131 に接続され、この結果必要に応じた流体を、供給装置 244 を経て第 2 ガス管 131 および第 2 燃料通路 240 に供給できる。その場合、第 2 燃料通路 240 は、第 1 燃料通路 238 と無関係に合成ガス SG を供給するとよい。更に部分流 SG1、SG2 は、洗浄管 228 から供給装置 244 の別の供給系 244b を経て供給される純窒素 $R-N_2$ 或いは蒸気 D が、互いに無関係に供給され、或いは洗い流される。この結果、合成ガスの两部分流 SG1、SG2 は、調整可能な種々の発熱量を生ずる。この際、第 2 燃料通路 240 に付属する供給装置 244 は 2 つの目的を満たす。即ち天然ガス運転中の NO_x 発生量を減少する目的と、合成ガス運転中の的確な発熱量の調整と運転制御の目的を果たす。

30

40

【0067】

本発明によるバーナ 7 の運転方法と上述の設備構成により、合成ガス SG による原動所設備 3 の段階的運転が行える。合成ガス運転は、一方で両燃料通路 238、240 を夫々部分流 SG1、SG2 が貫流する全負荷運転時に圧力損失が十分小さいと言う特長を有する。他方でガスタービン 2 の合成ガス SG による最低負荷又は無負荷運転時でも、必要に応じて例えば第 2 燃料通路 240 だけを利用することで、必要な最低圧力損失が保証される。このため、第 2 燃料通路 240 は、その相応した構造形状と寸法づけにより、第 1 燃料通路 238 より大きな流れ抵抗を有する。互いに異なる流れ抵抗を持った両燃料通路 238、240 の同時使用は、バーナ 7 に供給する総燃料質量流量の所定の変動範囲で、圧力損失の変動幅を、従来公知の系統に比べかなり小さくできる。その結果、基本負荷時の

50

圧力損失は、ガスタービン2の最低負荷時、例えば無負荷運転時の圧力損失に比べバーナ7に1つの合成ガス流しか燃焼用に供給しない単燃料通路構成の場合より小さくなる。

【0068】

第2燃料通路240に供給する合成ガスSGの希薄率を供給装置244により適合化することで、合成ガスSGの主燃料通路として用いる第1燃料通路238を安定化できる。第2燃料通路240を貫流する合成ガスSGの第2部分流SG2を僅かにしか希薄化していない場合、第2燃料通路240は、場合により強く希薄化した第1燃料通路238に対するパイロット炎として使える。更に、希薄率についての適切な制御処置で、バーナ7の幾何学形状の費用を要する変更なしに、部分流SG1、SG2の微調整だけで、火炎振動を非常に効果的に制御できる。本発明の方法で運転するバーナ7の二燃料通路構造により燃焼挙動の適合が可能となる。この結果、燃焼振動とバーナ温度に関し燃焼挙動を最適化する方法が、各運転設定の適合化でかなり改善できる。その際本発明は、特にバーナ7の少なくとも1つの燃料通路、例えば第2燃料通路240を二重の機能、即ち合成ガス運転時における合成ガス通路と、他の気体燃料（B）、例えば天然ガス運転時における天然ガス（EG）に対する燃料通路として利用できる特長を持つ。その際、合成ガスと天然ガスとの混合気を、必要なら蒸気を加えて燃料通路に供給し、新たな混合気運転を実現できる。

10

【図面の簡単な説明】

【0069】

【図1】ガス化装置付き燃料系がガスタービンに接続された原動所設備の配管系統図。

20

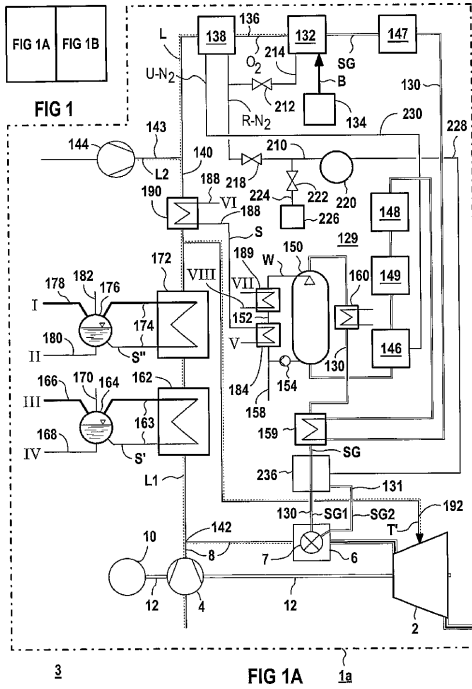
【図2】図1におけるガスタービンにおけるバーナ部分の詳細配管系統図。

【符号の説明】

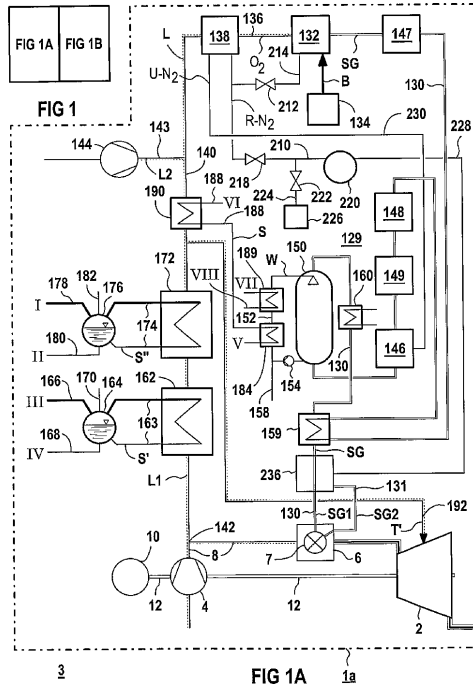
【0070】

1 ガス蒸気複合タービン設備、2 ガスタービン、3 原動所設備、6 燃焼器、7 バーナ、129 燃料系、130、131 ガス管、132 ガス化装置、238、240 燃料通路、244 供給管、B 燃料、D 蒸気、EG 天然ガス

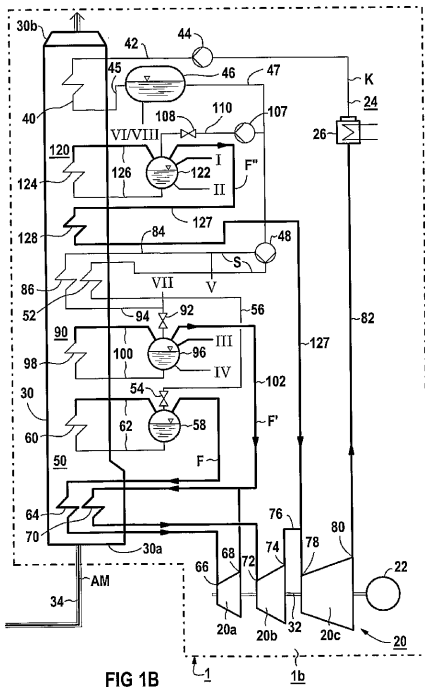
【図 1】



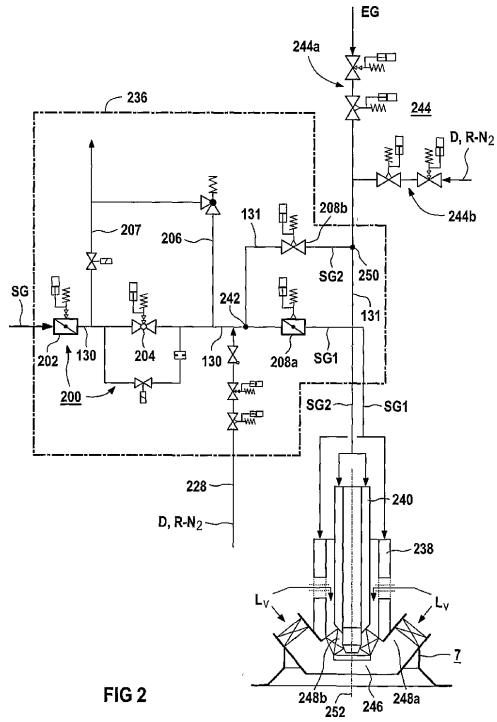
【図 1 A】



【図 1 B】



【図 2】



フロントページの続き

- (72)発明者 ハイロス、アンドレアス
ドイツ連邦共和国 4 5 4 6 8 ミュールハイム シュロッスシュトラッセ 9
- (72)発明者 フート、ミヒャエル
ドイツ連邦共和国 4 5 2 3 9 エッセン ルートヴィッヒシュトラッセ 2 5
- (72)発明者 ケストリン、ベルトルト
ドイツ連邦共和国 4 7 0 5 7 ドゥイスブルク ロタールシュトラッセ 1 5 4

審査官 稲葉 大紀

- (56)参考文献 実開昭59-092367 (JP, U)
特開平07-102998 (JP, A)
特開2001-182553 (JP, A)
国際公開第00/14451 (WO, A1)
特開平07-166891 (JP, A)
特開平07-260149 (JP, A)
国際公開第00/011325 (WO, A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- F02C 3/20-3/30
F02C 7/22-7/236
F23R 3/28-3/38