

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5118672号  
(P5118672)

(45) 発行日 平成25年1月16日 (2013. 1. 16)

(24) 登録日 平成24年10月26日 (2012. 10. 26)

(51) Int. Cl.

F I

F O 1 D 21/00 (2006. 01)

F O 1 D 25/00 (2006. 01)

F O 1 K 7/38 (2006. 01)

F O 1 D 21/00 S

F O 1 D 25/00 G

F O 1 D 25/00 V

F O 1 D 25/00 W

F O 1 K 7/38 1 O 2 A

請求項の数 2 (全 13 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2009-189423 (P2009-189423)  
 (22) 出願日 平成21年8月18日 (2009. 8. 18)  
 (65) 公開番号 特開2011-38500 (P2011-38500A)  
 (43) 公開日 平成23年2月24日 (2011. 2. 24)  
 審査請求日 平成23年8月3日 (2011. 8. 3)

(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  
 (74) 代理人 100064414  
 弁理士 磯野 道造  
 (74) 代理人 100111545  
 弁理士 多田 悦夫  
 (72) 発明者 平川 洋輔  
 茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会  
 社日立製作所 日立事業所内  
 (72) 発明者 数藤 充  
 茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会  
 社日立製作所 日立事業所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 タービン保護装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ボイラで発生する蒸気で駆動するタービンと、  
 前記タービンから排出される蒸気を凝縮して復水にする復水器と、  
 前記復水を加熱脱気して貯水する脱気器と、  
 加熱脱気用の抽気蒸気を前記脱気器に導入する導入管と、  
 前記導入管に配設される逆止弁と、を有する蒸気タービンシステムに備わり、  
 前記抽気蒸気の圧力及び前記脱気器内の圧力を計測する圧力計測手段と、  
 前記導入管に備わる遮断弁装置と、  
 前記抽気蒸気の圧力及び前記脱気器内の圧力の差圧に基づいた指令で前記遮断弁装置を  
 制御する制御装置と、を含んで構成されるタービン保護装置であって、  
 前記遮断弁装置は、前記制御装置からの指令によって開弁または閉弁し、閉弁したとき  
 には、前記脱気器から前記タービンに向って流れる蒸気を遮断し、  
 前記制御装置は、  
 前記脱気器内の圧力から前記抽気蒸気の圧力を減算した差圧が、予め設定される第1所  
 定値以上になったときに前記遮断弁装置に指令を与えて当該遮断弁装置を閉弁し、  
 前記差圧が、予め設定される第2所定値以下になったときに前記遮断弁装置に指令を与  
 えて当該遮断弁装置を開弁することを特徴とするタービン保護装置。

【請求項 2】

ボイラで発生する蒸気で駆動するタービンと、

10

20

前記タービンから排出される蒸気を凝縮して復水にする復水器と、  
前記復水を加熱脱気して貯水する脱気器と、  
加熱脱気用の抽気蒸気を前記脱気器に導入する導入管と、  
前記導入管に配設される逆止弁と、を有する蒸気タービンシステムに備わり、  
前記抽気蒸気の圧力及び前記脱気器内の圧力を計測する圧力計測手段と、  
前記導入管に備わる遮断弁装置と、  
前記抽気蒸気の圧力及び前記脱気器内の圧力の差圧に基づいた指令で前記遮断弁装置を  
制御する制御装置と、を含んで構成されるタービン保護装置であって、  
前記遮断弁装置は、前記制御装置からの指令によって開弁または閉弁し、閉弁したとき  
には、前記脱気器から前記タービンに向かって流れる蒸気を遮断し、  
前記制御装置は、  
前記脱気器内の圧力から前記抽気蒸気の圧力を減算した差圧が、予め設定される第1所  
定値以上になった後、前記差圧が前記第1所定値以上の状態で第1所定時間が経過したと  
きに前記遮断弁装置に指令を与えて当該遮断弁装置を閉弁し、  
前記差圧が、予め設定される第2所定値以下になった後、前記差圧が前記第2所定値以  
下の状態で第2所定時間が経過したときに前記遮断弁装置に指令を与えて当該遮断弁装置  
を開弁することを特徴とするタービン保護装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

20

本発明は、蒸気タービンシステムに備わるタービンを保護するためのタービン保護装置に関する。

【背景技術】

【0002】

例えば、発電用蒸気タービンプラントの蒸気タービンシステムには、復水器から排出される復水に含まれている酸素等のガスをタービンからの抽気蒸気で加熱脱気した後、その復水を貯水する脱気器が備わっている。

そして、蒸気タービンシステムの通常運転時において、脱気器の内部の圧力（脱気器内圧力）は、タービンからの抽気蒸気が脱気器まで流通する経路での圧力損失によって抽気蒸気の圧力（抽気圧力）より減圧し、脱気器内圧力が抽気圧力より低い状態でバランスしている。

30

【0003】

しかしながら、タービントリップの発生時や負荷遮断時など、タービンの負荷の急激な降下にもなると抽気圧力が急減すると、抽気圧力の減圧速度が脱気器内圧力の減圧速度を上回り、脱気器内圧力と抽気圧力のバランスが崩れる場合がある。すなわち、脱気器内圧力が抽気圧力以上になる場合がある。

【0004】

また、蒸気タービンシステムの通常運転時においても、タービンの負荷が降下すると、抽気圧力は負荷の降下に応じて低下し、このときの抽気圧力の減圧速度は、タービンの負荷降下率が大きいほど大きくなる。

40

一方、貯水容量の大きな脱気器は、内部に貯水される復水の量が多くなって熱容量が大きくなる。そして、脱気器内の温度が下がりにくくなり、その結果として、脱気器内圧力が減圧しにくくなる。

【0005】

したがって、脱気器の貯水容量が大きい場合、蒸気タービンシステムの負荷降下率が大きく抽気圧力の減圧速度が大きいときは、脱気器内圧力の減圧速度が抽気圧力の減圧速度より小さくなって脱気器内圧力と抽気圧力のバランスが崩れ、脱気器内圧力が抽気圧力以上になる場合がある。

【0006】

脱気器内圧力と抽気圧力のバランスが崩れ、脱気器内圧力が抽気圧力より大きい状態に

50

なると、脱気器からタービンに向って低温蒸気が流れてタービンにウォータインダクションが発生する。

以下、脱気器からタービンに向う蒸気の流れを逆流とする。

タービンにウォータインダクションが発生すると、高温状態にあるタービンのケーシングやロータを低温蒸気が急速に冷却することになってケーシングやロータが変形する。そして、ロータなどの回転体とケーシングなどの静止体の接触や異常振動が発生し、タービンが損傷する。つまり、ウォータインダクションの発生を抑える必要があり、そのために、脱気器からタービンへの蒸気の逆流を防止する必要がある。

【0007】

そこで、従来、タービンと脱気器の間に逆止弁を備え、脱気器からタービンへの蒸気の逆流を防止している。

10

さらに、タービンと脱気器の間を流れる蒸気を遮断するための遮断弁装置を備えている。

【0008】

例えば特許文献1には、蒸気タービンシステムに備わる給水加熱器とタービンの間を流れる蒸気を遮断する遮断弁（遮断弁装置）を備え、給水加熱器の水位が異常に上昇したときのウォータインダクションの発生を防止するウォータインダクション保護装置の技術が開示されている。

【0009】

特許文献1に開示される技術によると、例えば給水加熱器内部のチューブから漏水して給水加熱器の水位が上昇すると、遮断弁が、タービンと給水加熱器の間を流れる蒸気を遮断してウォータインダクションの発生を防止できる。

20

【0010】

例えば特許文献1に開示される技術を脱気器に適用すると、脱気器内部の水位の上昇によるウォータインダクションの発生を防止できる。

【0011】

このように、脱気器とタービンの間に逆止弁と遮断弁装置を備える構成によって、脱気器からタービンへの蒸気の逆流を防止できる。また、脱気器内部の水位の上昇によるウォータインダクションの発生を防止できる。

【先行技術文献】

30

【特許文献】

【0012】

【特許文献1】特開平11-148310号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

しかしながら、逆止弁は、脱気器内圧力が抽気圧力以上になったときに瞬時に閉弁して脱気器からタービンへの蒸気の逆流を防止するため、例えば、タービントリップの発生時など抽気圧力が急激に低下したときには急激に閉弁する。したがって、逆止弁が頻繁に開閉すると、閉弁時の衝撃で弁体などの構成部品が変形し、脱気器からタービンへの蒸気の逆流を完全に遮断できなくなる場合がある。

40

【0014】

そこで本発明は、脱気器とタービンの間に配設される逆止弁が、脱気器とタービンの間を流れる蒸気を完全に遮断できない状態であっても、脱気器からタービンへ逆流する蒸気を遮断できるタービン保護装置を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0015】

前記課題を解決するため、本発明は、脱気器内圧力が抽気圧力以上になったときに動作する遮断弁装置を備えて、脱気器からタービンへ逆流する蒸気を遮断できるタービン保護装置とする。

50

## 【発明の効果】

## 【0016】

本発明によると、脱気器とタービンの間に配設される逆止弁が、脱気器とタービンの間を流れる蒸気を完全に遮断できない状態であっても、脱気器からタービンへ逆流する蒸気を遮断できるタービン保護装置を提供することができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0017】

【図1】 蒸気タービンシステムの一構成例を示す図である。

【図2】 抽気圧力と脱気器内圧力が減圧する状態を示す図である。

【図3】 制御装置が遮断弁装置を制御する手順を示すフローチャートである。

10

【図4】 内部タイマー機能を有する制御装置が遮断弁装置を制御する手順を示すフローチャートである。

## 【発明を実施するための形態】

## 【0018】

以下、本発明の実施形態について、適宜図を参照して詳細に説明する。

図1に示すように、本実施形態に係る蒸気タービンシステム1は、ボイラ13で発生した蒸気が高圧タービン14を回転した後、ボイラ13の再熱器13aに導入される。再熱器13aで再度加熱された蒸気は、中圧タービン15、低圧タービン16を回転して、復水器18に導入されて復水に凝縮される。

なお、低圧タービン16には、例えば発電機17が負荷として接続されている。

20

## 【0019】

復水器18内で蒸気が凝縮して生成される復水は、復水ポンプ19によって昇圧され、低圧ヒータ4で、例えば低圧タービン16からの抽気蒸気で加熱された後、脱気器5まで送水され、中圧タービン15、または、低圧タービン16からの抽気蒸気で加熱脱気されて貯水される。

そして、脱気器5に貯水された復水は給水ポンプ6によって昇圧され、高圧ヒータ7で、例えば高圧タービン14や中圧タービン15からの抽気蒸気で加熱された後、ボイラ13に導入される。

以下、高圧タービン14、中圧タービン15、及び低圧タービン16をまとめてタービン2と称する。

30

## 【0020】

タービン2と脱気器5は抽気蒸気導入管3（導入管）で接続され、タービン2からの抽気蒸気が抽気蒸気導入管3を流通し、加熱脱気用の抽気蒸気として脱気器5に導入される。

抽気蒸気導入管3には、例えば2つの逆止弁3aが直列に配設され、抽気蒸気導入管3における蒸気の流れの方向が、タービン2から脱気器5に向かう方向に規制されている。

なお、抽気蒸気導入管3は、高圧タービン14、中圧タービン15、低圧タービン16のうちの一台、又は複数台に接続される。

## 【0021】

タービン2からの抽気蒸気は、抽気蒸気導入管3を流通して脱気器5に導入されることから、タービン2からの抽気蒸気の抽気圧力（以下、符号P1で示す）は、抽気蒸気導入管3を流通する際の圧力損失で減圧する。

40

したがって、蒸気タービンシステム1の通常運転時に、脱気器内圧力（以下、符号P2で示す）は抽気圧力P1より低くなる。

すなわち、蒸気タービンシステム1の通常運転時には、脱気器内圧力P2が抽気圧力P1より低い状態でバランスして、脱気器5からタービン2へ蒸気が逆流することがない。

2つの逆止弁3aは、脱気器内圧力P2が抽気圧力P1未満の状態のときは開弁してタービン2から脱気器5へ蒸気を流通させるが、例えばタービントリップの発生時など、脱気器内圧力P2が抽気圧力P1以上になったときには瞬時に閉弁して、脱気器5からタービン2へ逆流する蒸気を遮断するように構成される。

50

## 【 0 0 2 2 】

また、抽気蒸気導入管 3 には、2 つの逆止弁 3 a と脱気器 5 の間に遮断弁装置 1 2 が備わっている。遮断弁装置 1 2 は、抽気蒸気導入管 3 を流れる蒸気を遮断する止め弁 1 2 a と、止め弁 1 2 a を急速開閉可能な弁駆動部 1 2 b を含んで構成される。

## 【 0 0 2 3 】

弁駆動部 1 2 b は、図示しない水位計が計測する脱気器 5 内部の水位が所定値より高くなったときに、止め弁 1 2 a を駆動して抽気蒸気導入管 3 を閉じて、脱気器 5 からタービン 2 へ逆流する蒸気を遮断してウォータインダクションの発生を防止する。

## 【 0 0 2 4 】

また、本実施形態に係る蒸気タービンシステム 1 には、タービン 2 からの抽気蒸気の抽気圧力  $P_1$  を計測する圧力計測手段としてのタービン抽気圧力計 9 と、脱気器 5 の脱気器内圧力  $P_2$  を計測する圧力計測手段としての脱気器内圧力計 1 0 と、弁駆動部 1 2 b に指令を与えて遮断弁装置 1 2 を制御する制御装置 1 1 が備わっている。

タービン抽気圧力計 9 は、例えばタービン 2 と抽気蒸気導入管 3 の接合部近傍に備わり、抽気蒸気導入管 3 による圧力損失が発生していない状態の抽気圧力  $P_1$  を計測するように構成される。

## 【 0 0 2 5 】

制御装置 1 1 は、タービン抽気圧力計 9 から入力される計測信号に基づいて抽気圧力  $P_1$  を算出し、脱気器内圧力計 1 0 から入力される計測信号に基づいて脱気器内圧力  $P_2$  を算出する。

## 【 0 0 2 6 】

そして、制御装置 1 1 は、脱気器内圧力  $P_2$  が抽気圧力  $P_1$  以上になると、弁駆動部 1 2 b に指令を与えて止め弁 1 2 a を駆動して抽気蒸気導入管 3 を閉じる。すなわち、遮断弁装置 1 2 を閉弁する。

したがって、脱気器 5 からタービン 2 へ逆流する蒸気が止め弁 1 2 a によって遮断される。

## 【 0 0 2 7 】

その後、脱気器内圧力  $P_2$  が減圧し、脱気器内圧力  $P_2$  が抽気圧力  $P_1$  未満になると、制御装置 1 1 は、弁駆動部 1 2 b に指令を与えて止め弁 1 2 a を駆動して抽気蒸気導入管 3 を開く。すなわち、遮断弁装置 1 2 を開弁する。

タービン 2 からの抽気蒸気は、抽気蒸気導入管 3 を流通して脱気器 5 に導入される。

## 【 0 0 2 8 】

そして、本実施形態においては、タービン抽気圧力計 9、脱気器内圧力計 1 0、制御装置 1 1、及び遮断弁装置 1 2 を含んで、タービン保護装置 2 0 を構成する。

## 【 0 0 2 9 】

図 2 に示すように、抽気圧力  $P_1$  が  $P_{1H}$  であり、脱気器内圧力  $P_2$  が、 $P_{1H}$  より少し低い  $P_{2H}$  である状態で、蒸気タービンシステム 1 (図 1 参照) が通常運転しているときに、例えば発電機 1 7 (図 1 参照) に要求される発電量が減少してタービン 2 の負荷が降下する場合、抽気圧力  $P_1$  は負荷の降下にもなって時刻  $t_1$  で  $P_{1L}$  まで減圧する。

そして、脱気器内圧力  $P_2$  は、抽気圧力  $P_1$  の減圧にもなって時刻  $t_2$  で  $P_{2L}$  まで減圧する。

## 【 0 0 3 0 】

しかしながら、例えば、脱気器 5 (図 1 参照) の貯水容量が大きく、且つ、タービン 2 (図 1 参照) の負荷降下率が大きい場合など、抽気圧力  $P_1$  の減圧速度が脱気器内圧力  $P_2$  の減圧速度より大きいときは、例えば時刻  $t_3$  で、抽気圧力  $P_1$  が脱気器内圧力  $P_2$  と同じ圧力まで減圧し、その後、脱気器内圧力  $P_2$  が  $P_{1L}$  まで減圧する時刻  $t_4$  までは、脱気器内圧力  $P_2$  が抽気圧力  $P_1$  より大きい状態が続く。

## 【 0 0 3 1 】

前記したように、脱気器内圧力  $P_2$  が抽気圧力  $P_1$  以上 (脱気器内圧力  $P_2$  抽気圧力  $P_1$ ) になると、2 つの逆止弁 3 a (図 1 参照) が閉弁して、脱気器 5 (図 1 参照) から

10

20

30

40

50

タービン 2 (図 1 参照) へ逆流する蒸気を遮断することができる。

しかしながら、例えば、2つの逆止弁 3 a の弁体等が変形していて、抽気蒸気導入管 3 (図 1 参照) を流れる蒸気を完全に遮断することができない場合は、蒸気が脱気器 5 からタービン 2 に向って逆流してタービン 2 が損傷する可能性がある。

【0032】

そこで、本実施形態に係る制御装置 11 (図 1 参照) は、蒸気タービンシステム 1 (図 1 参照) の通常運転時に脱気器内圧力  $P_2$  から抽気圧力  $P_1$  を減算した差圧  $P$  が、予め設定される第 1 の所定値 (第 1 所定値  $P_{f1}$ ) 以上になる時刻  $t_5$  から、予め設定される第 2 の所定値 (第 2 所定値  $P_{f2}$ ) 以下になる時刻  $t_6$  まで、遮断弁装置 12 (図 1 参照) が閉弁するように遮断弁装置 12 を制御する。

10

そして、差圧  $P$  が第 2 所定値  $P_{f2}$  以下になる時刻  $t_6$  以降は、遮断弁装置 12 が開弁するように遮断弁装置 12 を制御する。

【0033】

制御装置 11 は、脱気器内圧力  $P_2$  から抽気圧力  $P_1$  を減算した差圧  $P$  が第 1 所定値  $P_{f1}$  以上になったときに、止め弁 12 a (図 1 参照) が抽気蒸気導入管 3 を閉じるように弁駆動部 12 b (図 1 参照) に指令を与え、遮断弁装置 12 (図 1 参照) を閉弁する。

また、制御装置 11 は、差圧  $P$  が第 2 所定値  $P_{f2}$  以下になったときに、止め弁 12 a が抽気蒸気導入管 3 を開くように弁駆動部 12 b に指令を与え、遮断弁装置 12 を開弁する。

20

このように制御装置 11 は、脱気器内圧力  $P_2$  と抽気圧力  $P_1$  の差圧  $P$  に基づいた指令で遮断弁装置 12 を制御する。

【0034】

第 1 所定値  $P_{f1}$ 、及び第 2 所定値  $P_{f2}$  は、例えば、タービン抽気圧力計 9 や脱気器内圧力計 10 の計測誤差、脱気器内圧力  $P_2$  や抽気圧力  $P_1$  の変動 (脈動) 等を考慮して、極力小さくなるように設定する。第 1 所定値  $P_{f1}$  と第 2 所定値  $P_{f2}$  は異なった値であってもよいし、同じ値であってもよい。

また、第 1 所定値  $P_{f1}$  や第 2 所定値  $P_{f2}$  を「0」としてもよい。

第 1 所定値  $P_{f1}$  が「0」の場合、制御装置 11 は、脱気器内圧力  $P_2$  が抽気圧力  $P_1$  以上になったときに遮断弁装置 12 (図 1 参照) を閉弁し、第 2 所定値  $P_{f2}$  が「0」の場合、制御装置 11 は、抽気圧力  $P_1$  が脱気器内圧力  $P_2$  以上になったときに遮断弁装置 12 (図 1 参照) を開弁する。

30

なお、第 1 所定値  $P_{f1}$ 、及び第 2 所定値  $P_{f2}$  は、脱気器内圧力  $P_2$  から抽気圧力  $P_1$  を減算した差圧として設定する。したがって、抽気圧力  $P_1$  が脱気器内圧力  $P_2$  より高い場合は負の値になる。

【0035】

図 3 を参照して、制御装置 11 が遮断弁装置 12 を制御する手順を説明する (適宜図 1、図 2 参照)。

この手順は、例えば、制御装置 11 が実行するプログラムにサブルーチンとして組み込まれ、100 msec などの時間間隔で制御装置 11 が実行するように構成すればよい。

40

【0036】

遮断弁装置 12 を制御する手順がスタートすると、制御装置 11 は、抽気圧力  $P_1$  を算出し (ステップ S1)、さらに脱気器内圧力  $P_2$  を算出する (ステップ S2)。

前記したように、制御装置 11 は、タービン抽気圧力計 9 から入力される計測信号に基づいて抽気圧力  $P_1$  を算出することができ、脱気器内圧力計 10 から入力される計測信号に基づいて脱気器内圧力  $P_2$  を算出できる。

このように、制御装置 11 は、遮断弁装置 12 を制御する手順を実行するたびに抽気圧力  $P_1$  と脱気器内圧力  $P_2$  を算出する。したがって、制御装置 11 は、抽気圧力  $P_1$  と脱気器内圧力  $P_2$  を常に監視することになる。

【0037】

50

制御装置 11 は、脱気器内圧力  $P_2$  から抽気圧力  $P_1$  を減算して差圧  $P$  を算出する（ステップ S3）。

そして、制御装置 11 は、算出した差圧  $P$  が第 1 所定値  $P_{f1}$  以上のとき（ステップ S4 Yes）、遮断弁装置 12 が開弁していれば（ステップ S5 Yes）、弁駆動部 12b に指令を与えて止め弁 12a を駆動して遮断弁装置 12 を閉弁し（ステップ S6）、遮断弁装置 12 を制御する手順を終了（リターン）する。遮断弁装置 12 が開弁していなければ（ステップ S5 No）、すなわち、遮断弁装置 12 が閉弁していれば、遮断弁装置 12 を制御する手順を終了（リターン）する。

【0038】

一方、算出した差圧  $P$  が第 1 所定値  $P_{f1}$  未満のとき（ステップ S4 No）、制御装置 11 は、差圧  $P$  が第 2 所定値  $P_{f2}$  より大きければ（ステップ S7 No）、遮断弁装置 12 を制御する手順を終了（リターン）する。

また、差圧  $P$  が第 2 所定値  $P_{f2}$  以下のとき（ステップ S7 Yes）、制御装置 11 は、遮断弁装置 12 が閉弁していれば（ステップ S8 Yes）、弁駆動部 12b に指令を与えて止め弁 12a を駆動して遮断弁装置 12 を開弁し（ステップ S9）、遮断弁装置 12 を制御する手順を終了（リターン）する。遮断弁装置 12 が閉弁していなければ（ステップ S8 No）、すなわち、遮断弁装置 12 が開弁していれば、遮断弁装置 12 を制御する手順を終了（リターン）する。

【0039】

制御装置 11 が、遮断弁装置 12 が開弁しているか閉弁しているかを判定する方法は限定するものではない。

例えば、遮断弁装置 12 が開弁しているか閉弁しているかを示すフラグ OP を制御装置 11 が備える構成とし、制御装置 11 は、ステップ S6 で遮断弁装置 12 を閉弁したときフラグ OP に「0」を設定し、ステップ S9 で遮断弁装置 12 を開弁したときフラグ OP に「1」を設定する。

制御装置 11 は、フラグ OP が「1」であれば遮断弁装置 12 が開弁していると判定し、フラグ OP が「0」であれば遮断弁装置 12 が閉弁していると判定できる。

【0040】

また、止め弁 12a が抽気蒸気導入管 3 を閉じているか開いているかを検出する図示しないセンサを遮断弁装置 12 に備える構成であってもよい。例えば、図示しないセンサは、止め弁 12a が抽気蒸気導入管 3 を閉じているか開いているかを示す検出信号を制御装置 11 に入力する構成とすれば、制御装置 11 は、図示しないセンサから入力される検出信号に基づいて、止め弁 12a が抽気蒸気導入管 3 を閉じているか開いているかを検出することができる。そして、遮断弁装置 12 が開弁しているか閉弁しているかを判定できる。

【0041】

《変形例》

以上のように、図 1 に示す、本実施形態に係る蒸気タービンシステム 1 に備わる制御装置 11 は、抽気圧力  $P_1$  と脱気器内圧力  $P_2$  を常に監視し、脱気器内圧力  $P_2$  から抽気圧力  $P_1$  を減算した差圧  $P$  が第 1 所定値  $P_{f1}$  以上になったときに遮断弁装置 12 を閉弁し、差圧  $P$  が第 2 所定値  $P_{f2}$  以下になったときに遮断弁装置 12 を開弁する構成である。

しかしながら、タービン抽気圧力計 9 が抽気圧力  $P_1$  を計測するとき、その計測値が小さく変動する場合がある。同様に、脱気器内圧力計 10 の計測値も小さく変動する場合がある。

したがって、制御装置 11 が算出する抽気圧力  $P_1$  及び脱気器内圧力  $P_2$  も小さく変動し、さらに、脱気器内圧力  $P_2$  から抽気圧力  $P_1$  を減算した差圧  $P$  も小さく変動する。

【0042】

差圧  $P$  が第 1 所定値  $P_{f1}$  及び第 2 所定値  $P_{f2}$  をまたいで変動すると、制御装置 11 は、差圧  $P$  が第 1 所定値  $P_{f1}$  以上になるたびに遮断弁装置 12 を閉弁する指

10

20

30

40

50

令を弁駆動部 1 2 b に与え、差圧  $P$  が第 2 所定値  $P_{f2}$  以下になるたびに遮断弁装置 1 2 を開弁する指令を弁駆動部 1 2 b に与えることから、制御装置 1 1 は、遮断弁装置 1 2 を制御するための指令を弁駆動部 1 2 b に頻繁に与えることになり、遮断弁装置 1 2 は開弁と閉弁を頻繁に繰り返すように動作する。そして、止め弁 1 2 a と遮断弁装置 1 2 が劣化するという問題が発生する。

【0043】

そこで、本発明の変形例として、例えば、制御装置 1 1 が内部タイマー機能を備える構成とし、脱気器内圧力  $P_2$  から抽気圧力  $P_1$  を減算した差圧  $P$  が第 1 所定値  $P_{f1}$  以上の状態が所定時間継続したときに、遮断弁装置 1 2 を閉弁する構成としてもよい。

同様に、脱気器内圧力  $P_2$  から抽気圧力  $P_1$  を減算した差圧  $P$  が第 2 所定値  $P_{f2}$  以下の状態が所定時間継続したときに、制御装置 1 1 が遮断弁装置 1 2 を開弁する構成としてもよい。

【0044】

図 4 を参照して、内部タイマー機能を備える制御装置 1 1 が遮断弁装置 1 2 を制御する手順を説明する（適宜図 1、図 2 参照）。

この手順は、図 3 に示す手順と同様に、制御装置 1 1 が実行するプログラムにサブルーチンとして組み込まれ、100 msec などの時間間隔で制御装置 1 1 が実行するように構成すればよい。

なお、図 3 に示す手順と同じ手順には同じ符号を付して、詳細な説明は適宜省略する。

【0045】

遮断弁装置 1 2 を制御する手順がスタートすると、制御装置 1 1 は、抽気圧力  $P_1$  を算出し（ステップ S 1）、脱気器内圧力  $P_2$  を算出し（ステップ S 2）、さらに、脱気器内圧力  $P_2$  から抽気圧力  $P_1$  を減算して差圧  $P$  を算出する（ステップ S 3）。

そして、制御装置 1 1 は、算出した差圧  $P$  が第 1 所定値  $P_{f1}$  以上のとき（ステップ S 4 Yes）、開弁待機時間計測を停止し（ステップ S 10）、遮断弁装置 1 2 が開弁していれば（ステップ S 5 Yes）、閉弁待機時間計測中か否かを判定する（ステップ S 11）。

【0046】

開弁待機時間は、脱気器内圧力  $P_2$  から抽気圧力  $P_1$  を減算した差圧  $P$  が第 2 所定値  $P_{f2}$  以下になってから、制御装置 1 1 が遮断弁装置 1 2 を開弁するまでの待機時間である。

また、閉弁待機時間は、脱気器内圧力  $P_2$  から抽気圧力  $P_1$  を減算した差圧  $P$  が第 1 所定値  $P_{f1}$  以上になってから、制御装置 1 1 が遮断弁装置 1 2 を閉弁するまでの待機時間である。

【0047】

そして、閉弁待機時間計測中でなければ（ステップ S 11 No）、制御装置 1 1 は、内部タイマ機能による閉弁待機時間計測を開始して（ステップ S 12）、遮断弁装置 1 2 を制御する手順を終了（リターン）する。

また、閉弁待機時間計測中のとき（ステップ S 11 Yes）、閉弁待機時間計測を開始してから所定時間  $T_{m1}$ （第 1 所定時間）が経過していれば（ステップ S 13 Yes）、制御装置 1 1 は、遮断弁装置 1 2 を閉弁して（ステップ S 6）、遮断弁装置 1 2 を制御する手順を終了（リターン）し、所定時間  $T_{m1}$  が経過していなければ（ステップ S 13 No）、制御装置 1 1 は遮断弁装置 1 2 を閉弁することなく、遮断弁装置 1 2 を制御する手順を終了（リターン）する。

【0048】

ステップ S 5 に戻って、遮断弁装置 1 2 が開弁していなければ（ステップ S 5 No）、すなわち、遮断弁装置 1 2 が閉弁していれば、制御装置 1 1 は、遮断弁装置 1 2 を制御する手順を終了（リターン）する。

【0049】

ステップ S 13 で、遮断弁装置 1 2 を閉弁するか否かを判定するための所定時間  $T_{m1}$

10

20

30

40

50



は、例えば、制御装置 11 が遮断弁装置 12 を好適なタイミングで閉弁できる時間として、実験等に基づいて決定すればよい。

【0050】

ステップ S4 に戻って、算出した差圧  $P$  が第 1 所定値  $P_{f1}$  未満のとき（ステップ S4 No）、制御装置 11 は、差圧  $P$  と第 2 所定値  $P_{f2}$  を比較する（ステップ S7）。そして、差圧  $P$  が第 2 所定値  $P_{f2}$  より大きいとき（ステップ S7 No）、制御装置 11 は、遮断弁装置 12 を制御する手順を終了（リターン）する。

また、差圧  $P$  が第 2 所定値  $P_{f2}$  以下のとき（ステップ S7 Yes）、制御装置 11 は、閉弁待機時間計測を停止し（ステップ S14）、遮断弁装置 12 が閉弁していれば（ステップ S8 Yes）、開弁待機時間計測中か否かを判定する（ステップ S15）。 10

なお、遮断弁装置 12 が閉弁していないとき（ステップ S8 No）、すなわち、遮断弁装置 12 が開弁しているとき、制御装置 11 は、遮断弁装置 12 を制御する手順を終了（リターン）する。

【0051】

そして、開弁待機時間計測中でなければ（ステップ S15 No）、制御装置 11 は、内部タイマ機能による開弁待機時間計測を開始して（ステップ S16）、遮断弁装置 12 を制御する手順を終了（リターン）する。また、開弁待機時間計測中のとき（ステップ S15 Yes）、開弁待機時間計測を開始してから所定時間  $T_{m2}$ （第 2 所定時間）が経過していれば（ステップ S17 Yes）、制御装置 11 は、遮断弁装置 12 を開弁して（ステップ S9）、遮断弁装置 12 を制御する手順を終了（リターン）し、所定時間  $T_{m2}$  が経過していなければ（ステップ S17 No）、制御装置 11 は遮断弁装置 12 を開弁することなく、遮断弁装置 12 を制御する手順を終了（リターン）する。 20

【0052】

ステップ S17 で、遮断弁装置 12 を開弁するか否かを判定するための所定時間  $T_{m2}$  は、例えば、制御装置 11 が遮断弁装置 12 を好適なタイミングで開弁できる時間として、実験等に基づいて決定すればよく、ステップ S13 における所定時間  $T_{m1}$  と同じであってもよいし、異なってもよい。

【0053】

図 4 に示すように、変形例は、脱気器内圧力  $P_2$  から抽気圧力  $P_1$  を減算した差圧  $P$  が第 1 所定値  $P_{f1}$  以上の時に、制御装置 11（図 1 参照）がステップ S12 で内部タイマ機能による閉弁待機時間計測を開始し、ステップ S13 で、差圧  $P$  が第 1 所定値  $P_{f1}$  以上の状態で所定時間  $T_{m1}$  が経過したときに制御装置 11 が遮断弁装置 12（図 1 参照）を閉弁する構成とした。この構成によって、脱気器内圧力  $P_2$  から抽気圧力  $P_1$  を減算した差圧  $P$  が第 1 所定値  $P_{f1}$  以上になった後、差圧  $P$  が第 1 所定値  $P_{f1}$  以上の状態で所定時間  $T_{m1}$ （第 1 所定時間）が経過したときに、制御装置 11 が遮断弁装置 12 を閉弁する構成とすることができる。 30

【0054】

また、脱気器内圧力  $P_2$  から抽気圧力  $P_1$  を減算した差圧  $P$  が第 2 所定値  $P_{f2}$  以下の時に、制御装置 11（図 1 参照）がステップ S16 で内部タイマ機能による開弁待機時間計測を開始し、ステップ S17 で、差圧  $P$  が第 2 所定値  $P_{f2}$  以下の状態で所定時間  $T_{m2}$  が経過したときに制御装置 11 が遮断弁装置 12（図 1 参照）を開弁する構成とした。この構成によって、脱気器内圧力  $P_2$  から抽気圧力  $P_1$  を減算した差圧  $P$  が第 2 所定値  $P_{f2}$  以下になった後、差圧  $P$  が第 2 所定値  $P_{f2}$  以下の状態で所定時間  $T_{m2}$ （第 2 所定時間）が経過したときに、制御装置 11 が遮断弁装置 12 を開弁する構成とすることができる。 40

【0055】

そして、タービン抽気圧力計 9 及び脱気器内圧力計 10 の計測値の変動にともなって、制御装置 11 が算出する差圧  $P$  が所定時間  $T_{m1}$  より短い間隔で第 1 所定値  $P_{f1}$  をまたいで変動する場合、制御装置 11 は、差圧  $P$  が第 1 所定値  $P_{f1}$  以上であっても遮断弁装置 12 を閉弁しない。 50

同様に、制御装置 11 が算出する差圧  $P$  が所定時間  $T_{m2}$  より短い間隔で第 2 所定値  $P_{f2}$  をまたいで変動する場合、制御装置 11 は、差圧  $P$  が第 2 所定値  $P_{f2}$  以下であっても遮断弁装置 12 を開弁しない。

したがって、遮断弁装置 12 が頻繁に動作することが防止され、遮断弁装置 12 が劣化するという問題の発生を抑えることができる。

#### 【0056】

以上のように、図 1 に示す、本実施形態に係る蒸気タービンシステム 1 のタービン保護装置 20 は、制御装置 11 が抽気圧力  $P_1$  と脱気器内圧力  $P_2$  を常に監視し、脱気器内圧力  $P_2$  から抽気圧力  $P_1$  を減算した差圧  $P$  が第 1 所定値  $P_{f1}$  以上のときは遮断弁装置 12 を閉弁して、脱気器 5 からタービン 2 への蒸気の逆流を止め弁 12a で遮断することができる。

10

#### 【0057】

脱気器内圧力  $P_2$  が抽気圧力  $P_1$  以上になると 2 つの逆止弁 3a が閉弁して、脱気器 5 からタービン 2 へ逆流する蒸気を遮断する。

しかしながら、仮に、2 つの逆止弁 3a の弁体等が変形していて、2 つの逆止弁 3a が抽気蒸気導入管 3 を流れる蒸気を完全に遮断できない状態であると、脱気器 5 からタービン 2 に蒸気が逆流してタービン 2 が損傷する場合がある。

#### 【0058】

本実施形態に係る蒸気タービンシステム 1 は、2 つの逆止弁 3a が抽気蒸気導入管 3 を流れる蒸気を完全に遮断できない状態であっても、遮断弁装置 12 の止め弁 12a で抽気蒸気導入管 3 を流れる蒸気を遮断することができ、脱気器 5 からタービン 2 へ逆流する蒸気を効果的に遮断できる。

20

#### 【0059】

また、制御装置 11 は、脱気器内圧力  $P_2$  から抽気圧力  $P_1$  を減算した差圧  $P$  が第 1 所定値  $P_{f1}$  以上になった後、所定時間  $T_{m1}$  が経過してから遮断弁装置 12 を閉弁し、差圧  $P$  が第 2 所定値  $P_{f2}$  以下になった後、所定時間  $T_{m2}$  が経過してから遮断弁装置 12 を開弁する。

この構成によって、遮断弁装置 12 が開弁と閉弁を頻繁に繰り返すことを防止でき、遮断弁装置 12 が劣化するという問題の発生を抑えることができる。

#### 【0060】

30

なお、制御装置 11 は、蒸気タービンシステム 1 の通常運転時に限らず、タービントリップの発生時や負荷遮断時など、蒸気タービンシステム 1 の負荷の急激な降下にもなって脱気器内圧力  $P_2$  が抽気圧力  $P_1$  以上になった場合であっても遮断弁装置 12 を閉弁することができる。したがって、2 つの逆止弁 3a が抽気蒸気導入管 3 を流れる蒸気を完全に遮断できない状態であっても、脱気器 5 からタービン 2 へ逆流する蒸気を完全に遮断でき、タービン 2 の損傷を防止することができる。

#### 【0061】

本実施形態は、図 1 に示すように、タービン保護装置 20 を脱気器 5 とタービン 2 の間に備える構成としたが、本実施形態に係るタービン保護装置 20 を、例えば、図示しない給水加熱器とタービン 2 の間に備えることも可能である。

40

この場合、給水加熱器内の圧力が抽気圧力  $P_1$  より高くなっても、給水加熱器からタービン 2 への蒸気の逆流を止め弁 12a で遮断することができ、タービン 2 の損傷を防止することができる。

#### 【符号の説明】

#### 【0062】

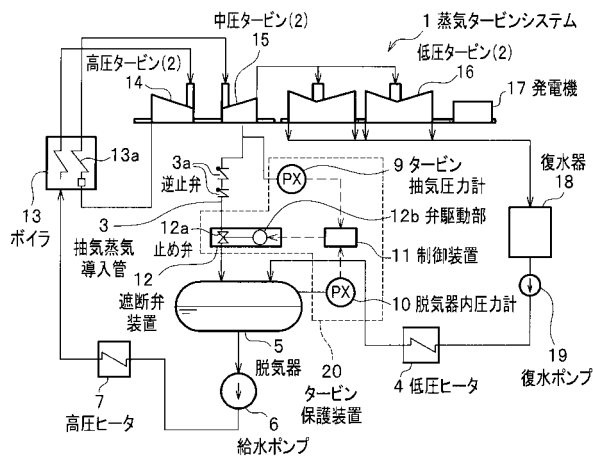
- 1 蒸気タービンシステム
- 2 タービン
- 3 抽気蒸気導入管（導入管）
- 3a 逆止弁
- 5 脱気器

50

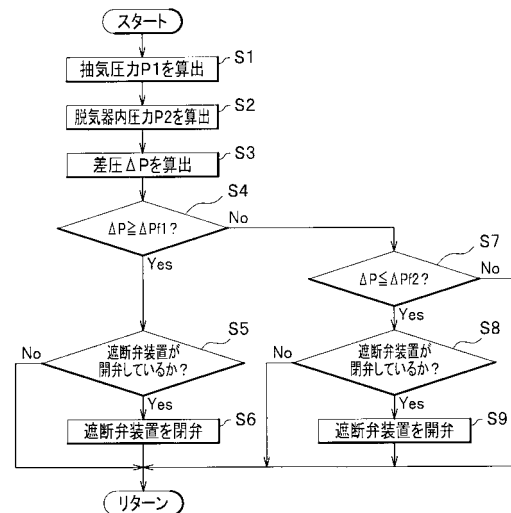
- 9 タービン抽気圧力計（圧力計測手段）
- 10 脱気器内圧力計（圧力計測手段）
- 11 制御装置
- 12 遮断弁装置
- 12 a 止め弁
- 12 b 弁駆動部
- 13 ボイラ
- 14 高圧タービン
- 15 中圧タービン
- 16 低圧タービン
- 18 復水器
- 20 タービン保護装置
- P 1 抽気圧力（抽気蒸気の圧力）
- P 2 脱気器内圧力（脱気器内の圧力）
- P 差圧
- P f 1 第1所定値
- P f 2 第2所定値

10

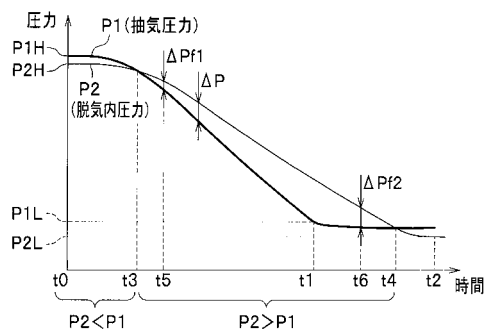
【図1】



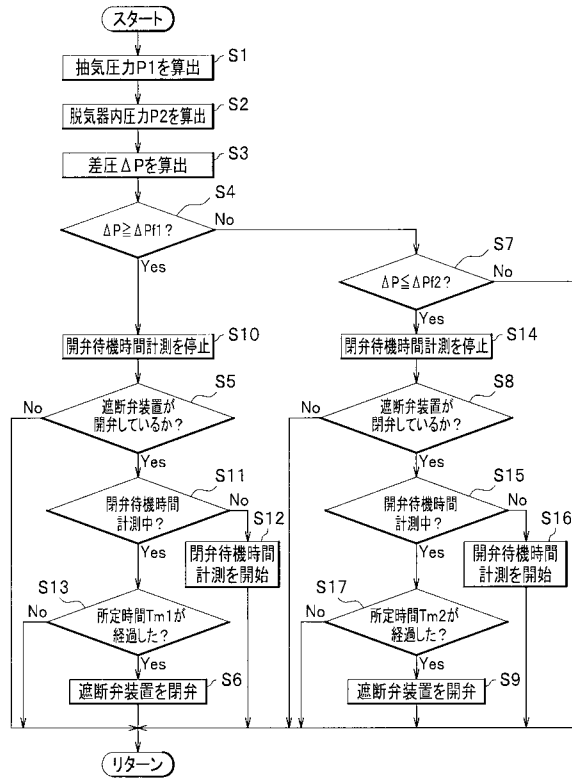
【図3】



【図2】



【図 4】



---

フロントページの続き

- (51)Int.Cl. F I  
F 0 1 D 21/00 B  
F 0 1 D 21/00 P  
F 0 1 D 21/00 W
- (72)発明者 平賀 一郎  
茨城県日立市幸町三丁目 1 番 1 号 株式会社日立製作所 日立事業所内
- (72)発明者 寺西 詔奉  
茨城県日立市鹿島町二丁目 1 8 番 1 4 号 有限会社エステイケイ内

審査官 寺町 健司

- (56)参考文献 特開平 1 1 - 1 4 8 3 1 0 ( J P , A )  
特開昭 5 6 - 1 1 7 0 0 4 ( J P , A )  
特開昭 5 6 - 1 3 2 4 0 9 ( J P , A )

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)  
F 0 1 K 1 / 0 0 - 2 1 / 0 6  
F 2 2 D 1 / 2 8 , 3 2 , 5 0