

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2014-114709

(P2014-114709A)

(43) 公開日 平成26年6月26日(2014.6.26)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード(参考)		
<b>FO1K</b>	<b>7/38</b>	<b>(2006.01)</b>	FO1K	7/38	102G	3G071		
<b>FO1D</b>	<b>17/20</b>	<b>(2006.01)</b>	FO1D	17/20	E			
<b>FO1D</b>	<b>17/08</b>	<b>(2006.01)</b>	FO1D	17/08	A			
<b>FO1D</b>	<b>17/00</b>	<b>(2006.01)</b>	FO1D	17/00	G			
<b>FO1K</b>	<b>7/44</b>	<b>(2006.01)</b>	FO1K	7/38	102C			

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 12 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2012-267772 (P2012-267772)  
 (22) 出願日 平成24年12月7日(2012.12.7)

(71) 出願人 000006208  
 三菱重工業株式会社  
 東京都港区港南二丁目16番5号  
 (74) 代理人 110000785  
 誠真IP特許業務法人  
 (72) 発明者 山上 勝彦  
 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 平井 淳也  
 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 桃尾 孝史  
 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内  
 Fターム(参考) 3G071 AA00 AB01 AB02 BA07 DA05  
 DA11 FA03 HA03 JA04

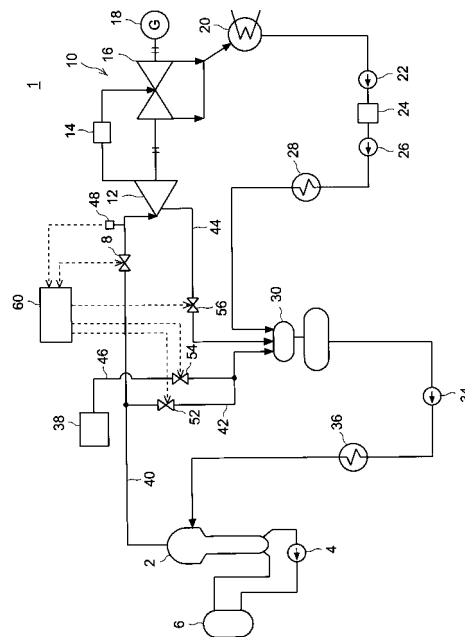
(54) 【発明の名称】 蒸気タービンプラント及びその制御方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 VVO時における蒸気発生器からの蒸気の有効利用及び蒸気タービンの出力改善を可能とし得る蒸気タービンプラント及びその制御方法を提供する。

【解決手段】 主蒸気を発生させるための蒸気発生器2と、主蒸気によって駆動するように構成された第1蒸気タービンとを備える蒸気タービンプラント1であって、蒸気発生器と第1蒸気タービンとの間に設けられ、第1蒸気タービンの入口圧力に基づいて開度制御される主蒸気流量調整弁8と、蒸気タービンプラントの少なくとも一つの構成機器に、蒸気発生器からの主蒸気と、第1蒸気タービンからの抽気蒸気とを選択的に供給するように構成された第1加熱用蒸気供給部と、第1加熱用蒸気供給部を制御するための第1制御部とを備え、第1制御部は、主蒸気流量調整弁が全開状態のとき、構成機器の加熱用蒸気として主蒸気を少なくとも構成機器に供給するように第1加熱用蒸気供給部を制御する構成とした。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

主蒸気を発生させるための蒸気発生器と、前記主蒸気によって駆動するように構成された第 1 蒸気タービンとを備える蒸気タービンプラントであって、

前記蒸気発生器と前記第 1 蒸気タービンとの間に設けられ、前記第 1 蒸気タービンの入口圧力に基づいて開度制御されることによって前記蒸気発生器から前記第 1 蒸気タービンに流入する蒸気量を調整するための主蒸気流量調整弁と、

前記蒸気タービンプラントの少なくとも一つの第 1 構成機器に、前記蒸気発生器からの主蒸気と、前記第 1 蒸気タービンからの抽気蒸気とを選択的に供給するように構成された第 1 加熱用蒸気供給部と、

前記第 1 加熱用蒸気供給部を制御するための第 1 制御部とを備え、

前記第 1 制御部は、前記主蒸気流量調整弁が全開状態のとき、加熱用蒸気として前記主蒸気を前記少なくとも一つの第 1 構成機器に供給するように前記第 1 加熱用蒸気供給部を制御する構成としたことを特徴とする蒸気タービンプラント。

## 【請求項 2】

前記第 1 蒸気タービンの定格出力に対応する前記主蒸気流量調整弁の開度は、全開未満に設定されていることを特徴とする請求項 1 に記載の蒸気タービンプラント。

## 【請求項 3】

前記第 1 制御部は、前記主蒸気流量調整弁が全開状態で、且つ、前記第 1 蒸気タービンの入口圧力が閾値を下回った時に、前記抽気蒸気から前記主蒸気に切り替えるように前記第 1 加熱用蒸気供給部を制御する構成としたことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の蒸気タービンプラント。

## 【請求項 4】

前記第 1 蒸気タービンを経た排気蒸気を復水するための復水器と、

前記復水器で復水された水を脱器するための脱気器とをさらに備え、

前記少なくとも一つの第 1 構成機器としての前記脱気器に、前記第 1 加熱用蒸気供給部により前記主蒸気又は前記抽気蒸気が供給される構成としたことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の蒸気タービンプラント。

## 【請求項 5】

前記蒸気タービンの入口圧力を計測する圧力計測器をさらに備え、

前記第 1 制御部は、前記圧力計測器の計測値が所定値以下になったときに前記主蒸気流量調整弁を全開状態にする構成としたことを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか一項に記載の蒸気タービンプラント。

## 【請求項 6】

前記蒸気発生器は原子力発電プラントの 1 次系に組み込まれていることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載の蒸気タービンプラント。

## 【請求項 7】

前記第 1 蒸気タービンが高圧タービンであって、

前記第 1 蒸気タービンからの排気蒸気によって駆動するように構成された第 2 蒸気タービンと、

前記蒸気タービンプラントの少なくとも一つの第 2 構成機器に、前記蒸気発生器からの主蒸気と、前記第 2 蒸気タービンからの抽気蒸気とを選択的に供給するように構成された第 2 加熱用蒸気供給部と、

前記第 2 加熱用蒸気供給部を制御するための第 2 制御部とを備え、

前記第 2 制御部は、前記主蒸気流量調整弁が全開状態のとき、加熱用蒸気として前記主蒸気を前記少なくとも一つの第 2 構成機器に供給するように前記第 2 加熱用蒸気供給部を制御する構成としたことを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか一項に記載の蒸気タービンプラント。

## 【請求項 8】

蒸気発生器で発生させた主蒸気によって蒸気タービンを駆動するようにした蒸気タービ

10

20

30

40

50

ンプラントの制御方法であって、

前記蒸気発生器と前記第1蒸気タービンとの間に設けられた主蒸気流量調整弁を前記第1蒸気タービンの入口圧力に基づいて開度制御する弁制御ステップと、

前記蒸気タービンプラントの少なくとも一つの第1構成機器に、前記蒸気発生器からの主蒸気と、前記第1蒸気タービンからの抽気蒸気とを選択的に供給する蒸気供給ステップとを備え、

前記蒸気供給ステップでは、前記主蒸気流量調整弁が全開状態のとき、加熱用蒸気として前記主蒸気を前記少なくとも一つの第1構成機器に供給することを特徴とする蒸気タービンプラントの制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、原子力発電や火力発電等において用いられる蒸気タービンプラント及びその制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、蒸気タービンプラントにおいては、脱気器や給水加熱器等のように加熱を要する各種機器の熱源として、蒸気タービンから抽気した蒸気を用いることが知られている。例えば、特許文献1には、蒸気タービンからの抽気蒸気により脱気器等を加熱するようにした蒸気タービンプラントが開示されている。具体的には、この蒸気タービンプラントは、蒸気発生器で発生させた主蒸気が高圧タービン、低圧タービンの順に供給され、これらのタービンが駆動される構成となっている。低圧タービンからの排出蒸気は、復水器、低圧給水加熱器、脱気器、高圧給水加熱器を経て、給水として蒸気発生器に戻る。また、高圧タービンから抽気された蒸気は、脱気器や高圧給水加熱器に送られ、熱源として用いられるようになっている。

【0003】

また、上記したような蒸気タービンプラントでは、蒸気発生器と蒸気タービンとを接続する主蒸気ライン上に、蒸気タービンへの主蒸気流量を調整する蒸気加減弁が設けられている（例えば特許文献2参照）。通常、蒸気加減弁は、蒸気タービンの入口圧力に基づいて開度制御され、蒸気タービンへ流入する蒸気流量を調整するようになっている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開平6-300215号公報

【特許文献2】特開昭62-148807号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献1, 2に開示される蒸気タービンプラントにおいては、経年使用等により蒸気発生器の性能が劣化すると、蒸気発生器から主蒸気ラインに供給される主蒸気圧力が低下してしまうことがある。上記したように蒸気加減弁は蒸気タービンの入口圧力に基づいて開度制御されるので、蒸気タービンの入口圧力が設定圧力よりも下回る場合には、蒸気タービンの入口圧力を設定圧力に近づけるように蒸気加減弁が動作し、弁開度が全開（Valve Wide Open；以下、VWOと略称する）となることがある。

VWO時には、蒸気タービンへ流入する主蒸気量が、それ以上増加できない限界量となる。一方、蒸気発生器は、劣化した状態であっても、発生蒸気の圧力は低下するものの、蒸気発生量（主蒸気の流量）は変わらない。ところが、VWO時には蒸気加減弁が全開状態にあるので、蒸気発生器側の熱出力（発生蒸気量）に余裕があっても蒸気供給量を増加させることはできず、定格熱出力まで達していない場合には電気出力の低下を招くおそれがある。

10

20

30

40

50

## 【0006】

また、従来は、VWO時にも通常運転時と同様に、蒸気タービンからの抽気蒸気を加熱用蒸気として各構成機器に供給しているが、VWO時には蒸気タービンに流入する主蒸気流量は限界一定量となっており、蒸気タービンからの抽気蒸気が通常運転時と変わらなければ、蒸気タービンで発電に使用可能な蒸気量の増加は見込めず、十分な電気出力の確保は難しくなる。

## 【0007】

本発明の少なくとも一実施形態の目的は、VWO時における蒸気発生器からの蒸気の有効利用及び蒸気タービンの出力改善を可能とし、蒸気タービンプラント全体の効率を向上し得る蒸気タービンプラント及びその制御方法を提供することである。

10

## 【課題を解決するための手段】

## 【0008】

本発明の少なくとも一実施形態に係る蒸気タービンプラントは、主蒸気を発生させるための蒸気発生器と、前記主蒸気によって駆動するように構成された第1蒸気タービンとを備える蒸気タービンプラントであって、前記蒸気発生器と前記第1蒸気タービンとの間に設けられ、前記第1蒸気タービンの入口圧力に基づいて開度制御されることによって前記蒸気発生器から前記第1蒸気タービンに流入する蒸気量を調整するための主蒸気流量調整弁と、前記蒸気タービンプラントの少なくとも一つの第1構成機器に、前記蒸気発生器からの主蒸気と、前記第1蒸気タービンからの抽気蒸気とを選択的に供給するように構成された第1加熱用蒸気供給部と、前記第1加熱用蒸気供給部を制御するための第1制御部とを備え、前記第1制御部は、前記主蒸気流量調整弁が全開状態のとき、加熱用蒸気として前記主蒸気を前記少なくとも一つの第1構成機器に供給するように前記第1加熱用蒸気供給部を制御する構成としたことを特徴とする。

20

## 【0009】

上記蒸気タービンプラントでは、主蒸気流量調整弁が全開状態、すなわちVWOのとき、加熱用蒸気として主蒸気を少なくとも一つの第1構成機器に供給するようにしたので、第1蒸気タービンから第1構成機器に供給する抽気蒸気を減少させることができる。そのため第1蒸気タービンの駆動に使用可能な蒸気量が増加するので、第1蒸気タービンの電気出力を増大できる。また、少なくとも一つの第1構成機器の加熱源として抽気蒸気の代わりに主蒸気を用いるようにしたので、主蒸気流量調整弁の流量限界を超える分の主蒸気を有効利用することができる。さらに、主蒸気流量調整弁の流量限界を超える分の主蒸気の利用先が存在することから、蒸気発生器の熱出力を増大させることができる。よって、蒸気タービンプラント全体の効率を向上させることが可能となる。

30

## 【0010】

幾つかの実施形態では、前記第1蒸気タービンの定格出力に対応する前記主蒸気流量調整弁の開度は、全開未満に設定されてもよい。

蒸気タービンの入口圧力が低下すると主蒸気流量調整弁は開く方向に動作するので、第1蒸気タービンの定格出力に対応する主蒸気流量調整弁の開度設定によっては、蒸気タービンプラントは通常運転時であっても主蒸気流量調整弁が全開となる場合が起こり得る。そこで、上記実施形態では、主蒸気流量調整弁の定格出力時の開度を全開未満に設定することによって、主蒸気流量調整弁の全開時とVWO時とが一致するため、主蒸気流量調整弁の開度を検出することで、VWOか否かを正確に判断することができる。よって、第1構成機器に対する加熱用蒸気としての主蒸気の供給を適切なタイミングで行うことができる。

40

## 【0011】

幾つかの実施形態では、前記第1制御部は、前記蒸気タービンプラントが全開状態で、且つ、前記第1蒸気タービンの入口圧力が閾値を下回った時に、前記抽気蒸気から前記主蒸気に切り替えるように前記第1加熱用蒸気供給部を制御する構成としてもよい。

このように、主蒸気流量調整弁が全開状態であるという条件に加えて、第1蒸気タービンの入口圧力が所定値以下であるという条件からVWOを判定することによって、より正

50

確にVWOか否かを判断することができる。よって、第1構成機器に対する加熱用蒸気としての主蒸気の供給を適切なタイミングで行うことができる。

【0012】

幾つかの実施形態では、前記第1蒸気タービンを経た排気蒸気を復水するための復水器と、前記復水器で復水された水を脱器するための脱気器とをさらに備え、前記少なくとも一つの第1構成機器としての前記脱気器に、前記第1加熱用蒸気供給部により前記主蒸気又は前記抽気蒸気が供給される構成としてもよい。

このように、脱気器の加熱に主蒸気又は抽気蒸気を用いることによって、サイクルの熱効率を向上させることができる。

【0013】

幾つかの実施形態では、前記蒸気タービンの入口圧力を計測する圧力計測器をさらに備え、前記第1制御部は、前記圧力計測器の計測値が所定値以下になったときに前記主蒸気流量調整弁を全開状態にする構成としてもよい。

【0014】

幾つかの実施形態では、前記蒸気発生器は原子力発電プラントの1次系に組み込まれていてもよい。

【0015】

幾つかの実施形態では、前記第1蒸気タービンが高圧タービンであって、前記第1蒸気タービンからの排気蒸気によって駆動するように構成された第2蒸気タービンと、前記蒸気タービンプラントの少なくとも一つの第2構成機器に、前記蒸気発生器からの主蒸気と、前記第2蒸気タービンからの抽気蒸気とを選択的に供給するように構成された第2加熱用蒸気供給部と、前記第2加熱用蒸気供給部を制御するための第2制御部とを備え、前記第2制御部は、前記主蒸気流量調整弁が全開状態のとき、加熱用蒸気として前記主蒸気を前記少なくとも一つの第2構成機器に供給するように前記第2加熱用蒸気供給部を制御する構成としてもよい。

このように、主蒸気流量調整弁が全開状態、すなわちVWOのとき、通常運転時には第2蒸気タービンからの抽気蒸気が供給されていた第2構成機器の加熱用蒸気として主蒸気を供給するようにしたので、第2蒸気タービンの駆動に使用可能な蒸気量が増加し、第2蒸気タービンの電気出力が向上する。また、第1構成機器および第2構成機器の加熱源として各蒸気タービンからの抽気蒸気の代わりに主蒸気を用いるようにしたので、主蒸気流量調整弁の流量限界を超える分の主蒸気をより一層有効利用することができる。さらに、主蒸気流量調整弁の流量限界を超える分の主蒸気の利用先として、第1構成機器だけでなく第2構成機器も存在することから、蒸気発生器の熱出力をより一層増大させることができる。よって、蒸気タービンプラント全体の効率をさらに向上させることが可能となる。

【0016】

本発明の少なくとも一実施形態に係る蒸気タービンプラントの制御方法は、蒸気発生器で発生させた主蒸気によって蒸気タービンを駆動するようにした蒸気タービンプラントの制御方法であって、前記蒸気発生器と前記第1蒸気タービンとの間に設けられた主蒸気流量調整弁を前記第1蒸気タービンの入口圧力に基づいて開度制御する弁制御ステップと、前記蒸気タービンプラントの少なくとも一つの第1構成機器に、前記蒸気発生器からの主蒸気と、前記第1蒸気タービンからの抽気蒸気とを選択的に供給する蒸気供給ステップとを備え、前記蒸気供給ステップでは、前記主蒸気流量調整弁が全開状態のとき、加熱用蒸気として前記主蒸気を前記少なくとも一つの第1構成機器に供給することを特徴とする。

【0017】

主蒸気流量調整弁が全開状態のとき、加熱用蒸気として主蒸気を少なくとも一つの第1構成機器に供給するようにしたので、第1蒸気タービンから第1構成機器に供給する抽気蒸気を減少させることができ、第1蒸気タービンの電気出力を増大できる。また、少なくとも一つの第1構成機器の加熱源として抽気蒸気の代わりに主蒸気を用いるようにしたので、主蒸気流量調整弁の流量限界を超える分の主蒸気を有効利用することができる。よって、蒸気タービンプラント全体

10

20

30

40

50

の効率を向上させることが可能となる。

【発明の効果】

【0018】

本発明の少なくとも一実施形態によれば、主蒸気流量調整弁が全開状態、すなわちVWO時に、加熱用蒸気として主蒸気を少なくとも一つの第1構成機器に供給するようにしたので、VWO時における蒸気発生器からの蒸気の有効利用及び蒸気タービンの出力改善を可能とし、蒸気タービンプラント全体の効率を向上できる。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】本発明の一実施形態に係る蒸気タービンプラントの全体構成を示す図である。

10

【図2】本発明の他の実施形態に係る蒸気タービンプラントの全体構成を示す図である。

【図3】電気出力の時系列変化と、これに対応した各加熱用蒸気の流量を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

以下、添付図面に従って本発明の実施形態について説明する。ただし、実施形態として以下に記載され、あるいは、実施形態として図面で示された構成部品の寸法、材質、形状、その相対的配置等は、本発明の範囲をこれに限定する趣旨ではなく、単なる説明例にすぎない。

なお、以下では一例として、原子力発電用の蒸気タービンプラントについて説明するが、火力発電用の蒸気タービンプラント等にも適用できる。

20

【0021】

図1は、本発明の一実施形態に係る蒸気タービンプラントの全体構成を示す図である。

一実施形態において、蒸気タービンプラント1は、蒸気発生器2と、高圧タービン12及び低圧タービン16を含む蒸気タービン群10と、復水器20と、低圧給水加熱器28と、脱気器30と、高圧給水加熱器36とを有する。

【0022】

蒸気発生器2は主蒸気を発生させる。例えば、原子力発電プラントにおいては、蒸気発生器2では原子炉6から取り出した熱で蒸気を発生させる。具体的には、蒸気発生器2、一次冷却材ポンプ4及び原子炉6を含んで一次系が構成される。蒸気発生器2、一次冷却材ポンプ4及び原子炉6は、一次冷却材が循環する一次冷却材循環ラインで接続される。そして、原子炉6で加熱された一次冷却材は蒸気発生器2に供給され、蒸気発生器2では一次冷却材の熱を用いて蒸気を生成する。蒸気発生器2を経た一次冷却材は一次冷却材ポンプ4によって原子炉6に戻される。

30

【0023】

蒸気発生器2と高圧タービン12とは主蒸気ライン40で接続されている。主蒸気ライン40には主蒸気流量調整弁(蒸気加減弁)8が設けられている。また、高圧タービン12の入口側の主蒸気ライン40には、蒸気圧力を計測する圧力計測器48が設けられている。主蒸気流量調整弁8は、圧力計測器48で計測された高圧タービン12の入口圧力に基づいて、高圧タービン12への主蒸気流量を調整するように開度制御される。なお、主蒸気流量調整弁8の開度制御は、後述する第1制御部60によって行う構成を例示しているが、他の制御部によって開度制御を行うようにしてもよい。

40

【0024】

高圧タービン12からの排気蒸気は、湿分分離加熱器14を経て低圧タービン16に供給される。高圧タービン12及び低圧タービン16は共に発電機18に出力軸を介して連結されており、高圧タービン12及び低圧タービン16によって発電機18が駆動され、発電するようになっている。

低圧タービン16からの排気蒸気は復水器20に導入される。復水器20からの復水は、復水ポンプ22、復水処理装置24、復水昇圧ポンプ26を経て、低圧給水加熱器28に導入される。なお、復水処理装置24は、復水に含まれる不純物を取り除く処理を行うように構成される。

50

## 【 0 0 2 5 】

低圧給水加熱器 28 は、熱効率の向上を目的として、後段の脱気器 30 へ導入される復水を加熱するように構成される。なお、低圧給水加熱器 28 の熱源は特に限定されないが、例えば、後述する図 2 に示すように低圧タービン 16 からの抽気蒸気であってもよい。低圧給水加熱器 28 で加熱された復水は、脱気器 30 に導入される。

脱気器 30 は、低圧給水加熱器 28 で昇温された復水を脱気し、貯水する。この貯水は給水ポンプ 34 によって高圧給水加熱器 36 に送られる。

高圧給水加熱器 36 は、熱効率の向上を目的として、後段の蒸気発生器 2 へ導入される給水を加熱するように構成される。なお、高圧給水加熱器 36 の熱源は特に限定されないが、例えば、後述する図 2 に示すように高圧タービン 12 からの抽気蒸気であってもよい。高圧給水加熱器 36 からの給水は、蒸気発生器 2 に戻される。

10

## 【 0 0 2 6 】

幾つかの実施形態では、蒸気タービンプラント 1 は、脱気器 30 へ加熱用蒸気を供給する構成として、蒸気発生器 2 と主蒸気流量調整弁 8 との間の主蒸気ライン 40 から抜き出した主蒸気を脱気器 30 に供給する主蒸気抜き出しライン 42 と、高圧タービン 12 からの抽気蒸気を脱気器 30 に供給する抽気蒸気ライン 44 とを有する。主蒸気抜き出しライン 42 には、脱気器 30 への主蒸気供給量を調整する加熱用主蒸気弁 52 が設けられている。抽気蒸気ライン 44 には、加熱用抽気蒸気弁 56 が設けられている。加熱用主蒸気弁 52 は、例えば制御弁と電磁弁の組み合わせにより構成される。加熱用抽気蒸気弁 56 は、例えば抽気止め弁と逆止弁の組み合わせにより構成される。

20

## 【 0 0 2 7 】

一実施形態では、蒸気タービンプラント 1 は、主蒸気流量調整弁 8 の開度に基づいて加熱用主蒸気弁 52 及び加熱用抽気蒸気弁 56 を制御する第 1 制御部 60 を有している。

第 1 制御部 60 は、通常運転時には、主として高圧タービン 12 からの抽気蒸気を加熱用蒸気として脱気器 30 に供給するように、加熱用主蒸気弁 52 及び加熱用抽気蒸気弁 56 を制御する。例えば、加熱用主蒸気弁 52 を閉にし、且つ、加熱用抽気蒸気弁 56 を開に制御する。

一方、第 1 制御部 60 は、主蒸気流量調整弁 8 が全開状態のとき、主として蒸気発生器 2 からの主蒸気を加熱用蒸気として脱気器 30 に供給するように、加熱用主蒸気弁 52 及び加熱用抽気蒸気弁 56 を制御する。例えば、加熱用主蒸気弁 52 を開にし、且つ、加熱用抽気蒸気弁 56 を閉に制御する。

30

## 【 0 0 2 8 】

また、第 1 制御部 60 は、主蒸気流量調整弁 8 の開度に加えて、圧力計測器 48 で計測された高圧タービン 12 の入口圧力に基づいて、VWO 時と判断されたら加熱用主蒸気弁 52 及び加熱用抽気蒸気弁 56 を制御するようにしてもよい。この場合、第 1 制御部 60 は、主蒸気流量調整弁 8 が全開状態で、且つ、圧力計測器 48 で計測された高圧タービン 12 の入口圧力が閾値を下回った時に、抽気蒸気から主蒸気に切り替えるように加熱用主蒸気弁 52 及び加熱用抽気蒸気弁 56 を制御する。なお、閾値は予め第 1 制御部 60 に設定してもよい。

## 【 0 0 2 9 】

さらに、蒸気タービンプラント 1 は、補助蒸気を供給する補助蒸気供給部 38 と、補助蒸気供給部 38 からの補助蒸気を加熱用蒸気として脱気器 30 に供給する補助蒸気供給ライン 46 と、補助蒸気供給ライン 46 に設けられ、脱気器 30 への補助蒸気供給量を調整する加熱用補助蒸気弁 54 とをさらに有してもよい。その場合、第 1 制御部 60 は、主蒸気、抽気蒸気又は補助蒸気を選択的に脱気器 30 に供給するように、加熱用主蒸気弁 52、加熱用抽気蒸気弁 56 及び加熱用補助蒸気弁 54 を制御する。補助蒸気ライン 46 は、通常、蒸気タービンプラント 1 の起動時に脱気器 30 を加熱するために用いられる。

なお、脱気器 30 には複数種類の加熱用蒸気が供給されてもよい。すなわち、通常運転時、脱気器 30 には主として抽気蒸気が供給されるが、主蒸気が加熱用蒸気の一部として供給されてもよい。また、VWO 時、脱気器 30 には主として主蒸気が供給されるが、抽

40

50

気蒸気が加熱用蒸気の一部として供給されてもよい。

【0030】

以上説明したように、上述の実施形態によれば、主蒸気流量調整弁8が全開状態、すなわちVWOのとき、加熱用蒸気として主蒸気を少なくとも一つの第1構成機器である脱気器30に供給するようにしたので、高圧タービン12から第1構成機器に供給する抽気蒸気を減少させることができる。そのため高圧タービン12の駆動に使用可能な蒸気量が増加するので、高圧タービン12の電気出力を増大できる。また、少なくとも一つの第1構成機器の加熱源として抽気蒸気の代わりに主蒸気を用いるようにしたので、主蒸気流量調整弁8の流量限界を超える分の主蒸気を有効利用することができる。さらに、主蒸気流量調整弁8の流量限界を超える分の主蒸気の利用先が存在することから、蒸気発生器2の熱出力を増大させることができる。よって、蒸気タービンプラント1全体の効率を向上させることが可能となる。

10

【0031】

図2は本発明の他の実施形態に係る蒸気タービンプラントの全体構成を示す図である。

他の実施形態において、図2に示すように、低圧タービン16からの抽気蒸気も加熱用蒸気として用いてもよい。なお、以下の説明において、図1で説明した構成と同一の構成については図1と同一の符号を付し、その詳細な説明は省略する。

図2に示すように、蒸気タービンプラント1'は、高圧タービン12からの抽気蒸気を加熱用蒸気として高圧給水加熱器36に供給する抽気蒸気ライン70と、低圧タービン16からの抽気蒸気を加熱用蒸気として低圧給水加熱器28に供給する抽気蒸気ライン72とを有する。抽気蒸気ライン70, 72には、加熱用抽気蒸気弁82, 84がそれぞれ設けられている。また、蒸気タービンプラント1'は、蒸気発生器2と主蒸気流量調整弁8との間の主蒸気ライン40から抜き出した主蒸気を高圧給水加熱器36に供給する主蒸気抜き出しライン74と、同様に主蒸気ライン40から抜き出した主蒸気を低圧給水加熱器28に供給する主蒸気抜き出しライン76とをさらに有する。主蒸気抜き出しライン74, 76には、加熱用主蒸気弁86, 88がそれぞれ設けられている。さらにまた、蒸気タービンプラント1'は、加熱用主蒸気弁86, 88をそれぞれ制御する第2制御部62を有している。

20

【0032】

高圧給水加熱器36の加熱に際して、第2制御部62は、通常運転時、主として高圧タービン12からの抽気蒸気を加熱用蒸気として高圧給水加熱器36に供給するように、加熱用主蒸気弁86及び加熱用抽気蒸気弁82を制御する。

30

一方、第2制御部62は、主蒸気流量調整弁8が全開状態のとき、すなわちVWO時、主として蒸気発生器2からの主蒸気を加熱用蒸気として高圧給水加熱器36に供給するように、加熱用主蒸気弁86及び加熱用抽気蒸気弁82を制御する。

【0033】

低圧給水加熱器28の加熱に際して、第2制御部62は、通常運転時、主として低圧タービン16からの抽気蒸気を加熱用蒸気として低圧給水加熱器28に供給するように、加熱用主蒸気弁88及び加熱用抽気蒸気弁84を制御する。

一方、第2制御部62は、主蒸気流量調整弁8が全開状態のとき、すなわちVWO時、主として蒸気発生器2からの主蒸気を加熱用蒸気として低圧給水加熱器28に供給するように、加熱用主蒸気弁88及び加熱用抽気蒸気弁84を制御する。

40

【0034】

このように、主蒸気流量調整弁8が全開状態、すなわちVWOのとき、通常運転時には低圧タービン16からの抽気蒸気が供給されていた低圧給水加熱器28の加熱用蒸気として主蒸気を供給するようにしたので、低圧タービン16の駆動に使用可能な蒸気量が増加し、低圧タービン16の電気出力が向上する。また、第1構成機器である脱気器30及び高圧給水加熱器36、並びに第2構成機器である低圧給水加熱器28の加熱源として各蒸気タービン12, 16からの抽気蒸気の代わりに主蒸気を用いるようにしたので、主蒸気流量調整弁8の流量限界を超える分の主蒸気をより一層有効利用することができる。さら

50

に、主蒸気流量調整弁 8 の流量限界を超える分の主蒸気の利用先として、第 1 構成機器だけでなく第 2 構成機器も存在することから、蒸気発生器 2 の熱出力をより一層増大させることができる。よって、蒸気タービンプラント 1 全体の効率をさらに向上させることが可能となる。

#### 【 0 0 3 5 】

次に、図 3 を参照して、一実施形態に係る蒸気タービンプラントの制御方法について詳述する。なお、図 3 は、電気出力の時系列変化と、これに対応した各加熱用蒸気の流量を示す図である。ここでは一例として、図 2 に示す蒸気タービンプラント 1' における脱気器 30 に供給する各加熱用蒸気の流量を示している。また、図中、一点鎖線は従来例の制御における各加熱用蒸気の流量を示し、実線は本実施形態の制御における各加熱用蒸気の流量を示す。

10

#### 【 0 0 3 6 】

一実施形態において、蒸気タービンプラント 1' の起動時には、主蒸気流量調整弁 8 は閉じている。起動時には、蒸気発生器 2 は蒸気生成開始直後であり十分な蒸気が確保できないため、加熱用補助蒸気弁 54 を開けて、補助蒸気供給部 38 からの補助蒸気を加熱用蒸気として脱気器 30 に供給する。このとき、加熱用主蒸気弁 52 及び加熱用抽気蒸気弁 56 は閉じているので、主蒸気及び抽気蒸気の脱気器 30 への供給流量は 0 である。蒸気タービン群 10 によって駆動される発電機 18 が系列に併入されたら、主蒸気流量調整弁 8 を徐々に開けて通常運転を開始する。

#### 【 0 0 3 7 】

通常運転時における各弁の制御は、通常運転を開始したら加熱用補助蒸気弁 54 を閉じるとともに加熱用主蒸気弁 52 を開けて、蒸気発生器 2 からの主蒸気の一部を脱気器 30 に供給する。そして、高圧タービン 12 から抽気可能となったら（電気出力  $X_1$  時）、加熱用主蒸気弁 52 を閉じるとともに加熱用抽気蒸気弁 56 を開いて、脱気器 30 に供給する加熱用蒸気を主蒸気から抽気蒸気に切り替える。

20

なお、電気出力  $X_1$  は、高圧タービン 12 が十分な抽気蒸気を確保可能な状態となる蒸気タービン群 10 の電気出力である。電気出力  $X_1$  は、例えば蒸気タービン群 10 の電気出力の定格値の 15 ~ 20 % である。

#### 【 0 0 3 8 】

その後、原子炉 6 からの熱出力の増加に伴って蒸気タービン群 10 の電気出力も徐々に増加する。一実施形態では、蒸気タービンプラント 1' の定格熱出力一定運転が行われ、蒸気タービン群 10 の電気出力は  $X_2$  付近に維持される。なお、定格熱出力一定運転とは、原子炉 6 で発生する熱（原子炉熱出力）を定格値で一定に保ったまま運転する方法である。原子炉 6 の熱出力が定格値の時、蒸気タービン群 10 の電気出力は周囲環境等に依存する値  $X_2$  となる。電気出力  $X_2$  は、例えば、冷却水（海水）温度が低い程、より大きな電気出力  $X_2$  が得られる。なお、図 3 では電気出力  $X_2$  が 100 % 以上の場合を例示している。

30

#### 【 0 0 3 9 】

蒸気発生器 2 の劣化等によって高圧タービン 12 の入口圧力が低下したら、主蒸気流量調整弁 8 は上限開度となる。そして、VWO 事象が発生する。VWO 時には、蒸気タービン群 10 の電気出力は  $X_2$  から 100 % 程度まで低下する。こうして、高圧タービン 12 の入口圧力が所定値より低く、且つ、主蒸気流量弁 8 が上限開度（例えば 100 %）になったら VWO 時の制御に移行する。

40

本実施形態における VWO 時の制御では、加熱用抽気蒸気弁 56 を閉じるとともに加熱用主蒸気弁 52 を再度開けて、脱気器 30 に供給する加熱用蒸気を抽気蒸気から主蒸気に切り替える。これにより、VWO 時における蒸気発生器 2 からの蒸気の有効利用及び蒸気タービン群 10 の出力改善を可能とし、蒸気タービンプラント 1' 全体の効率を向上できる。一方、従来例では、上記実施形態における制御を行わないので、図中一点鎖線で示す曲線のように、電気出力は  $X_2$  まで回復せず、100 % 程度に低下したままとなる。

#### 【 0 0 4 0 】

50

また、上記実施形態において、高圧タービン12の定格出力に対応する主蒸気流量調整弁8の設定開度を、上限開度未満に設定してもよい。これにより、主蒸気流量調整弁8の全開時とVWO時とを一致させることができ、主蒸気流量調整弁8の開度を検出することで、VWOか否かを正確に判断することができる。よって、脱気器30に対する加熱用蒸気としての主蒸気の供給を適切なタイミングで行うことができる。

【0041】

以上、本発明の実施形態について詳細に説明したが、本発明はこれに限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲において、各種の改良や変形を行ってもよいのはいうまでもない。

【符号の説明】

10

【0042】

1, 1'	蒸気タービンプラント
2	蒸気発生器
6	原子炉
8	主蒸気流量調整弁
10	蒸気タービン群
12	高圧タービン
16	低圧タービン
18	発電機
20	復水器
28	低圧給水加熱器
30	脱気器
36	高圧給水加熱器
38	補助蒸気供給部
40	主蒸気ライン
42, 74, 76	主蒸気抜き出しライン
44, 70, 72	抽気蒸気ライン
46	補助蒸気ライン
52, 86, 88	加熱用主蒸気弁
54	加熱用補助蒸気弁
56, 82, 84	加熱用抽気蒸気弁
60	第1制御部
62	第2制御部

20

30



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

F 0 1 K 7/44

A

テーマコード(参考)