

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5550020号
(P5550020)

(45) 発行日 平成26年7月16日(2014.7.16)

(24) 登録日 平成26年5月30日(2014.5.30)

(51) Int. Cl. F 1
F 2 2 D 5/32 (2006.01) F 2 2 D 5/32 Z

請求項の数 3 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2010-271324 (P2010-271324)
(22) 出願日 平成22年12月6日 (2010.12.6)
(65) 公開番号 特開2012-122626 (P2012-122626A)
(43) 公開日 平成24年6月28日 (2012.6.28)
審査請求日 平成25年2月13日 (2013.2.13)

(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 100077816
弁理士 春日 譲
(74) 代理人 100156524
弁理士 猪野木 雄一
(72) 発明者 五十嵐 欽吾
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
審査官 山本 崇昭

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 給水ポンプ制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

復水器からの復水を昇圧するために複数台を並列に設置した復水ポンプと、前記復水ポンプで昇圧された復水をさらに昇圧して蒸気発生器に供給するために複数台を並列に設置した給水ポンプと、前記給水ポンプの電動機を可変速駆動する可変周波数電源装置とを有する給水装置を備え、前記給水装置における前記可変周波数電源装置へ周波数制御指令を出力することで、前記給水ポンプの回転速度を制御する給水ポンプ制御装置であって、

前記給水ポンプ制御装置は、運転中の前記復水ポンプのトリップを検知すると、前記可変周波数電源装置への周波数制御指令に対する最大流量制限値を過渡時のみ短時間運転が認められるランアウト流量に変更するトリップ時制御手段と、前記復水ポンプの予備機起動を検知すると、前記最大流量制限値をランアウト流量から通常流量に変更する復帰時制御手段と、前記復水ポンプの予備機不起動を検知すると、前記最大流量制限値を前記ランアウト流量から復水ポンプの運転継続した台数の通常運転流量に変更する制御手段とを備えた

ことを特徴とする給水ポンプ制御装置。

【請求項 2】

請求項 1 記載の給水ポンプ制御装置において、

前記給水ポンプ制御装置は、前記復水ポンプの予備機不起動を検知すると、前記蒸気発生器の出力減少を要求する指令を前記蒸気発生器の出力制御装置に対して出力する制御手段を備えた

ことを特徴とする給水ポンプ制御装置。

【請求項 3】

請求項 2 記載の給水ポンプ制御装置において、

前記給水ポンプ制御装置は、前記復水ポンプの予備機不起動を検知すると、運転継続した復水ポンプの運転台数と同数になるように、前記給水ポンプの運転台数を変更する制御手段を備えた

ことを特徴とする給水ポンプ制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、火力及び原子力発電プラントの給水ポンプ制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、原子力発電プラント又は火力発電プラントにおいては、原子炉やボイラ等の蒸気発生器により発生した蒸気で蒸気タービンを駆動し、蒸気タービンを駆動した後の蒸気を復水器で冷却して復水としている。この復水は、予備機を含んでそれぞれ複数台で構成される復水ポンプと給水ポンプとを備えた給水装置によって、昇圧され蒸気発生器に給水されている。

【0003】

このような給水装置の上流側の 1 台の復水ポンプがトリップした場合、その復水ポンプから出力される流量が低下するため、下流側のポンプである給水ポンプを通常運転すると、上流側の復水ポンプが通常送水可能な流量と下流側の給水ポンプ間の流量アンバランスにより、残りの復水ポンプが一定の時間だけ過渡的に認められる過流量領域（以下、ランアウト領域という）を超える運転となり、これらの復水ポンプが損傷するおそれがある。また、給水ポンプは、必要吸込み圧力が確保されないためキャビテーションが発生し、損傷するおそれがある。

【0004】

そこで、このような場合に、上流側のポンプの流量と下流側のポンプの流量をバランスさせる方策をとる必要が生じる。

給水ポンプの駆動用電動機を可変速駆動するインバータ装置を備えた給水装置であって、制御装置が、運転中の復水ポンプのトリップを検知したとき、運転中の全ての給水ポンプのインバータ装置に設定速度による減速運転指令を出力するトリップ時制御を実行し、その後、トリップした復水ポンプの予備機に起動指令を出力するとともに、給水ポンプの全てのインバータ装置に通常状態への復帰指令を出力する復帰時制御を実行するものがある（例えば、特許文献 1 参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2009 - 204255 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上述した特許文献 1 において、例えば、復水ポンプ及び給水ポンプをそれぞれ 3 台運転することで通常のプラント給水流量を補っている場合、各ポンプ 1 台が担う給水流量はプラント給水流量の 33% となる。したがって、復水ポンプ 1 台がトリップした時のトリップ時制御において、給水ポンプのインバータ装置は、プラント給水流量を 100% から 66% まで減らす減速運転指令を出力する。そして、復帰時制御において、復水ポンプ予備機起動指令を出力するとともに、この予備機の起動確認後、給水ポンプのインバータ装置は、プラント給水流量を 66% から 100% まで増やす増速運転指令を出力する。

【0007】

10

20

30

40

50

しかしながら、この復水ポンプトリップ時の給水装置の挙動には、以下のような課題がある。

(1) インバータ装置の特性から給水ポンプの回転速度を急激に降下させることができない。したがって、減速運転指令を受けても給水ポンプの実際の回転速度の降下率は制限されてしまう。

(2) 予備機である復水ポンプの起動は、通常であれば、復水ポンプ1台のトリップ発生から短時間のうちになされ、予備機の起動確認は電源遮断器の閉接点信号であるため、上述した減速運転指令が出力される時間は短い。予備機の起動確認後には、通常の流量に戻すための増速運転指令が出力される。

(3) つまり、プラント給水流量を100%から66%まで減らす減速運転指令の出力時間は短く、減速運転指令を受けてもインバータ装置が給水ポンプの回転速度を急激に降下させることができず、かつ、すぐ後にプラント給水流量を66%から100%まで増やす増速運転指令が出力されることから、給水ポンプの実際の回転速度はほとんど減速されない場合がある。

(4) この場合、予備機である復水ポンプが起動すれば数秒後に流量を確保できるとしても、トリップしなかった復水ポンプ2台は、減速しない給水ポンプの流量を補うためにランアウト領域での運転を継続させてしまうという問題がある。

(5) また、インバータ装置駆動の給水ポンプの回転速度を十分に減速できたとしても、給水ポンプの増速は、インバータ装置の特性上から徐々にしか上昇できないため、復帰時制御において、必要なプラント給水流量に相当する回転速度へ達するまでに一定の時間を要する。このため、その間に蒸気発生器の水位が大きく低下してしまうという問題がある。

(6) さらに、予備の復水ポンプが不起動時の制御の説明がないため、例えば、減速制御が継続されると蒸気発生器の水位低下によりプラントトリップに移行してしまうという問題がある。

【0008】

本発明は、上述の事柄に基づいてなされたもので、その目的は、復水ポンプトリップ時に蒸気発生器への給水流量の低下量を小さくし、蒸気発生器の水位低下量を抑制するとともに、運転継続する復水ポンプのランアウト運転の継続を防止する給水ポンプ制御装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記の目的を達成するために、第1の発明は、復水器からの復水を昇圧するために複数台を並列に設置した復水ポンプと、前記復水ポンプで昇圧された復水をさらに昇圧して蒸気発生器に供給するために複数台を並列に設置した給水ポンプと、前記給水ポンプの電動機を可変速駆動する可変周波数電源装置とを有する給水装置を備え、前記給水装置における前記可変周波数電源装置へ周波数制御指令を出力することで、前記給水ポンプの回転速度を制御する給水ポンプ制御装置であって、前記給水ポンプ制御装置は、運転中の前記復水ポンプのトリップを検知すると、前記可変周波数電源装置への周波数制御指令に対する最大流量制限値を過渡時のみ短時間運転が認められるランアウト流量に変更するトリップ時制御手段と、前記復水ポンプの予備機起動を検知すると、前記最大流量制限値をランアウト流量から通常流量に変更する復帰時制御手段と、前記復水ポンプの予備機不起動を検知すると、前記最大流量制限値を前記ランアウト流量から復水ポンプの運転継続した台数の通常運転流量に変更する制御手段とを備えたものとする。

【0010】

また、第2の発明は、第1の発明において、前記給水ポンプ制御装置は、前記復水ポンプの予備機不起動を検知すると、前記蒸気発生器の出力減少を要求する指令を前記蒸気発生器の出力制御装置に対して出力する制御手段を備えたことを特徴とする。

【0011】

更に、第3の発明は、第2の発明において、前記給水ポンプ制御装置は、前記復水ポン

10

20

30

40

50

プの予備機不起動を検知すると、運転継続した復水ポンプの運転台数と同数になるように、前記給水ポンプの運転台数を変更する制御手段を備えたことを特徴とする。

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、復水ポンプトリップ時に蒸気発生器への給水流量の低下量を小さくし、蒸気発生器の水位低下量を抑制するとともに、運転継続する復水ポンプのランアウト運転の継続を防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本発明の給水ポンプ制御装置の第1の実施の形態を適用する蒸気タービン設備を示す系統図である。 10

【図2】本発明の給水ポンプ制御装置の第1の実施の形態の構成を説明するブロック図である。

【図3】本発明の給水ポンプ制御装置の第1の実施の形態における復水ポンプトリップ予備機起動時の動作を説明する特性図である。

【図4】本発明の給水ポンプ制御装置の第2の実施の形態における復水ポンプトリップ予備機不起動時の動作を説明する特性図である。

【図5】本発明の給水ポンプ制御装置の第3の実施の形態における復水ポンプトリップ予備機不起動時の動作を説明する特性図である。

【図6】本発明の給水ポンプ制御装置の第4の実施の形態における復水ポンプトリップ予備機不起動時の動作を説明する特性図である。 20

【図7】本発明の給水ポンプ制御装置の各実施の形態におけるポンプ運転状態判定と最大流量制限の設定例を示す表図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下に、本発明の給水ポンプ制御装置の実施の形態を図面を用いて説明する。

【実施例1】

【0018】

図1は本発明の給水ポンプ制御装置の第1の実施の形態を適用する蒸気タービン設備を示す系統図、図2は本発明の給水ポンプ制御装置の第1の実施の形態の構成を説明するブロック図、図3は本発明の給水ポンプ制御装置の第1の実施の形態における復水ポンプトリップ予備機起動時の動作を説明する特性図である。 30

【0019】

図1において、蒸気発生器1によって発生した蒸気は、供給配管を介して高圧タービン2に供給される。高圧タービン2で膨張した蒸気は、蒸気配管を通過して湿分分離加熱器3にて再熱され低圧タービン4に供給される。低圧タービン4で膨張した蒸気は復水器5によって凝縮され復水となる。この復水は、並列に配置された複数台の低圧復水ポンプ6（この例では4台）によって、復水器5から導出され昇圧されて並列に配置された複数台の高圧復水ポンプ7（この例では4台）へ供給される。高圧復水ポンプ7でさらに昇圧された復水は給水配管を通過して低圧給水加熱器8に供給される。低圧給水加熱器8は低圧タービン4の抽気蒸気によって供給された復水を加熱昇温する。加熱昇温された復水は駆動用電動機が可変周波数電源装置9で可変速駆動する並列に配置された複数台の給水ポンプ10（この例では4台）に供給され再昇圧されて高圧給水加熱器12に供給される。高圧給水加熱器12は高圧タービン2の抽気蒸気によって供給された復水を加熱昇温する。加熱昇温された復水は蒸気発生器1に供給される。 40

【0020】

一方、高圧タービン2からの抽気蒸気は、上述したように湿分分離加熱器3と高圧給水加熱器12に加熱蒸気として供給されているが、高圧タービン2の排気蒸気や給水とそれぞれ熱交換した後、ドレンとなり、ドレン配管を通過して高圧ドレンタンク11に集められている。なお、湿分分離加熱器3の湿分分離によって生じた高圧タービン2の排気蒸気が 50

らのドレンも同様に高圧ドレンタンク 1 1 に集められている。高圧ドレンタンク 1 1 に集められたドレンは、並列に配置された複数台の高圧ドレンポンプ 1 3 (この例では 4 台) によって、高圧ドレンタンク 1 1 から導出され昇圧されて給水ポンプ 1 0 の入口側に供給されている。

【 0 0 2 1 】

上述したタービン設備における蒸気発生器 1 への給水流量制御は、蒸気発生器 1 の水位、蒸気発生器 1 の発生蒸気量および蒸気発生器 1 への給水流量に基づき蒸気発生器 1 の水位を制御する給水流量制御装置 1 6 と給水ポンプ制御装置 1 5 とによって、可変周波数電源装置 9 に回転速度指令を出力することで駆動用電動機と給水ポンプ 1 0 の回転速度を制御して行う。

10

【 0 0 2 2 】

給水ポンプ制御装置 1 5 は、図 2 に示すように、低圧復水ポンプ 6、高圧復水ポンプ 7、給水ポンプ 1 0 及び高圧ドレンポンプ 1 3 の運転状態を判別するポンプ運転状態判定回路 1 4 を備え、ポンプ運転状態判定回路 1 4 からの各ポンプの運転状態により、給水ポンプ 1 0 への回転速度指令の最大値を制限する最大流量制限設定回路 1 5 A を設けている。この最大流量制限設定回路 1 5 A によって、各ポンプの容量を超えた運転を防止している。なお、各ポンプの制限流量としては、通常運転に於ける流量の揺らぎ等の制御余裕を考慮した連続運転可能な仕様点流量と、過渡時における運転可能時間を限定したランアウト流量とがある。

【 0 0 2 3 】

20

図 1 に戻り、低圧復水ポンプ 6、高圧復水ポンプ 7、及び高圧ドレンポンプ 1 3 の構成について説明する。これらのポンプは、通常時のプラント給水流量を 1 0 0 % としたときの復水流量及び高圧ドレン流量のそれぞれが 1 台あたり約 3 3 % 容量のポンプである。これらの各ポンプをそれぞれ 4 台並列接続して構成し、通常時のプラント給水流量 1 0 0 % 時にはそれぞれ 3 台運転し、1 台を予備機として運用している。

【 0 0 2 4 】

可変周波数電源装置 9 駆動の給水ポンプ 1 0 も同様の構成であって、通常時のプラント給水流量を 1 0 0 % としたときの給水流量が 1 台あたり約 3 3 % 容量のポンプであり、通常時は 3 台運転で運用し、1 台は予備機として設けている。

【 0 0 2 5 】

30

通常運転中、低圧復水ポンプ 6 の複数台の内の 1 台に何らかの故障が発生した場合、故障した低圧復水ポンプ 6 が 1 台トリップすると、低圧復水ポンプ 6 の 2 台から供給できる給水流量に減少する。このとき、下流側ポンプである高圧復水ポンプ 7 と可変周波数電源装置 9 駆動の給水ポンプ 1 0 を通常通りに合わせて 1 0 0 % の給水流量で運転を続けると、上流側の低圧復水ポンプ 6 が送水可能な流量と下流側の高圧復水ポンプ 7 と可変周波数電源装置 9 駆動の給水ポンプ 1 0 流量アンバランスにより低圧復水ポンプ 6 の 2 台がランアウト領域を超える運転となり、これらの低圧復水ポンプ 6 が損傷する恐れがある。また、高圧復水ポンプ 7 と可変周波数電源装置 9 駆動の給水ポンプ 1 0 は、必要吸込み圧力が確保されないためキャビテーションが発生し下流側のポンプが損傷するおそれがある。

【 0 0 2 6 】

40

そこで、ポンプトリップ時の給水系の上流側から下流側に至る流量アンバランスを解消するため、本実施の形態においては、給水ポンプ制御装置 1 5 に最大流量制限設定回路 1 5 A を設けている。給水ポンプ制御装置 1 5 の構成について、図 2 を用いて説明する。

【 0 0 2 7 】

図 2 に示すように、給水ポンプ制御装置 1 5 は、ポンプ運転状態判定回路 1 4 と最大流量制限設定回路 1 5 A と蒸気発生器出力変更要求回路 1 5 B とを備えている。ポンプ運転状態判定回路 1 4 には、低圧復水ポンプ 6、高圧復水ポンプ 7、給水ポンプ 1 0 及び高圧ドレンポンプ 1 3 の運転状態が入力されている。これらは、例えば各ポンプを駆動する電動機用の電源遮断器の開閉接点などが用いられる。また、最大流量制限設定回路 1 5 A からは、可変周波数電源装置 9 へ給水ポンプ 1 0 の回転速度指令が出力され、蒸気発生器出

50

力変更要求回路 15 B からは、蒸気発生器出力制御装置 100 へ蒸気発生器 1 の出力変更を要求する出力変更指令が出力される。

【0028】

ここで、低圧復水ポンプ 6、又は高圧復水ポンプ 7 のいずれかの複数台の内の 1 台がトリップした場合、給水ポンプ制御装置 15 に設けた以下のトリップ時制御手段が実行される。ポンプ運転状態判定回路 14 からの各復水ポンプの運転状態により、給水ポンプ制御装置 15 は、可変周波数電源装置 9 駆動の給水ポンプ 6 の回転速度指令の最大値を制限する最大流量制限設定回路 15 A に設定変更指令を出力する。これにより、最大流量制限設定回路 15 A は、最大流量制限値を仕様点流量から、ポンプの過渡時の短時間運転可能なランアウト流量に変更する。この結果、給水ポンプ 10 の回転速度が減速し、給水流量が減少するので、上流側ポンプの復水ポンプ 6、7 と下流側ポンプの給水ポンプ 10 との間の流量アンバランスが無くなる。

10

【0029】

また、トリップしたポンプの予備機起動を検知すると、給水ポンプ制御装置 15 に設けた以下の復帰時制御手段が実行される。給水ポンプ制御装置 15 は、最大流量制限設定回路 15 A に設定復帰指令を出力する。これにより、最大流量制限設定回路 15 A は、最大流量制限値をランアウト流量から、仕様点流量に変更する。この結果、通常運転状態に制御が移行されるので、蒸気発生器 1 に対する必要給水流量と送水給水流量のミスマッチを最小限にすることができ、蒸気発生器 1 の水位低下量を抑制することができる。

【0030】

20

次に、低圧復水ポンプ 6 の複数台の内の 1 台がトリップした時の最大流量制限設定回路 15 A の設定変更例を図 3 を用いて説明する。

ここで、説明の便宜のため、仮に仕様点流量をプラント給水流量の 110% とし、ランアウト流量をプラント給水流量の 130% で運転時間 2 分以下と設定する。低圧復水ポンプ 6 の 2 台運転時におけるランアウト流量は、 $33.3 \times 2 \times 1.3$ より 86.8% になる。

【0031】

図 3 において、ポンプ運転状態判定回路 14 により、低圧復水ポンプ 6 の複数台の内の 1 台のトリップを判定した場合、給水ポンプ制御装置 15 は、可変周波数電源装置 9 駆動の給水ポンプ 10 の回転速度指令の最大値を制限する最大流量制限設定回路 15 A に設定変更指令を出力する。これにより、最大流量制限設定回路 15 A は、最大流量制限値を低圧復水ポンプ 6 の 3 台運転の仕様点流量である 110% から、ポンプの過渡時の短時間運転可能な低圧復水ポンプ 6 の 2 台運転のランアウト流量である 86.8% に変更する。この結果、給水ポンプ 10 の回転速度は減速制御され、給水流量が減少する。このことにより、上流側の低圧復水ポンプ 6 と下流側の高圧復水ポンプ 7、高圧ドレンポンプ 13 及び可変周波数電源装置 9 駆動の給水ポンプ 10 との間の流量アンバランスがなくなり、キャビテーション運転の発生が防止される。

30

【0032】

次に、ポンプ運転状態判定回路 14 が低圧復水ポンプ 6 の予備機起動を検知すると、給水ポンプ制御装置 15 は、最大流量制限設定回路 15 A に設定復帰指令を出力する。これにより、最大流量制限設定回路 15 A は、最大流量制限値を低圧復水ポンプ 6 の 2 台運転のランアウト流量である 86.8% から、低圧復水ポンプ 6 の 3 台運転の仕様点流量である 110% に変更する。このことにより、給水ポンプ 10 の回転速度は増速制御され、給水流量が増加し、通常運転状態に制御が移行される。この結果、プラント給水流量を速やかに確保することができるとともに、蒸気発生器 1 の水位の低下量を少なくすることができる。

40

【0033】

上述した本発明の給水ポンプ制御装置の第 1 の実施の形態によれば、復水ポンプ 6 のトリップ時に蒸気発生器 1 への給水流量の低下量を小さくし、蒸気発生器 1 の水位低下量を抑制するとともに、運転継続する復水ポンプ 6 のランアウト運転の継続を防止することが

50

できる。

【0034】

また、上述した本発明の給水ポンプ制御装置の第1の実施の形態によれば、可変周波数電源装置9駆動の給水ポンプ10の回転速度制御を行う給水ポンプ制御装置15が、低圧復水ポンプ6の複数台の内の1台のトリップを検知したときに、給水ポンプ10への回転速度制御指令に対する最大流量制限値を仕様点流量からランアウト流量に変更させるトリップ時制御を実行し、低圧復水ポンプ6の予備機起動を検知したときに、前記最大流量制限値をランアウト流量から仕様点流量に復帰させる復帰時制御を実行しているため、低圧復水ポンプ6の複数台の内の1台がトリップしてから、低圧復水ポンプ6の予備機が起動して通常の給水流量に復帰させる復帰時制御に係る時間を短縮することができる。

10

【0035】

なお、本実施の形態においては、最大流量制限を通常運転時の設定変更に戻させるための信号として、低圧復水ポンプ6の予備機起動信号を遮断器の接点信号から使用したが、これに限るものではない。例えば、低圧復水ポンプ6に回転速度検出手段を設け、この回転速度検出手段で検出した信号を給水ポンプ制御装置15のポンプ運転状態判定回路14に出力してもよいし、低圧復水ポンプ6の吐出側にポンプ吐出圧力を検出する圧力検出手段を設け、この圧力検出手段で検出した信号を同様にポンプ運転状態判定回路14に出力してもよい。そして、ポンプ起動特性から定まる設定値とこれらの検出値とを比較演算して予備機起動を判断してもよい。ポンプ起動特性から予備機起動を判断することにより、給水ポンプ10のトリップ時制御の実質制御時間が確保できるので、低圧復水ポンプ6のランアウト流量以上の運転発生の可能性が減少する。

20

【実施例2】

【0036】

以下、本発明の給水ポンプ制御装置の第2の実施の形態を図面を用いて説明する。図4は本発明の給水ポンプ制御装置の第2の実施の形態における復水ポンプトリップ予備機不起動時の動作を説明する特性図である。図4において、図1乃至図3に示す符号と同符号のものは同一部分であるので、その詳細な説明は省略する。

第1の実施の形態においては、低圧復水ポンプ6の複数台の内の1台がトリップし、予備機が起動した場合の適用について説明したが、本実施の形態においては、低圧復水ポンプ6の複数台の内の1台がトリップし、予備機が起動しない場合についての動作について説明する。したがって、タービン設備、給水ポンプ制御装置15等の構成は第1の実施の形態と同じである。

30

【0037】

図4において、ポンプ運転状態判定回路14により、低圧復水ポンプ6の複数台の内の1台のトリップを判定した場合、給水ポンプ制御装置15は、可変周波数電源装置9駆動の給水ポンプ10の回転速度指令の最大値を制限する最大流量制限設定回路15Aに設定変更指令を出力する。これにより、最大流量制限設定回路15Aは、最大流量制限値を低圧復水ポンプ6の3台運転の仕様点流量である110%から、ポンプの過渡時の短時間運転可能な低圧復水ポンプ6の2台運転のランアウト流量である86.8%に変更する。この結果、給水ポンプ10の回転速度は減速制御され、給水流量が減少する。

40

【0038】

この後、低圧復水ポンプ6の予備機が起動しない状態が継続すると、2台の低圧復水ポンプ6はランアウト流量の運転が継続するため、運転許容時間を超えると、過負荷トリップしてしまうおそれが生じる。また、低圧復水ポンプ6が全台トリップすると、上流側の低圧復水ポンプ6と下流側の高圧復水ポンプ7及び可変周波数電源装置9駆動の給水ポンプ10との間の流量アンバランスが発生し、キャビテーション運転によるポンプ損傷のおそれが生じる。

【0039】

そこで、例えば予備機起動指令から5秒経過しても予備機起動信号を受け付けない等の状態から、ポンプ運転状態判定回路14が低圧復水ポンプ6の予備機不起動を判定した場

50

合、給水ポンプ制御装置15は、最大流量制限設定回路15Aに再度設定変更指令を出力する。これにより、最大流量制限設定回路15Aは、最大流量制限値を低圧復水ポンプ6の2台運転のランアウト流量である86.8%から、低圧復水ポンプ6の2台運転の仕様点流量である73.3%($33.3 \times 2 \times 1.1$)に変更する。この結果、低圧復水ポンプ6の運転許容時間を越えることによる過負荷トリップや、可変周波数電源装置9駆動の給水ポンプ10の吸込圧力低下によるキャビテーション運転を防止することができる。

【0040】

上述した本発明の給水ポンプ制御装置の第2の実施の形態によれば、上述した第1の実施の形態と同様な効果を得ることができるとともに、低圧復水ポンプ6の予備機が不起動となっても、運転継続している低圧復水ポンプ6の過負荷トリップや給水ポンプ10のキャビテーション運転を防止することができる。

10

【実施例3】

【0041】

以下、本発明の給水ポンプ制御装置の第3の実施の形態を図面を用いて説明する。図5は本発明の給水ポンプ制御装置の第3の実施の形態における復水ポンプトリップ予備機不起動時の動作を説明する特性図である。図5において、図1乃至図4に示す符号と同符号のものは同一部分であるので、その詳細な説明は省略する。

第2の実施の形態においては、低圧復水ポンプ6の複数台の内の1台がトリップし、予備機が起動しない場合の適用について説明したが、本実施の形態においては、同様に予備機が起動しない場合の動作の他の実施例について説明する。したがって、タービン設備、給水ポンプ制御装置15等の構成は第1の実施の形態と同じである。

20

【0042】

図5において、ポンプ運転状態判定回路14により、低圧復水ポンプ6の複数台の内の1台のトリップを判定した場合、給水ポンプ制御装置15と最大流量制限設定回路15Aの動作は、第2の実施の形態と同様であり、ポンプ運転状態判定回路14が予備機不起動を判定した後に、運転継続した低圧復水ポンプ6の2台分の仕様点流量に給水ポンプ10の最大流量制限を再変更している。

【0043】

この結果、上述したように、運転継続している低圧復水ポンプ6の過負荷トリップや給水ポンプ10のキャビテーション運転を防止することはできるが、蒸気発生器1が必要とする必要給水流量と給水ポンプ10が蒸気発生器1に送水する給水流量とはアンバランスのままになり、蒸気発生器1の水位低下によるプラントトリップの可能性が生じるという問題がある。

30

【0044】

そこで、給水ポンプ制御装置15は、ポンプ運転状態判定回路14が予備機不起動を判定した後に、蒸気発生器出力変更要求回路15Bから蒸気発生器出力制御装置100へ出力変更指令を出力する。これにより、蒸気発生器出力制御装置100が、運転継続した低圧復水ポンプ6の台数分の仕様点流量以下の出力まで、蒸気発生器1の出力を低下させる。このことにより、蒸気発生器1の必要給水流量が低下するので、蒸気発生器1が必要とする必要給水流量と低圧復水ポンプ6、高圧復水ポンプ7、高圧ドレンポンプ13及び給水ポンプ10が蒸気発生器1に送水する給水流量とがバランスする。この結果、蒸気発生器1の水位低下によるプラントトリップの発生は防止できる。

40

【0045】

上述した本発明の給水ポンプ制御装置の第3の実施の形態によれば、上述した第2の実施の形態と同様な効果を得ることができるとともに、低圧復水ポンプ6の予備機が不起動となっても、蒸気発生器1の水位低下によるプラントトリップの発生を防止することができる。

【実施例4】

【0046】

以下、本発明の給水ポンプ制御装置の第4の実施の形態を図面を用いて説明する。図6

50

は本発明の給水ポンプ制御装置の第4の実施の形態における復水ポンプトリップ予備機不起動時の動作を説明する特性図である。図6において、図1乃至図5に示す符号と同符号のものは同一部分であるので、その詳細な説明は省略する。

第3の実施の形態においては、低圧復水ポンプ6の複数台の内の1台がトリップし、予備機が起動しない場合の適用について説明したが、本実施の形態においては、同様に予備機が起動しない場合の動作の更に他の実施例について説明する。したがって、タービン設備、給水ポンプ制御装置15等の構成は第1の実施の形態と同じである。

【0047】

図6において、ポンプ運転状態判定回路14により、低圧復水ポンプ6の複数台の内の1台のトリップを判定した場合、給水ポンプ制御装置15と最大流量制限設定回路15Aと蒸気発生器出力変更要求回路15Bの動作は、第3の実施の形態と同様であり、ポンプ運転状態判定回路14が予備機不起動を判定した後に、運転継続した低圧復水ポンプ6の2台分の仕様点流量に給水ポンプ10の最大流量制限を再変更するとともに、運転継続した低圧復水ポンプ6の台数分の仕様点流量以下の出力まで、蒸気発生器1の出力を低下させる。

10

【0048】

この結果、このプラント出力状態において、継続運転は可能となるが、給水装置を構成する各ポンプの1台当たりの運転容量が異なるという問題がある。つまり、低圧復水ポンプ6は2台で運転しているのに対し、高圧復水ポンプ7と給水ポンプ10はそれぞれ3台で運転している。過渡的な運用であれば問題とならないが、継続運転する場合には、3台

20

【0049】

そこで、給水ポンプ制御装置15は、ポンプ運転状態判定回路14が予備機不起動を判定した後に、蒸気発生器出力変更要求回路15Bから蒸気発生器出力制御装置100へ出力変更指令を出力するとともに、高圧復水ポンプ7及び給水ポンプ10をそれぞれ1台停止させる。このことにより、運転継続した低圧復水ポンプ6と高圧復水ポンプ7と給水ポンプ10の1台当たりの運転容量がバランスされるとともに、蒸気発生器1が必要とする必要給水流量と低圧復水ポンプ6、高圧復水ポンプ7、高圧ドレンポンプ13及び給水ポンプ10が蒸気発生器1に送水する給水流量とがバランスする。この結果、蒸気発生器1の水位低下によるプラントトリップの発生は防止できる。

30

【0050】

上述した本発明の給水ポンプ制御装置の第4の実施の形態によれば、上述した第1乃至第3の実施の形態と同様な効果を得ることができる。

【0051】

なお、本発明の実施の形態においては、低圧復水ポンプ6の複数台の内の1台のトリップの場合を例に説明したが、高圧復水ポンプ7の複数台の内の1台のトリップにおける最大給水流量制限変更についても同様である。図7に低圧復水ポンプ6、高圧復水ポンプ7の各ポンプのトリップ、予備機起動又は不起動の場合の最大給水流量制限変更の例を示す。

【0052】

また、本発明の実施の形態においては、2段構成の復水ポンプを備えた発電プラントに適用した場合を説明したが、これに限るものではない。例えば、1段構成の復水ポンプを備えた発電プラントにも適用できる。また、各ポンプを4台構成とした例で説明しているが、例えば3台や5台構成であっても適用できる。

40

【0053】

さらに、本発明の実施の形態においては、ドレンポンプによるドレンアップを備えた発電プラントに適用した場合を説明したが、これに限るものではない。例えば、ドレンを下流の給水加熱器へドレンカスケードする発電プラントにも適用しても同一の効果を奏することができる。

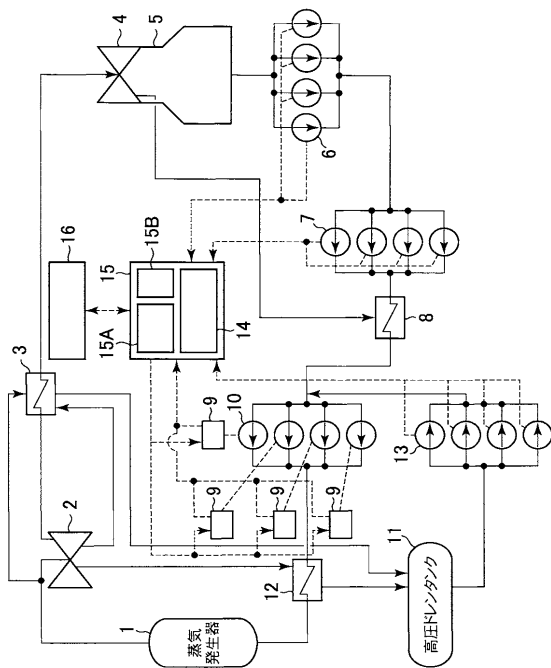
【符号の説明】

50

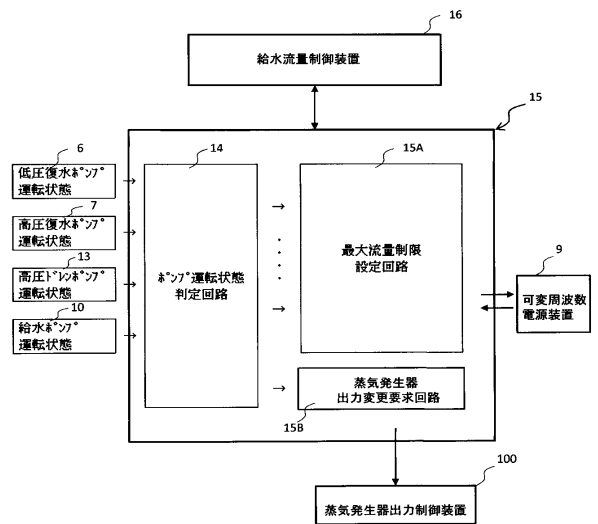
【 0 0 5 4 】

- 1 蒸気発生器
- 2 高压タービン
- 3 湿分分離加熱器
- 4 低压タービン
- 5 復水器
- 6 低压復水ポンプ
- 7 高压復水ポンプ
- 8 低压給水加熱器
- 9 可変周波数電源装置
- 10 給水ポンプ
- 11 高压ドレンタンク
- 12 高压給水加熱器
- 13 高压ドレンポンプ
- 14 ポンプ運転状態判定回路
- 15 給水ポンプ制御装置
- 15 A 最大流量制限設定回路
- 15 B 蒸気発生器出力変更要求回路
- 16 給水流量制御装置

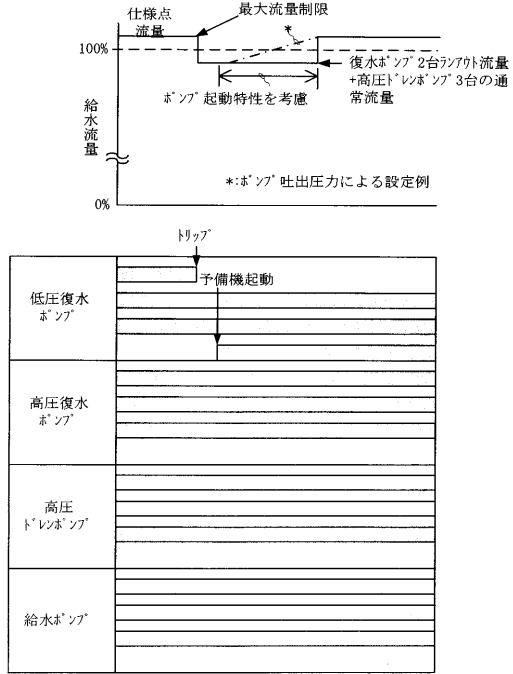
【 図 1 】



【 図 2 】

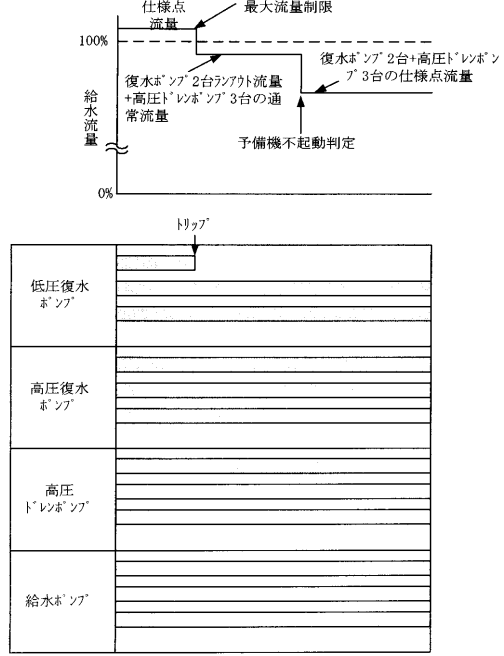


【図3】



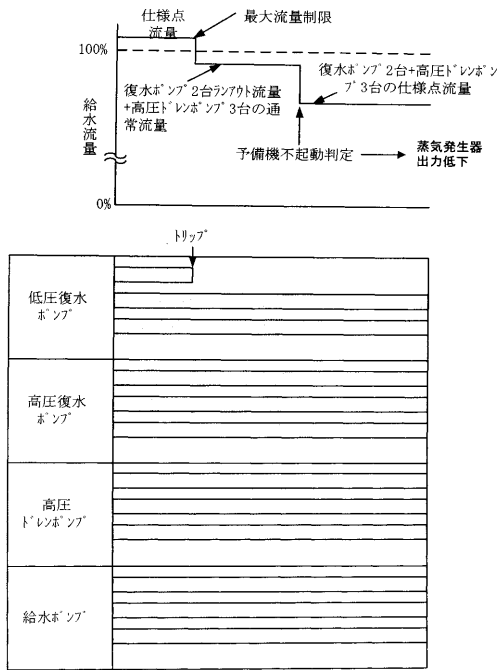
低圧復水ポンプ1台トリップ 予備機起動の場合

【図4】



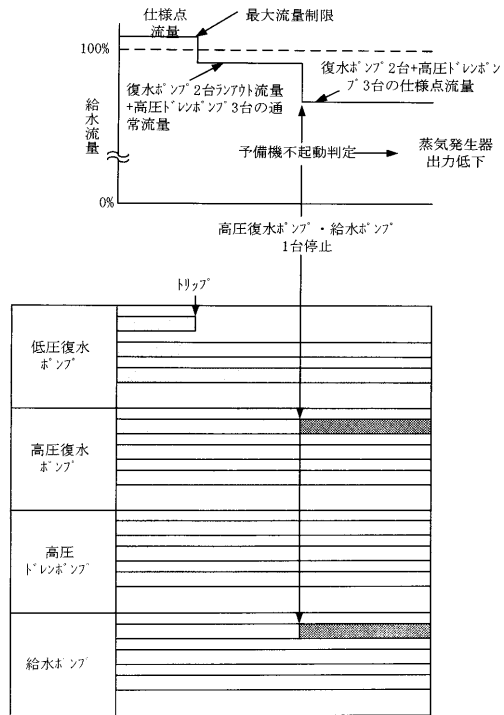
低圧復水ポンプ1台トリップ 予備機不起動の場合

【図5】



低圧復水ポンプ1台トリップ 予備機不起動の場合

【図6】



低圧復水ポンプ1台トリップ 予備機不起動の場合

【図7】

ポンプ運転状態判定				最大給水流量制限
低圧復水ポンプ	高圧復水ポンプ	高圧トリックポンプ	給水ポンプ	
3	3	3	3	給水ポンプ3台仕様点
2(1台トリック)	3	3	3	復水ポンプ2台のみ外流量+高圧トリックポンプ3台の通常流量
3(予備機起動)	3	3	3	給水ポンプ3台仕様点
2(予備機不起動)	3	3	3	復水ポンプ2台+高圧トリックポンプ3台の仕様点流量(*)
2(予備機不起動)	3→2 ポンプ1台停止	3	3→2 ポンプ1台停止	復水ポンプ2台+高圧トリックポンプ3台の仕様点流量(*)
3	2(1台トリック)	3	3	復水ポンプ2台+外流量+高圧トリックポンプ3台の通常流量
3	3(予備機起動)	3	3	給水ポンプ3台仕様点流量
3	2(予備機不起動)	3	3	復水ポンプ2台+高圧トリックポンプ3台の仕様点流量(*)
3	2(予備機不起動)	3	3→2 ポンプ1台停止	復水ポンプ2台+高圧トリックポンプ3台の仕様点流量(*)

フロントページの続き

(56)参考文献 特開昭58-008905(JP,A)
特開2009-204255(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F 2 2 D 5 / 2 6

F 2 2 D 5 / 3 2

G 2 1 D 3 / 0 4

G 2 1 D 3 / 0 8