

(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2008-51805  
(P2008-51805A)

(43) 公開日 平成20年3月6日(2008.3.6)

|                        |                |             |
|------------------------|----------------|-------------|
| (51) Int.Cl.           | F 1            | テーマコード (参考) |
| G 2 1 D 3/08 (2006.01) | G 2 1 D 3/08 W |             |
| G 2 1 D 3/04 (2006.01) | G 2 1 D 3/04 N |             |

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2007-183096 (P2007-183096)  
 (22) 出願日 平成19年7月12日 (2007.7.12)  
 (31) 優先権主張番号 特願2006-205775 (P2006-205775)  
 (32) 優先日 平成18年7月28日 (2006.7.28)  
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 000003078  
 株式会社東芝  
 東京都港区芝浦一丁目1番1号  
 (74) 代理人 100103333  
 弁理士 菊池 治  
 (74) 代理人 100081732  
 弁理士 大胡 典夫  
 (72) 発明者 富永 真哉  
 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社  
 東芝内

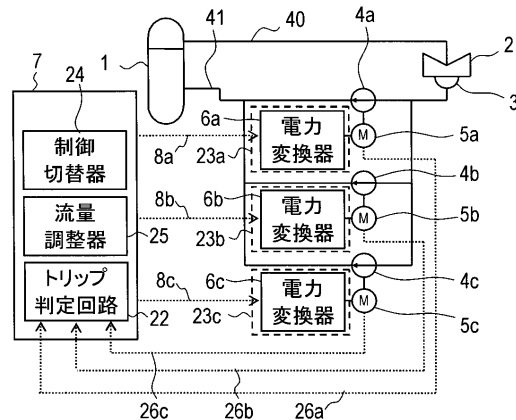
(54) 【発明の名称】 給水制御装置、原子力発電プラント、および、給水制御方法

(57) 【要約】

【課題】 給水ポンプの1台がトリップした場合の原子炉がスクラムする可能性を低減する。

【解決手段】 原子炉容器1に水を供給する3台以上の給水ポンプ4a, 4b, 4cと、その給水ポンプ4a, 4b, 4cを駆動する電動機5a, 5b, 5cと、この電動機5a, 5b, 5cに接続された電力変換器6a, 6b, 6cとを備えた原子力発電プラントの給水制御装置7に、検出された原子力発電プラントの状態を示す量、および、原子炉容器1の水位の設定値に基づいて、原子炉容器1への給水流量を計算し、給水流量指令信号として出力する水位制御器と、給水流量指令信号に基づいて、電動機の回転数指令信号を生成する流量制御器と、給水ポンプ4a, 4b, 4cのうちの1台がトリップした場合に、トリップしていない給水ポンプを駆動する電動機の回転数を増加させるトリップ補償手段と、を備える。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

原子炉で発生した熱により蒸気を発生させる原子力蒸気供給システムに水を供給する 3 台以上の給水ポンプと、その給水ポンプを駆動する電動機と、この電動機に接続された電力変換器とを備えた原子力発電プラントの給水制御装置において、検出された前記原子力発電プラントの状態を示す量、および、前記原子力蒸気供給システムの水位の設定値に基づいて、前記原子力蒸気供給システムへの給水流量を計算し、給水流量指令信号として出力する水位制御器と、前記給水流量指令信号に基づいて、前記電動機の回転数指令信号を生成する流量制御器と、前記給水ポンプのうち 1 台がトリップした場合に、トリップしていない前記給水ポンプのうち少なくとも 1 台を駆動する前記電動機の回転数を増加させるトリップ補償手段と、を有することを特徴とする給水制御装置。

10

**【請求項 2】**

前記トリップ補償手段は、前記回転数指令信号が示す回転数と前記電動機の回転数との偏差が所定の差以上の状態が所定の時間経過した場合に前記給水ポンプはトリップしていると判定するトリップ判定回路を備える、ことを特徴とする請求項 1 に記載の給水制御装置。

**【請求項 3】**

前記給水ポンプのうち少なくとも 1 台は、通常時に運転されずに待機する予備給水ポンプであって、前記トリップ補償手段は、前記給水ポンプのうち 1 台がトリップした場合に前記予備給水ポンプを駆動する前記電動機を電圧および周波数が一定の電源に直結して起動するバックアップ起動回路とを備える、ことを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の給水制御装置。

20

**【請求項 4】**

前記トリップ補償手段は、前記予備給水ポンプが起動してから所定の時間が経過した後前記予備給水ポンプを駆動する電動機を前記電源から切り離し前記電力変換器に接続する制御切替器、を備えることを特徴とする請求項 3 に記載の給水制御装置。

**【請求項 5】**

前記トリップ補償手段は、前記予備給水ポンプの回転数が時間の経過に伴って減少するように前記予備給水ポンプを駆動する電動機の回転数を変化させる流量調整器を備え、前記水位制御器は、前記予備給水ポンプの回転数の減少に伴う給水流量の変化量を補うように前記給水ポンプの回転数を変化させる指令を出力するものである、ことを特徴とする請求項 4 に記載の給水制御装置。

30

**【請求項 6】**

全ての前記給水ポンプは通常時に運転される常用給水ポンプであって、前記トリップ補償手段は、前記給水ポンプのうち 1 台がトリップした場合に前記給水流量指令信号が示す前記給水流量を増加させるトリップ時制御信号を前記水位制御器に伝達するトリップ時制御器を備えることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の給水制御装置。

**【請求項 7】**

トリップした前記給水ポンプを再起動した際に、この給水ポンプに対応する前記流量制御器に単位時間あたり所定の割合で増加する前記給水流量指令信号を伝達し、前記水位制御器に前記給水流量を単位時間あたり前記所定の割合で減少させる補正信号を伝達する再起動時流量調整器を有することを特徴とする請求項 6 に記載の給水制御装置。

40

**【請求項 8】**

原子炉で発生した熱により蒸気を発生させる原子力蒸気供給システムと、前記原子力蒸気供給システムから供給される蒸気によって駆動される発電タービンと、前記発電タービンを駆動した蒸気を凝縮する復水器と、前記復水器で凝縮されて生成された水を前記原子力蒸気供給システムに供給する複数の給水ポンプと、検出された前記原子力発電プラントの状態を示す量、および、前記原子力蒸気供給システムの水位の設定値に基づいて、前記原子力蒸気供給システムへの給水流量を計算し、給水流量指令信号として出力する水位制御器と、前記給水流量指令信号に基づいて、前記電動機の回転数指令信号を生成する流量

50

制御器と、前記給水ポンプのうち1台がトリップした場合に、トリップしていない前記給水ポンプのうち少なくとも1台を駆動する前記電動機の回転数を増加させるトリップ補償手段と、を有することを特徴とする原子力発電プラント。

【請求項9】

原子炉で発生した熱により蒸気を発生させる原子力蒸気供給システムに水を供給する3台以上の給水ポンプと、その給水ポンプを駆動する電動機と、この電動機に接続された電力変換器とを備えた原子力発電プラントの給水制御方法において、検出された前記原子力発電プラントの状態を示す量、および、前記原子力蒸気供給システムの水位の設定値に基づいて、前記原子力蒸気供給システムへの給水流量を計算し、給水流量指令信号として出力する工程と、前記給水流量指令信号に基づいて、前記電動機の回転数指令信号を生成する工程と、前記給水ポンプのうち1台がトリップした場合に、トリップしていない前記給水ポンプのうち少なくとも1台を駆動する前記電動機の回転数を増加させる工程と、を有することを特徴とする給水制御方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、給水制御装置およびこれを用いる原子力発電プラント、ならびに、給水制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

原子炉への給水流量の制御方法として、タービン駆動原子炉給水ポンプの回転数制御と電動機駆動原子炉給水ポンプの給水調節弁制御が知られている。

20

【0003】

それに対して、電力変換器を用いた回転数可変の電動機で給水ポンプを駆動する給水装置が検討されている（たとえば特許文献1参照）。この給水装置では、電動機駆動原子炉給水ポンプのうち1台が何らかの原因により給水できない状態（トリップ）となった場合には、予備の電動機駆動原子炉給水ポンプがインタロックにより急速に立ち上がりバックアップ起動するようになっている。

【特許文献1】特公昭61-59479号公報

【発明の開示】

30

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

電動機を急速に立ち上げる時には、通常の運転時と比較して大きな電流を必要とする。これに対し、電力変換器に流せる電流には制限があり、電動機には制限範囲内の電流しか供給することができない。そのため、電動機が起動を完了するのに時間を要する。一方、電動機を急速に立ち上げるために必要な電流を流せるような電力供給装置を設置する場合には、通常運転に必要な容量以上の電力供給装置を設置せざるを得ないため、経済的ではない。

【0005】

このため、大容量の電力供給装置を設置しない場合には、バックアップ起動の信号が入っても、予備の給水ポンプおよび駆動する電動機は停止状態から最低回転数に到達するまでに約10秒を要し、また定格回転数に達するまでには約15秒程度を必要とするのが通例である。

40

【0006】

また、給水ポンプ1台のトリップにより給水流量は急激に減少する。一方、バックアップ起動した予備の給水ポンプの始動特性は遅く定格流量に達するまでには長い時間を要するため、予備の給水ポンプを設置し、起動しているにもかかわらず、原子炉水位も低下し続けて、原子炉がスクラムするおそれがある。

【0007】

このように、電力変換器を用いた回転数可変の電動機で給水ポンプを駆動する給水装置

50

では、予備の給水ポンプを駆動する電動機を急速に立ち上げることが難しい。このため、運転中の給水ポンプのうち1台がトリップした場合に、原子炉への給水流量が一時的に低下するという問題がある。

【0008】

また、従来は、給水ポンプのトリップ要因のうち、電力変換器の故障を電力変換器自身の自己診断により検出している。そのため、電力変換器の故障状態によっては、自己診断が正常に動作せず、故障を検出できない可能性がある。この場合、予備の電動機駆動原子炉給水ポンプはバックアップ起動せず、給水流量が減少するため、原子炉水位も低下し続け、原子炉がスクラムするおそれがある。

【0009】

そこで、本発明は、給水ポンプがトリップした場合の原子炉がスクラムする可能性を低減することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上述の目的を達成するため、本発明は、原子炉で発生した熱により蒸気を発生させる原子力蒸気供給システムに水を供給する3台以上の給水ポンプと、その給水ポンプを駆動する電動機と、この電動機に接続された電力変換器とを備えた原子力発電プラントの給水制御装置において、検出された前記原子力発電プラントの状態を示す量、および、前記原子力蒸気供給システムの水位の設定値に基づいて、前記原子力蒸気供給システムへの給水流量を計算し、給水流量指令信号として出力する水位制御器と、前記給水流量指令信号に基づいて、前記電動機の回転数指令信号を生成する流量制御器と、前記給水ポンプのうち1台がトリップした場合に、トリップしていない前記給水ポンプのうち少なくとも1台を駆動する前記電動機の回転数を増加させるトリップ補償手段と、を有することを特徴とする。

【0011】

また、本発明は、原子力発電プラントにおいて、原子炉で発生した熱により蒸気を発生させる原子力蒸気供給システムと、前記原子力蒸気供給システムから供給される蒸気によって駆動される発電タービンと、前記発電タービンを駆動した蒸気を凝縮する復水器と、前記復水器で凝縮されて生成された水を前記原子力蒸気供給システムに供給する複数の給水ポンプと、検出された前記原子力発電プラントの状態を示す量、および、前記原子力蒸気供給システムの水位の設定値に基づいて、前記原子力蒸気供給システムへの給水流量を計算し、給水流量指令信号として出力する水位制御器と、前記給水流量指令信号に基づいて、前記電動機の回転数指令信号を生成する流量制御器と、前記給水ポンプのうち1台がトリップした場合に、トリップしていない前記給水ポンプのうち少なくとも1台を駆動する前記電動機の回転数を増加させるトリップ補償手段と、を有することを特徴とする。

【0012】

また、本発明は、原子炉で発生した熱により蒸気を発生させる原子力蒸気供給システムに水を供給する3台以上の給水ポンプと、その給水ポンプを駆動する電動機と、この電動機に接続された電力変換器とを備えた原子力発電プラントの給水制御方法において、検出された前記原子力発電プラントの状態を示す量、および、前記原子力蒸気供給システムの水位の設定値に基づいて、前記原子力蒸気供給システムへの給水流量を計算し、給水流量指令信号として出力する工程と、前記給水流量指令信号に基づいて、前記電動機の回転数指令信号を生成する工程と、前記給水ポンプのうち1台がトリップした場合に、トリップしていない前記給水ポンプのうち少なくとも1台を駆動する前記電動機の回転数を増加させる工程と、を有することを特徴とする。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、給水ポンプがトリップした場合に原子炉がスクラムする可能性が低減される。

【発明を実施するための最良の形態】

## 【0014】

本発明に係る給水制御装置の実施の形態を、図面を参照して説明する。なお、同一または類似の構成には同一の符号を付し、重複する説明は省略する。

## 【0015】

## [第1の実施の形態]

図1は、本発明に係る第1の実施の形態の原子力発電プラントの系統図である。

## 【0016】

原子力発電プラントは、炉心を収めた原子炉容器1および発電タービン2を有している。発電タービン2には復水器3が接続されている。原子炉容器1と発電タービン2の間は、主蒸気配管40で接続されている。復水器3と原子炉容器1の間は給水配管41で接続されている。給水配管41は、途中で3つの並行する配管に分岐しており、並行するそれぞれの配管には、回転数可変の電動機5a, 5b, 5cによって駆動される給水ポンプ4a, 4b, 4cが挿入されている。

10

## 【0017】

3台の給水ポンプ4a, 4b, 4cは、それぞれ原子炉容器1への全給水量の50%以上の容量を有している。起動時、停止時および通常運転時は、これらの3台の給水ポンプ4a, 4b, 4cのうち、2台が常用の給水ポンプとして用いられ、残りの一台が予備の給水ポンプとなる。なお、給水ポンプ4a, 4b, 4cを駆動する電動機5a, 5b, 5cとしては、誘導電動機、同期電動機などが使用される。

## 【0018】

以下の説明では、符号4aおよび4bは、常用の給水ポンプを示し、符号4cは予備の給水ポンプを示すものとする。なお、3台の給水ポンプ4a, 4b, 4cのいずれの2台も常用の給水ポンプとして用いることができるようにしておいてもよい。

20

## 【0019】

原子炉で発生した熱によって発生した蒸気は、主蒸気配管40を介して、原子炉容器1から発電タービン2へ送られて、発電タービン2を駆動する。発電タービン2を駆動した蒸気は復水器3で凝縮されて水に戻り、給水配管41を介して原子炉容器1に再び供給される。

## 【0020】

なお、ここでは、沸騰水型原子炉(BWR)を用いた原子力発電所を例として説明しているが、給水ポンプによって水を供給される原子力蒸気供給システムを有する原子炉、たとえば加圧水型原子炉(PWR)などにも、本実施の形態は適用可能である。

30

## 【0021】

給水制御装置7は、トリップ判定回路22、流量調整器25および制御切替器24を有している。給水制御装置7は、給水ポンプ4a, 4b, 4cを駆動する電動機5a, 5b, 5cからモータ回転数信号26a, 26b, 26cなどの信号を受け取って、電力変換器6a, 6b, 6cに、バックアップ起動回路23a, 23b, 23cを介して、回転数指令信号8a, 8b, 8cなどの信号を伝達する。

## 【0022】

図2は、第1の実施の形態の給水制御装置7の一部のブロック図である。

40

## 【0023】

給水制御装置7は、水位制御器15、水位設定器16を有している。また、3台の電力変換器6a, 6b, 6cに回転数指令信号8a, 8b, 8cを伝達する流量制御器19a, 19b, 19cを有している。また、それぞれの流量制御器19a, 19b, 19cに対応する流量設定器20a, 20b, 20cを有している。

## 【0024】

水位制御器15は、原子炉水位検出器9から原子炉水位信号12が、主蒸気流量検出器10から主蒸気流量信号13が、給水流量検出器11から原子炉給水流量信号14が、水位設定器16から原子炉水位設定信号17が伝達される。水位制御器15は、原子炉水位信号12、主蒸気流量信号13および原子炉給水流量信号14に基づいて演算を行い、さ

50

らにその演算結果を原子炉水位設定信号 17 と比較することにより、原子炉水位設定信号 17 に合うような給水流量指令信号 18 を出力する。

【0025】

流量制御器 19 a, 19 b, 19 c は、給水流量指令信号 18、もしくは、流量設定器 20 a、20 b、20 c から伝達される流量設定信号 21 a, 21 b, 21 c によって、電力変換器 6 a, 6 b, 6 c に回転数指令信号 8 a, 8 b, 8 c を伝達する。このようにして、電力変換器 6 a, 6 b, 6 c の周波数を調節して電動機 5 a, 5 b, 5 c の速度、すなわち、給水ポンプ 4 a, 4 b, 4 c の速度を制御することにより、原子炉給水流量を制御する。

【0026】

また、給水制御装置 7 は、3 台の給水ポンプ 4 a, 4 b, 4 c を駆動する電動機 5 a, 5 b, 5 c に対応するトリップ判定回路 22 a, 22 b, 22 c を有している。トリップ判定回路 22 a, 22 b, 22 c は、回転数指令信号 8 a, 8 b, 8 c および電動機 5 a, 5 b, 5 c のモータ回転数信号 26 a, 26 b, 26 c に基づいて給水ポンプ 4 a, 4 b, 4 c のトリップを判定する。

【0027】

図 3 は、第 1 の実施の形態のトリップ判定回路 22 のブロック図である。なお、給水制御装置 7 は、3 台の給水ポンプ 4 a, 4 b, 4 c に対応する 3 つのトリップ判定回路 22 a, 22 b, 22 c を有しているが、図 3 では、そのうちの 1 つの回路のみを示している。また、符号「a」、「b」および「c」は、それぞれ 3 台の給水ポンプに対応する機器、回路などであることを示しており、図 3 では符号「a」、「b」および「c」の記載を省略している。

【0028】

トリップ判定回路 22 は、減算器 27、閾値判定回路 28 とタイマー 29 を有している。トリップ判定回路 22 には、回転数指令信号 8 とモータ回転数信号 26 が入力され、減算器 27 は、これらの偏差をとる。閾値判定回路 28 は、この偏差が許容しうる値か否かを判定する。許容しうる値でなかった場合には、信号がタイマー 29 に出力される。タイマー 29 は、この信号が所定の時間以上継続した場合に、ポンプトリップ信号 30 を出力する。不要なトリップ判定を防止するために、タイマー 29 がポンプトリップ信号 30 を出力するまでの時間は電力変換器 6 c が再起動により復旧可能な時間よりも長く設定する。

【0029】

なお、本実施の形態では、トリップ判定回路 22 は、全ての給水ポンプ 4 a, 4 b, 4 c に対応して設置しているが、常用の給水ポンプ 4 a, 4 b にのみ対応して設置していてもよい。

【0030】

このように、本実施の形態の給水制御装置 7 では、回転数指令信号 8 とモータ回転数信号 26 とを比較し、偏差が大きい状態が継続した場合にポンプトリップと判定し、ポンプトリップ信号 30 を出力する。このため、電力変換器 6 a, 6 b の自己診断機能によらないで、電力変換器 6 a, 6 b が故障した際の給水不能状態を検出することが可能となり、バックアップの給水ポンプ 4 c を起動することが可能となる。これにより、原子炉水位低によってスクラムにいたる可能性を低減できる。またタイマー 29 を設けることにより、電力変換器 6 c が再起動することにより復帰可能な場合にまで、不要に給水ポンプをトリップさせることがない。

【0031】

図 4 は、第 1 の実施の形態のバックアップ起動回路 23 および制御切替器 24 の周辺のブロック図である。なお、給水制御装置 7 は、3 台の給水ポンプ 4 a, 4 b, 4 c に対応する 3 つのバックアップ起動回路 23 a, 23 b, 23 c および制御切替器 24 a, 24 b, 24 c を有しているが、図 4 では、そのうちの 1 つずつを示している。また、符号「a」、「b」および「c」は、それぞれ 3 台の給水ポンプに対応する機器、回路などであ

10

20

30

40

50

ることを示しており、図4では符号「a」、「b」および「c」の記載を省略している。

【0032】

バックアップ起動回路23は、電力変換器6、電力変換器制御スイッチ31とバックアップ起動スイッチ32を有している。バックアップ起動回路23には、発電所の変圧母線から供給される、周波数が50Hzまたは60Hz程度の電源33が接続されている。

【0033】

ある給水ポンプが常用の給水ポンプ4a, 4bとして運転される場合には、バックアップ起動回路23の電力変換器制御スイッチ31は入、バックアップ起動スイッチ32は切として、その給水ポンプを駆動する電動機5は電力変換器6により回転数制御される。

【0034】

一方、ある給水ポンプが予備の給水ポンプ4cとして使用される場合には、電力変換器制御スイッチ31が切、バックアップ起動スイッチ32が入として、その給水ポンプを駆動する電動機5は、電力変換器6を介さず、電源33により直接駆動される。

【0035】

つまり、本実施の形態の給水制御装置7では、運転中の給水ポンプをトリップと判定した場合に、トリップしていない予備の給水ポンプ4cを駆動する電動機5cの回転数を増加させてトリップによる給水流量の低下を補償する。具体的には、予備の給水ポンプ4cは、バックアップ起動回路23によって、電源33を直接用いて急速起動され、電源33の電圧および周波数で運転される。つまり、大容量の電力変換器を設置することなく、急速に予備の給水ポンプを起動することができる。このように、電力変換器6の出力電流制限に制約されることなく急速起動が可能となるため、電力変換器6として最適な容量のものを選定することが可能となり、経済的である。

【0036】

制御切替器24は、バックアップ起動した予備の給水ポンプ4cに対応する電力変換器6cを制御する流量設定器20に対し、電源33で運転した場合の回転数に対応する定格流量設定信号35を出力する。給水ポンプの流量設定器20は、流量制御器19に対し、電源33で運転した場合の回転数に対応する流量設定信号を出力するよう設定される。

【0037】

また、制御切替器24は、切替指令信号34を出力して、バックアップ起動スイッチ32を切にした後、電力変換器制御スイッチ31を入にすることによって、予備の給水ポンプの駆動電源を電源33から電力変換器6に切り替える。電動機5の回転数は、切替により一旦減少する。その後、給水ポンプの流量制御器19から伝達される電源33で運転した場合の回転数に対応する回転数指令信号に従い、切替前の回転数に復帰する。

【0038】

なお、本実施の形態では、バックアップ起動回路23および制御切替器24は、全ての給水ポンプ4a, 4b, 4cに対応して設置しているが、予備の給水ポンプ4cにのみ対応して設置しておいてもよい。

【0039】

図5は、第1の実施の形態の流量調整器25の周辺のブロック図である。

【0040】

ここでは、符号4bで示す給水ポンプがトリップし、符号4cで示す予備のポンプがバックアップ起動した場合について説明する。

【0041】

流量調整器25は、バックアップ起動した給水ポンプ4cに対応する電力変換器6cを制御する流量制御器19cに対する流量要求信号を一定の割合で減少させる減少信号36を出力するとともに、減少信号36と正負逆の補正信号37を水位制御器15に出力する。また、流量調整器25は、水位制御器15からの給水流量指令信号18と流量設定信号21cの偏差をとる。この偏差が許容範囲内の場合、流量調整器25は減少信号36および補正信号37の出力を停止するとともに、流量制御器19cへの入力を流量設定信号21cから給水流量指令信号18へと変更する。バックアップ起動した予備の給水ポンプ4

10

20

30

40

50

cの流量を減少させながら他の給水ポンプの流量を増加させるよう制御される。

【0042】

予備の給水ポンプ4cは、定格回転数による運転から電力変換器6cによる制御運転に自動的に移行し、さらに自動的に給水流量指令信号18に従った回転数に制御されるため、原子炉給水流量を安定して供給し続けることができる。なお、運転員の操作の負担も小さい。

【0043】

このように本実施の形態の給水制御装置によれば、電力変換器の自己診断機能によらず電力変換器が故障した際の給水不能状態を検出して、バックアップの給水ポンプを起動することができる。このため、原子炉水位低によるスクラムの可能性を低減できる。また、電力変換器による起動に比べて、予備の給水ポンプを急速にバックアップ起動することが可能となり、原子炉水位低によるスクラムの可能性を低減できる。また、電力変換器の出力電流制限に制約されることなく急速起動が可能となるため、電力供給装置として最適な容量のものを選定することが可能となり、経済的である。

10

【0044】

[第2の実施の形態]

図6は、本発明に係る第2の実施の形態の原子力発電プラントの系統図である。

【0045】

本実施の形態の給水制御装置は、第1の実施の形態の給水制御装置からトリップ判定回路を省いたものである。

20

【0046】

本実施の形態でも、運転中の給水ポンプを、たとえば電力変換器自身の自己診断によってトリップと判定した場合、予備の給水ポンプはバックアップ起動回路により電源33(図4)にて急速起動され、電源33(図4)の電圧および周波数で運転される。このため、常用の給水ポンプが1台トリップした場合に、電力変換器による起動に比べて、予備の給水ポンプを急速にバックアップ起動することが可能となり、給水ポンプトリップ時に原子炉水位低によるスクラムの可能性を低減できる。また、電力変換器の出力電流制限に制約されることなく急速起動が可能となるため、電力供給装置として最適な容量のものを選定することが可能となり、経済的である。

【0047】

また、電動機5の回転数は、切替により一旦減少した後、給水ポンプの流量制御器19(図4)から伝達される電源33(図4)で運転した場合の回転数に対応する回転数要求信号に従い、切替前の回転数に復帰する。起動した予備の給水ポンプは、定格回転数による運転から電力変換器による制御運転に自動的に移行し、さらに自動的に給水制御信号に従った回転数に制御されるため、原子炉給水流量を安定して供給し続けることができる。

30

【0048】

また、バックアップ起動した給水ポンプの流量を減少させながら他のポンプの流量を増加させるよう制御される。また、あらかじめ運転側のポンプの給水流量指令をバックアップ側の減少分に対応した増分の割合で増加させることにより、全給水流量が変動せず、原子炉水位の変動を抑えることができる。

40

【0049】

[第3の実施の形態]

図7は、本発明に係る第3の実施の形態の原子力発電プラントの系統図である。

【0050】

本実施の形態の給水制御装置7は、第1の実施の形態からバックアップ起動回路、制御切替器および流量調整器を省いたものである。

【0051】

この実施の形態でも、回転数指令信号8a, 8b, 8cと電動機5a, 5b, 5cの回転数を比較し、偏差が大きい状態が継続した場合にポンプトリップと判定し、ポンプトリップ信号30を出力する。このため、電力変換器6a, 6b, 6cの自己診断機能によら

50

ず電力変換器 6 a , 6 b , 6 c が故障した際の給水不能状態を検出することが可能であり、バックアップの給水ポンプ 4 c を起動することができる。したがって、原子炉水位低によるスクラムの可能性を低減できる。またタイマー 2 9 を設けることにより、電力変換器の自己診断により復帰可能な場合に不要に給水ポンプをトリップさせることがない。

【 0 0 5 2 】

[ 第 4 の実施の形態 ]

図 8 は、本発明に係る第 4 の実施の形態の原子力発電プラントの系統図である。

【 0 0 5 3 】

本実施の形態の原子力発電プラントでは、それぞれ全給水量の 5 0 % 以上の容量を有する給水ポンプ 4 a , 4 b , 4 c の 3 台全てが、常用給水ポンプとして運転される。つまり、通常運転時には、給水ポンプ 4 a , 4 b , 4 c のそれぞれが、全給水容量の 3 分の 1 ずつを給水する。

10

【 0 0 5 4 】

また、本実施の形態の給水制御装置 7 は、トリップ判定回路 2 2、再起動時流量調整器 5 4 およびトリップ時制御器 5 1 を有している。給水制御装置 7 は、給水ポンプ 4 a , 4 b , 4 c を駆動する電動機 5 a , 5 b , 5 c からモータ回転数信号 2 6 a , 2 6 b , 2 6 c などの信号を受け取って、電力変換器 6 a , 6 b , 6 c に、バックアップ起動回路 2 3 a , 2 3 b , 2 3 c を介して、回転数指令信号 8 a , 8 b , 8 c などの信号を伝達する。

【 0 0 5 5 】

図 9 は、本実施の形態の給水制御装置の一部のブロック図である。

20

【 0 0 5 6 】

給水制御装置 7 は、水位制御器 1 5、水位設定器 1 6 およびトリップ時制御器 5 1 を有している。また、3台の電力変換器 6 a , 6 b , 6 c に回転数指令信号 8 a , 8 b , 8 c を伝達する流量制御器 1 9 a , 1 9 b , 1 9 c を有している。また、それぞれの流量制御器 1 9 a , 1 9 b , 1 9 c に対応する流量設定器 2 0 a , 2 0 b , 2 0 c を有している。また、給水制御装置 7 は、第 1 の実施の形態と同様に、3台の給水ポンプ 4 a , 4 b , 4 c を駆動する電動機 5 a , 5 b , 5 c に対応するトリップ判定回路 2 2 a , 2 2 b , 2 2 c を有している（図 3 参照）。

【 0 0 5 7 】

水位制御器 1 5 は、原子炉水位検出器 9 から原子炉水位信号 1 2 が、主蒸気流量検出器 1 0 から主蒸気流量信号 1 3 が、給水流量検出器 1 1 から原子炉給水流量信号 1 4 が、水位設定器 1 6 から原子炉水位設定信号 1 7 が伝達される。また、トリップ時制御器 5 1 は、何らかの理由で給水ポンプ 4 a , 4 b , 4 c のうちの 1 台がトリップした際にこれを検出し、水位制御器 1 5 にトリップ時制御信号 5 2 を出力する。

30

【 0 0 5 8 】

水位制御器 1 5 は、原子炉水位信号 1 2、主蒸気流量信号 1 3 および原子炉給水流量信号 1 4 に基づいて演算を行い、さらにその演算結果を原子炉水位設定信号 1 7 と比較することにより、原子炉水位設定信号 1 7 に合うような給水流量指令信号 1 8 を出力する。

【 0 0 5 9 】

また、給水ポンプ 4 a , 4 b , 4 c のうちの 1 台がトリップした際には、水位制御器 1 5 は、トリップ時制御信号 5 2 に基づいて給水流量指令信号 1 8 を出力する。これにより給水流量指令信号 1 8 が増加し、トリップしていない他の給水ポンプを駆動する電動機の回転数を増加させてトリップによる給水流量の低下を補償する。具体的には、トリップしていない運転中の給水ポンプの流量制御器 1 9 の設定が増加する。以下の説明では、給水ポンプ 4 c がトリップした場合について説明するが、他の給水ポンプ 4 a , 4 b がトリップした場合でも、同様である。

40

【 0 0 6 0 】

図 1 0 は、本実施の形態の再起動時流量調整器のブロック図である。

【 0 0 6 1 】

再起動時流量調整器 5 4 は、トリップ後再起動した給水ポンプ 4 c に対応する電力変換

50

装置 6 c を制御する流量制御器 19 c に対する流量要求信号を一定の割合で増加させる増加信号 53 を出力する。また、増加信号 53 と正負逆の補正信号 37 を水位制御器 15 に出力する。さらに、水位制御器 15 からの給水流量指令信号 18 と流量設定信号 21 c の偏差をとり、偏差が許容値内の場合、増加信号 53 および補正信号 37 の出力を停止する。また、流量制御器 19 c への入力を流量設定信号 21 b から給水流量指令信号 18 へと変更する。

【0062】

このような給水制御装置 7 では、回転数指令信号とモータ回転数を比較し、偏差が大きい状態が継続した場合にポンプトリップと判定し、ポンプトリップ信号 30 を出力する。また、運転中の給水ポンプをトリップと判定した場合、トリップと判定されていない残り 2 台の給水ポンプの給水指令信号を増加させる。さらに、トリップ後再起動した給水ポンプの流量を増加させながら他のポンプの流量を減少させるよう制御する。

10

【0063】

したがって、電力変換器の自己診断機能によらず給水不能状態を検出することが可能となる。このため、原子炉水位低によるスクラムをより確実に回避できる。またタイマー 29 を設けることにより、電力変換器が再起動することにより復帰可能な場合には、給水ポンプをトリップさせることがない。

【0064】

また、給水ポンプ 4 a , 4 b , 4 c のうちの 1 台がトリップした場合、トリップしていない給水ポンプの給水流量指令を増加させることにより、給水ポンプトリップ時の原子炉水位低によるスクラムを回避できる。

20

【0065】

また、本実施の形態の原子力発電プラントでは、全数の給水ポンプ 4 a , 4 b , 4 c を常用の給水ポンプとしているため、このうちの 1 台がトリップした場合に、回転が停止している状態の給水ポンプを急速に起動する必要がない。このため、電力変換器の出力電流制限に制約されることなく電力供給装置として最適な容量のものを選定することが可能となり、経済的である。

【0066】

また、再起動した給水ポンプは、自動的に給水制御信号に従った回転数に制御されるため、原子炉給水流量を安定して供給し続けることができる。さらに、あらかじめ運転側のポンプの給水流量指令をトリップ後再起動した給水ポンプの増加分に対応した割合で減少させることにより、全給水流量は変動せず、原子炉水位の変動を抑えることができる。

30

【0067】

運転中に給水ポンプのうち 1 台の保守点検が必要となった場合も、残り 2 台の給水ポンプが運転することにより定格給水流量を維持することが可能である。また、流量調整回路の機能によって速やかに通常状態に復旧可能であり、保守性も高い。

【0068】

[ 第 5 の実施の形態 ]

図 11 は、本発明に係る第 5 の実施の形態における原子力発電プラントの系統図である。

40

【0069】

本実施の形態の給水制御装置 7 は、第 4 の実施の形態の給水制御装置 7 からトリップ判定回路およびトリップ時制御器 51 を削除したものである。このような給水制御装置 7 であっても、第 4 の実施の形態の給水制御装置 7 と同様に、トリップ後再起動した給水ポンプ 4 c の流量を増加させながら他の給水ポンプ 4 a , 4 b の流量を減少させるよう制御される。

【0070】

このような給水制御装置 7 を用いても、トリップ後に再起動した給水ポンプ 4 c は、最低回転数による運転から電力変換器 6 c による制御運転に自動的に移行する。さらに、自動的に給水流量指令信号 18 に従った回転数に制御されるため、適切な給水流量を安定し

50

て供給し続けることができる。

【0071】

また、運転中の給水ポンプ4a, 4bの給水流量指令信号18を、トリップ後再起動したポンプ4cの増加分に対応した割合で減少させることにより、全給水流量が変動せず、原子炉水位の変動を抑えることができる。運転中に給水ポンプ4a, 4b, 4cのうち1台の保守点検が必要となった場合も、残り2台の給水ポンプが運転することにより定格給水流量を維持することが可能である。さらに、再起動時流量調整器54の機能によって速やかに通常状態に復旧可能であり、保守性が高い。

【0072】

[第6の実施の形態]

図12は、本発明に係る第6の実施の形態における原子力発電プラントの系統図である。

【0073】

本実施の形態の原子力発電プラントは、第4の実施の形態の原子力発電プラントに、給水ポンプ4dおよび、これを駆動する電動機5d、電力変換器6d、流量制御器19およびトリップ判定回路22を追加したものである。この給水ポンプ4dは、他の給水ポンプ4a, 4b, 4cと並列に設けられている。4台の給水ポンプ4a, 4b, 4c, 4dは、それぞれ原子炉容器1への全給水量の3分の1以上の容量を有している。通常運転時には、4台の給水ポンプ4a, 4b, 4c, 4dは全て常用給水ポンプとして運転され、1台の給水ポンプあたり原子炉容器1への全給水量の4分の1ずつを給水する。

【0074】

常用給水ポンプが3台の場合には、給水ポンプの1台がトリップした場合は、他の給水ポンプの給水流量は全給水流量の1/3から1/2に増加されなければならない。しかし、本実施の形態の原子力発電プラントでは、給水ポンプ4a, 4b, 4c, 4dの1台がトリップした場合に、他の給水ポンプの給水流量は全給水流量の1/4から1/3に増加されればよい。

【0075】

このため、給水ポンプのトリップ時における給水流量は、速やかに定格流量に戻る。また、給水ポンプ4a, 4b, 4c, 4dの1台がトリップした場合の、電動機5a, 5b, 5c, 5dおよび電力変換器6a, 6b, 6c, 6dの負荷も小さくなる。このため、電力変換器の出力電流制限に制約されることなく電力供給装置として最適な容量のものを選定することが可能となり、経済的である。

【0076】

[その他の実施の形態]

なお、以上の説明は単なる例示であり、本発明は上述の各実施の形態に限定されず、様々な形態で実施することができる。たとえば、上述の実施の形態は、沸騰水型原子力発電プラントを例として説明しているが、他の形式の原子力発電プラントにも適用可能である。また、各実施の形態の特徴を組み合わせることもできる。

【図面の簡単な説明】

【0077】

【図1】本発明に係る第1の実施の形態の原子力発電プラントの系統図である。

【図2】本発明に係る第1の実施の形態の給水制御装置の一部のブロック図である。

【図3】本発明に係る第1の実施の形態のトリップ判定回路のブロック図である。

【図4】本発明に係る第1の実施の形態のバックアップ起動回路および制御切替器の周辺のブロック図である。

【図5】本発明に係る第1の実施の形態の流量調整器の周辺のブロック図である。

【図6】本発明に係る第2の実施の形態の原子力発電プラントの系統図である。

【図7】本発明に係る第3の実施の形態の原子力発電プラントの系統図である。

【図8】本発明に係る第4の実施の形態の原子力発電プラントの系統図である。

【図9】本発明に係る第4の実施の形態の給水制御装置の一部のブロック図である。

10

20

30

40

50

【図10】本発明に係る第4の実施の形態の再起動時流量調整器のブロック図である。

【図11】本発明に係る第5の実施の形態の原子力発電プラントの系統図である。

【図12】本発明に係る第6の実施の形態の原子力発電プラントの系統図である。

【符号の説明】

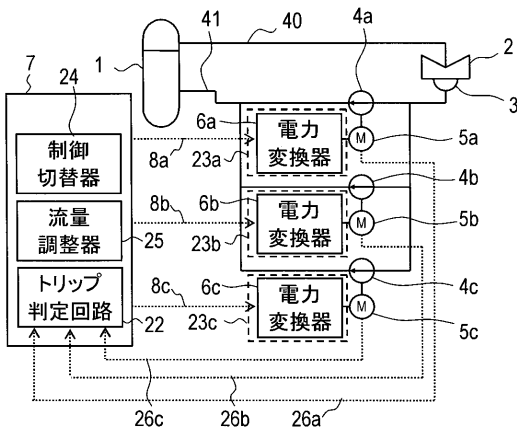
【0078】

1...原子炉容器、2...発電タービン、3...復水器、4, 4a, 4b, 4c, 4d...給水ポンプ、5, 5a, 5b, 5c, 5d...電動機、6, 6a, 6b, 6c, 6d...電力変換器、7...給水制御装置、8, 8a, 8b, 8c, 8d...回転数指令信号、9...原子炉水位検出器、10...主蒸気流量検出器、11...給水流量検出器、12...原子炉水位信号、13...主蒸気流量信号、14...原子炉給水流量信号、15...水位制御器、16...水位設定器、17...原子炉水位設定信号、18...給水流量指令信号、19, 19a, 19b, 19c...流量制御器、20, 20a, 20b, 20c...流量設定器、21, 21a, 21b, 21c...流量設定信号、22, 22a, 22b, 22c...トリップ判定回路、23, 23a, 23b, 23c, 23d...バックアップ起動回路、24...制御切替器、25...流量調整器、26, 26a, 26b, 26c, 26d...モータ回転数信号、27...減算器、28...閾値判定回路、29...タイマー、30...ポンプトリップ信号、31...電力変換器制御スイッチ、32...バックアップ起動スイッチ、33...電源、34...切替指令信号、35...定格流量設定信号、36...減少信号、37...補正信号、40...主蒸気配管、41...給水配管、51...トリップ時制御器、52...トリップ時制御信号、53...増加信号、54...再起動時流量調整器

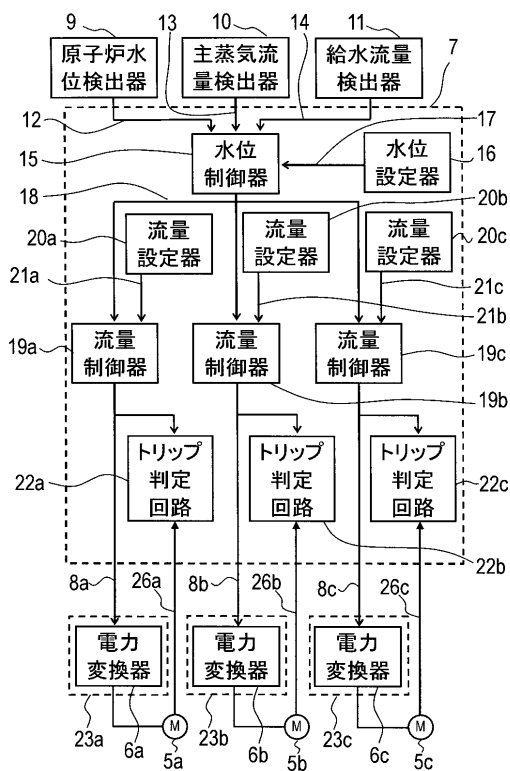
10

20

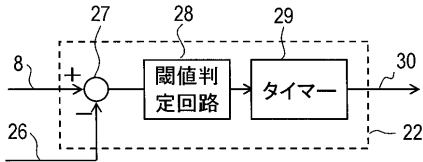
【図1】



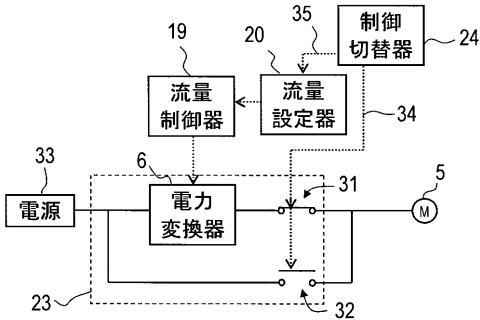
【図2】



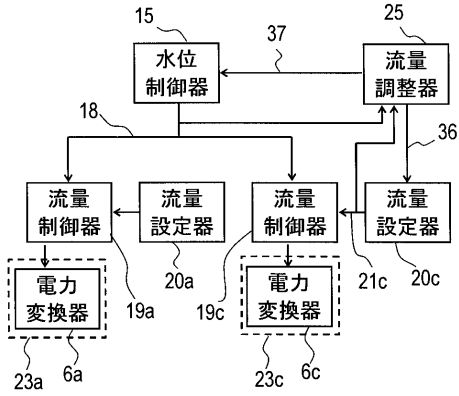
【図3】



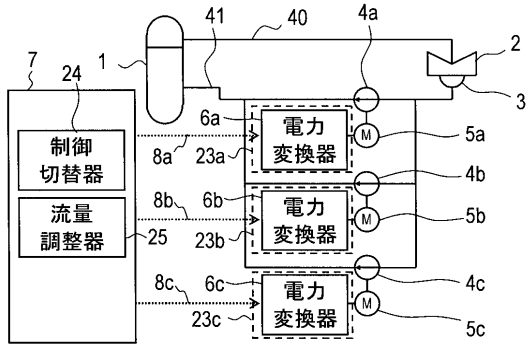
【図4】



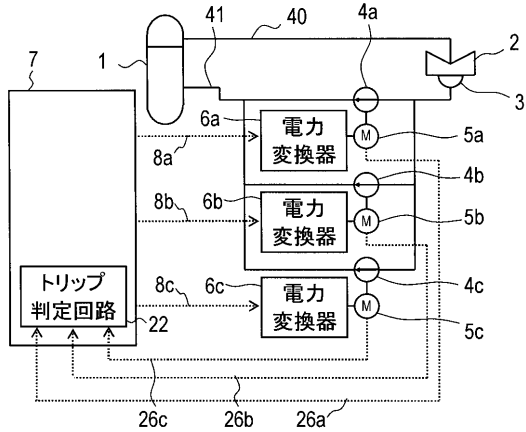
【図5】



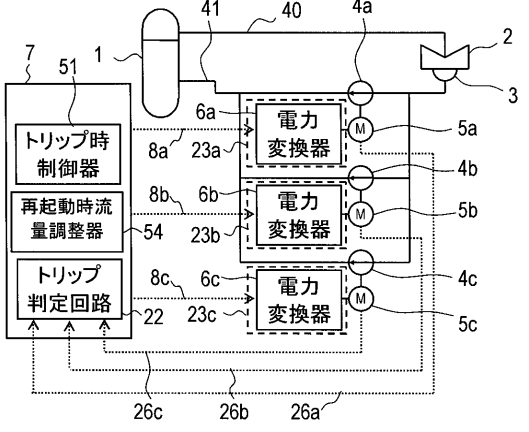
【図6】



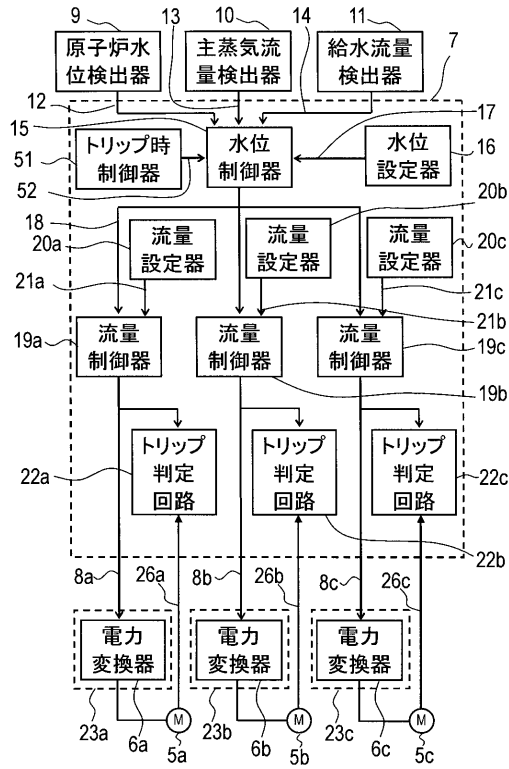
【図7】



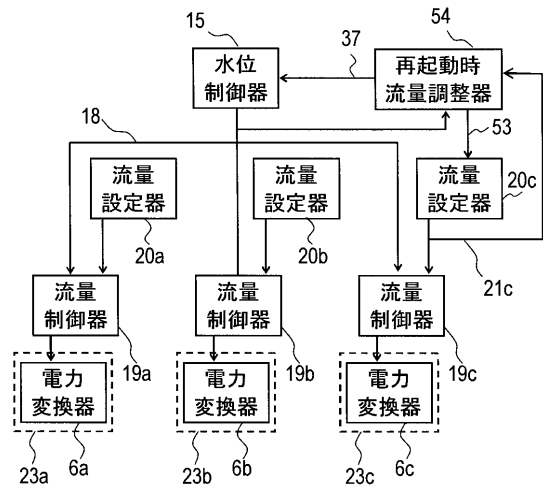
【図8】



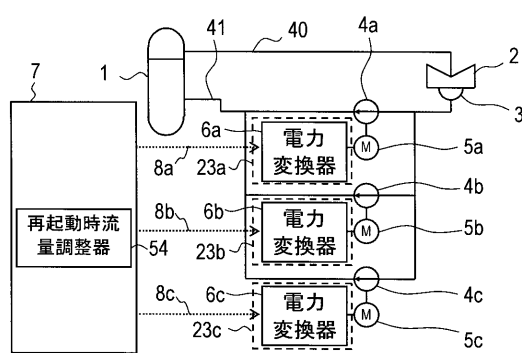
【 図 9 】



【 図 10 】



【 図 11 】



【 図 12 】

