

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第4391175号
(P4391175)

(45) 発行日 平成21年12月24日(2009.12.24)

(24) 登録日 平成21年10月16日(2009.10.16)

(51) Int.Cl.	F I
HO2P 9/00 (2006.01)	HO2P 9/00 A
G21C 7/26 (2006.01)	G21C 7/26 A
G21C 15/243 (2006.01)	G21C 15/243 GDB
HO2P 9/48 (2006.01)	HO2P 9/48 Z

請求項の数 7 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2003-320680 (P2003-320680)	(73) 特許権者	390041542
(22) 出願日	平成15年9月12日 (2003.9.12)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ
(65) 公開番号	特開2004-112996 (P2004-112996A)		GENERAL ELECTRIC CO
(43) 公開日	平成16年4月8日 (2004.4.8)		MPANY
審査請求日	平成18年9月11日 (2006.9.11)		アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ
(31) 優先権主張番号	10/243, 309		クタデイ、リバーロード、1番
(32) 優先日	平成14年9月13日 (2002.9.13)	(74) 代理人	100137545
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 荒川 聡志
		(74) 代理人	100093908
			弁理士 松本 研一
		(74) 代理人	100105588
			弁理士 小倉 博
		(74) 代理人	100106541
			弁理士 伊藤 信和

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電動発電機の出力を調整するための方法及び装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

沸騰水型原子炉プラント冷却水の再循環システム用のポンプ電源として使われる可変周波数電動発電機（106）の出力を制御する電圧制御回路（146）であって、

前記電動発電機（106）の励磁器（122）は、少なくとも過飽和リアクトル主巻線を有する回路群（138，154）に接続されており、前記過飽和リアクトル主巻線に流れる電流を制御することにより、前記励磁器（122）による励磁電流を変化させて前記電動発電機（106）の出力電圧を可変とするように構成されており、

前記電圧制御回路（146）は、

前記電動発電機（118）の出力電圧を表す出力電圧信号を入力する端子（144）と

10

、
前記電動発電機（118）出力の周波数速度を表す速度信号を入力する端子（152）と

と
所定の抵抗値に前もって設定されたポテンショメータ（200）を少なくとも有するボルト/ヘルツ分割器回路網であって、入力した前記出力電圧信号と速度信号とを、前記所定の抵抗値に設定された前記可変抵抗器（200）に印加することにより、前記電動発電機（118）の出力電圧と周波数の変動を減少させるための変動制御信号を生成して出力するボルト/ヘルツ分割器回路網と、

過渡時の変動を補償する回路であって、前記ボルト/ヘルツ分割器回路網に電氣的に直列に接続され、定常時は所定のリアクタンス値に設定されたリード補償回路（192）と

20

、
前記ボルト／ヘルツ分割器回路網の出力に電氣的に連結された制御巻線（226）と前記電動発電機（106）の励磁器（122）に対して電氣的に連結された前記主巻線とを含む可飽和リアクトル（228）であって、前記ボルト／ヘルツ分割器回路網からの前記変動制御信号が前記制御巻線に流れるように結線された可飽和リアクトル（228）と、を具備することにより、前記交流発電機の出力電圧を調整することを特徴とする電圧制御回路（146）。

【請求項2】

前記ボルト／ヘルツ分割器回路網の前記ポテンショメータ（200）の抵抗位置を調整することにより、前記電動発電機（106）の出力電圧と周波数の変動に対する応答制御特性を調整することを特徴とする請求1に記載の電圧制御回路（146）。

10

【請求項3】

前記リード補償回路（192）が、

該リード補償回路（192）を前記電圧制御回路（146）に電氣的に連結する係合スイッチ（246）と、

前記係合スイッチの接点（246）と電氣的に並列に配置された電流制限用抵抗器（244）と、

並列配置された前記リレー接点（246）と電流制限用抵抗器（244）に対して電氣的に直列に接続された少なくとも1つのコンデンサ（258，260）と、

を含み、

20

前記リレー接点（246）は外部の遅延リレーの接点であることを特徴とする請求1乃至2に記載の電圧制御回路（146）。

【請求項4】

前記リード補償回路（192）は、さらに、

前記ボルト／ヘルツ分割器回路網に対して電氣的に直列に配置された可変抵抗装置と、

前記可変抵抗装置に対して電氣的に並列に配置された係合スイッチ（240）とを具備することを特徴とする請求項1乃至3の電圧制御回路（146）。

【請求項5】

前記スイッチ（240）が、

該スイッチの第1導線に対して電氣的に連結された第1テストポイント（238）と、該スイッチの第2導線に対して電氣的に連結された第2テストポイント（242）とを更に含み、

30

前記電流制限用抵抗器（244）を前記第1テストポイント（238）と第2テストポイント（242）の間に接続し、

前記可変抵抗装置の抵抗値は大きな値からゼロオームに段階的に減少可能であることを特徴とする請求4に記載の電圧制御回路（146）。

【請求項6】

前記過飽和リアクトルの制御巻線には複数の部分巻線とタップとが設けられ、前記ボルト／ヘルツ分割器回路網からの変動制御信号は1つの中間タップ位置に接続されることにより、前記制御巻線が、正帰還用の一次巻線と負帰還用の二次巻線とに分割されたことを特徴とする請求項1乃至5に記載の電圧制御回路（146）。

40

【請求項7】

請求項1乃至6の電圧制御回路（146）を具備する沸騰水型原子炉の再循環システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、一般的に原子炉に関し、より具体的には、原子炉再循環システムにおける電圧調整器を安定化させるシステム及び方法に関する。

【背景技術】

【0002】

50

沸騰水型原子炉（BWR）の原子炉圧力容器（RPV）は、ほぼ円筒形の形状を有し、その両端が、例えば底部ヘッド及び取外し可能な上部ヘッドによって閉じられる。上部ガイドが、一般的にRPV内部で炉心プレートの上方に間隔を置いて配置される。炉心シュラウドが、炉心を囲み、シュラウド支持構造体によって支持される。具体的には、シュラウドは、ほぼ円筒形の形状を有し、炉心プレート及び上部ガイドの両方を囲む。円筒形の原子炉圧力容器と円筒形状にされたシュラウドとの間に設けられた空間すなわちアニュラスがある。

【0003】

原子炉の炉心は、正方形断面をもつ燃料バンドルの配列を含む。燃料バンドルは、下方から燃料支持体によって支持される。各燃料支持体は、4つの燃料バンドルからなるグループを支持する。炉心において発生される熱は、炉心内へ制御棒を挿入することによって減少させることができ、また、発生される熱は、炉心から制御棒を引き抜くことによって増大させることができる。一部の公知のBWRにおいては、制御棒は、4つからなるグループの各燃料バンドル間に挿入することができるブレードをもつ十字状の断面を有する。

【0004】

歴史的には、原子炉は、認可された定格熱出力レベルよりも高い熱出力レベルで運転できるように設計されてきた。規制認可ガイドラインに適合させるために、原子炉は、該原子炉が達成可能である最大熱出力よりも低い最大熱出力の下で運転される。これら原設計ベースには、設計中に織り込まれた大きな伝統的な余裕が含まれている。長年にわたる運転の後、原子炉は、最初に認可されたものよりも高い熱出力レベルの下で安全に運転することが分かってきた。更に、運転パラメータに対する変更及び/又は装置の修正により、著しく高い最大熱出力（最初の認可出力の120%まで及びそれを越えた）の下で原子炉を安全に運転できることも解明されてきた。

【特許文献1】米国特許5963611号明細書

【特許文献2】米国特許5621777号明細書

【特許文献3】米国特許5610958号明細書

【特許文献4】米国特許5293411号明細書

【特許文献5】米国特許5295171号明細書

【特許文献6】米国特許4948551号明細書

【特許文献7】米国特許4457889号明細書

【特許文献8】米国特許4375614号明細書

【特許文献9】米国特許4291404号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

原子炉再循環システムのような原子炉プラントシステムを評価して、それらの能力はより高い出力レベルの下での原子炉プラントの運転を維持することができることが保証される。適当な場合には、それらの性能を改善するためにそのようなシステムに対して変更が行われる。

【課題を解決するための手段】

【0006】

1つの態様においては、沸騰水型原子炉の原子炉プラント再循環システムの電動発電機の出力を調整する方法が提供される。この方法は、交流発電機の出力電圧を検出し、該交流発電機の出力電圧信号を電圧調整器回路に対して伝達する段階と、交流発電機の速度を検出し、該交流発電機の速度信号を電圧調整器回路に対して伝達する段階と、交流発電機の出力電圧検出回路及び交流発電機の速度検出装置に対して電氣的に連結されたボルト／ヘルツ分割器回路網を使用して、該交流発電機の出力電圧信号を該交流発電機の速度信号と比較する段階と、ボルト／ヘルツ分割器回路網と電氣的に直列に連結されたリード補償回路を使用して、電圧調整器の容量リアクタンスを調整する段階と、可飽和リアクトルの制御巻線内の電流を調整する段階とを含む。

【 0 0 0 7 】

別の態様においては、沸騰水型原子炉の原子炉プラント再循環システムのための電圧調整器が提供される。この調整器は、可変周波数交流発電機と、制御回路に対して電氣的に連結された交流発電機の出力電圧検出回路と、制御回路に対して電氣的に連結された交流発電機の速度検出装置と、交流発電機の出力電圧検出回路及び交流発電機の速度検出装置に対して電氣的に連結されたボルト/ヘルツ分割器回路網と、ボルト/ヘルツ分割器回路網と電氣的に直列に連結されたリード補償回路と、ボルト/ヘルツ分割器回路網の出力に対して電氣的に連結された制御巻線と交流発電機の励磁器に対して電氣的に連結された二次巻線とを含む可飽和リアクトルとを含む。

【 発明を実施するための最良の形態 】

10

【 0 0 0 8 】

図 1 は、沸騰水型原子炉の圧力容器 (R P V) 1 0 の一部を破断した断面図である。 R P V 1 0 は、ほぼ円筒形の形状を有し、一端部が底部ヘッド 1 2 によって閉じられ、また他端部が取外し可能な上部ヘッド 1 4 によって閉じられる。側壁 1 6 が、底部ヘッド 1 2 から上部ヘッド 1 4 まで延びる。側壁 1 6 は、上部フランジ 1 8 を含む。上部ヘッド 1 4 は、上部フランジ 1 8 に取付けられる。円筒形状にされた炉心シュラウド 2 0 が、原子炉炉心 2 2 と反射体 2 1 と呼ばれるバイパス水領域とを囲む。炉心シュラウド 2 0 は、一端部がシュラウド支持体 2 4 によって支持され、対向する取外し可能なシュラウドヘッド 2 6 を含む。降水管領域 2 8 は、炉心シュラウド 2 0 と側壁 1 6 との間に形成されたアニュラスである。円環形状を有するポンプデッキ 3 0 が、シュラウド支持体 2 4 と R P V 側壁 1 6 との間で延びる。ポンプデッキ 3 0 は、複数の円形開口部 3 2 を含み、各開口部はジェットポンプ 3 4 を収容する。ジェットポンプ 3 4 は、炉心シュラウド 2 0 の周りに円周方向に分散配置される。入口昇水管 3 6 が、移行組立体 3 8 によって 2 つのジェットポンプ 3 4 に連結される。各ジェットポンプ 3 4 は、入口ミキサ 4 0 とディフューザ 4 2 とを含む。入口昇水管 3 6 及び 2 つの接続されたジェットポンプ 3 4 が、ジェットポンプ組立体 4 4 を形成する。

20

【 0 0 0 9 】

熱は、核分裂物質の複数の燃料バンドル 4 6 を含む炉心 2 2 内で発生される。炉心 2 2 を通って上方に循環された水は、少なくとも部分的に蒸気へと変換される。複数の蒸気分離器 4 8 が、水から蒸気を分離し、水は再循環される。複数の蒸気乾燥器 5 0 が蒸気から、残留水分を除去する。蒸気は、容器の上部ヘッド 1 4 近くの蒸気出口 5 2 を通って R P V 1 0 を出る。

30

【 0 0 1 0 】

炉心 2 2 において発生される熱の量は、例えばハフニウムのような中性子吸収材料でできた複数の制御棒 5 4 を挿入したり引き抜いたりすることによって調整される。制御棒 5 4 が燃料バンドル 4 6 に隣接して挿入される程度に応じて、該制御棒は、そうでなければ炉心 2 2 内で熱を発生させる連鎖反応を促進するために使用できることになる中性子を吸収する。

【 0 0 1 1 】

各制御棒 5 4 は、制御棒駆動チューブ 5 6 を介して制御棒駆動機構 (C R D M) 5 8 と連結されて、制御棒装置 6 0 を形成する。 C R D M 5 8 は、燃料バンドル 4 6 に隣接して炉心支持板 6 4 に対して、制御棒 5 4 を移動させる。 C R D M 5 8 は、底部ヘッド 1 2 を貫通して延び、制御棒駆動機構ハウジング 6 6 内に納められる。制御棒案内チューブ 5 6 が、制御棒駆動機構ハウジング 6 6 から炉心支持プレート 6 4 まで垂直方向に延びる。制御棒案内チューブ 5 6 は、制御棒 5 4 の挿入及び抜き抜きの間に、制御棒 5 4 が非垂直方向に運くのを制限する。制御棒案内チューブ 5 6 は、あらゆる種類の形状、例えば十字形状、円筒形状、長方形形状、 Y 字形状、及び任意のその他の適当な多角形状とすることができる。

40

【 0 0 1 2 】

図 2 は、本発明の例示的な実施形態による原子炉再循環システムの電動発電機セットの電

50

圧調整器 100 についてのブロック図である。原子炉再循環ポンプ 102 が、原子炉再循環システム（図示せず）内の原子炉冷却水に原動力を与える。ポンプ 102 は、原子炉再循環ポンプの電動機 104 に機械的に連結されている。電動機 104 は、原子炉再循環システムの電動発電機セット（MG）106 から可変周波数交流（AC）電力を受ける。再循環システムの正常運転時、AC 電力の周波数は 15 サイクル/秒（Hz）から 60 Hz の範囲内で変化する。MG 106 の正常始動時には、この周波数は 11 Hz 程度まで低くすることができる。MG 106 は、液圧式可変速度制御装置 110 に機械的に連結された誘導駆動電動機 108 を含む。速度制御装置 110 は、入力カップル 112 と、出力カップル 114 と、該速度制御装置 110 の回転部材近傍に機械的に連結されてその電気出力が該出力カップル 114 の回転速度に比例するようになっている速度検出装置 116 とを含む。例示的な実施形態においては、速度検出装置 116 は、速度変換器である。別の実施形態においては、装置 116 は、タコメータ発電機である。出力カップル 114 は、可変周波数交流発電機 118 に機械的に連結され、この交流発電機 118 は、原子炉再循環ポンプの電動機 104 に可変周波数（AC）電力を供給する。交流発電機 118 の回転速度は、電動機 104 に供給される AC 電力の周波数を定める。交流発電機 118 の回転速度は、速度制御装置 110 によって制御される。速度制御装置 110 は内部回転部材の流体継手を有する液圧式装置であって、再循環システムの流量制御回路 120 からの制御入力に応答して前記流体継手の回転を制御することによって、流体継手出力の速度が変化する。AC ブラシレス励磁器 122 は、MG 106 に電氣的に接続され、該 MG 106 に励磁を与え、それによって交流発電機 118 の出力電圧を制御する。

10

20

【0013】

交流発電機 118 の出力は、変圧器 124 の一次巻線に電氣的に接続される。変圧器 124 の二次巻線は、リレー 127 のノーマルクローズ接点 126 の第 1 側に電氣的に接続される。120 ボルト、60 Hz の外部電源 128 が、変圧器 130 の一次巻線に電氣的に接続される。変圧器 130 の二次巻線は、リレー 127 のノーマルオープン接点 132 の第 1 側に電氣的に接続される。接点 126 及び 132 の第 2 側は、電力整流回路 134 に電氣的に接続される。電力整流回路 134 は、全波整流回路 136 及びファイヤリング回路 138 を含む。ファイヤリング回路 138 の出力は、励磁器 122 の界磁 140 に電氣的に接続される。

【0014】

交流発電機 118 の出力はまた、3 相変圧器 142 の一次巻線に電氣的に接続される。変圧器 142 の二次巻線は、制御回路 146 の第 1 入力 144 に電氣的に接続される。また、ユーザ電源 128 が、電源 148 に電氣的に接続される。電源 148 は、速度検出装置 116 に電氣的に接続されて該速度検出装置 116 にバイアス電圧を供給し、該速度検出装置 116 は制御回路 146 に入力を与える。制御回路 146 は、可飽和リアクトル（図 2 では図示せず、図 3 のリアクトル 228）を介して負及び正の帰還回路 154 に磁氣的に連結される。負及び正帰還回路 154 に対する入力は、励磁器 122 の界磁 140 に電氣的に接続される。

30

【0015】

運転中、電圧調整器 100 は、交流発電機 118 の励磁を制御することによって MG 106 の出力電圧を制御する。整流器 136 に対する入力は、変圧器 130 を介したユーザ電源 128 及び変圧器 124 を介した交流発電機 118 の出力のうちの 1 つから供給される。電源の選択は、リレー 127 の状態によって決定される。リレー 127 が通電された状態にあり、従ってリレー 12 内部のコイルが電力を受けている場合には、接点 132 は閉じており、接点 126 は開いている。

40

【0016】

この状態においては、整流器 136 は、電源 128 から電力を受けている。これは、再循環システムの始動時における正常の状態である。再循環システムが始動し、MG 106 が作動状態になった後に、リレー 127 を非通電とし、それにより接点 126 が閉じた接点 132 が開くように接点 132 及び 126 の位置を逆にすることによって、整流器 1

50

36に対する入力、交流発電機118の出力に切替えられる。

【0017】

電源128及び交流発電機118の出力のうちの1つからの電力が、誘導フィルタを介して全波整流器136に電力が供給されるように、最大240Vacの電力整流回路134に印加される。ファイヤリング回路138は、整流器136からの整流波形を調整し、励磁器の界磁140のための電圧及び電流を供給する。

【0018】

負及び正の帰還回路154からの電流は、可飽和リアクトル228の主巻線（不図示）へ供給されて、システム利得（正帰還）及び過渡応答（負帰還）を変化させる。回路154は、560マイクロファラッドの基本容量を有し、更なる560マイクロファラッドの容量を付加するためのスイッチを有する。外部ポテンシオメータを接続するためにテストポイントが含まれ、付加的容量を接続し、過渡電流を最小限にする。電圧調整器100の付加的な安定性は、制御回路146におけるリード補償回路によって与えられる。

【0019】

制御回路146は、入力152に入力される速度検出装置116からの出力電圧と、入力144に入力される交流発電機118からの出力電圧とを、ボルト/Hz調整ポテンシオメータ（図3の200）の設定値と比較し、電流を可飽和リアクトルの制御コイルへ供給する。

【0020】

図3は、電圧調整器100の制御回路146の概略線図である。発電機118の出力即ちポンプ104への入力144は、図3では、3つの相線156、158及び160を含む。相線156、158及び160は、3相全波整流器167のそれぞれ接続点162、164及び166に電氣的に接続される。接続点162は、整流器168の陽極及び整流器170の陰極に電氣的に接続される。接続点164は、整流器172の陽極及び整流器174の陰極に電氣的に接続される。接続点166は、整流器176の陽極及び整流器178の陰極に電氣的に接続される。各整流器168、172及び176の陰極は、接続点180に電氣的連結される。各整流器170、174及び178の陽極は、接続点182に電氣的に接続される。接続点180は、抵抗器184の第1導線に電氣的に接続される。抵抗器184の第2導線は、接続点186に電氣的に接続される。1つの実施形態においては、抵抗器184は、330オームの抵抗器である。接続点186は、接続点182に正の直流電圧である。例示的な実施形態においては、整流器167に対するAC入力電圧が例えば230VACである場合には、接続点182に対する接続点186の電位差は約260VDCである。

【0021】

接続点186は、リード補償回路の入力188及び抵抗器190の第1導線に電氣的に接続される。例示的な実施形態においては、抵抗器190は、680オームの抵抗器である。入力188は、リード補償回路192の第1端部に電氣的に接続される。回路192の第2端部は出力194に電氣的に接続される。出力194及び抵抗器190の第2導線は、接続点196に電氣的に接続される。接続点196は、ポテンシオメータ200の第1導線198に電氣的に接続される。導線198は、抵抗201を介してポテンシオメータ200の第2導線202に電氣的に接続される。例示的な実施形態においては、導線198と導線202との間の電気抵抗の大きさは、ポテンシオメータ200が不使用の場合、つまり回路に何も導線が接続されていない場合には、800オームである。別の実施形態においては、ポテンシオメータ200は、定格が50ワットになっている。ポテンシオメータ200の第3導線204は、ワイパ206を介して可変方式でポテンシオメータ200の抵抗201に電氣的に接続されており、ワイパ206が第1の方向208に回転された場合には、導線204及び導線198間の抵抗値がほぼゼロオームであり、かつ導線204及び導線202間の抵抗値が導線198及び導線202間の抵抗値にほぼ等しくなり、また、ワイパ206が第2の方向210に回転された場合には、導線204及び導線202間の抵抗値がほぼゼロオームであり、かつ導線204及び導線198間の抵抗値が導

10

20

30

40

50

線 1 9 8 及び導線 2 0 2 間の抵抗値にほぼ等しくなるようになっている。別の実施形態においては、ポテンシオメータ 2 0 0 は、導線 1 9 8 及び導線 2 0 2 間に抵抗 2 0 1 を形成するように電氣的に直列に連結された複数の固定抵抗器と、導線 2 0 4 及び抵抗 2 0 1 間に電氣的連結をもたすスイッチ接点とを有する回転式のメイクピフォアブレーク・スイッチである。導線 2 0 2 は、抵抗器 2 1 2 の第 1 導線に電氣的に接続され、また抵抗器 2 1 2 の第 2 導線は接続点 1 8 2 に電氣的に接続される。1 つの実施形態においては、抵抗器 2 1 2 は、1 0 0 0 オームの抵抗器である。

【 0 0 2 2 】

導線 2 0 4 は、接続点 2 1 4 に電氣的に接続される。接続点 2 1 4 は更に、抵抗器 2 1 6 の第 1 導線に電氣的に接続される。抵抗器 2 1 6 の第 2 導線は、ダイオード 2 1 8 の陰極に電氣的に接続される。ダイオード 2 1 8 の陽極は、接続点 1 8 2 に電氣的に接続される。

10

【 0 0 2 3 】

接続点 2 1 4 は更に、テストポイント 2 2 0 と抵抗器 2 2 2 の第 1 導線とに電氣的に接続される。抵抗器 2 2 2 の第 2 導線は、テストポイント 2 2 4 と可飽和リアクトル 2 2 8 の制御コイル 2 2 6 の第 1 導線とに電氣的に接続される。制御コイル 2 2 6 の第 2 導線は、ダイオード 2 3 0 の陽極に電氣的に接続される。ダイオード 2 3 0 の陰極は、抵抗器 2 3 2 の第 1 導線に電氣的に接続される。抵抗器 2 3 2 の第 2 導線は、接続点 1 8 6 に電氣的に接続される。抵抗器 2 3 2 の第 1 導線及びダイオード 2 3 0 の陰極は更に、入力 1 5 2 の第 1 線 2 3 4 に電氣的に接続される。入力 1 5 2 の第 2 線 2 3 6 は、接続点 1 8 2 に電氣的に接続される。可飽和リアクトル 2 2 8 は、電力整流回路 1 3 4 における一次巻線（図示せず）及び負及び正の帰還回路 1 5 4 における二次巻線（図示せず）に磁氣的に連結される。

20

【 0 0 2 4 】

運転中、制御回路 1 4 6 は、入力 1 5 2 に入力される速度装置 1 1 6 からの電圧と、入力 1 4 4 に入力される交流発電機 1 1 8 からの減量電圧とを、ポテンシオメータ 2 0 0 における設定値と比較して、制御コイル 2 2 6 に流すべき電流出力を生成する。制御コイル 2 2 6 における電流の流れと、一次巻線（正帰還）と、二次巻線（負帰還）との組み合わせられた作用により可飽和リアクトル中に作りだされた磁束が、ファイヤリング回路 1 3 8 のファイヤリング特性を制御する。制御コイル 2 2 6 の電流の増大は、可飽和リアクトル 2 2 8 の飽和度を減少させ、従って、励磁器 1 2 2 に対する電圧調整器 1 0 0 の出力を減少させる。電圧調整器 1 0 0 システムの安定性は、2 つの帰還調整によって支配される。帰還回路 1 5 4 内の容量は、ほぼ 1 1 2 0 マイクロファラッドの最大値まで切替えることによって調整される。付加的安定性は、リード補償回路 1 9 2 を使用して付加される。

30

【 0 0 2 5 】

図 4 は、リード補償回路 1 9 2 の概略線図である。入力 1 8 8 は、チューニングポイント 2 3 8 及びスイッチ 2 4 0 の第 1 導線に電氣的に接続される。スイッチ 2 4 0 の第 2 導線は、チューニングポイント 2 4 2、抵抗器 2 4 4 の第 1 導線、及び時間遅延リレー 2 4 8 の接点 2 4 6 の第 1 導線に電氣的に接続される。リレー 2 4 8 のコイルは、再循環制御システム（図示せず）に電氣的に接続される。接点 2 4 6 の第 2 導線は、接続点 2 5 0 に電氣的に接続される。抵抗器 2 4 4 の第 2 導線は、チューニングポイント 2 5 2 及び接続点 2 5 0 に電氣的に接続される。接続点 2 5 0 は更に、スイッチ 2 5 4 の第 1 導線、抵抗器 2 5 6 の第 1 導線、及びコンデンサ 2 5 8 の第 1 導線に電氣的に接続される。抵抗器 2 5 6 の第 2 導線は、スイッチ 2 4 8 の第 2 導線及びコンデンサ 2 6 0 の第 1 導線に電氣的に接続される。コンデンサ 2 5 8 の第 2 導線及びコンデンサ 2 6 0 の第 2 導線は、出力 1 9 4 に電氣的に接続される。

40

【 0 0 2 6 】

運転中、リード補償回路 1 9 2 は、電圧調整器 1 0 0 に容量リアクタンスを与えて、調整器 1 0 0 の制御安定性を改善する。再循環システムの運転の間、電圧調整器 1 0 0 及び M G 1 0 6 は、最大 M G 速度を制限し、従って達成可能な最大炉心流量を制限する安定作動

50

範囲を有する。そのような範囲を上回る作動では、MG106の出力電圧及び電流の振動が生じる。過度に大きい振動は、過電流リレーを作動させ、再循環システムを停止させる。リード補償回路192は、抵抗器190及び回路192に並列に連結される。抵抗器190及び回路192は更に、ポテンショメータ200に直列に連結される。再循環システムの運転の間、リード補償回路192は、オフラインとされることができ、このことは、スイッチ240が開いており、回路192が調整器100の作動には何の影響も与えないことを意味する。回路192をオンラインにするために、調整器100の作動に過渡電流を誘起しないようにしてスイッチ240が閉じられる。外部可変抵抗器（図示せず）が、スイッチ240に並列に回路192に連結される。この外部可変抵抗器は、第1導線と第2導線との間に最大抵抗が形成されるように構成される。例示的な実施形態においては、この外部可変抵抗器は、50,000オームの最大抵抗を有する。外部抵抗器の第1導線は、ポイント238に電氣的に接続される。外部抵抗器の第2導線は、ポイント242に電氣的に接続され、スイッチ240が閉じられる。この外部抵抗の抵抗値は、回路192を通る電流を、回路192が実際にはまだオンラインではないようなレベルに制限するのに十分である。外部抵抗器の抵抗は、再循環システムの流量並びにMG106の電圧及び電流の応答を観察しながら、徐々に除去される。外部抵抗器から全ての抵抗が除去されたとき、スイッチ240が閉じられてリード補償回路192が起動され、また外部抵抗がポイント238及びポイント242から取外される。

【0027】

再循環システムの始動の間、回路192は、時間遅延リレー248の設定によって制御された時間遅延の間オフラインである。接点246を開状態に保持して、回路192の電流が抵抗器244を通るように強制される。例示的な実施形態においては、抵抗器244は、10,000オームの抵抗器である。抵抗器244は、再循環システムの始動の間に、調整器100の作動に与える電流の影響を制限するのに十分なように、回路192内の該電流を制限する。時間遅延リレー248の時間遅延設定が時間切れになった後に、抵抗器244を迂回する接点246が閉じられ、電流が抵抗器244を迂回できるようにする。調整器100の安定性は更に、スイッチ254の位置によって調整される。スイッチ254が開いている場合、電流は抵抗器256を通るように強制され、それによってリード補償回路に対するコンデンサ260の影響を制限する。スイッチ254が閉じている場合、該スイッチにより抵抗器256を迂回して、全ての電流がコンデンサ260を通して流れるようにし、それによって調整器100におけるリード補償作用を増大させる。例示的な実施形態においては、抵抗器256は、10Kオームの抵抗器であり、コンデンサ258は、560マイクロファラッドのコンデンサであり、また、コンデンサ260は、640マイクロファラッドのコンデンサである。

【0028】

図5は、異なる値の負帰還及びリード補償を使用した場合における電圧調整器100の応答の3つのトレースを示すグラフである。各トレースの水平軸は、制御回路146への5%のステップ変化の開始を表す時刻286から、該時刻286の後の出力がほぼ安定する時刻を表す時刻288迄の時間を表す。例示的な実施形態においては、時刻286は、ほぼゼロ秒であり、また時刻288は、ほぼ1.2秒である。トレースの垂直軸290は、変圧器142の二次巻線において測定された交流発電機118の出力電圧の大きさを表す。トレース262は、調整器100回路において560マイクロファラッドの負帰還を使用した場合におけるシステム応答の大きさ292を表す。トレース272は、調整器100回路において1120マイクロファラッドの負帰還を使用した場合におけるシステム応答の大きさ294を表す。トレース282は、1120マイクロファラッドの負帰還に加え、1120マイクロファラッドのリード補償容量を使用した場合におけるシステム応答の大きさ296を表す。

【0029】

上述のリード補償回路は、費用効果がありかつ高い信頼性がある。リード補償回路は、容量リアクタンスを含み、この容量リアクタンスが、定格を高める前の原子炉の炉心流量

10

20

30

40

50

よりも大きな流量での運転時における再循環システムの振動を減少させることを可能にする。リード補償回路は、再循環システムを運転させながら、使用のために挿入しかつ該使用から取外すことができる複数のコンデンサを含み、このことにより、システムの運転及び保守を容易にする。その結果、このリード補償回路は、費用効果がありかつ信頼性がある方法で、原子炉再循環システムの運転及び保守を可能にする。

【 0 0 3 0 】

本発明を、様々な特定の実施形態について説明してきたが、本発明が特許請求の範囲の技術思想及び技術的範囲内の変更によって実施することができることは、当業者には明らかであろう。

【 図面の簡単な説明 】

10

【 0 0 3 1 】

【 図 1 】 沸騰水型原子炉の圧力容器の断面図。

【 図 2 】 原子炉再循環システムの電動発電機セットの電圧調整器についてのブロック図。

【 図 3 】 電動発電機 (M G) の電圧調整器の制御回路の概略線図。

【 図 4 】 リード補償回路の概略線図。

【 図 5 】 電圧調整器応答の 3 つのトレースを示すグラフ。

【 符号の説明 】

【 0 0 3 2 】

1 0 0 電圧調整器回路

1 0 2 再循環ポンプ

1 0 4 再循環ポンプの電動機

1 0 6 電動発電機

1 0 8 誘導駆動電動機

1 1 0 速度制御装置

1 1 6 速度検出装置

1 1 8 交流発電機

1 2 0 流量制御回路

1 2 2 励磁器

1 2 4、1 3 0 変圧器

1 2 7 リレー

1 2 8 外部電源

1 3 4 電力整流回路

1 3 6 全波整流回路

1 3 8 ファイヤリング回路

1 4 0 界磁

1 4 2 3 相変圧器

1 4 6 制御回路

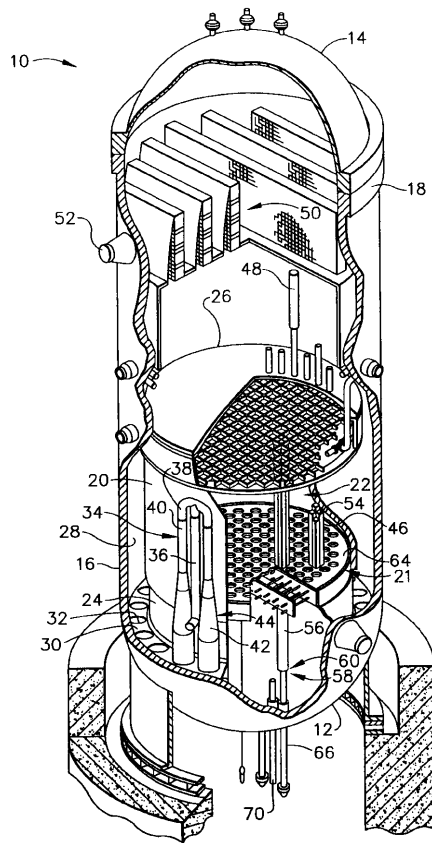
1 4 8 電源

1 5 4 負及び正の帰還回路

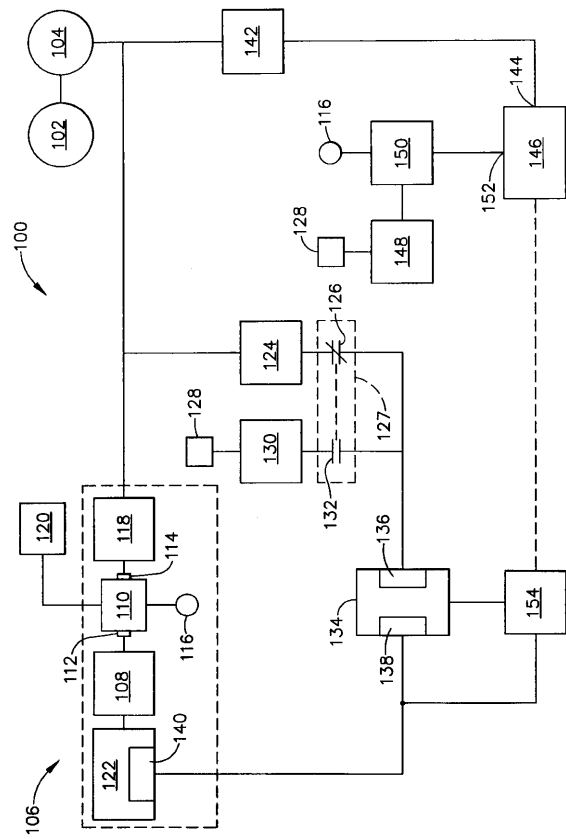
20

30

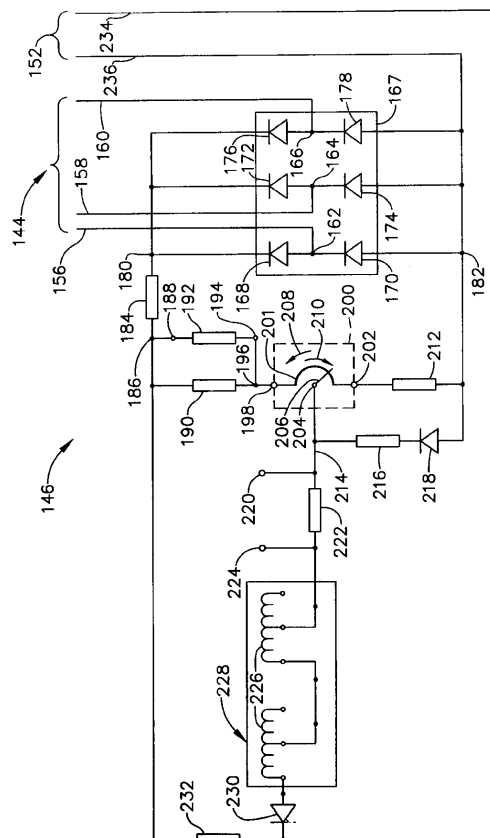
【図 1】



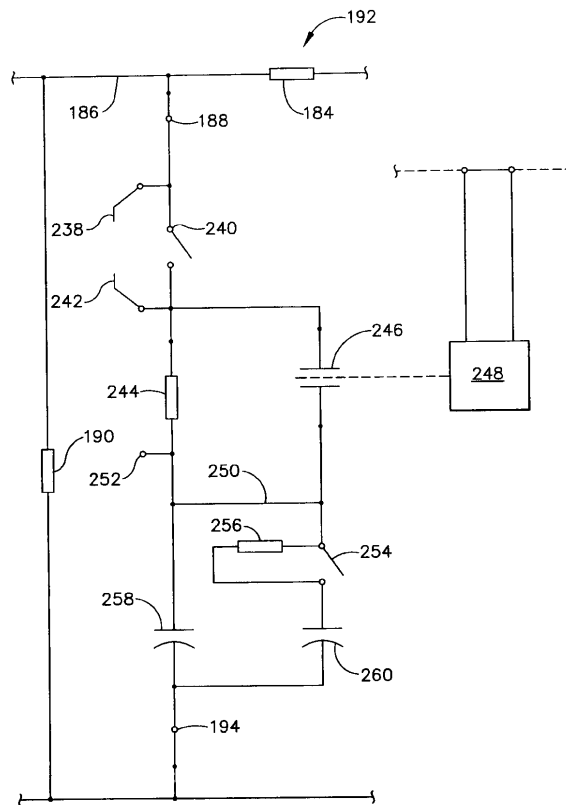
【図 2】



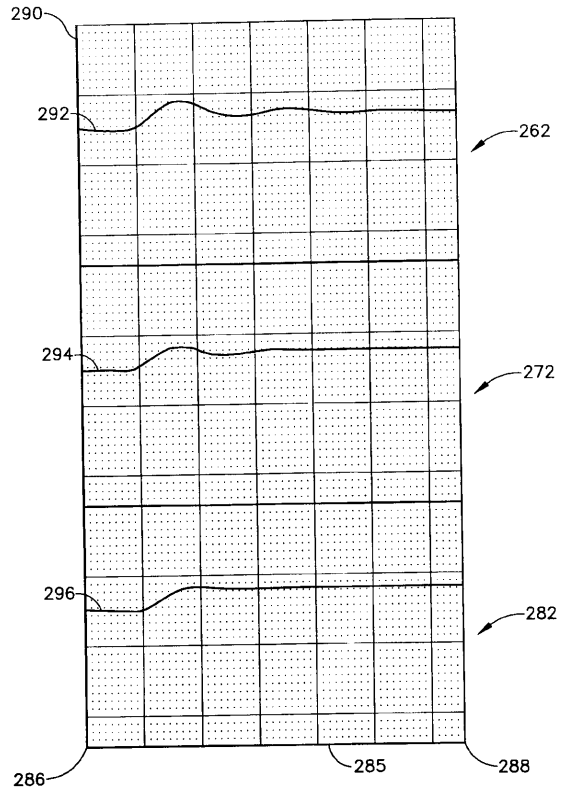
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

- (72)発明者 ジェームズ・スティーブン・モクリ
アメリカ合衆国、カリフォルニア州、ロス・ガトス、ロン・ロード、17088番
- (72)発明者 ネルソン・ジェイ・ペトロニ
アメリカ合衆国、カリフォルニア州、サン・ノゼ、ラ・ミラダ、2525番
- (72)発明者 ウィリアム・マイケル・シュタイナー
アメリカ合衆国、カリフォルニア州、サン・ノゼ、セッションズ・ドライブ、6895番
- (72)発明者 スティーブン・エル・ジョスリン
アメリカ合衆国、カリフォルニア州、サン・ノゼ、マンダ・ドライブ、3293番
- (72)発明者 クレイグ・アーネスト・リーティ
アメリカ合衆国、カリフォルニア州、プレゼントン、パートレット・プレイス、1012番

審査官 西村 泰英

- (56)参考文献 特開平8-50190(JP,A)
特開平6-292386(JP,A)
実開平4-10598(JP,U)
特開平8-154400(JP,A)
特公昭51-40245(JP,B2)
実開昭55-143699(JP,U)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02P	9/00
G21C	7/26
G21C	15/243
H02P	9/48