

(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 1

| | | | |
|-------------|-----------|-------------|-----|
| 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)
 (22) 出願日 平成15年9月12日 (2003.9.12)
 (65) 公開番号 特開2004-112996 (P2004-112996A)
 (43) 公開日 平成16年4月8日 (2004.4.8)
 審査請求日 平成18年9月11日 (2006.9.11)
 (31) 優先権主張番号 10/243,309
 (32) 優先日 平成14年9月13日 (2002.9.13)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 390041542
 ゼネラル・エレクトリック・カンパニー
 GENERAL ELECTRIC COMPANY
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネクタディ、リバーロード、1番
 (74) 代理人 100137545
 弁理士 荒川 聰志
 (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

、
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

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気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

、前記ボルト／ヘルツ分割器回路網の出力に電気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）に対して電気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）に電気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）と電気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）に対して電気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気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気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導線に対して電気的に連結された第1テストポイント（238）と、該スイッチの第2導線に対して電気的に連結された第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。

10

【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でき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してきた。

20

【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

30

【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事が保証される。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】

40

【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気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気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。

50

【0007】

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気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気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気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気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気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気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

【0008】

図1は、沸騰水型原子炉の圧力容器(RPV)10の一部を破断した断面図である。RPV10は、ほぼ円筒形の形状を有し、一端部が底部ヘッド12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14によって閉じられる。側壁16が、底部ヘッド12から上部ヘッド14まで伸びる。側壁16は、上部フランジ18を含む。上部ヘッド14は、上部フランジ18に取付けられる。円筒形状にされた炉心シュラウド20が、原子炉炉心22と反射体21と呼ばれるバイパス水領域とを囲む。炉心シュラウド20は、一端部がシュラウド支持体24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26を含む。降水管領域28は、炉心シュラウド20と側壁16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30が、シュラウド支持体24とRPV側壁16との間で伸びる。ポンプデッキ30は、複数の円形開口部32を含み、各開口部はジェットポンプ34を収容する。ジェットポンプ34は、炉心シュラウド20の周りに円周方向に分散配置される。入口昇水管36が、移行組立体38によって2つのジェットポンプ34に連結される。各ジェットポンプ34は、入口ミキサ40とディフューザ42とを含む。入口昇水管36及び2つの接続されたジェットポンプ34が、ジェットポンプ組立体44を形成する。

20

【0009】

熱は、核分裂物質の複数の燃料バンドル46を含む炉心22内で発生される。炉心22を通じ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48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50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14近くの蒸気出口52を通じてRPV10を出る。

30

【0010】

炉心22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54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54が燃料バンドル46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22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。

【0011】

各制御棒54は、制御棒駆動チューブ56を介して制御棒駆動機構(CRDM)58と連結されて、制御棒装置60を形成する。CRDM58は、燃料バンドル46に隣接して炉心支持板64に対して、制御棒54を移動させる。CRDM58は、底部ヘッド12を貫通して伸び、制御棒駆動機構ハウジング66内に納められる。制御棒案内チューブ56が、制御棒駆動機構ハウジング66から炉心支持プレート64まで垂直方向に伸びる。制御棒案内チューブ56は、制御棒54の挿入及び抜き抜きの間に、制御棒54が非垂直方向に運くのを制限する。制御棒案内チューブ56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形状とすることができます。

40

【0012】

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、流体継出手出力の速度が変化する。AC プラシレス励磁器 122 は、MG 106 に電気的に接続され、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。

【0013】

交流発電機 118 の出力は、変圧器 124 の一次巻線に電気的に接続される。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 側に電気的に接続される。120 ボルト、60 Hz の外部電源 128 が、変圧器 130 の一次巻線に電気的に接続される。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 側に電気的に接続される。接点 126 及び 132 の第 2 側は、電力整流回路 134 に電気的に接続される。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 に電気的に接続される。

【0014】

交流発電機 118 の出力はまた、3 相変圧器 142 の一次巻線に電気的に接続される。変圧器 142 の二次巻線は、制御回路 146 の第 1 入力 144 に電気的に接続される。また、ユーザ電源 128 が、電源 148 に電気的に接続される。電源 148 は、速度検出装置 116 に電気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、可飽和リクトル（図 2 では図示せず、図 3 のリクトル 228）を介して負及び正の帰還回路 154 に磁気的に連結される。負及び正帰還回路 154 に対する入力は、励磁器 122 の界磁 140 に電気的に接続される。

【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。

【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 が閉じまた接点 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

10

20

30

40

50

3 6 に対する入力は、交流発電機 1 1 8 の出力に切替えられる。

【 0 0 1 7 】

電源 1 2 8 及び交流発電機 1 1 8 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 1 3 6 に電力が供給されるように、最大 2 4 0 V a c の電力整流回路 1 3 4 に印加される。ファイヤリング回路 1 3 8 は、整流器 1 3 6 からの整流波形を調整し、励磁器の界磁 1 4 0 のための電圧及び電流を供給する。

【 0 0 1 8 】

負及び正の帰還回路 1 5 4 からの電流は、可飽和リアクトル 2 2 8 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 1 5 4 は、5 6 0 マイクロファラッドの基本容量を有し、更なる 5 6 0 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。外部ポテンショ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 1 0 0 の付加的な安定性は、制御回路 1 4 6 におけるリード補償回路によって与えられる。

10

【 0 0 1 9 】

制御回路 1 4 6 は、入力 1 5 2 に入力される速度検出装置 1 1 6 からの出力電圧と、入力 1 4 4 に入力される交流発電機 1 1 8 からの出力電圧とを、ボルト / H z 調整ポテンショメータ(図 3 の 2 0 0)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。

【 0 0 2 0 】

図 3 は、電圧調整器 1 0 0 の制御回路 1 4 6 の概略線図である。発電機 1 1 8 の出力即ちポンプ 1 0 4 への入力 1 4 4は、図 3 では、3 つの相線 1 5 6 、 1 5 8 及び 1 6 0 を含む。相線 1 5 6 、 1 5 8 及び 1 6 0 は、3 相全波整流器 1 6 7 のそれぞれ接続点 1 6 2 、 1 6 4 及び 1 6 6 に電気的に接続される。接続点 1 6 2 は、整流器 1 6 8 の陽極及び整流器 1 7 0 の陰極に電気的に接続される。接続点 1 6 4 は、整流器 1 7 2 の陽極及び整流器 1 7 4 の陰極に電気的に接続される。接続点 1 6 6 は、整流器 1 7 6 の陽極及び整流器 1 7 8 の陰極に電気的に接続される。各整流器 1 6 8 、 1 7 2 及び 1 7 6 の陰極は、接続点 1 8 0 に電気的に接続される。各整流器 1 7 0 、 1 7 4 及び 1 7 8 の陽極は、接続点 1 8 2 に電気的に接続される。接続点 1 8 0 は、抵抗器 1 8 4 の第 1 導線に電気的に接続される。抵抗器 1 8 4 の第 2 導線は、接続点 1 8 6 に電気的に接続される。1 つの実施形態においては、抵抗器 1 8 4 は、3 3 0 オームの抵抗器である。接続点 1 8 6 は、接続点 1 8 2 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 1 6 7 に対する A C 入力電圧が例えれば 2 3 0 V A C である場合には、接続点 1 8 2 に対する接続点 1 8 6 の電位差は約 2 6 0 V D C である。

20

【 0 0 2 1 】

接続点 1 8 6 は、リード補償回路の入力 1 8 8 及び抵抗器 1 9 0 の第 1 導線に電気的に接続される。例示的な実施形態においては、抵抗器 1 9 0 は、6 8 0 オームの抵抗器である。入力 1 8 8 は、リード補償回路 1 9 2 の第 1 端部に電気的に接続される。回路 1 9 2 の第 2 端部は出力 1 9 4 に電気的に接続される。出力 1 9 4 及び抵抗器 1 9 0 の第 2 導線は、接続点 1 9 6 に電気的に接続される。接続点 1 9 6 は、ポテンショメータ 2 0 0 の第 1 導線 1 9 8 に電気的に接続される。導線 1 9 8 は、抵抗 2 0 1 を介してポテンショメータ 2 0 0 の第 2 導線 2 0 2 に電気的に接続される。例示的な実施形態においては、導線 1 9 8 と導線 2 0 2 との間の電気抵抗の大きさは、ポテンショメータ 2 0 0 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、8 0 0 オームである。別の実施形態においては、ポテンショメータ 2 0 0 は、定格が 5 0 ワットになっている。ポテンショメータ 2 0 0 の第 3 導線 2 0 4 は、ワイヤ 2 0 6 を介して可変方式でポテンショメータ 2 0 0 の抵抗 2 0 1 に電気的に接続されており、ワイヤ 2 0 6 が第 1 の方向 2 0 8 に回転された場合には、導線 2 0 4 及び導線 1 9 8 間の抵抗値がほぼゼロオームであり、かつ導線 2 0 4 及び導線 2 0 2 間の抵抗値が導線 1 9 8 及び導線 2 0 2 間の抵抗値にほぼ等しくなり、また、ワイヤ 2 0 6 が第 2 の方向 2 1 0 に回転された場合には、導線 2 0 4 及び導線 2 0 2 間の抵抗値がほぼゼロオームであり、かつ導線 2 0 4 及び導線 1 9 8 間の抵抗値が導

30

40

50

線 198 及び導線 202 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、ポテンショメータ 200 は、導線 198 及び導線 202 間に抵抗 201 を形成するように電気的に直列に連結された複数の固定抵抗器と、導線 204 及び抵抗 201 間に電気的連結をもたらすスイッチ接点とを有する回転式のマイクビフォアブレーキ・スイッチである。導線 202 は、抵抗器 212 の第 1 導線に電気的に接続され、また抵抗器 212 の第 2 導線は接続点 182 に電気的に接続される。1 つの実施形態においては、抵抗器 212 は、1000 オームの抵抗器である。

【 0022 】

導線 204 は、接続点 214 に電気的に接続される。接続点 214 は更に、抵抗器 216 の第 1 導線に電気的に接続される。抵抗器 216 の第 2 導線は、ダイオード 218 の陰極に電気的に接続される。ダイオード 218 の陽極は、接続点 182 に電気的に接続される。

10

【 0023 】

接続点 214 は更に、テストポイント 220 と抵抗器 222 の第 1 導線とに電気的に接続される。抵抗器 222 の第 2 導線は、テストポイント 224 と可飽和リアクトル 228 の制御コイル 226 の第 1 導線とに電気的に接続される。制御コイル 226 の第 2 導線は、ダイオード 230 の陽極に電気的に接続される。ダイオード 230 の陰極は、抵抗器 232 の第 1 導線に電気的に接続される。抵抗器 232 の第 2 導線は、接続点 186 に電気的に接続される。抵抗器 232 の第 1 導線及びダイオード 230 の陰極は更に、入力 152 の第 1 線 234 に電気的に接続される。入力 152 の第 2 線 236 は、接続点 182 に電気的に接続される。可飽和リアクトル 228 は、電力整流回路 134 における一次巻線（図示せず）及び負及び正の帰還回路 154 における二次巻線（図示せず）に磁気的に連結される。

20

【 0024 】

運転中、制御回路 146 は、入力 152 に入力される速度装置 116 からの電圧と、入力 144 に入力される交流発電機 118 からの減量電圧とを、ポテンショメータ 200 における設定値と比較して、制御コイル 226 に流すべき電流出力を生成する。制御コイル 226 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 138 のファイヤリング特性を制御する。制御コイル 226 の電流の増大は、可飽和リアクトル 228 の飽和度を減少させ、従って、励磁器 122 に対する電圧調整器 100 の出力を減少させる。電圧調整器 100 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 154 内の容量は、ほぼ 1120 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 192 を使用して付加される。

30

【 0025 】

図 4 は、リード補償回路 192 の概略線図である。入力 188 は、チューニングポイント 238 及びスイッチ 240 の第 1 導線に電気的に接続される。スイッチ 240 の第 2 導線は、チューニングポイント 242、抵抗器 244 の第 1 導線、及び時間遅延リレー 248 の接点 246 の第 1 導線に電気的に接続される。リレー 248 のコイルは、再循環制御システム（図示せず）に電気的に接続される。接点 246 の第 2 導線は、接続点 250 に電気的に接続される。抵抗器 244 の第 2 導線は、チューニングポイント 252 及び接続点 250 に電気的に接続される。接続点 250 は更に、スイッチ 254 の第 1 導線、抵抗器 256 の第 1 導線、及びコンデンサ 258 の第 1 導線に電気的に接続される。抵抗器 256 の第 2 導線は、スイッチ 248 の第 2 導線及びコンデンサ 260 の第 1 導線に電気的に接続される。コンデンサ 258 の第 2 導線及びコンデンサ 260 の第 2 導線は、出力 194 に電気的に接続される。

40

【 0026 】

運転中、リード補償回路 192 は、電圧調整器 100 に容量リアクタンスを与えて、調整器 100 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 100 及び MG106 は、最大 MG 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に電気的に接続される。外部抵抗器の第2導線は、ポイント242に電気的に接続され、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を通って流れるようにし、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12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あ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。

【0030】

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

【0031】

【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（MG）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】

【0032】

100 電圧調整器回路

20

102 再循環ポンプ

104 再循環ポンプの電動機

106 電動発電機

108 誘導駆動電動機

110 速度制御装置

116 速度検出装置

118 交流発電機

120 流量制御回路

122 励磁器

124、130 変圧器

30

127 リレー

128 外部電源

134 電力整流回路

136 全波整流回路

138 ファイヤリング回路

140 界磁

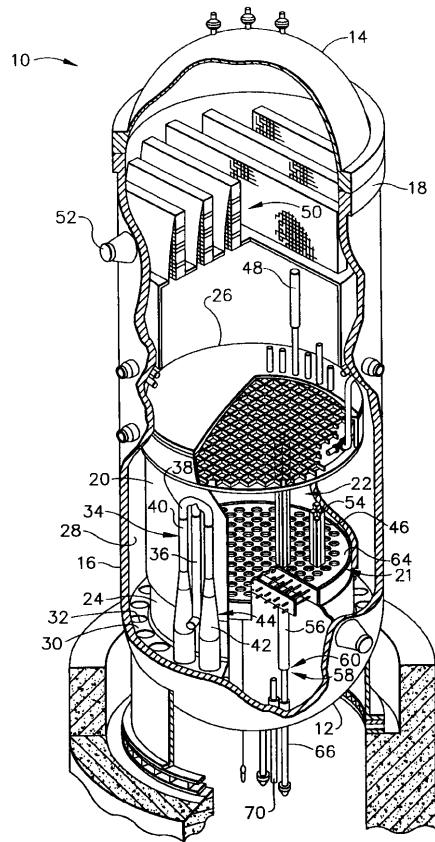
142 3相変圧器

146 制御回路

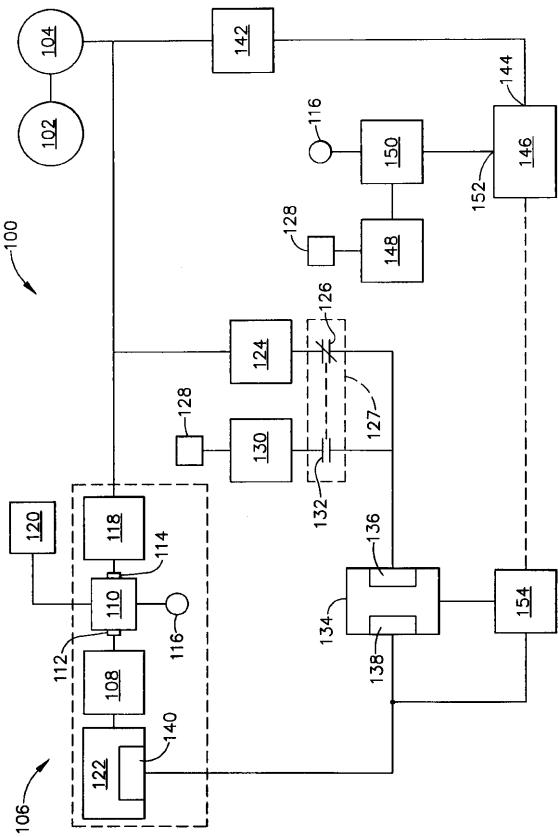
148 電源

154 負及び正の帰還回路

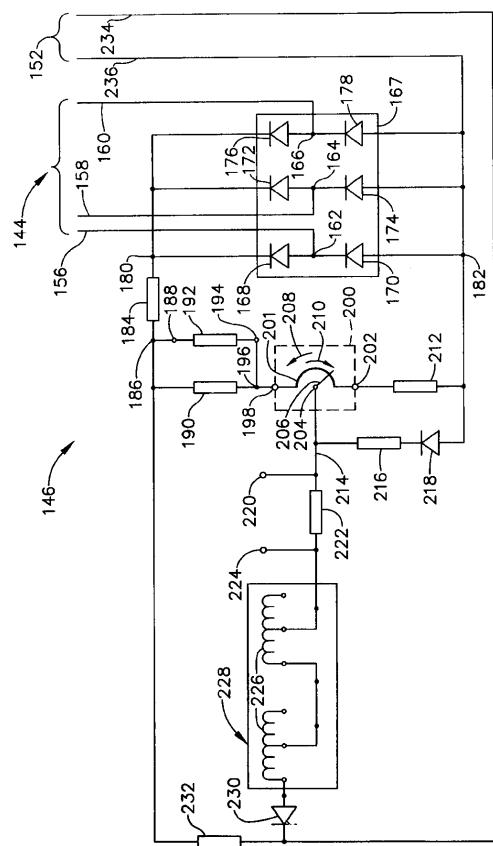
【 义 1 】



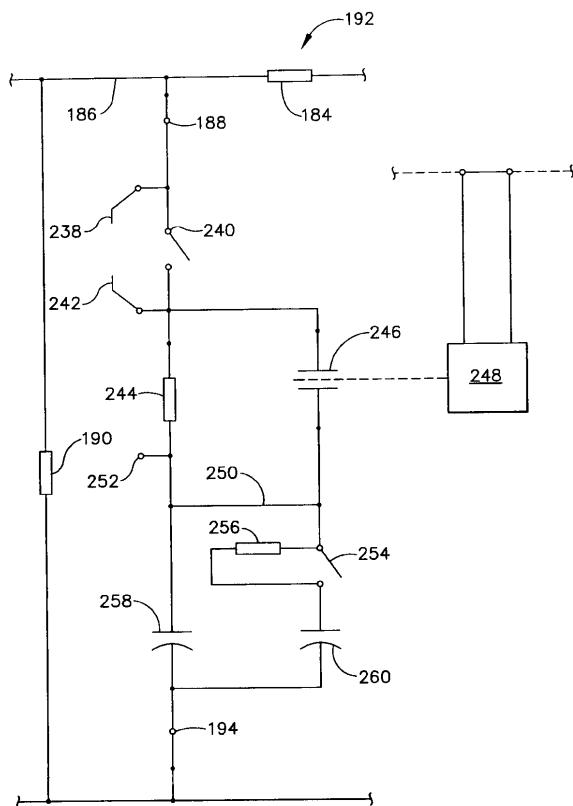
【 図 2 】



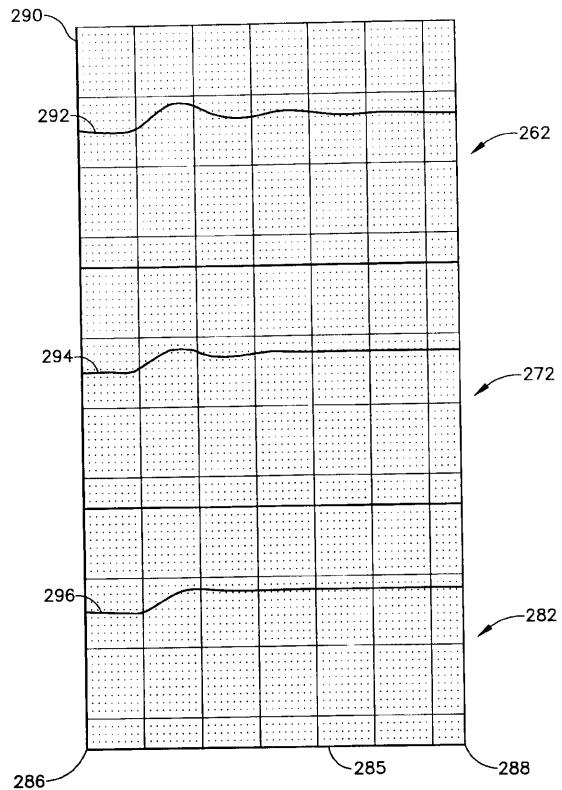
【図3】



【 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・ペトローニ
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・リーティー
アメリカ合衆国、カリフォルニア州、プレザントン、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)

| | |
|--------|----------|
| H 02 P | 9 / 00 |
| G 21 C | 7 / 26 |
| G 21 C | 15 / 243 |
| H 02 P | 9 / 48 |