

(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2017-131285

(P2017-131285A)

(43) 公開日 平成29年8月3日(2017.8.3)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)
A61B	6/03	(2006.01)	A61B	6/03	330A	4C092
H05G	1/20	(2006.01)	H05G	1/20		4C093
H05G	1/48	(2006.01)	H05G	1/48		

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2016-11864 (P2016-11864)
 (22) 出願日 平成28年1月25日 (2016.1.25)

(71) 出願人 594164542
 東芝メディカルシステムズ株式会社
 栃木県大田原市下石上1385番地
 (74) 代理人 110001771
 特許業務法人虎ノ門知的財産事務所
 (72) 発明者 田中 公雄
 栃木県大田原市下石上1385番地 東芝
 メディカルシステムズ株式会社内
 Fターム(参考) 4C092 AA01 AB09 AC17 BB31 CD02
 CE11 CF11 CG01
 4C093 AA22 CA32 CA34 FA15 FA42

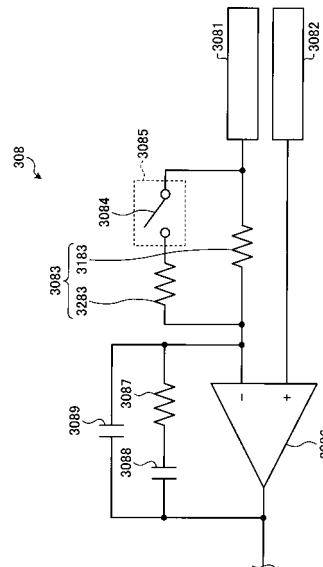
(54) 【発明の名称】 高電圧発生装置及びX線CT装置

(57) 【要約】

【課題】 力率を改善しつつ、負荷変動に対する応答性を向上させること。

【解決手段】 実施形態に係る高電圧発生装置は、オペアンプと、第1の抵抗器と、第2の抵抗器と、コンデンサと、スイッチと、スイッチ操作機構とを備える。第1の抵抗器は、オペアンプの反転入力端子に接続され、力率改善回路が出力する電圧が入力される。第2の抵抗器は、反転入力端子とオペアンプの出力端子とに接続される。コンデンサは、反転入力端子と出力端子とに接続される。スイッチは、第1の抵抗器の抵抗値を変化させること、第2の抵抗器の抵抗値を変化させること及びオペアンプに負帰還が掛かる範囲内でコンデンサの静電容量を変化させることの少なくとも一つを行う。スイッチ操作機構は、X線管によるX線の照射の開始及びX線管によるX線の照射の終了の少なくとも一方により力率改善回路が出力する電圧が変動する時にスイッチを操作する。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

オペアンプと、

前記オペアンプの反転入力端子に接続され、力率改善回路が出力する電圧が入力される第 1 の抵抗器と、

前記反転入力端子と前記オペアンプの出力端子とに接続された第 2 の抵抗器と、

前記反転入力端子と前記出力端子とに接続されたコンデンサと、

前記第 1 の抵抗器の抵抗値を変化させること、前記第 2 の抵抗器の抵抗値を変化させること及び前記オペアンプに負帰還が掛かる範囲内で前記コンデンサの静電容量を変化させることの少なくとも一つを行うスイッチと、

X 線管による X 線の照射の開始及び前記 X 線管による X 線の照射の終了の少なくとも一方により前記力率改善回路が出力する電圧が変動する時に前記スイッチを操作するスイッチ操作機構と、

を備える、高電圧発生装置。

10

【請求項 2】

前記スイッチ操作機構は、前記 X 線管が X 線の照射を開始する時点を含む所定の期間及び前記 X 線管が X 線の照射を終了する時点を含む所定の期間の少なくとも一方の間、前記スイッチを操作したままにしておく、請求項 1 に記載の高電圧発生装置。

【請求項 3】

前記スイッチは、前記第 1 の抵抗器の抵抗値、前記第 2 の抵抗器の抵抗値及び前記コンデンサの静電容量の少なくとも一つを離散的に変化させる、請求項 1 又は請求項 2 に記載の高電圧発生装置。

20

【請求項 4】

前記第 1 の抵抗器及び前記第 2 の抵抗器の少なくとも一方は、複数の抵抗器を含み、

前記スイッチは、前記第 1 の抵抗器及び前記第 2 の抵抗器の少なくとも一方の抵抗値に寄与する前記抵抗器を切り替える、請求項 1 から請求項 3 のいずれか一つに記載の高電圧発生装置。

【請求項 5】

前記第 1 の抵抗器及び前記第 2 の抵抗器の少なくとも一方は、可変抵抗器である、請求項 1 から請求項 3 のいずれか一つに記載の高電圧発生装置。

30

【請求項 6】

前記コンデンサは、複数の分割コンデンサを含み、

前記スイッチは、前記コンデンサの静電容量に寄与する前記分割コンデンサを切り替える、請求項 1 から請求項 3 のいずれか一つに記載の高電圧発生装置。

【請求項 7】

前記コンデンサは、可変コンデンサである、請求項 1 から請求項 3 のいずれか一つに記載の高電圧発生装置。

【請求項 8】

前記オペアンプの非反転入力端子に所定の電圧が入力される、請求項 1 から請求項 7 のいずれか一つに記載の高電圧発生装置。

40

【請求項 9】

前記オペアンプの非反転入力端子に前記 X 線管に供給される電圧が入力される、請求項 1 から請求項 7 のいずれか一つに記載の高電圧発生装置。

【請求項 10】

オペアンプと、

前記オペアンプの反転入力端子に接続され、力率改善回路が出力する電圧が入力される第 1 の抵抗器と、

前記反転入力端子と前記オペアンプの出力端子とに接続された第 2 の抵抗器と、

前記反転入力端子と前記出力端子とに接続されたコンデンサと、

前記第 1 の抵抗器の抵抗値を変化させること、前記第 2 の抵抗器の抵抗値を変化させる

50

こと及び前記オペアンプに負帰還が掛かる範囲内で前記コンデンサの静電容量を変化させることの少なくとも一つを行うスイッチと、

X線管によるX線の照射の開始及び前記X線管によるX線の照射の終了の少なくとも一方により前記力率改善回路が出力する電圧が変動する時に前記スイッチを操作するスイッチ操作機構と、

を備える、X線CT装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、高電圧発生装置及びX線CT装置に関する。

10

【背景技術】

【0002】

高電圧発生装置は、X線CT装置が有するX線管に管電圧を供給する。高電圧発生装置は、高調波規制を満たすため、力率を改善する必要がある。高電圧発生装置の力率を改善する方法には、例えば、リアクトルを使用する方法、力率改善回路(Power Factor Corrector: PFC)を使用する方法がある。

【0003】

リアクトルを使用した場合、高電圧発生装置の力率は、約0.8まで向上する。この場合、50Hz又は60Hzに対応するリアクトルが使用される。しかし、リアクトルを使用した場合における力率は、力率改善回路を使用した場合における力率よりも小さい。また、50Hz又は60Hzに対応するリアクトルは、寸法及び重量が大きい。このため、高電圧発生装置の寸法及び重量が大きくなってしまふ。

20

【0004】

力率改善回路を使用した場合、高電圧発生装置の力率は、約0.95から約0.99まで向上する。これにより、高電圧発生装置の寸法及び重量の増加を抑制しつつ、X線管に電力を供給する交流電源の皮相電力を削減し、交流電源の容量を抑制することができる。しかし、X線の照射を開始する際、高電圧発生装置に掛かる負荷が急増するため、力率改善回路の出力電圧が低下してしまう。また、X線の照射を終了する際、高電圧発生装置に掛かる負荷が急減するため、力率改善回路の出力電圧が上昇してしまう。このため、例えば、管電圧が変動することにより、X線管が照射するX線の線量に変動してしまうことがある。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2013-140739号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明が解決しようとする課題は、力率を改善しつつ、負荷変動に対する応答性を向上させることができる高電圧発生装置及びX線CT装置を提供することである。

40

【課題を解決するための手段】

【0007】

実施形態に係る高電圧発生装置は、オペアンプと、第1の抵抗器と、第2の抵抗器と、コンデンサと、スイッチと、スイッチ操作機構とを備える。第1の抵抗器は、前記オペアンプの反転入力端子に接続され、力率改善回路が出力する電圧が入力される。第2の抵抗器は、前記反転入力端子と前記オペアンプの出力端子とに接続される。コンデンサは、前記反転入力端子と前記出力端子とに接続される。スイッチは、前記第1の抵抗器の抵抗値を変化させること、前記第2の抵抗器の抵抗値を変化させること及び前記オペアンプに負帰還が掛かる範囲内で前記コンデンサの静電容量を変化させることの少なくとも一つを行う。スイッチ操作機構は、X線管によるX線の照射の開始及び前記X線管によるX線の照

50

射の終了の少なくとも一方により前記力率改善回路が出力する電圧が変動する時に前記スイッチを操作する。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】図1は、第1の実施形態に係るX線CT装置の構成例を示す図である。

【図2】図2は、第1の実施形態に係るX線CT装置が行う処理の一例を示すフローチャートである。

【図3】図3は、第1の実施形態に係る高電圧発生装置の構成例を示す図である。

【図4】図4は、第1の実施形態に係るフィードバック回路の構成例を示す図である。

【図5】図5は、全波整流により発生する脈流に含まれる振動成分の一例を示す図である

10

【図6】図6は、コンデンサにより平滑化された振動成分の一例を示す図である。

【図7】図7は、インバータ入力電流とインバータ入力電圧の導通角の差が大きい場合の一例を示す図である。

【図8】図8は、インバータ入力電流とインバータ入力電圧の導通角の差が小さい場合の一例を示す図である。

【図9】図9は、ゲインの切り替えを行わない場合におけるインバータ入力電圧及び管電圧の時間変化を示す図である。

【図10】図10は、フィードバック回路のゲインの周波数特性を示す図である。

【図11】図11は、ゲインの切り替えを行う場合におけるインバータ入力電圧、管電圧及びゲインの時間変化を示す図である。

20

【図12】図12は、第2の実施形態に係る高電圧発生装置の構成例を示す図である。

【図13】図13は、フィードバック回路が有するコンデンサ、スイッチ及びスイッチ操作機構の一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、図面を参照して、実施形態に係る高電圧発生装置及びX線CT装置を説明する。なお、以下の実施形態では、重複する説明は適宜省略する。

【0010】

(第1の実施形態)

30

図1を参照しながら、第1の実施形態に係るX線CT装置1の構成について説明する。

図1は、第1の実施形態に係るX線CT装置の構成例を示す図である。X線CT装置1は、図1に示すように、架台2と、寝台20と、コンソール40とを備える。なお、X線CT装置1の構成は、下記の構成に限定されるものではない。

【0011】

架台2は、高電圧発生装置3と、コリメータ調整回路4と、架台駆動回路5と、X線管6と、ウェッジ7と、コリメータ8と、検出器9と、データ収集回路10と、回転フレーム11とを備える。

【0012】

高電圧発生装置3は、X線管6に管電圧を供給する。高電圧発生装置3の詳細は、後述する。

40

【0013】

コリメータ調整回路4は、コリメータ8の開口度及び位置を調整することにより、X線管6が発生させたX線の照射範囲を調整する。架台駆動回路5は、回転フレーム11を回転させることにより、被検体Pを中心とする円軌道上でX線管6及び検出器9を回転させる。X線管6は、高電圧発生装置3が供給する管電圧によりX線を発生させる。ウェッジ7は、X線管6が発生させたX線の線量を調節するためのX線フィルタである。コリメータ8は、X線の照射範囲を調整するためのスリットである。コリメータ8の開口度及び位置は、コリメータ調整回路4により調整される。

【0014】

50

検出器 9 は、X 線を検出する。検出器 9 は、複数の検出素子を有する。検出器 9 は、X 線管 6 が発生させた X 線を検出素子により検出する。検出素子は、入射した X 線を電気信号に変換し、この電気信号をデータ収集回路 10 へ出力する。検出器 9 が有する検出素子の大きさ、形状及び数は、特に限定されない。なお、検出器 9 は、直接変換型及び間接変換型のいずれでもよい。データ収集回路 10 は、検出素子が出力した電気信号に基づいて投影データを生成する。回転フレーム 11 は、円環状のフレームである。回転フレーム 11 は、X 線管 6 及び検出器 9 を支持する。X 線管 6 と検出器 9 は、対向している。回転フレーム 11 は、架台駆動回路 5 により駆動され、被検体 P を中心として回転する。

【0015】

寝台 20 は、天板 21 と、寝台駆動回路 22 とを備える。天板 21 は、被検体 P が載せられる板状の部材である。寝台駆動回路 22 は、被検体 P が載せられた天板 21 を移動させることにより、被検体 P を架台 2 の撮影口内で移動させる。

10

【0016】

コンソール 40 は、入力回路 41 と、ディスプレイ 42 と、投影データ記憶回路 43 と、画像記憶回路 44 と、記憶回路 45 と、処理回路 46 とを備える。

【0017】

入力回路 41 は、指示や設定を入力するユーザにより使用される。入力回路 41 は、例えば、マウス、キーボードに含まれる。入力回路 41 は、ユーザが入力した指示や設定を処理回路 46 に転送する。入力回路 41 は、例えば、プロセッサにより実現される。

【0018】

ディスプレイ 42 は、ユーザが参照するモニタである。ディスプレイ 42 は、例えば、CT 画像、ユーザが指示や設定を入力する際に使用する GUI (Graphical User Interface) を表示する旨の指示を処理回路 46 から受ける。ディスプレイ 42 は、この指示に基づいて CT 画像や GUI を表示する。

20

【0019】

投影データ記憶回路 43 は、後述する前処理機能 463 により生成された生データ (Raw Data) を記憶する。画像記憶回路 44 は、後述する画像生成機能 464 により生成された CT 画像を記憶する。

【0020】

記憶回路 45 は、高電圧発生装置 3、コリメータ調整回路 4、架台駆動回路 5 及びデータ収集回路 10 が上述した機能を実現するためのプログラムを記憶する。記憶回路 45 は、寝台駆動回路 22 が上述した機能を実現するためのプログラムを記憶する。記憶回路 45 は、処理回路 46 が後述するスキャン制御機能 461、スイッチ操作機能 462、前処理機能 463、画像生成機能 464、表示制御機能 465、制御機能 466 及びその他の機能それぞれを実現するためのプログラムを記憶する。したがって、高電圧発生装置 3、コリメータ調整回路 4、架台駆動回路 5、データ収集回路 10、寝台駆動回路 22 及び処理回路 46 は、記憶回路 45 に記憶されているプログラムを読み出して実行することにより、その機能を実現する。

30

【0021】

また、投影データ記憶回路 43、画像記憶回路 44 及び記憶回路 45 は、記憶されている情報をコンピュータにより読み出すことができる記憶媒体を有する。記憶媒体は、例えば、ハードディスクである。

40

【0022】

処理回路 46 は、スキャン制御機能 461、スイッチ操作機能 462、前処理機能 463、画像生成機能 464、表示制御機能 465 及び制御機能 466 を有する。これらの機能の詳細は、後述する。処理回路 46 は、例えば、プロセッサにより実現される。

【0023】

図 2 を参照しながら、第 1 の実施形態に係る X 線 CT 装置 1 の処理の一例について説明する。図 2 は、第 1 の実施形態に係る X 線 CT 装置が行う処理の一例を示すフローチャートである。

50

【 0 0 2 4 】

処理回路 4 6 は、図 2 に示すように、スキャンを実行し、投影データを収集する（ステップ S 1）。ステップ S 1 の処理は、例えば、次のようなものである。

【 0 0 2 5 】

処理回路 4 6 は、記憶回路 4 5 からスキャン制御機能 4 6 1 に相当するプログラムを読み出して実行する。スキャン制御機能 4 6 1 は、スキャンを実行するために X 線 CT 装置 1 を制御する機能である。例えば、処理回路 4 6 は、スキャン制御機能 4 6 1 を実行することにより、X 線 CT 装置 1 を次のように制御する。

【 0 0 2 6 】

処理回路 4 6 は、寝台駆動回路 2 2 を制御することにより、被検体 P を架台 2 の撮影口内へ移動させる。処理回路 4 6 は、架台 2 に被検体 P のスキャンを実行させる。具体的には、処理回路 4 6 は、高電圧発生装置 3 を制御することにより、X 線管 6 へ管電圧を供給させる。処理回路 4 6 は、コリメータ調整回路 4 を制御することにより、コリメータ 8 の開口度及び位置を調整する。また、処理回路 4 6 は、架台駆動回路 5 を制御することにより、回転フレーム 1 1 を回転させる。そして、処理回路 4 6 は、データ収集回路 1 0 を制御することにより、データ収集回路 1 0 に投影データを収集させる。X 線 CT 装置 1 が実行するスキャンは、例えば、コンベンショナルスキャン、ヘリカルスキャン、ステップアンドシュートである。

10

【 0 0 2 7 】

また、処理回路 4 6 は、記憶回路 4 5 からスイッチ操作機能 4 6 2 に相当するプログラムを読み出して実行する。スイッチ操作機能 4 6 2 の詳細は、後述する。

20

【 0 0 2 8 】

処理回路 4 6 は、図 2 に示すように、投影データに前処理を施す（ステップ S 2）。ステップ S 2 の処理は、例えば、次のようなものである。

【 0 0 2 9 】

処理回路 4 6 は、記憶回路 4 5 から前処理機能 4 6 3 に相当するプログラムを読み出して実行する。前処理機能 4 6 3 は、データ収集回路 1 0 により生成された投影データを補正する機能である。この補正は、例えば、対数変換、オフセット補正、感度補正、ビームハードニング補正、散乱線補正である。前処理機能 4 6 3 により補正された投影データは、投影データ記憶回路 4 3 に格納される。なお、前処理機能 4 6 3 により補正された投影データは、生データとも呼ばれる。

30

【 0 0 3 0 】

処理回路 4 6 は、図 2 に示すように、CT 画像を生成し、表示する（ステップ S 3）。ステップ S 3 の処理は、例えば、次のようなものである。

【 0 0 3 1 】

処理回路 4 6 は、記憶回路 4 5 から画像生成機能 4 6 4 に相当するプログラムを読み出して実行する。画像生成機能 4 6 4 は、投影データ記憶回路 4 3 に格納されている生データを再構成し、CT 画像を生成する機能である。再構成方法は、例えば、逆投影処理、逐次近似法である。処理回路 4 6 は、記憶回路 4 5 から表示制御機能 4 6 5 に相当するプログラムを読み出して実行する。表示制御機能 4 6 5 は、画像記憶回路 4 4 に格納されている CT 画像をディスプレイ 4 2 に表示する機能である。

40

【 0 0 3 2 】

なお、処理回路 4 6 は、上述した処理を実行する際、適宜、記憶回路 4 5 から制御機能 4 6 6 に相当するプログラムを読み出して実行する。制御機能 4 6 6 は、架台 2、寝台 2 0 及びコンソール 4 0 の各構成要素を目的に応じて適切なタイミングで動作させる機能及びその他の機能を含む。

【 0 0 3 3 】

図 3 及び図 4 を参照しながら、第 1 の実施形態に係る高電圧発生装置 3 の構成を説明する。図 3 は、第 1 の実施形態に係る高電圧発生装置の構成例を示す図である。図 4 は、第 1 の実施形態に係るフィードバック回路の構成例を示す図である。

50

【0034】

高電圧発生装置3は、図3に示すように、交流電源301と、ダイオード3021と、ダイオード3022と、ダイオード3023と、ダイオード3024と、コンデンサ303と、コイル304と、n型MOSFET305と、ダイオード306と、コンデンサ307と、フィードバック回路308と、スイッチング回路309と、インバータ回路310と、高電圧発生回路311と、フィードバック回路312と、スイッチング回路313とを備える。

【0035】

交流電源301の一方の端子は、ダイオード3021のアノード及びダイオード3024のカソードと接続されている。交流電源301の他方の端子は、ダイオード3022のカソード及びダイオード3023のアノードと接続されている。

10

【0036】

ダイオード3021、ダイオード3022、ダイオード3023及びダイオード3024は、ダイオードブリッジを形成している。したがって、これら四つのダイオードは、次のように接続されている。

【0037】

ダイオード3021のアノードは、交流電源301の一方の端子及びダイオード3024のカソードと接続されている。ダイオード3021のカソードは、ダイオード3023のカソード及びコンデンサ303の一方の端子と接続されている。ダイオード3022のアノードは、ダイオード3024のアノード及びコンデンサ303の他方の端子と接続されている。ダイオード3022のカソードは、交流電源301の他方の端子及びダイオード3023のアノードと接続されている。

20

【0038】

ダイオード3023のアノードは、交流電源301の他方の端子及びダイオード3022のカソードと接続されている。ダイオード3023のカソードは、ダイオード3021のカソード及びコンデンサ303の一方の端子と接続されている。ダイオード3024のアノードは、ダイオード3022のアノード及びコンデンサ303の他方の端子と接続されている。ダイオード3024のカソードは、交流電源301の一方の端子及びダイオード3021のアノードと接続されている。

30

【0039】

コンデンサ303の一方の端子は、ダイオード3021のカソード、ダイオード3023のカソード及びコイル304の一方の端子と接続されている。コンデンサ303の他方の端子は、ダイオード3022のアノード、ダイオード3024のアノード及びn型MOSFET305のソース電極と接続されている。

【0040】

コイル304、n型MOSFET305、ダイオード306及びコンデンサ307は、昇圧回路を構成している。したがって、これらは、次のように接続されている。

【0041】

コイル304の一方の端子は、ダイオード3021のカソード、ダイオード3023のカソード及びコンデンサ303の一方の端子と接続されている。コイル304の他方の端子は、n型MOSFET305のドレイン電極及びダイオード306のアノードと接続されている。

40

【0042】

n型MOSFET305のゲート電極は、スイッチング回路309の出力端子と接続されている。n型MOSFET305のドレイン電極は、コイル304の他方の端子及びダイオード306のアノードと接続されている。n型MOSFET305のソース電極は、ダイオード3022のアノード、ダイオード3024のアノード、コンデンサ303の他方の端子及びコンデンサ307の他方の端子と接続されている。

【0043】

ダイオード306のアノードは、コイル304の他方の端子及びn型MOSFET30

50

5のドレイン電極と接続されている。ダイオード306のカソードは、コンデンサ307の一方の端子及びフィードバック回路308の入力端子と接続されている。

【0044】

コンデンサ307の一方の端子は、ダイオード306のカソード、フィードバック回路308の入力端子及びインバータ回路310と接続されている。コンデンサ307の他方の端子は、ダイオード3022のアノード、ダイオード3024のアノード、コンデンサ303の他方の端子、n型MOSFET305のソース電極及びインバータ回路310と接続されている。コンデンサ307の静電容量は、例えば、1000 μ Fである。

【0045】

図4に示すように、フィードバック回路308は、第1の入力端子3081と、第2の入力端子3082と、第1の抵抗器3083と、スイッチ3084と、スイッチ操作機構3085と、オペアンプ3086と、第2の抵抗器3087と、コンデンサ3088と、コンデンサ3089とを備える。

【0046】

第1の入力端子3081は、オペアンプ3086の反転入力端子にコンデンサ307の二つの端子間の電圧を供給する。第1の入力端子3081の一方の端子は、ダイオード306のカソード及びコンデンサ307の一方の端子に接続されている。第1の入力端子3081の他方の端子は、抵抗器3183の一方の端子及びスイッチ3084の一方の端子に接続されている。

【0047】

第2の入力端子3082は、オペアンプ3086の非反転入力端子に基準電圧を供給する。第2の入力端子3082の一方の端子は、例えば、オペアンプ3086に基準電圧を供給する回路に接続されている。第2の入力端子3082の他方の端子は、オペアンプ3086の非反転入力端子に接続されている。

【0048】

第1の抵抗器3083は、抵抗器3183と、抵抗器3283とを含む。第1の抵抗器3083は、力率改善回路が出力する電圧が入力される。すなわち、第1の抵抗器3083は、コンデンサ307の二つの端子間の電圧が入力される。抵抗器3183の一方の端子は、第1の入力端子3081の他方の端子及びスイッチ3084の一方の端子に接続されている。抵抗器3183の他方の端子は、抵抗器3283の他方の端子、オペアンプ3086の反転入力端子、第2の抵抗器3087の一方の端子及びコンデンサ3089の一方の端子に接続されている。

【0049】

スイッチ3084は、第1の抵抗器3083の抵抗値を変化させる。具体的には、スイッチ3084は、第1の抵抗器3083の抵抗値を離散的に変化させる。例えば、スイッチ3084は、第1の抵抗器3083の抵抗値に寄与する抵抗器を切り替えることにより、第1の抵抗器3083の抵抗値を離散的に変化させる。或いは、スイッチ3084は、第1の抵抗器3083の抵抗値を連続的に変化させる。スイッチ3084の構成は、特に限定されない。スイッチ3084の一方の端子は、第1の入力端子3081の他方の端子及び抵抗器3183の一方の端子に接続されている。スイッチ3084の他方の端子は、抵抗器3283の一方の端子に接続されている。

【0050】

抵抗器3283の一方の端子は、スイッチ3084の他方の端子に接続されている。抵抗器3283の他方の端子は、抵抗器3183の他方の端子、オペアンプ3086の反転入力端子、第2の抵抗器3087の一方の端子及びコンデンサ3089の一方の端子に接続されている。

【0051】

スイッチ操作機構3085の構成は、特に限定されない。スイッチ操作機構3085は、スイッチ3084のオンとオフを切り替えることができればよい。

【0052】

10

20

30

40

50

オペアンプ 3086 の非反転入力端子は、第 2 の入力端子 3082 の他方の端子に接続されている。オペアンプ 3086 の反転入力端子は、抵抗器 3183 の他方の端子、抵抗器 3283 の他方の端子、第 2 の抵抗器 3087 の一方の端子及びコンデンサ 3089 の一方の端子に接続されている。オペアンプ 3086 の出力端子は、コンデンサ 3088 の他方の端子、コンデンサ 3089 の他方の端子及びスイッチング回路 309 の入力端子に接続されている。

【0053】

第 2 の抵抗器 3087 の一方の端子は、抵抗器 3183 の他方の端子、抵抗器 3283 の他方の端子、オペアンプ 3086 の反転入力端子、コンデンサ 3089 の一方の端子に接続されている。第 2 の抵抗器 3087 の他方の端子は、コンデンサ 3088 の一方の端子に接続されている。すなわち、第 2 の抵抗器 3087 の他方の端子は、コンデンサ 3088 を介して、オペアンプ 3086 の出力端子に接続されている。

10

【0054】

コンデンサ 3088 の一方の端子は、第 2 の抵抗器 3087 の他方の端子に接続されている。すなわち、コンデンサ 3088 の一方の端子は、第 2 の抵抗器 3087 を介して、オペアンプ 3086 の反転入力端子に接続されている。コンデンサ 3088 の他方の端子は、オペアンプ 3086 の出力端子、コンデンサ 3089 の他方の端子及びスイッチング回路 309 の入力端子に接続されている。

【0055】

コンデンサ 3089 の一方の端子は、抵抗器 3183 の他方の端子、抵抗器 3283 の他方の端子、オペアンプ 3086 の反転入力端子、第 2 の抵抗器 3087 の一方の端子に接続されている。コンデンサ 3089 の他方の端子は、オペアンプ 3086 の出力端子、コンデンサ 3088 の他方の端子及びスイッチング回路 309 の入力端子に接続されている。

20

【0056】

図 3 に示すように、スイッチング回路 309 の入力端子は、フィードバック回路 308 の出力端子と接続されている。スイッチング回路 309 の出力端子は、n 型 MOSFET 305 のゲート電極と接続されている。

【0057】

なお、ダイオード 3021、ダイオード 3022、ダイオード 3023、ダイオード 3024、コンデンサ 303、コイル 304、n 型 MOSFET 305、ダイオード 306、コンデンサ 307、フィードバック回路 308 及びスイッチング回路 309 は、力率改善回路を構成している。

30

【0058】

インバータ回路 310 は、スイッチング素子を有する。スイッチング素子は、例えば、MOSFET、絶縁ゲートバイポーラトランジスタ (Insulated Gate Bipolar Transistor: IGBT) である。インバータ回路 310 は、コンデンサ 307 の二つの端子及び高電圧発生回路 311 と接続されている。また、インバータ回路 310 が有するスイッチング素子は、スイッチング回路 313 の出力端子と接続されている。

【0059】

高電圧発生回路 311 は、インバータ回路 310、フィードバック回路 312 の入力端子及び X 線管 6 と接続されている。

40

【0060】

フィードバック回路 312 の構成は、例えば、フィードバック回路 308 が有する第 1 の抵抗器 3083、スイッチ 3084 及びスイッチ操作機構 3085 を抵抗器で置換した回路の構成と同様である。フィードバック回路 312 の第 1 の入力端子は、高電圧発生回路 311 と接続されている。フィードバック回路 312 の第 2 の入力端子は、例えば、基準電圧を供給する回路に接続されている。フィードバック回路 312 の出力端子は、スイッチング回路 313 の入力端子と接続されている。

【0061】

50

スイッチング回路 313 の構成は、例えば、スイッチング回路 309 の構成と同様である。スイッチング回路 313 の入力端子は、フィードバック回路 312 の出力端子と接続されている。スイッチング回路 313 の出力端子は、インバータ回路 310 が有するスイッチング素子と接続されている。

【0062】

図 5 から図 11 を参照しながら、第 1 の実施形態に係る高電圧発生装置 3 の動作を説明する。図 5 は、全波整流により発生する脈流に含まれる振動成分の一例を示す図である。図 6 は、コンデンサにより平滑化された振動成分の一例を示す図である。図 7 は、インバータ入力電流とインバータ入力電圧の導通角の差が大きい場合の一例を示す図である。図 8 は、インバータ入力電流とインバータ入力電圧の導通角の差が小さい場合の一例を示す図である。図 9 は、ゲインの切り替えを行わない場合におけるインバータ入力電圧及び管電圧の時間変化を示す図である。図 10 は、フィードバック回路のゲインの周波数特性を示す図である。図 11 は、ゲインの切り替えを行う場合におけるインバータ入力電圧、管電圧及びゲインの時間変化を示す図である。

10

【0063】

交流電源 301 は、交流を発生させる。この交流は、例えば、正弦波交流である。ダイオード 3021、ダイオード 3022、ダイオード 3023 及びダイオード 3024 は、整流作用を有する。このため、ダイオード 3021、ダイオード 3022、ダイオード 3023 及びダイオード 3024 は、交流電源 301 が発生させた交流を整流することができる。具体的には、ダイオード 3021、ダイオード 3022、ダイオード 3023 及びダイオード 3024 は、交流電源 301 が発生させた交流を全波整流することができる。

20

【0064】

図 3 において交流電源 301 が発生させた交流が時計回りに流れる場合、この交流は、交流電源 301、ダイオード 3021、コンデンサ 303、ダイオード 3022、交流電源 301 の順に流れる。図 3 において交流電源 301 が発生させた交流が反時計回りに流れる場合、この交流は、交流電源 301、ダイオード 3023、コンデンサ 303、ダイオード 3024、交流電源 301 の順に流れる。このため、コンデンサ 303 を流れる電流は、交流電源 301 が発生させた交流が流れる方向に関らず、ダイオード 3021 のカソード及びダイオード 3023 のカソードに接続されている端子からダイオード 3022 のアノード及びダイオード 3024 のアノードに接続されている端子へ流れる。したがって、交流電源 301 が発生させた交流は、例えば、全波整流により図 5 に示した脈流 P U となる。

30

【0065】

脈流 P U の周期は、交流電源 301 が発生させる交流の周期の半分である。また、脈流 P U は、例えば、図 5 に示すように、自己の周期より短い周期の振動成分 O S 1 を含む。振動成分 O S 1 は、スイッチング回路 309 が n 型 MOS F E T 305 の導通状態と非導通状態とを脈流の周期より短い周期で切り替えることにより発生する。したがって、振動成分 O S 1 の周期は、スイッチング回路 309 が n 型 MOS F E T 305 の導通状態と非導通状態とを切り替える周期に等しい。なお、このような振動成分は、リップルとも呼ばれる。

40

【0066】

コンデンサ 303 は、大きな電流が流れている時に充電され、小さな電流が流れている時に放電する。また、図 5 に示すように、振動成分 O S 1 の周期は、脈流 P U の周期と大きく異なる。このため、図 5 に示した脈流 P U が含む振動成分 O S 1 を平滑化することができる。これにより、図 5 に示した振動成分 O S 1 は、例えば、図 6 に示した振動成分 O S 2 となる。振動成分 O S 2 の振幅は、振動成分 O S 1 の振幅よりも小さい。なお、コンデンサ 303 の静電容量は、例えば、数 μ F である。これは、コンデンサ 303 の静電容量が大きい場合、脈流 P U の波形が崩れ、高電圧発生装置 3 の力率を改善することができなくなってしまうからである。また、このような振動成分の振幅の抑制は、臨界モード制御とも呼ばれる。

50

【0067】

コイル304は、n型MOSFET305が導通状態である場合、コンデンサ303により振動成分が平滑化された脈流を導通させることにより、エネルギーを蓄える。そして、コイル304は、n型MOSFET305が非導通状態である場合、このエネルギーを直流としてダイオード306のアノードへ放出する。ダイオード306は、コイル304が放出した直流を導通させ、コンデンサ307に供給する。これにより、コンデンサ307に電荷が蓄積され、コンデンサ307の二つの端子間の電圧が増加する。

【0068】

フィードバック回路308は、コンデンサ307の二つの端子間の電圧が所定の基準電圧となるように負帰還制御を行う。具体的には、フィードバック回路308は、コンデンサ307の二つの端子間の電圧が基準電圧以上である場合、スイッチング回路309がコンデンサ307の二つの端子間の電圧を増加させる動作を停止させる。すなわち、この場合、フィードバック回路308は、スイッチング回路309を制御し、n型MOSFET305の導通状態と非導通状態を切り替える信号の送信を停止させる。また、フィードバック回路308は、コンデンサ307の二つの端子間の電圧が基準電圧よりも低い場合、スイッチング回路309がコンデンサ307の二つの端子間の電圧を増加させる動作を継続させる。すなわち、この場合、フィードバック回路308は、スイッチング回路309を制御し、n型MOSFET305の導通状態と非導通状態を切り替える信号の送信を継続させる。

10

【0069】

スイッチング回路309は、フィードバック回路308による制御の下、n型MOSFET305のゲート電極へ導通状態と非導通状態を切り替える信号を送信する。この信号は、例えば、周波数が30kHzから100kHzの矩形波である。n型MOSFET305は、例えば、この矩形波がハイレベルである時に導通状態となり、この矩形波がローレベルである時に非導通状態となる。また、この信号の周波数が大きいため、高電圧発生装置3は、コンデンサ303及びコイル304を小さくすることができる。

20

【0070】

ここで、図7に示すように、インバータ入力電流 $A(i)$ とインバータ入力電圧 V の導通角の差が大きい場合、高電圧発生装置3の力率が低下する。このため、交流電源301の皮相電力、容量、寸法及び重量が増加してしまう。

30

【0071】

そこで、フィードバック回路308が行う負帰還制御の周波数は、交流電源301が発生させる交流の周波数よりも低く設定されている。例えば、フィードバック回路308が行う負帰還制御の周波数は、5Hzから10Hzである。また、上述した通り、コンデンサ303は、全波整流により発生した脈流が含む振動成分を平滑化する。このため、高電圧発生装置3は、図8に示すように、インバータ入力電流 $A(f)$ とインバータ入力電圧 V の導通角の差を小さくすることにより、力率を改善している。これにより、交流電源301の皮相電力、容量、寸法及び重量の増加が抑制される。

【0072】

しかし、上述した通り、フィードバック回路308は、負帰還制御の周波数が交流電源301により供給される交流の周波数よりも低く設定されている。このため、X線管6がX線の照射を開始又は終了することにより高電圧発生装置3に掛かる負荷が急激に変動した場合、フィードバック回路308によるコンデンサ307の二つの端子間の電圧の制御が遅れてしまう。

40

【0073】

例えば、図9の上段に示すように、時刻 $t(S)$ でX線管6がX線の照射を開始した場合、高電圧発生装置3に掛かる負荷が急増する。このため、図9の下段に示すように、インバータ入力電圧が一時的に低下してしまう。したがって、図9の上段に示すように、X線管6に供給される管電圧が変動してしまう。また、これにより、例えば、X線管6が照射するX線の線量が変動してしまう。

50

【 0 0 7 4 】

また、図 9 の上段に示すように、時刻 $t(E)$ で X 線管 6 が X 線の照射を終了した場合、高電圧発生装置 3 に掛かる負荷が急減する。このため、図 9 の下段に示すように、インバータ入力電圧が一時的に上昇してしまう。したがって、図 9 の上段に示すように、高電圧発生装置 3 は、時刻 $t(E)$ 以降まで X 線管 6 に管電圧を供給してしまう。また、これにより、X 線管 6 は、本来 X 線を照射すべきでない期間に X 線を発生させてしまう。そこで、X 線 CT 装置 1 は、次のような制御を行う。

【 0 0 7 5 】

図 10 に示したフィードバック回路 308 のゲインの周波数特性について説明する。第 1 の抵抗器 3083 の抵抗値を R とし、オペアンプ 3086 の反転入力端子と出力端子の間のインピーダンスを Z とすると、フィードバック回路 308 のゲインの周波数特性は、 Z/R となる。

10

【 0 0 7 6 】

スイッチ 3084 がオフである場合、 R が大きくなるため、フィードバック回路 308 のゲインの周波数特性は、例えば、図 10 に示した点線 D で表される。この場合、ゲインが小さくなるため、フィードバック回路 308 の応答速度が遅くなる。フィードバック回路 308 に周波数 $f(S)$ の信号が入力された場合、ゲインが 0 dB であるため、フィードバック回路 308 は、周波数 $f(S)$ で負帰還制御を行う。フィードバック回路 308 に周波数 $f(F)$ の信号が入力された場合、ゲインが 0 dB よりも小さいため、フィードバック回路 308 は、周波数 $f(F)$ よりも低い周波数で負帰還制御を行う。

20

【 0 0 7 7 】

スイッチ 3084 がオンである場合、 R が小さくなるため、フィードバック回路 308 のゲインの周波数特性は、例えば、図 10 に示した実線 S で表される。この場合、ゲインが大きくなるため、フィードバック回路 308 の応答速度が速くなる。フィードバック回路 308 に周波数 $f(S)$ の信号が入力された場合、ゲインが 0 dB よりも大きいため、フィードバック回路 308 は、周波数 $f(S)$ よりも高い周波数で負帰還制御を行う。フィードバック回路 308 に周波数 $f(F)$ の信号が入力された場合、ゲインが 0 dB であるため、フィードバック回路 308 は、周波数 $f(F)$ で負帰還制御を行う。

【 0 0 7 8 】

スイッチ操作機構 3085 の動作について説明する。スイッチ操作機構 3085 は、X 線管 6 による X 線の照射の開始により力率改善回路が出力する電圧が変動する時にスイッチを操作する。例えば、スイッチ操作機構 3085 は、X 線管 6 が X 線の照射を開始する時点を含む所定の期間の間、スイッチを操作したままにしておく。なお、次の説明では、図 11 の上段に示すように、図 11 の中段に示した時刻 $t(S)$ から時刻 $t(S) + t(S2)$ において高電圧発生装置 3 に掛かる負荷が急増し、図 11 の中段に示した時刻 $t(E)$ から $t(E2)$ において高電圧発生装置 3 に掛かる負荷が急減する場合を例に挙げて説明する。なお、時刻 $t(S)$ 及び時刻 $t(E)$ は、例えば、X 線 CT 装置 1 のスキャン計画により既知となっている。また、次の内容は、X 線管 6 が X 線を間欠照射する場合及び X 線管 6 が X 線を連続照射する場合のいずれにも適用することができる。

30

【 0 0 7 9 】

処理回路 46 は、スイッチ操作機能 462 により、上述したステップ S1 において、図 11 の中段に示した時刻 $t(S) - t(S1)$ にスイッチ操作機構 3085 へスイッチ 3084 のオンとオフを切り替えさせる信号を送信する。時刻 $t(S) - t(S1)$ は、高電圧発生装置 3 が X 線管 6 に管電圧の供給を開始する時刻 $t(S)$ よりも $t(S1)$ だけ前の時刻である。スイッチ操作機構 3085 は、この信号を受信し、スイッチ 3084 をオンにする。これにより、フィードバック回路 308 の応答速度が速くなる。このため、高電圧発生装置 3 は、図 11 の下段に示すように、X 線管 6 が X 線の照射を開始したことにより負荷が急増しても、インバータ入力電圧を一定の値のまま維持することができる。

40

【 0 0 8 0 】

50

処理回路 46 は、上述したステップ S1 において、図 11 の中段に示した時刻 $t(S)$ + $t(S2)$ にスイッチ操作機構 3085 へスイッチ 3084 のオンとオフを切り替えさせる信号を送信する。時刻 $t(S)$ + $t(S2)$ は、高電圧発生装置 3 が X 線管 6 に管電圧の供給を開始する時刻 $t(S)$ よりも $t(S2)$ だけ後の時刻である。スイッチ操作機構 3085 は、この信号を受信し、スイッチ 3084 をオフにする。これにより、フィードバック回路 308 の応答速度が遅くなる。このため、高電圧発生装置 3 は、X 線管 6 が X 線の照射を継続している間も高い力率を維持することができる。

【0081】

スイッチ操作機構 3085 は、X 線管 6 による X 線の照射の終了により力率改善回路が出力する電圧が変動する時にスイッチを操作する。例えば、スイッチ操作機構 3085 は、X 線管 6 が X 線の照射を終了する時点を含む所定の期間の間、スイッチを操作したままにしておく。

10

【0082】

処理回路 46 は、上述したステップ S1 において、図 11 に示した時刻 $t(E) - t(E1)$ にスイッチ操作機構 3085 へスイッチ 3084 のオンとオフを切り替えさせる信号を送信する。時刻 $t(E) - t(E1)$ は、高電圧発生装置 3 が X 線管 6 に管電圧の供給を開始する時刻 $t(E)$ よりも $t(E1)$ だけ前の時刻である。スイッチ操作機構 3085 は、この信号を受信し、スイッチ 3084 をオンにする。これにより、フィードバック回路 308 の応答速度が速くなる。このため、高電圧発生装置 3 は、図 11 の下段に示すように、X 線管 6 が X 線の照射を終了したことにより負荷が急減しても、インバータ入力電圧を一定の値のまま維持することができる。

20

【0083】

処理回路 46 は、上述したステップ S1 において、図 11 の中段に示した時刻 $t(E) + t(E2)$ にスイッチ操作機構 3085 へスイッチ 3084 のオンとオフを切り替えさせる信号を送信する。時刻 $t(E) + t(E2)$ は、高電圧発生装置 3 が X 線管 6 に管電圧の供給を開始する時刻 $t(E)$ よりも $t(E2)$ だけ後の時刻である。スイッチ操作機構 3085 は、この信号を受信し、スイッチ 3084 をオフにする。これにより、フィードバック回路 308 の応答速度が遅くなる。このため、高電圧発生装置 3 は、X 線管 6 が X 線の照射を終了した後も高い力率を維持することができる。

30

【0084】

インバータ回路 310 は、力率改善回路から供給された直流を交流に変換する。また、インバータ回路 310 は、フィードバック回路 312 が行う負帰還制御により、高電圧発生回路 311 へ出力する電圧を調整する。これにより、高電圧発生装置 3 は、X 線管 6 に供給する管電圧を調整する。

【0085】

フィードバック回路 312 は、高電圧発生回路 311 が X 線管 6 へ供給する管電圧が目的の電圧となるように負帰還制御を行う。具体的には、フィードバック回路 312 は、高電圧発生回路 311 が X 線管 6 に供給する管電圧が基準電圧以上である場合、管電圧を増加させる動作を停止させる。すなわち、この場合、フィードバック回路 312 は、スイッチング回路 313 を制御し、スイッチング素子の導通状態と非導通状態を切り替える信号の送信を停止させる。

40

【0086】

また、フィードバック回路 312 は、高電圧発生回路 311 が X 線管 6 に供給する管電圧が基準電圧よりも低い場合、スイッチング回路 313 がコンデンサ 307 の二つの端子間の管電圧を増加させる動作を継続させる。すなわち、この場合、フィードバック回路 312 は、スイッチング回路 313 を制御し、スイッチング素子の導通状態と非導通状態を切り替える信号の送信を継続させる。

【0087】

スイッチング回路 313 は、例えば、パルス幅変調 (Pulse Width Modulation: PWM) 制御によりインバータ回路 310 が有するスイッチング素子を制御することにより、

50

高電圧発生回路 3 1 1 が X 線管 6 へ供給する管電圧を制御している。

【 0 0 8 8 】

上述したように、第 1 の実施形態に係る高電圧発生装置 3 は、X 線管 6 による X 線の照射の開始及び X 線管 6 による X 線の照射の終了の少なくとも一方により力率改善回路が出力する電圧が変動する時にスイッチ操作機構 3 0 8 5 によりスイッチ 3 0 8 4 を操作し、フィードバック回路 3 0 8 の応答速度を速くする。このため、高電圧発生装置 3 は、X 線管 6 が X 線の照射を開始したことにより負荷が急増した場合及び X 線管 6 が X 線の照射を終了したことにより負荷が急減した場合でも、インバータ入力電圧を一定の値のまま維持することができる。

【 0 0 8 9 】

ただし、フィードバック回路 3 0 8 の応答速度を速くした場合、高電圧発生装置 3 の力率が低下する。しかし、この力率の低下は、交流電源 3 0 1 の両端と接続された入力フィルタにより抑制することができる。具体的には、この力率の低下は、ラインフィルタの寄生ノーマル成分や X コンデンサにより抑制することができる。

【 0 0 9 0 】

X 線管 6 による X 線の照射の開始又は X 線管 6 による X 線の照射の終了により力率改善回路が出力する電圧が変動する期間は、X 線管 6 が X 線を照射する期間に比べ僅少である。このため、高電圧発生装置 3 は、高い力率を維持することができる。

【 0 0 9 1 】

高電圧発生装置 3 は、リアクトルを必要としない。このため、高電圧発生装置 3 は、寸法及び重量の増加を抑制しつつ、X 線管 6 に電力を供給する交流電源 3 0 1 の皮相電力を削減し、交流電源 3 0 1 の容量を抑制することができる。また、これにより、ラインフィルタ、X コンデンサ及び交流電源 3 0 1 と X コンデンサとの間に設けられたヒューズを小さくすることができる。

【 0 0 9 2 】

高電圧発生装置 3 は、インバータ回路 3 1 0 が高電圧発生回路 3 1 1 へ出力する電圧を調整することにより、X 線管 6 に供給する管電圧を調整する。このため、高電圧発生装置 3 は、その構成を変更すること無く、上述した効果を奏することができる。

【 0 0 9 3 】

(第 2 の実施形態)

第 2 の実施形態に係る高電圧発生装置 3 a について説明する。また、第 1 の実施形態と同じ構成要素については、第 1 の実施形態の説明で使用した符号と同様の符号を使用する。なお、第 1 の実施形態と重複する内容については、詳細な説明を省略する。

【 0 0 9 4 】

図 1 2 を参照しながら、第 2 の実施形態に係る高電圧発生装置 3 a の構成を説明する。図 1 2 は、第 2 の実施形態に係る高電圧発生装置の構成例を示す図である。第 1 の実施形態に係る高電圧発生装置 3 は、インバータ回路 3 1 0 の出力電圧を調整することにより管電圧を調整した。一方、第 2 の実施形態に係る高電圧発生装置 3 a は、インバータ入力電圧を調整することにより管電圧を調整する。

【 0 0 9 5 】

高電圧発生装置 3 a は、図 1 2 に示すように、交流電源 3 0 1 と、ダイオード 3 0 2 1 と、ダイオード 3 0 2 2 と、ダイオード 3 0 2 3 と、ダイオード 3 0 2 4 と、コンデンサ 3 0 3 と、コイル 3 0 4 と、n 型 MOSFET 3 0 5 と、ダイオード 3 0 6 と、コンデンサ 3 0 7 と、フィードバック回路 3 0 8 a と、スイッチング回路 3 0 9 と、インバータ回路 3 1 0 a と、高電圧発生回路 3 1 1 a と、スイッチング回路 3 1 3 a とを備える。

【 0 0 9 6 】

フィードバック回路 3 0 8 a の構成は、第 1 の実施形態に係るフィードバック回路 3 0 8 と同様である。フィードバック回路 3 0 8 a の第 1 の入力端子は、ダイオード 3 0 6 のカソード及びコンデンサ 3 0 7 の一方の端子に接続されている。フィードバック回路 3 0 8 a の第 2 の端子は、高電圧発生回路 3 1 1 a に接続されている。フィードバック回路 3

10

20

30

40

50

08aの第2の入力端子は、オペアンプの非反転入力端子に高電圧発生回路311aがX線管6に供給する管電圧を昇圧比nで割った電圧を供給する。

【0097】

ここで、昇圧比nとは、高電圧発生回路311aがX線管6に供給する管電圧をインバータ入力電圧で割った値である。ただし、上述したように、コイル304、n型MOSFET305、ダイオード306及びコンデンサ307は、昇圧回路を構成している。このため、高電圧発生装置3aは、インバータ入力電圧を交流電源301が供給する交流電圧よりも小さくすることができない。したがって、交流電源301が単相交流を供給する場合、昇圧比nは、管電圧の全範囲において、インバータ入力電圧が単相交流の電圧のルート2倍よりも大きくなるように設定される必要がある。また、交流電源301が三相交流を供給する場合、昇圧比nは、管電圧の全範囲において、インバータ入力電圧が三相交流の電圧のルート3倍よりも大きくなるように設定される必要がある。

10

【0098】

スイッチング回路313aは、インバータ回路310aが有するスイッチング素子と接続されている。

【0099】

第2の実施形態に係る高電圧発生装置3aの動作を説明する。フィードバック回路308aは、コンデンサ307の二つの端子間の電圧が高電圧発生回路311aがX線管6に供給する管電圧を昇圧比nで割った電圧となるように負帰還制御を行う。具体的には、フィードバック回路308aは、コンデンサ307の二つの端子間の電圧が高電圧発生回路311aがX線管6に供給する管電圧を昇圧比nで割った電圧以上である場合、スイッチング回路309がコンデンサ307の二つの端子間の電圧を増加させる動作を停止させる。すなわち、この場合、フィードバック回路308aは、スイッチング回路309を制御し、n型MOSFET305の導通状態と非導通状態を切り替える信号の送信を停止させる。

20

【0100】

また、フィードバック回路308aは、コンデンサ307の二つの端子間の電圧が高電圧発生回路311aがX線管6に供給する管電圧を昇圧比nで割った電圧よりも低い場合、スイッチング回路309がコンデンサ307の二つの端子間の電圧を増加させる動作を継続させる。すなわち、この場合、フィードバック回路308aは、スイッチング回路309を制御し、n型MOSFET305の導通状態と非導通状態を切り替える信号の送信を継続させる。

30

【0101】

スイッチング回路313aは、インバータ回路310aが有するスイッチング素子に導通状態と非導通状態を切り替える信号を送信する。この信号のデューティ比は、50%である。これにより、スイッチング回路313aは、インバータ回路310aがデッドタイムを除き高電圧発生回路311aに電圧を供給し続けるように制御する。このため、上述した昇圧比nは、一定値となる。

【0102】

上述したように、第2の実施形態に係る高電圧発生装置3aは、X線管6によるX線の照射の開始及びX線管6によるX線の照射の終了の少なくとも一方により力率改善回路が出力する電圧が変動する時にスイッチ操作機構3085によりスイッチ3084を操作し、フィードバック回路308aの応答速度を速くする。このため、高電圧発生装置3aは、X線管6がX線の照射を開始したことにより負荷が急増した場合及びX線管6がX線の照射を終了したことにより負荷が急減した場合でも、インバータ入力電圧を一定の値のまま維持することができる。

40

【0103】

ただし、フィードバック回路308aの応答速度を速くした場合、高電圧発生装置3aの力率が低下する。しかし、この力率の低下は、交流電源301の両端と接続された入力フィルタにより抑制することができる。具体的には、この力率の低下は、ラインフィルタ

50

の寄生ノーマル成分やXコンデンサにより抑制することができる。

【0104】

X線管6によるX線の照射の開始又はX線管6によるX線の照射の終了により力率改善回路が出力する電圧が変動する期間は、X線管6がX線を照射する期間に比べ僅少である。このため、高電圧発生装置3aは、高い力率を維持することができる。

【0105】

高電圧発生装置3aは、リアクトルを必要としない。このため、高電圧発生装置3aは、寸法及び重量の増加を抑制しつつ、X線管6に電力を供給する交流電源301の皮相電力を削減し、交流電源301の容量を抑制することができる。また、これにより、ラインフィルタ、Xコンデンサ及び交流電源301とXコンデンサとの間に設けられたヒューズを小さくすることができる。

10

【0106】

高電圧発生装置3aは、インバータ入力電圧を調整することにより、X線管6に供給する管電圧を調整する。このため、高電圧発生装置3aは、第1の実施形態に係る高電圧発生装置3が行うパルス幅変調制御によるスイッチング損失の発生を回避することができる。また、高電圧発生装置3aは、第1の実施形態に係る高電圧発生装置3と異なり、スイッチング回路313aを制御するフィードバック回路を省略することができる。

【0107】

第1の実施形態に係る高電圧発生装置3又は第2の実施形態に係る高電圧発生装置3aは、ダイオード3023及びダイオード3024を有していなくてもよい。この場合、ダイオード3021及びダイオード3022は、交流電源301が発生させた交流を半波整流する。このため、交流電源301が発生させた交流は、半波整流により脈流となる。

20

【0108】

高電圧発生装置3又は高電圧発生装置3aは、n型MOSFET305の代わりに絶縁ゲートバイポーラトランジスタ(Insulated Gate Bipolar Transistor: IGBT)を有していてもよい。

【0109】

第1の実施形態及び第2の実施形態では、スイッチ3084が第1の抵抗器3083の抵抗値を変化させたが、これに限定されない。高電圧発生装置3又は高電圧発生装置3aが有するスイッチは、第1の抵抗器3083の抵抗値を変化させること、第2の抵抗器3087の抵抗値を変化させること及びオペアンプ3086に負帰還が掛かる範囲内でコンデンサ3088及びコンデンサ3089の少なくとも一方の静電容量を変化させることの少なくとも一つを行う。

30

【0110】

また、このスイッチは、第1の抵抗器3083の抵抗値、第2の抵抗器3087の抵抗値及びコンデンサ3088及びコンデンサ3089の少なくとも一方の静電容量の少なくとも一つを離散的に変化させる。或いは、このスイッチは、第1の抵抗器3083の抵抗値、第2の抵抗器3087の抵抗値及びコンデンサ3088及びコンデンサ3089の少なくとも一方の静電容量の少なくとも一つを連続的に変化させる。

【0111】

ただし、このスイッチは、コンデンサ3088及びコンデンサ3089の少なくとも一方の静電容量を変化させるよりも、第1の抵抗器3083の抵抗値及び第2の抵抗器3087の抵抗値少なくとも一方を変化させる方が好ましい。なぜなら、コンデンサ3088及びコンデンサ3089の少なくとも一方の静電容量を変化させた場合、オペアンプ3086に正帰還が掛かり、フィードバック回路308又はフィードバック回路308aが発振してしまうことがあるからである。

40

【0112】

第2の抵抗器3087は、第1の抵抗器3083と同様、複数の抵抗器を含んでいてもよい。第2の抵抗器3087に含まれる抵抗器の数は、特に限定されない。この場合、フィードバック回路308又はフィードバック回路308aは、これらの抵抗器のうち第2

50

の抵抗器 3087 の抵抗値に寄与する抵抗器を切り替えるスイッチ及びこのスイッチを操作するスイッチ操作機構を有する。

【0113】

第1の抵抗器 3083 及び第2の抵抗器 3087 の少なくとも一方は、可変抵抗器でもよい。この場合、フィードバック回路 308 及びフィードバック回路 308a の少なくとも一方は、可変抵抗器の抵抗値を変化させるスイッチ及びこのスイッチを操作するスイッチ操作機構を有する。

【0114】

なお、第1の抵抗器 3083 及び第2の抵抗器 3087 の少なくとも一方は、可変抵抗器であるよりも複数の抵抗器を含んでいる方が好ましい。なぜなら、可変抵抗器よりも複数の抵抗器、スイッチ及びこのスイッチを操作するスイッチ操作機構の方が安価であることが多いからである。また、第1の抵抗器 3083 及び第2の抵抗器 3087 の少なくとも一方が複数の抵抗器を含んでいる場合、高電圧発生装置 3 又は高電圧発生装置 3a は、インバータ入力電圧を一定の値のまま維持する上で最適な抵抗値と力率の改善する上で最適な抵抗値とを瞬時に切り替えることができるからである。

10

【0115】

フィードバック回路 308 又はフィードバック回路 308a が有するコンデンサは、複数の分割コンデンサを含んでもよい。フィードバック回路 308 又はフィードバック回路 308a が有するコンデンサに含まれる分割コンデンサの数は、特に限定されない。この場合、フィードバック回路 308 又はフィードバック回路 308a は、これらの分割コンデンサのうちフィードバック回路 308 又はフィードバック回路 308a が有するコンデンサの静電容量に寄与する分割コンデンサを切り替えるスイッチ及びこのスイッチを操作するスイッチ操作機構を有する。ただし、このスイッチは、オペアンプ 3086 に負帰還が掛かる範囲内でコンデンサの静電容量を変化させる必要がある。なぜなら、オペアンプ 3086 に正帰還が掛かった場合、フィードバック回路 308 又はフィードバック回路 308a が発振してしまうからである。

20

【0116】

フィードバック回路 308 又はフィードバック回路 308a は、例えば、コンデンサ 3088 の代わりに図 13 に示したコンデンサ 3088a、スイッチ 3084a 及びスイッチ操作機構 3085a を有してもよい。コンデンサ 3088a は、図 13 に示すように、分割コンデンサ 3188 及び分割コンデンサ 3288 を有する。また、フィードバック回路 308 又はフィードバック回路 308a は、コンデンサ 3089 の代わりに図 13 に示したコンデンサ 3088a、スイッチ 3084a 及びスイッチ操作機構 3085a を有してもよい。

30

【0117】

フィードバック回路 308 及びフィードバック回路 308a の少なくとも一方が有するコンデンサは、可変コンデンサでもよい。この場合、フィードバック回路 308 及びフィードバック回路 308a の少なくとも一方は、可変抵抗器の抵抗値を変化させるスイッチ及びこのスイッチを操作するスイッチ操作機構を有する。

【0118】

なお、フィードバック回路 308 又はフィードバック回路 308a が有するコンデンサは、可変コンデンサであるよりも複数の分割コンデンサを含んでいる方が好ましい。なぜなら、可変コンデンサよりも複数の分割コンデンサ、スイッチ及びこのスイッチを操作するスイッチ操作機構の方が安価であることが多いからである。また、フィードバック回路 308 又はフィードバック回路 308a が有するコンデンサが複数の分割コンデンサを含んでいる場合、高電圧発生装置 3 又は高電圧発生装置 3a は、インバータ入力電圧を一定の値のまま維持する上で最適な静電容量と力率の改善する上で最適な静電容量とを瞬時に切り替えることができるからである。

40

【0119】

フィードバック回路 308 及びフィードバック回路 308a の構成は、図 4 に示した構

50

成に限定されない。フィードバック回路 308 及びフィードバック回路 308a では、オペアンプ 3086 の非反転入力端子と出力端子との間にコンデンサ及び抵抗器が設けられていればよい。

【0120】

第 1 の実施形態及び第 2 の実施形態では、スイッチ操作機構 3085 は、力率改善回路が出力する電圧が変動する前にスイッチを操作したが、これに限定されない。例えば、スイッチ操作機構 3085 は、力率改善回路が出力する電圧の変動の発生と同時にスイッチ 3084 を操作してもよい。或いは、スイッチ操作機構 3085 は、力率改善回路が出力する電圧が変動した後にスイッチ 3084 を操作してもよい。特に、X 線管 6 による X 線の照射が手動で行われる場合、これらのタイミングでスイッチ 3084 が操作されることが多い。高電圧発生装置 3 及び高電圧発生装置 3a は、いずれの場合でも、上述した効果を奏することができる。

10

【0121】

上述したフィードバック回路 308 又はフィードバック回路 308a の応答速度の切り替えは、高電圧発生装置 3 又は高電圧発生装置 3a に掛かる負荷の変動が大きい場合に行うことが好ましい。なぜなら、上述した通り、フィードバック回路 308 又はフィードバック回路 308a の応答速度を速くした場合、高電圧発生装置 3 又は高電圧発生装置 3a の力率が低下するからである。高電圧発生装置 3 又は高電圧発生装置 3a に掛かる負荷の変動が大きい場合とは、例えば、X 線管 6 が X 線の照射を開始する場合、X 線管 6 が X 線の照射を終了する場合である。高電圧発生装置 3 又は高電圧発生装置 3a に掛かる負荷の変動が小さい場合とは、例えば、X 線管 6 が X 線を照射している場合、X 線管 6 が X 線を照射していない場合、X 線管 6 が管電流モジュレーションを行っている場合である。

20

【0122】

第 1 の実施形態及び第 2 の実施形態では、高電圧発生装置 3 及び高電圧発生装置 3a が X 線 CT 装置 1 に含まれる場合を例に挙げたが、これに限定されない。高電圧発生装置 3 及び高電圧発生装置 3a は、X 線診断装置に含まれていてもよい。

【0123】

上述したプロセッサは、例えば、CPU (Central Processing Unit)、GPU (Graphics Processing Unit)、特定用途向け集積回路 (Application Specific Integrated Circuit: ASIC)、プログラマブル論理デバイス (Programmable Logic Device: PLD)、フィールドプログラマブルゲートアレイ (Field Programmable Gate Array: FPGA) である。また、プログラマブル論理デバイス (Programmable Logic Device: PLD) は、例えば、単純プログラマブル論理デバイス (Simple Programmable Logic Device: SPLD)、複合プログラマブル論理デバイス (Complex Programmable Logic Device: CPLD) である。

30

【0124】

上述した実施形態では、高電圧発生装置 3、コリメータ調整回路 4、架台駆動回路 5、データ収集回路 10、寝台駆動回路 22 及び処理回路 46 は、記憶回路 45 に保存されたプログラムを読み出して実行することにより、その機能を実現したが、これに限定されない。記憶回路 45 にプログラムを保存する代わりに、これらの回路それぞれにプログラムを直接組み込んでもよい。この場合、これらの回路は、直接組み込まれたプログラムを読み出して実行することにより、その機能を実現する。

40

【0125】

図 1 に示した各回路は、適宜分散又は統合されてもよい。例えば、処理回路 46 は、スキャン制御機能 461、前処理機能 463、画像生成機能 464、表示制御機能 465 及び制御機能 466 それぞれの機能を実行するスキャン制御回路、前処理回路、画像生成回路、表示制御回路及び制御回路に分散されてもよい。また、例えば、高電圧発生装置 3、コリメータ調整回路 4、架台駆動回路 5、データ収集回路 10、寝台駆動回路 22 及び処理回路 46 は、任意に統合されてもよい。

【0126】

50

以上説明した少なくとも一つの実施形態によれば、力率を改善しつつ、負荷変動に対する応答性を向上させることができる高電圧発生装置及びX線CT装置を提供することができる。

【0127】

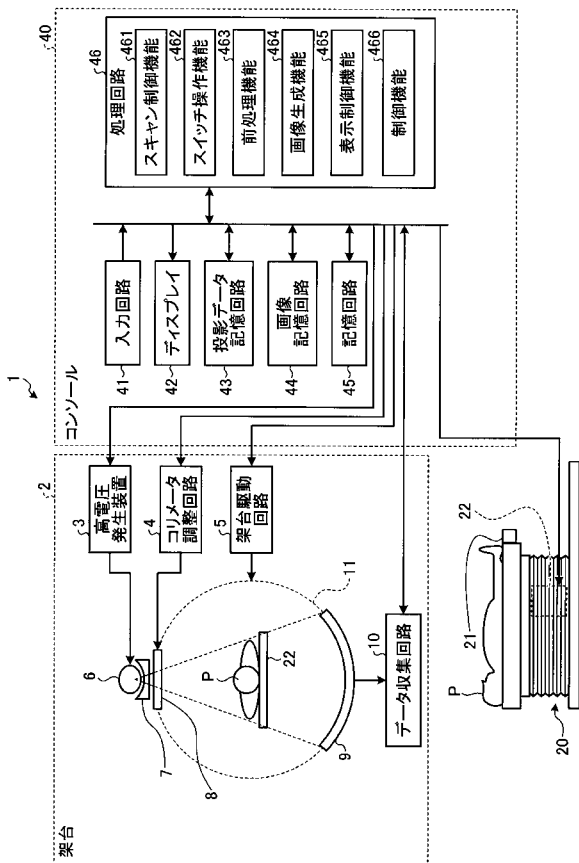
本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれると同様に、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれるものである。

【符号の説明】

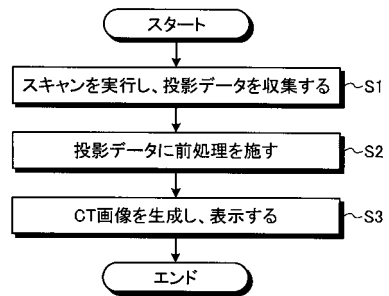
【0128】

- 3086 オペアンプ
- 3083 第1の抵抗器
- 3087 第2の抵抗器
- 3088、3089 コンデンサ
- 3084 スイッチ
- 3085 スイッチ操作機構

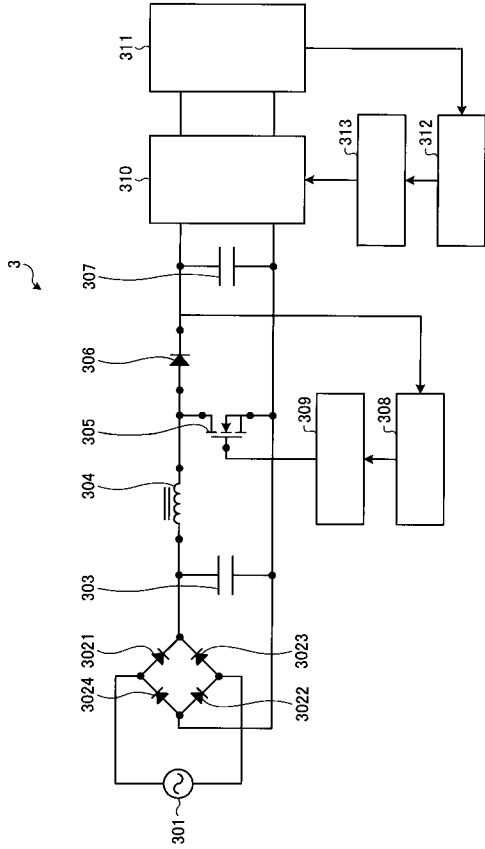
【図1】



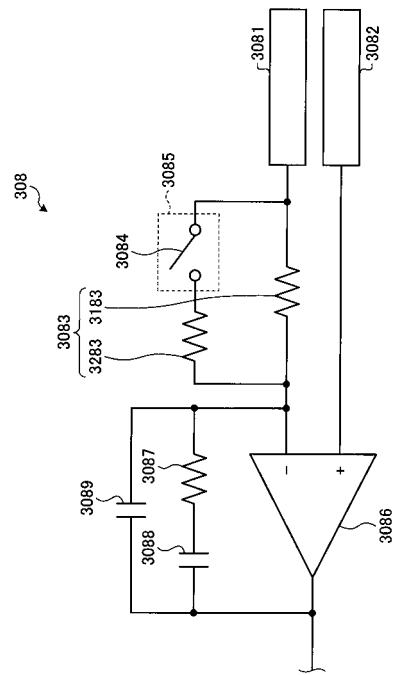
【図2】



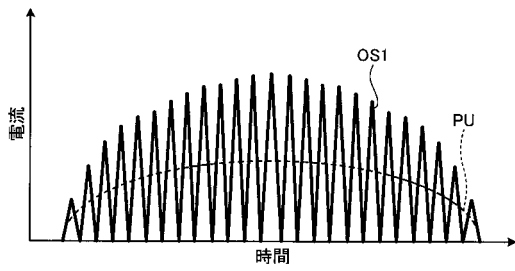
【 図 3 】



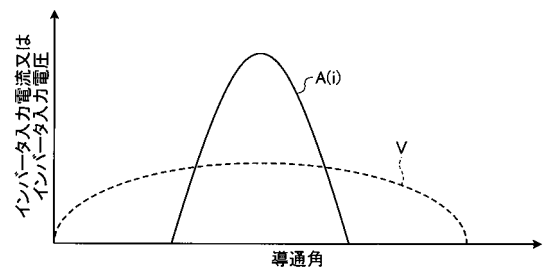
【 図 4 】



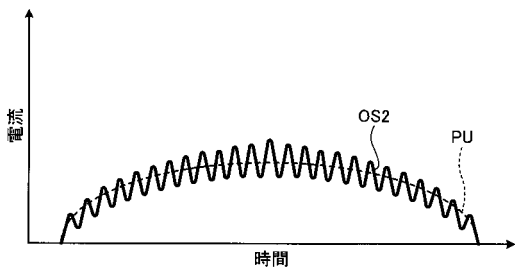
【 図 5 】



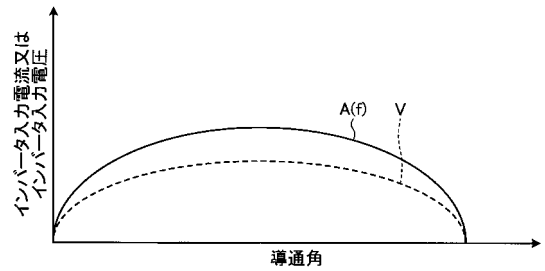
【 図 7 】



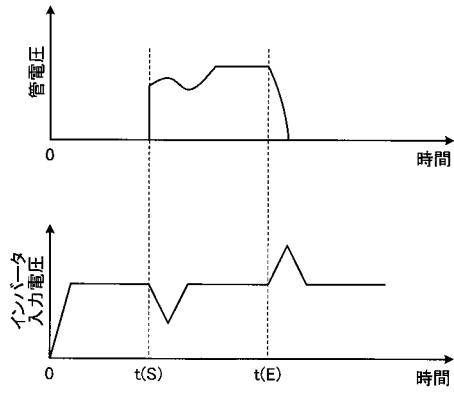
【 図 6 】



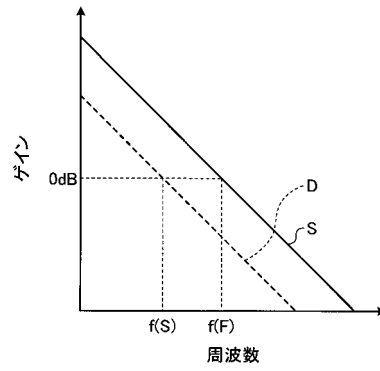
【 図 8 】



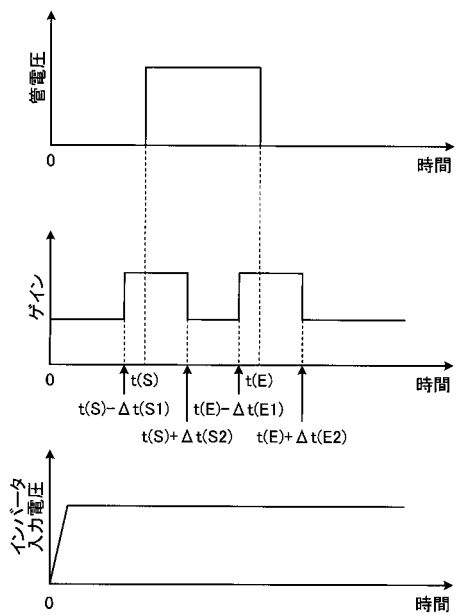
【 図 9 】



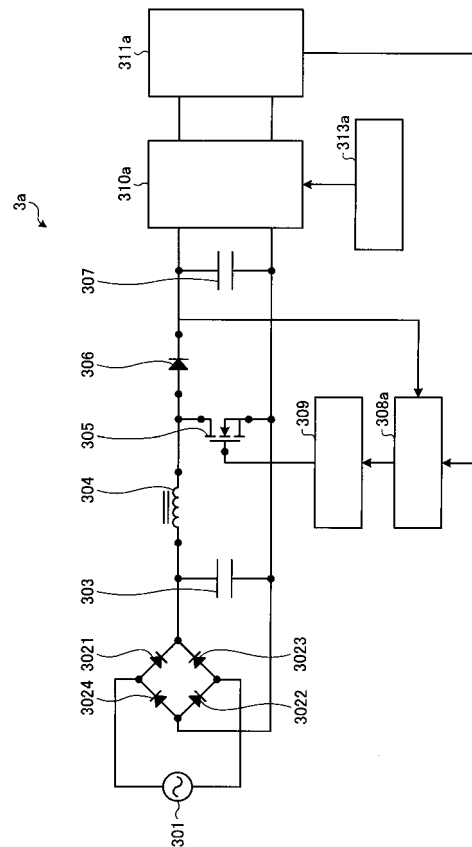
【 図 10 】



【 図 11 】



【 図 12 】



【 図 1 3 】

