(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2019-204751
(P2019-204751A)
(43)公開日　令和1年11月28日(2019.11.28)

(51)Int.Cl.			F I			テーマコード（参考）
H05G	1/20	(2006.01)	H05G	1/20		4C092
H05G	1/32	(2006.01)	H05G	1/32	U	5H770
H02M	7/48	(2007.01)	H02M	7/48	Z	

審査請求 未請求　請求項の数 9　ＯＬ　（全 13 頁）

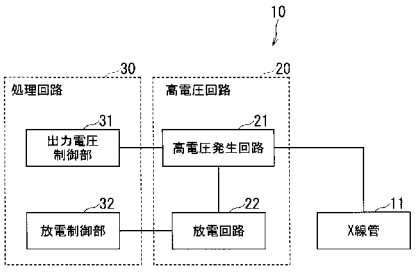
(21)出願番号　特願2018-100879 (P2018-100879)
(22)出願日　平成30年5月25日 (2018.5.25)

(71)出願人　594164542
キヤノン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　110001380
特許業務法人東京国際特許事務所
(72)発明者　田中　公雄
栃木県大田原市下石上１３８５番地　キヤノンメディカルシステムズ株式会社内

Ｆターム(参考)　4C092 AA02 AB07 AB09 AB15 AC01
AC17 BB23 BB24 BB35 BC02
BC14 CE11 CF03 CF13 CG11
CH07 EE02
5H770 DA01 DA10 DA11 JA08Z

(54)【発明の名称】Ｘ線高電圧装置および電源装置

(57)【要約】
【課題】高電圧回路の出力電圧を高速に下降させることができるＸ線高電圧装置および電源装置を提供する。
【解決手段】実施形態に係るＸ線高電圧装置は、複数のコンデンサを含む高電圧回路と、前記高電圧回路からＸ線管への出力電圧を変化させる出力電圧制御部と、前記出力電圧が下降するタイミングに同期して前記高電圧回路の一部のコンデンサを放電させる放電制御部と、を備える。
【選択図】　図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
複数のコンデンサを含む高電圧回路と、
前記高電圧回路からＸ線管への出力電圧を変化させる出力電圧制御部と、
前記出力電圧が下降するタイミングに同期して前記高電圧回路の一部のコンデンサを放電させる放電制御部と、
を備えたＸ線高電圧装置。
【請求項２】
前記高電圧回路は、
前記複数のコンデンサを含む高電圧発生回路と、スイッチを含み前記高電圧発生回路の前記一部のコンデンサを放電させるための放電回路と、
を有し、
前記放電制御部は、
前記放電回路の前記スイッチを制御することにより前記高電圧発生回路の前記一部のコンデンサの放電を制御する、
請求項１記載のＸ線高電圧装置。
【請求項３】
前記高電圧回路の前記高電圧発生回路は、
前記複数のコンデンサおよび複数のダイオードにより構成されたコッククロフト・ウォルトン回路を有し、
前記高電圧発生回路の前記一部のコンデンサは、
前記コッククロフト・ウォルトン回路の交流電力入力側に位置するコンデンサから優先的に選択される、
請求項２記載のＸ線高電圧装置。
【請求項４】
前記放電制御部は、
前記出力電圧の下降速度を補正する、
をさらに備えた請求項１ないし３のいずれか１項に記載のＸ線高電圧装置。
【請求項５】
前記放電制御部は、
前記出力電圧を印加される負荷の変化によらず前記出力電圧の下降速度が所定値になるよう、前記出力電圧を印加される負荷に応じて前記一部のコンデンサの放電を制御する、
請求項４記載のＸ線高電圧装置。
【請求項６】
前記出力電圧制御部は、
第１の管電圧と前記第１の管電圧よりも高い第２の管電圧とによるデュアルエナジー撮影可能なように、前記高電圧回路から前記Ｘ線管への前記出力電圧を、前記第１の管電圧と前記第２の管電圧とで変化させ、
前記放電制御部は、
前記Ｘ線管の管電流の変化によらず前記第２の管電圧から前記第１の管電圧へ下降させるときの下降速度が前記所定値になるよう、前記Ｘ線管の前記管電流に応じて前記一部のコンデンサの放電を制御する、
請求項５記載のＸ線高電圧装置。
【請求項７】
前記放電制御部は、
前記高電圧回路のコイルに流れる電流の周波数にもとづいて当該コイルのインピーダンスを変化させることで、前記出力電圧の下降速度を補正する、
請求項４ないし６のいずれか１項に記載のＸ線高電圧装置。
【請求項８】
前記放電制御部は、

前記高電圧回路のトランスに流れる電流エネルギーを当該高電圧回路のインバータ回路に回生させることで、前記出力電圧の下降速度を補正する、
請求項４ないし６のいずれか１項に記載のＸ線高電圧装置。
【請求項９】
複数のコンデンサを含む高電圧回路と、
前記高電圧回路が出力する電圧を変化させる出力電圧制御部と、
前記電圧が下降するタイミングに同期して前記高電圧回路の一部のコンデンサを放電させる放電制御部と、
を備えた電源装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明の実施形態は、Ｘ線高電圧装置および電源装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
Ｘ線ＣＴ（Computed Tomography）装置には、スキャン中にＸ線管電圧を低い電圧（たとえば８０ｋＶなど）と高い電圧（たとえば１４０ｋＶなど）とで高速に切り替えつつ撮影するいわゆるデュアルエナジー撮影ができるように構成されたものがある。この種のＸ線ＣＴ装置によれば、異なるエネルギー分布を持ったＸ線ビームによる画像を取得することにより被検体の構成元素の違いを映像化することができ、たとえば石灰化した組織部と造影剤による血管の像を分離することができるようになっている。
【０００３】
このような異なるエネルギー分布を持ったＸ線ビームを得る方法の１つに、回転架台の回転中に高速で管電圧を変化させる方法（以下、高速ｋＶスイッチング法という）がある。高速ｋＶスイッチング法では、管電圧を低い電圧から高い電圧に立ち上げる動作と、管電圧を高い電圧から低い電圧に立ち下げる動作とを、所定時間以内に完了させる。所定時間以内に完了しない場合には正確な画像を得ることが難しくなってしまう。
【０００４】
管電圧を高い電圧から低い電圧に高速に立ち下げるためには、高圧コンデンサの電荷を急速に放電させる必要がある。しかし、インバータは高電圧発生回路に交流電力供給するものの、高圧コンデンサの放電には寄与しない。このため、高圧コンデンサの放電は、インバータ制御では制御できず、Ｘ線管の管電流に頼るところが大きい。このことは、管電流が変化すると、管電圧の立ち下りの速度も変化してしまうことを意味する。しかし、管電流の大きさは、撮影部位や撮影シーケンスによって定められている。このため、所定の管電流以下での撮影の場合は、高圧コンデンサの放電速度が不十分となり、管電圧を所定時間以内に立ち下げることができず、デュアルエナジー撮影を行うことができなくなってしまう。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００５】
【特許文献１】特開２００１－２３００９８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、高電圧回路の出力電圧を高速に下降させることである。
【課題を解決するための手段】
【０００７】
本発明の一実施形態に係るＸ線高電圧装置は、上述した課題を解決するために、複数のコンデンサを含む高電圧回路と、前記高電圧回路からＸ線管への出力電圧を変化させる出

力電圧制御部と、前記出力電圧が下降するタイミングに同期して前記高電圧回路の一部のコンデンサを放電させる放電制御部と、を備えたものである。

【図面の簡単な説明】

【０００８】

【図１】本発明の一実施形態に係る電源装置の一例を示す全体構成図。

【図２】高電圧発生回路の一例を示す説明図。

【図３】（ａ）は管電流が大きい時の管電圧の立ち下がりの速度の一例を示す説明図、（ｂ）は管電流が小さい時の管電圧の立ち下がりの速度の一例を示す説明図。

【図４】インバータと放電回路の動作タイミングの一例を示す説明図。

【図５】放電回路の第１構成例を示す図。

【図６】放電回路の第２構成例を示す図。

【図７】（ａ）は管電流が大きい時の第１放電方法について説明するための図、（ｂ）は管電流が小さい時の第１放電方法について説明するための図。

【図８】（ａ）は管電流が大きい時の第２放電方法について説明するための図、（ｂ）は管電流が小さい時の第２放電方法について説明するための図。

【図９】（ａ）は管電流が大きい時の第３放電方法について説明するための図、（ｂ）は管電流が小さい時の第３放電方法について説明するための図。

【図１０】放電回路の第３構成例を示す図。

【図１１】放電回路の第４構成例を示す図。

【発明を実施するための形態】

【０００９】

以下、図面を参照しながら、Ｘ線高電圧装置および電源装置の実施形態について詳細に説明する。

【００１０】

図１は、本発明の一実施形態に係る電源装置の一例を示す全体構成図である。本実施形態に係る電源装置は、高電圧回路から負荷へ出力される出力電圧を可変に構成されたものであればよく、たとえばＸ線ＣＴ装置やＸ線診断装置のＸ線源に高電圧を印加するための電源装置として用いることができる。以下の説明では、電源装置が、Ｘ線管に印加する電圧を出力するＸ線高電圧装置１０である場合の一例を示した。

【００１１】

図１に示すように、電源装置の一例としてのＸ線高電圧装置１０は、Ｘ線管１１に電圧を出力する高電圧回路２０と、高電圧回路２０を制御する処理回路３０とを有する。

【００１２】

高電圧回路２０は、高電圧発生回路２１と、放電回路２２とを有する。高電圧発生回路２１は、複数のコンデンサと複数のダイオードにより構成されたコッククロフト・ウォルトン回路（以下、ＣＷ回路という）２１ｃｗを有する。

【００１３】

放電回路２２は、スイッチ２２ｓｗを有し、高電圧発生回路２１の一部のコンデンサを放電させるための回路である。放電回路２２により放電される高電圧発生回路２１の一部のコンデンサは、好ましくは、ＣＷ回路２１ｃｗの交流電力入力側に位置するコンデンサから優先的に選択される。

【００１４】

処理回路３０は、プロセッサと記憶回路とを有する。処理回路３０のプロセッサは、記憶回路に記憶されたプログラムを読み出して実行することにより、高電圧回路２０の出力電圧を高速に下降させるための処理を実行するプロセッサである。処理回路３０のプロセッサは、出力電圧制御機能３１と放電制御機能３２とを実現する。これらの各機能はそれぞれプログラムの形態で記憶回路に記憶されている。

【００１５】

出力電圧制御機能３１は、第１の管電圧（たとえば－８０ｋＶ）と第２の管電圧（－１４０ｋＶ）とによるデュアルエナジー撮影可能なように、高電圧回路２０からＸ線管１１

への出力電圧を、第１の管電圧と第２の管電圧とで変化させる。
【００１６】
放電制御機能３２は、高電圧回路２０の出力電圧が下降するタイミングに同期して、ＣＷ回路２１ｃｗの一部のコンデンサを放電させる。
ここで、放電回路２２について説明する。
【００１７】
図２は、高電圧発生回路２１の一例を示す説明図である。図示しない直流電源からインバータ２１ｉに入力された直流電圧（たとえば約５００Ｖ）は、インバータ２１ｉで高周波の交流電圧に変換され、高圧トランスＴＸ１の一次巻線Ｐ１に入力されて昇圧され、高圧トランスＴＸ１の二次巻線Ｓ１には高電圧（たとえば約１０ｋＶ）が発生する。二次巻線Ｓ１の出力は、複数のコンデンサと複数のダイオードで構成されたコッククロフト・ウォルトン回路（ＣＷ回路）２１ｃｗに入力される。図２には、ＣＷ回路２１ｃｗがＣ１－Ｃ６の６個のコンデンサとＤ１－Ｄ６の６個のダイオードにより構成される場合の例を簡易的に示した。
【００１８】
ＣＷ回路２１ｃｗの出力電圧は、入力電圧のピークピーク値の２倍に段数を掛けたもので与えられる。図２に示す例では、二次巻線Ｓ１が－１０ｋＶを出力する場合、高電圧発生回路２１は－６０ｋＶの出力電圧をＸ線管１１に印加することになる。したがって、たとえば、－１０ｋＶを出力する二次巻線Ｓ１に対して、４段の第１ＣＷ回路と、３段の第２ＣＷ回路とを順に直列に接続する場合、第１ＣＷ回路の最終段からは－８０ｋＶの高電圧を出力電圧として取り出すことができ、第２ＣＷ回路の最終段からは－６０ｋＶの高電圧を出力電圧として取り出すことができる。このため、出力電圧制御機能３１は、第１ＣＷ回路と第２ＣＷ回路の出力電圧を適宜組み合わせるよう切り替えることにより、容易に－８０ｋＶとー１４０ｋＶのデュアルエナジー撮影を実現することができる。
【００１９】
図３（ａ）は管電流が大きい時の管電圧の立ち下がりの速度の一例を示す説明図であり、（ｂ）は管電流が小さい時の管電圧の立ち下がりの速度の一例を示す説明図である。
【００２０】
高電圧回路２０の高電圧発生回路２１の出力電圧である管電圧を低い電圧から高い電圧に立ち上げるためには、高電圧発生回路２１のＣＷ回路２１ｃｗの高圧コンデンサを急速に充電させればよい。高圧コンデンサの急速充電は、たとえば高電圧発生回路に交流電力を供給するインバータ２１ｉを高周波にする、またはインバータ２１ｉのＯＮ時間を長くすることにより、容易に実現できる。
【００２１】
一方、管電圧を高い電圧から低い電圧に高速に立ち下げるためには、高圧コンデンサの電荷を急速に放電させる必要がある。しかし、インバータ２１ｉは、あくまでも高電圧発生回路２１に交流電力を供給するものであって、コンデンサの放電には寄与しない。このため、コンデンサの放電は、インバータ２１ｉでは制御できず、Ｘ線管１１の管電流に頼るところが大きい。このため、管電流が変化すると、管電圧の立ち下りの速度も変化してしまう。たとえば、管電流が大きいときは、コンデンサの放電速度が早いために管電圧も早く立ち下がる一方（図３（ａ）参照）、管電流が小さいときは、コンデンサの放電速度が遅くなるために管電圧の立ち下がり速度も遅くなる（図３（ｂ）参照）。
【００２２】
しかし、管電流の大きさは、撮影部位や撮影シーケンスによって定められている。このため、所定の管電流以下での撮影の場合は、コンデンサの放電速度が不十分となり、管電圧を所定時間以内に立ち下げることができずに、デュアルエナジー撮影を行うことができなくなってしまう。すなわち、高電圧発生回路２１のみでは、管電圧の立ち下がり速度を調整することが極めて難しい。
【００２３】
そこで、本実施形態に係る電源装置は、高電圧発生回路２１のコンデンサを放電させる

ための放電回路２２を備える。
【００２４】
図４は、インバータ２１ｉと放電回路２２の動作タイミングの一例を示す説明図である。また、図５は、放電回路２２の第１構成例を示す図である。
【００２５】
図４に示すように、管電圧を立ち下げるとき、すなわち高電圧発生回路２１の出力電圧をたち下げるとき、インバータ２１ｉは動作を停止する。放電制御機能３２は、この停止しているタイミングで放電回路２２に設けられたスイッチ２２ｓｗを制御することにより、高電圧発生回路２１の一部のコンデンサの放電を制御する。具体的には、放電制御機能３２は、高電圧発生回路２１の出力電圧が下降するタイミングに同期して、放電回路２２のスイッチ２２ｓｗを制御することにより、ＣＷ回路２１ｃｗの一部のコンデンサを放電させる。
【００２６】
第１構成例に係る放電回路２２は、ＣＷ回路２１ｃｗの交流電力入力側から近いコンデンサから選択された一部のコンデンサを放電させるための放電素子を少なくとも有する。以下の説明では、図５に示すように、放電回路２２が、ダイオードＤ７、放電素子としての抵抗Ｒ１、フォトカプラＵ１、およびスイッチ２２ｓｗ１を有し、ＣＷ回路２１ｃｗの交流電力入力側の１段目のコンデンサＣ２を放電するための第１放電回路要素と、ダイオードＤ８、放電素子としての抵抗Ｒ２、フォトカプラＵ２、およびスイッチ２２ｓｗ２を有し、ＣＷ回路２１ｃｗの交流電力入力側の２段目のコンデンサＣ４を主に放電するための第２放電回路要素と、を有する場合の例を示す。なお、放電回路要素は１つでもよいし、３つ以上でもよい。
【００２７】
高電圧発生回路２１のコンデンサを放電回路２２によって放電させることにより、コンデンサの放電を管電流のみに頼る場合に比べ、高電圧発生回路２１の出力電圧を高速に下降させることができる。
【００２８】
また、高電圧発生回路２１の出力電圧が下降する間の画像を利用する場合は、管電流によらずにこの下降速度が所定値であることが好ましい。この場合、放電制御機能３２は、高電圧発生回路２１の出力電圧の下降速度が所定値となるようにスイッチ２２ｓｗ１および２２ｓｗ２を制御する。具体的には、下降速度が管電流に応じて変化してしまい画像に悪影響を及ぼすことがないように、放電制御機能３２は、出力電圧を印加される負荷に応じて、すなわち管電流に応じて、管電流によらずに出力電圧の下降速度が一定値となるように、スイッチ２２ｓｗ１および２２ｓｗ２のスイッチングタイミングを制御して一部のコンデンサの放電を制御することで下降速度を補正する。
【００２９】
スイッチ２２ｓｗ１および２２ｓｗ２は、放電制御機能３２により、フォトカプラＵ１およびＵ２にそれぞれ入力するパルスのＯＮ／ＯＦＦタイミングを制御される。スイッチ２２ｓｗ１および２２ｓｗ２のデューティ比や周波数を制御することにより、放電電流を制御することができる。
【００３０】
なお、放電回路２２により放電されるコンデンサは、ＣＷ回路２１ｃｗを構成する全てのコンデンサではなく、一部のコンデンサでよい。これは、デュアルエナジー撮影においては、高い管電圧（たとえば－１４０ｋＶ）から、０Ｖまで下降させる必要はなく、低い管電圧（たとえば－８０ｋＶ）まで電圧を下降させればよいため、全てのコンデンサを完全に放電させる必要はないためである。また、放電回路２２により放電される一部のコンデンサは、ＣＷ回路２１ｃｗの交流電力入力側から遠いコンデンサＣ６よりも、交流電力入力側に近いコンデンサから優先的に選択されるとよい。交流電力入力側に近いコンデンサを放電させる場合、交流電力入力側から遠いコンデンサよりも電位が低いため、フォトカプラＵ１、Ｕ２の耐圧性能が低くてもよく、安価で軽量なフォトカプラＵ１、Ｕ２を用

いることができる。
【００３１】
図６は、放電回路２２の第２構成例を示す図である。図６に示すように、放電回路２２の放電素子としては、抵抗Ｒ１、Ｒ２にかえてコイルＬ１、Ｌ２を用いてもよい。放電素子としてコイルＬ１、Ｌ２を用いる場合は、放電制御機能３２は、スイッチ２２ｓｗ１および２２ｓｗ２を制御することにより、コイルＬ１およびＬ２にそれぞれ流れる電流の周波数を制御してコイルＬ１およびＬ２のインピーダンスを制御し、ＣＷ回路２１ｃｗの一部のコンデンサの放電を制御し、高電圧発生回路２１の出力電圧の下降速度を制御する。
【００３２】
放電素子として抵抗Ｒ１、Ｒ２を用いる場合（図５参照）、放電素子における損失が大きいため、抵抗Ｒ１、Ｒ２は大型で高価な素子を用いる必要がある。一方、放電素子としてコイルＬ１、Ｌ２を用いる場合（図６参照）、放電素子における損失を大きく低減できるため、放電素子のコストを下げることができる。
【００３３】
フォトカプラＵ１、Ｕ２は高周波でスイッチングさせているため、コイルＬ１、Ｌ２のインピーダンスは大きくなっており、電流が制限される。この状態からスイッチ２２ｓｗ１、２２ｓｗ２のデューティ比を変化させることにより、放電電流量を調整することができ、また、スイッチ２２ｓｗ１、２２ｓｗ２の周波数を変化させることにより、コイルＬ１、Ｌ２のインピーダンスを変化させることにより、放電電流量を調整することができる。
【００３４】
次に、ＣＷ回路２１ｃｗの一部のコンデンサの放電方法について説明する。
【００３５】
図７（ａ）は、管電流が大きい時の第１放電方法について説明するための図であり、（ｂ）は、管電流が小さい時の第１放電方法について説明するための図である。
【００３６】
ＣＷ回路２１ｃｗの一部のコンデンサの第１放電方法は、スイッチ２２ｓｗ１および２２ｓｗ２の動作周波数を一定とし、デューティ比を変化させる方法である。
【００３７】
管電流が大きいときは、放電回路２２の放電素子（たとえばＬ１、Ｌ２）による放電電流は少なくてよいため、放電制御機能３２は、たとえばスイッチ２２ｓｗ１のみを低いデューティ比で動作させ、スイッチ２２ｓｗ２は動作させない（図７（ａ）参照）。なお、この場合、スイッチ２２ｓｗ２のみを動作させてもよいし、スイッチ２２ｓｗ１と２２ｓｗ２をともに低いデューティ比で動作させてもよい。
【００３８】
一方、管電流が小さいときは、放電回路２２による放電電流は多いほうが好ましく、この場合、放電制御機能３２は、管電流が小さいときよりも高いデューティ比でスイッチ２２ｓｗ１および２２ｓｗ２をともに動作させるとよい。このとき、放電電流のリップルを小さくするよう、スイッチ２２ｓｗ１と２２ｓｗ２の動作位相は１８０度ずらすことが好ましい（図７（ｂ）参照）。
【００３９】
図８（ａ）は、管電流が大きい時の第２放電方法について説明するための図であり、（ｂ）は、管電流が小さい時の第２放電方法について説明するための図である。
【００４０】
ＣＷ回路２１ｃｗの一部のコンデンサの第２放電方法は、スイッチ２２ｓｗ１および２２ｓｗ２のデューティ比を一定とし、周波数を変化させる方法である。なお、一定とするデューティ比は、放電電流のリップルが小さくなるよう、５０％とすることが好ましい。
【００４１】
管電流が大きいときは、放電回路２２の放電素子（たとえばＬ１、Ｌ２）による放電電流は少なくてよいため、放電制御機能３２は、たとえばスイッチ２２ｓｗ１のみを低い周

波数で動作させ、スイッチ２２ｓｗ２は動作させない（図８（ａ）参照）。なお、この場合、スイッチ２２ｓｗ２のみを動作させてもよいし、スイッチ２２ｓｗ１と２２ｓｗ２をともに低い周波数で動作させてもよい。

【００４２】

一方、管電流が小さいときは、放電回路２２による放電電流は多いほうが好ましく、この場合、放電制御機能３２は、管電流が小さいときよりも高い周波数でスイッチ２２ｓｗ１および２２ｓｗ２をともに動作させるとよい。このとき、放電電流のリップルを小さくするよう、スイッチ２２ｓｗ１と２２ｓｗ２の動作位相は１８０度ずらすことが好ましい（図８（ｂ）参照）。

【００４３】

図９（ａ）は、管電流が大きい時の第３放電方法について説明するための図であり、（ｂ）は、管電流が小さい時の第３放電方法について説明するための図である。

【００４４】

ＣＷ回路２１ｃｗの一部のコンデンサの第３放電方法は、スイッチ２２ｓｗ１および２２ｓｗ２を動作させるとき、ＯＦＦ時間を一定とし、ＯＮ時間を変化させる方法である。

【００４５】

スイッチ２２ｓｗ１、２２ｓｗ２がＯＦＦのときは、回路がハイインピーダンス状態となり、フォトカプラＵ１、Ｕ２に印加される電圧が上昇してしまう。この電圧上昇を抑えるために、第３放電方法では、ＯＦＦ時間を固定して、ＯＮ時間を変化させることにより、放電電流を調整する。

【００４６】

管電流が大きいときは、放電回路２２の放電素子（たとえばＬ１、Ｌ２）による放電電流は少なくてよいため、放電制御機能３２は、たとえばスイッチ２２ｓｗ１のみを、ＯＦＦ時間を固定しつつ、短いＯＮ時間で動作させ、スイッチ２２ｓｗ２は動作させない（図９（ａ）参照）。なお、この場合、スイッチ２２ｓｗ２のみを動作させてもよいし、スイッチ２２ｓｗ１と２２ｓｗ２をともに短いＯＮ時間で動作させてもよい。

【００４７】

一方、管電流が小さいときは、放電回路２２による放電電流は多いほうが好ましく、この場合、放電制御機能３２は、ＯＦＦ時間は固定しつつ、管電流が小さいときよりも長いＯＮ時間でスイッチ２２ｓｗ１および２２ｓｗ２をともに動作させるとよい。このとき、放電電流のリップルを小さくするよう、スイッチ２２ｓｗ１と２２ｓｗ２の動作位相は１８０度ずらすことが好ましい（図８（ｂ）参照）。

【００４８】

以上の第１－第３放電方法によれば、放電回路２２により高電圧発生回路２１のコンデンサを放電させることができるため、管電流のみに頼る場合に比べ、Ｘ線管１１の管電圧を高速に下降させることができる。また、第１－第３放電方法によれば、Ｘ線管１１の管電流の状態によらずＸ線管電圧の下降速度を所定値に補正することができるため、Ｘ線管電圧の立ち下がり波形は管電流によらず同等となり、どの動作モードでも均一のデュアルエナジー画像を得ることができる。

【００４９】

図１０は、放電回路２２の第３構成例を示す図である。図１０に示すように、放電回路２２は、放電素子としてトランスＴＸ２、ＴＸ３を用いてもよい。この場合、トランスＴＸ２、ＴＸ３の一次側Ｐ２、Ｐ３を放電回路２２に接続し、二次側Ｓ２、Ｓ３を、ダイオードＤ９を介して回生コンデンサ２２ｃに接続する。

【００５０】

第３構成例においても、上記の第１－第３放電方法を利用することができる。また、第３構成例では、第１－第３放電方法のいずれの方法を用いる場合であっても、トランスＴＸ２、ＴＸ３の一次側Ｐ２、Ｐ３に流れた放電電流は、二次側Ｓ２、Ｓ３に接続された回生コンデンサ２２ｃに充電される。回生コンデンサ２２ｃに充電されたエネルギーは、インバータ２１ｉの入力コンデンサｃ７に回生され、インバータ２１ｉの管電圧立ち上げ動

作時のエネルギーとして再利用することができる。このため、放電回路２２の第３構成例によれば、ＣＷ回路２１ｃｗの一部のコンデンサの放電エネルギーを回生させて高電圧発生回路２１に利用することができるため、Ｘ線高電圧装置１０の全体のエネルギー効率を改善することができる。

【００５１】

図１１は、放電回路２２の第４構成例を示す図である。図１１に示すように、第３構成例で用いたトランスＴＸ２、ＴＸ３のそれぞれをフライバックトランスＦＢＴＸ２、ＦＢＴＸ３でおきかえてもよい。図１１に示す放電回路２２の第４構成例は、図１０に示す第３構成例と、回生コンデンサ２２ｃにエネルギーを回生させるタイミングが異なる。

【００５２】

図１１に示す放電回路２２の第４構成例では、スイッチ２２ｓｗ１、２２ｓｗ２がＯＮとなりフライバックトランスＦＢＴＸ２、ＦＢＴＸ３の一次側Ｐ２、Ｐ３に放電電流が流れるとき、二次側Ｓ２、Ｓ３がフライバック構成となっているためにエネルギーの伝達ができず、ＦＢＴＸ２、ＦＢＴＸ３自体にエネルギーが蓄積される。この蓄積されたエネルギーは、スイッチ２２ｓｗ１、２２ｓｗ２がＯＦＦとなる期間に、二次側Ｓ２、Ｓ３に接続された回生コンデンサ２２ｃに充電され、インバータ２１ｉの入力コンデンサｃ７に回生される。

【００５３】

放電回路２２の第４構成例によれば、回路がハイインピーダンスとなる、スイッチ２２ｓｗ１、２２ｓｗ２がＯＦＦとなる期間に、フライバックトランスＦＢＴＸ２、ＦＢＴＸ３の二次側Ｓ２、Ｓ３にエネルギーが放出される。このため、ＯＦＦ期間に発生する過電圧を抑制することができる。

【００５４】

以上説明した少なくとも１つの実施形態によれば、高電圧回路の出力電圧を高速に下降させることができる。

【００５５】

なお、本実施形態における処理回路３０の出力電圧制御機能３１および放電制御機能３２は、それぞれ特許請求の範囲における出力電圧制御部および放電制御部の一例である。

【００５６】

なお、上記実施形態において、「プロセッサ」という文言は、たとえば、専用または汎用のＣＰＵ（Central Processing Unit）、ＧＰＵ（Graphics Processing Unit）、または、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（たとえば、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）、およびＦＰＧＡ）等の回路を意味するものとする。プロセッサは、記憶媒体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、各種機能を実現する。

【００５７】

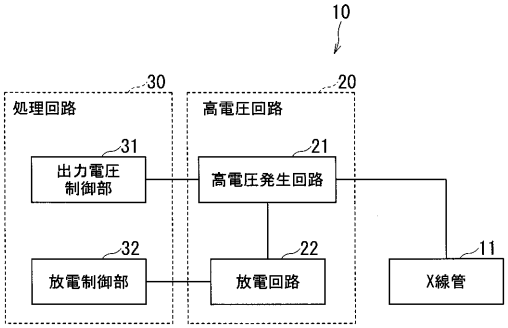
また、上記実施形態では処理回路の単一のプロセッサが各機能を実現する場合の例について示したが、複数の独立したプロセッサを組み合わせて処理回路を構成し、各プロセッサが各機能を実現してもよい。また、プロセッサが複数設けられる場合、プログラムを記憶する記憶媒体は、プロセッサごとに個別に設けられてもよいし、１つの記憶媒体が全てのプロセッサの機能に対応するプログラムを一括して記憶してもよい。

【００５８】

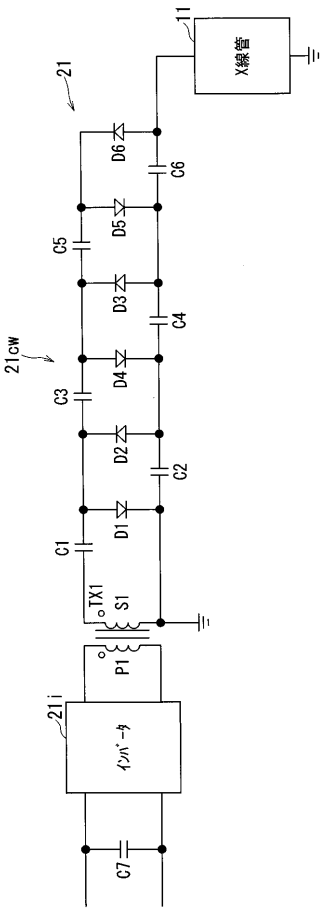
なお、本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれると同様に、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれるものである。

【符号の説明】
【００５９】
１０　Ｘ線高電圧装置
１１　Ｘ線管
２０　高電圧回路
２１　高電圧発生回路
２１ｃｗ　コッククロフト・ウォルトン回路
２１ｉ　インバータ
２２　放電回路
２２ｃ　回生コンデンサ
２２ｓｗ１　スイッチ
２２ｓｗ２　スイッチ
３０　処理回路
３１　出力電圧制御機能
３２　放電制御機能

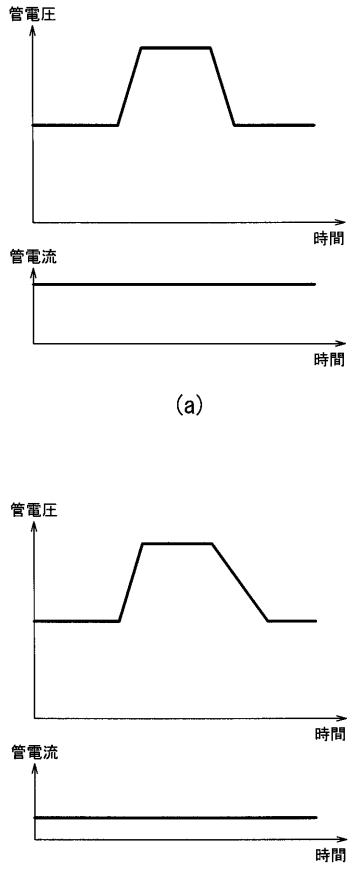
【図１】



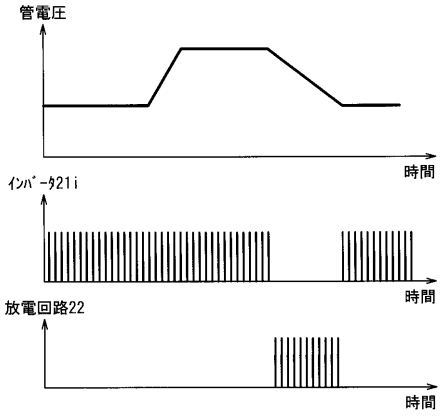
【図２】



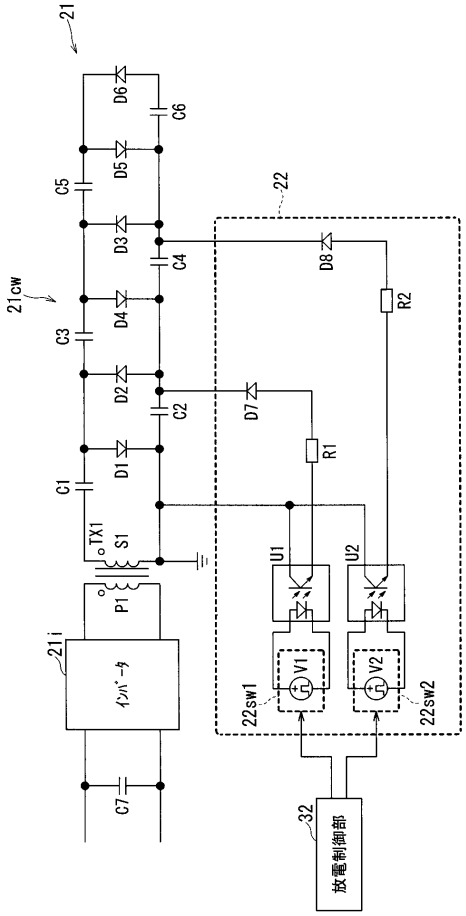
【図３】


管電圧
時間
管電流
時間
(a)
管電圧
時間
管電流
時間
(b)

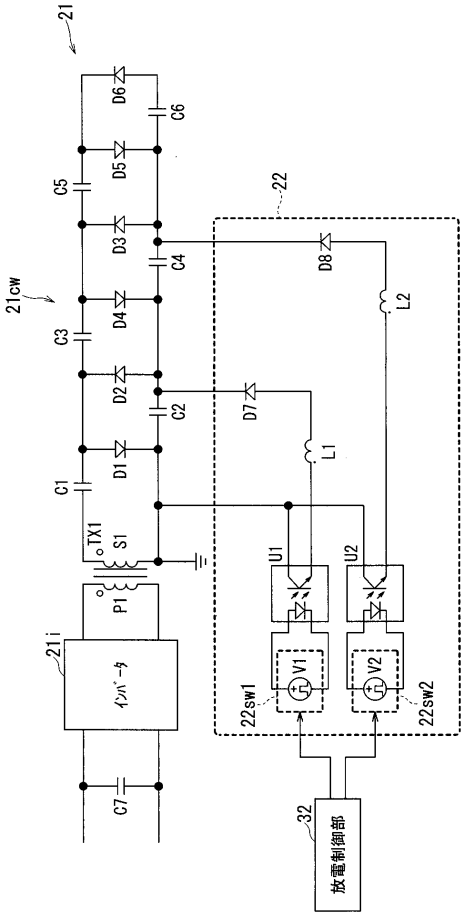
【図４】


管電圧
時間
ｲﾝﾊﾞｰﾀ21i
時間
放電回路22
時間

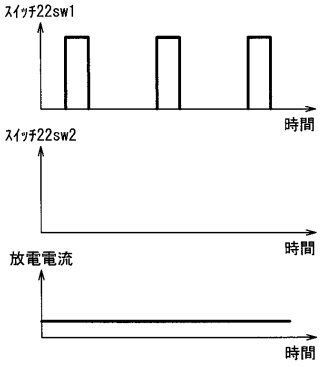
【図５】


21
22
21cw
D6
C6
C5
D5
D3
C4
D8
R2
C3
D4
D2
C2
D7
R1
C1
D1
TX1
S1
U1
U2
P1
21i
ｲﾝﾊﾞｰﾀ
V1
V2
22sw1
22sw2
C7
32
放電制御部

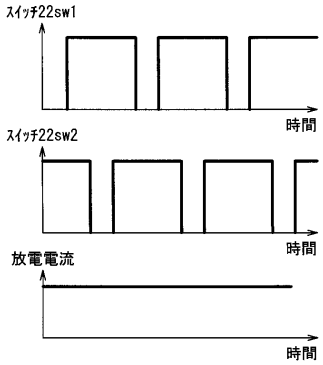
【図６】


21
22
21cw
D6
C6
C5
D5
D3
C4
D8
L2
C3
D4
D2
C2
D7
L1
C1
D1
TX1
S1
U1
U2
P1
21i
ｲﾝﾊﾞｰﾀ
V1
V2
22sw1
22sw2
C7
32
放電制御部

【図７】

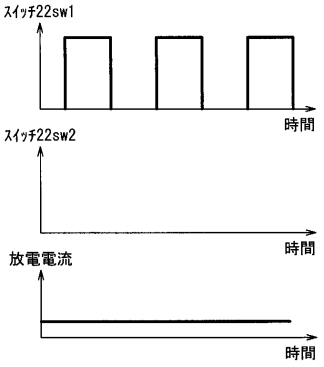


(a)

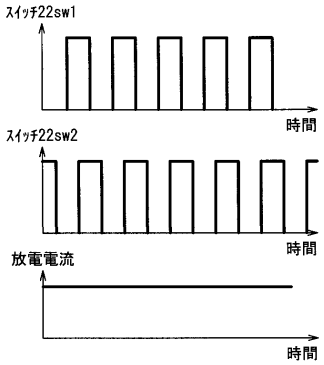


(b)

【図８】

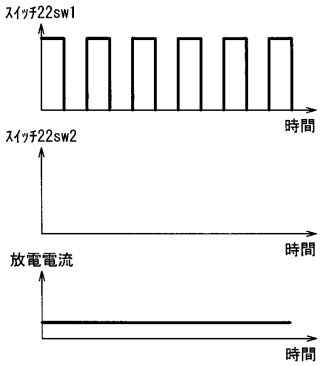


(a)

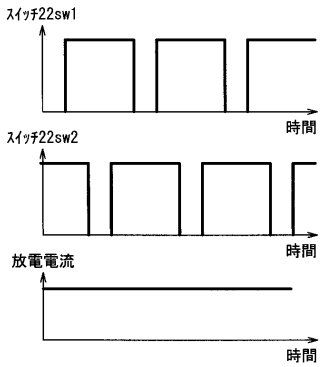


(b)

【図９】

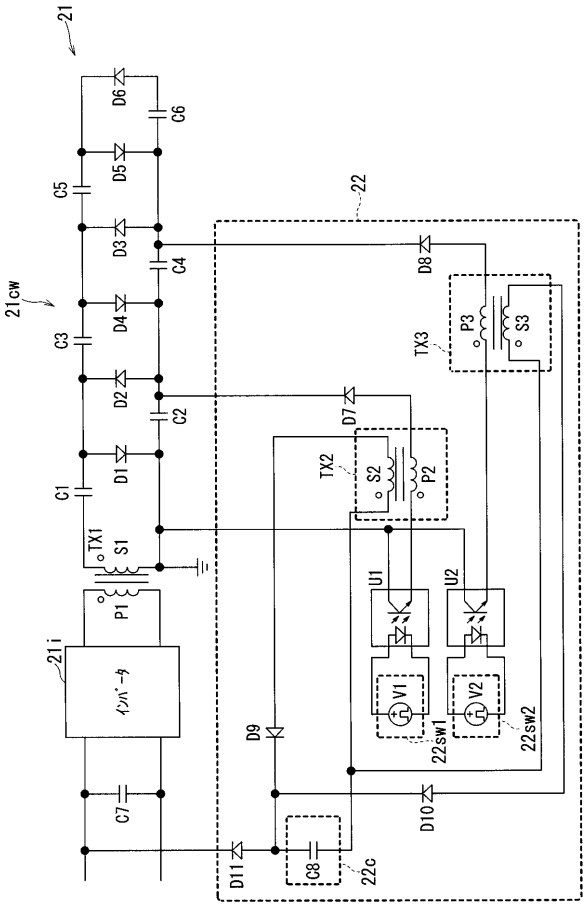


(a)

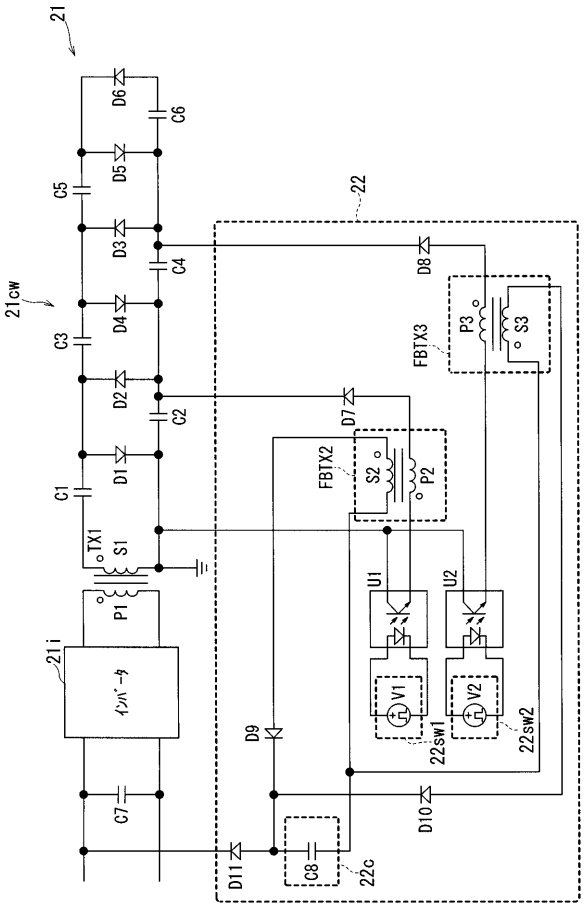


(b)

【図１０】



【図１１】


21
22
21cw
21i
D6
C6
D5
C5
D3
C4
D4
C3
D2
C2
D1
C1
TX1
S1
P1
インバータ
C7
D11
C8
22c
D9
D10
D8
P3
S3
FBTX3
D7
FBTX2
S2
P2
U1
U2
V1
V2
22sw1
22sw2