

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5936620号
(P5936620)

(45) 発行日 平成28年6月22日 (2016. 6. 22)

(24) 登録日 平成28年5月20日 (2016. 5. 20)

(51) Int. Cl. F I
H 0 5 G 1/20 (2006.01) H 0 5 G 1/20

請求項の数 16 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2013-543921 (P2013-543921)	(73) 特許権者	590000248
(86) (22) 出願日	平成23年12月5日 (2011. 12. 5)		コーニンクレッカ フィリップス エヌ ヴェ
(65) 公表番号	特表2014-503954 (P2014-503954A)		KONINKLIJKE PHILIPS N. V.
(43) 公表日	平成26年2月13日 (2014. 2. 13)		オランダ国 5656 アーエー アイン ドーフエン ハイテック キャンパス 5
(86) 国際出願番号	PCT/IB2011/055451		High Tech Campus 5, NL-5656 AE Eindhoven
(87) 国際公開番号	W02012/080899		
(87) 国際公開日	平成24年6月21日 (2012. 6. 21)	(74) 代理人	100107766
審査請求日	平成26年12月2日 (2014. 12. 2)		弁理士 伊東 忠重
(31) 優先権主張番号	10195168.9	(74) 代理人	100070150
(32) 優先日	平成22年12月15日 (2010. 12. 15)		弁理士 伊東 忠彦
(33) 優先権主張国	欧州特許庁 (EP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 X線管用電源ユニット

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

X線放射源のための電源ユニットであって：

高電圧ジェネレーターと、

波形ジェネレーターと、

パルス変圧器と、

コントロールユニットと、を含み

前記波形ジェネレーターは、前記パルス変圧器に電圧を提供するように適合されており、

、

前記パルス変圧器は、前記波形ジェネレーターからの変換された電圧を前記高電圧ジェネレーターによって提供された電圧に重ねるように適合されており、

前記コントロールユニットは、前記パルス変圧器の飽和効果を減殺するために、前記パルス変圧器の1次巻き線における電流と2次巻き線における電流との違いに基づいて、オフセット信号を創出し、かつ、該オフセット信号を前記波形ジェネレーターの入力に対して与える、ように適合されており、さらに、

前記波形ジェネレーターの前記入力に接続された参照パターンジェネレーターを含む、

ことを特徴とする電源。

【請求項 2】

前記参照パターンジェネレーターは、所望のパターンの波形を、前記波形ジェネレーターに対して提供するように適合されている、

10

20

請求項 1 に記載の電源。

【請求項 3】

前記参照パターンジェネレーターは、ゼロ以上およびゼロ以下の電圧値を伴うパルスパターンを提供するように適合されており、

それぞれのパルスパターン期間について、パルスパターンの時間積分はゼロに等しい、
請求項 2 に記載の電源。

【請求項 4】

前記参照パターンジェネレーターは、第 1 の時間インターバルを伴ない、かつ、与えられた極性である少なくとも一つの動作パルスであって、反対の極性である少なくとも一つのパルスが後に続く動作パルスを伴うパルスパターンを生成するように適合されている、

請求項 2 または 3 に記載の電源。

【請求項 5】

前記パルスパターンは、前記動作パルス単独の電圧と極性が反対でおよそ半分の電圧値である事前磁化パルスを含む、

請求項 4 に記載の電源。

【請求項 6】

前記動作パルスは、与えられた極性で、特定の磁化パルスの長さをもった電圧として実現され、所定の長さの所定のピーク電圧出力を生じる、

請求項 4 または 5 のいずれか一項に記載の電源。

【請求項 7】

前記動作パルスの長さは、フレーム時間窓の半分以下である、

請求項 6 に記載の電源。

【請求項 8】

前記動作パルスは、異なる電圧値をもった少なくとも 2 つの磁化パルスステップの形式で実現される、

請求項 6 または 7 に記載の電源。

【請求項 9】

前記波形ジェネレーターは、電源ユニットと X 線管を含む回路の共振周波数とインピーダンス特性に基づいた電圧値のステップを伴う、少なくとも一つの第 2 の磁化電圧ステップを提供するように適合されている、

請求項 6 乃至 8 のいずれか一項に記載の電源。

【請求項 10】

前記波形ジェネレーターは、電源ユニットと X 線管をもった回路の共振周波数とインピーダンス特性に基づいた少なくとも一つの減磁化電圧値のステップを含んだ減磁化シーケンスを創出するように適合されている、

請求項 6 乃至 9 のいずれか一項に記載の電源。

【請求項 11】

前記波形ジェネレーターは、同一の電圧レベルをもった 2 つのパルスを生成するように適合されている、

請求項 6 乃至 10 のいずれか一項に記載の電源。

【請求項 12】

前記参照パターンジェネレーターは、単一のフレーム時間窓の最中に、X 線管のカソードにおいて、数個の電圧パルスを創出するように適合されている、

請求項 6 乃至 11 のいずれか一項に記載の電源。

【請求項 13】

前記波形ジェネレーターは、前記参照パターンジェネレーターによって決定されたように電圧レベルを有する調整可能な一式の DC 電圧電源と、前記参照パターンジェネレーターによって決定されたように、時間ピリオドの最中に、それぞれの DC 電圧電源を前記パルス変圧器に接続する一式のコントロールされた半導体スイッチと、を含む、

10

20

30

40

50

請求項 2 乃至 1 2 のいずれか一項に記載の電源。

【請求項 1 4】

異なる高出力電圧レベルを生成する方法であって：

波形ジェネレーターを用いてパルス変圧器に対して電圧を提供する段階と、

前記波形ジェネレーターからの変換された電圧を高電圧ジェネレーターによって提供された電圧に重ねる段階と、

前記パルス変圧器の飽和効果を減殺するために、前記パルス変圧器の 1 次巻き線における電流と 2 次巻き線における電流との違いに基づいて、コントロールユニットを用いてオフセット信号を創出し、かつ、該オフセット信号を前記波形ジェネレーターの入力に対して与える段階と、

参照パターンジェネレーターを用いて波形パターンを生成する段階と、を含むことを特徴とする方法。

【請求項 1 5】

前記方法は、さらに、

前記波形パターンを前記波形ジェネレーターに対して与える段階と、を含む

前記波形パターンは、前記パルス変圧器を、事前磁化、磁化、および減磁化するための複数のパルスを含んでいる、

請求項 1 4 に記載の方法。

【請求項 1 6】

X 線管と、前記 X 線管に電圧供給するための請求項 1 乃至 1 3 のいずれか一項に従った電源と、を含む X 線画像システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えば X 線管といった、X 線光源に供給する高出力電圧を生成するための電源に関する。また、本発明は、出力電圧が少なくとも 2 つの異なる高出力電圧レベルから成る、コンピュータトモグラフィ（CT）アプリケーションに対する特定のアプリケーションを見出す。さらには、本発明は、X 線光源と、検出器と、少なくとも 2 つの異なる高出力電圧レベルを提供するように適合された電源ユニットとを含む、X 線画像システムに関する。

【背景技術】

【0002】

X 線管によって提供される X 線の分光組成は、電子ビームの加速電圧に基づいている。X 線量子のエネルギーは、加速電圧と共に増加する。生体における異なる種類の組織は全て、その関連する組織に当たっている X 線のエネルギーに基づいて異なる吸収特性を有する。そのため、この効果は、異なる組織の構成を区別するために利用することができ、従って、種々の病気の症状に対するより明確な診断ができる。例えば、腫瘍、腎臓結石、血管におけるプラーク（*plaque*）の堆積、である。

【0003】

コンピュータトモグラフィシステムにおいては、患者の体の周りを画像装置が回転して、小さな角度変位ごとに新たな画像フレームが撮影される。それぞれのフレームは、主に検出器の解像度と回転速度に基づく既定の時間窓の中で撮影される。機械的な制約と電氣的な複雑性のため、全ての時間窓は、個々の検査の最中は、同一の持続時間となっている。もし、いくつかのフレームが異なるエネルギーレベルで撮影されたとすれば、一般的な三次元画像の獲得に加えて、組織のタイプを検査することができる。例えば、フレームを一つおきに、異なるエネルギーレベルで撮影することができる。

【0004】

スペクトルと光学画像の再構築とを最もうまく分離するために、それぞれのフレームの露光時間の最中は、X 線管の供給電圧を一定に保つべきである。異なるエネルギーレベルが、お互いのすぐ後に続く場合には、例えば一つおきのフレームであるが、同様に、異な

10

20

30

40

50

る電圧レベルの遷移をできる限り短く保つ必要がある。もしくは、生きている人間の検査をする場合に、遷移におけるX線管からの放射を防ぐためである。中間レベルのX線の放射は、画像の品質を悪化させ、利用されないX線放射線量を患者に負わせることになり、一般的には高品質の画像を獲得するために役に立たない。

【0005】

CTシステムに対する感度効率は、電子ビームのエネルギーが高いほど、より一層良くなり、その逆もまた同様である。従って、十分な加熱によって、カソードの放出電流は十分高く選定されなければならない。低エネルギーの画像フレームは、決められた時間フレーム（例えば、 $100\mu s$ ）の中で十分な信号対雑音比でサンプルされる。重要なのは、より高い加速電圧において撮影された画像は、露光オーバーになる傾向があることである。より高い電圧における高い感度によるものである。これを避けるためには、加熱を減じることにより、放出電流を再び減少させる必要がある。このプロセスは、百分の数十ミリ秒を要し、フレームごとにエネルギーレベルをスイッチすることを明らかに遅くする。従って、このことは、より高い電圧における露光時間を短縮することによって典型的には達成される。低電圧においては露光が全時間窓を越えて延長する一方で、高電圧レベルにおける露光は全時間窓の位置しかカバーしない。数マイクロ秒の中でグリッド電極でX線管をオンとオフにスイッチしていることによるものである。

10

【0006】

別の要求としては、作業パルス、つまり、X線放射と検出器の露光の期間、は露光時間窓の真ん中で起こる必要がある。配置上の理由によるものである。

20

【0007】

さらなる要求としては、高電圧と低電圧のフレーム獲得シーケンスについて最大の自由度を達成することである。すなわち、一つの電圧におけるいくつかのフレーム登録のあらゆる組み合わせの後に、ある他の電圧におけるあらゆる他のいくつかの登録が続くことができる。例えば、2つの電圧 V_n と V_m におけるフレーム獲得の比率は、比率 $n:m$ に等しい。ここで、 n と m は整数である。

【0008】

追加的な要求としては、単一の画像フレームを獲得するために既定の時間窓が、最小値（例えば $100\mu s$ ）から、より長い値（例えば $500\mu s$ ）まで調整できることである。例えば、CT台の回転速度が減少した場合である。

30

【0009】

同様に、要求としては、デュアルまたはマルチスペクトラムX線ビームを獲得する手段が、小さく、軽量で、効率がよいことである

【0010】

2つのエネルギーによる検査の利用分野をカバーするかなり単純な方法は、最初に、一つの方向において一つのエネルギーレベルでヘリカルスキャンを行い、次に、別のエネルギーレベルで同じ経路を逆に戻ってくることである。この方法は、「バックツゥーバックスキャン（back-to-back scan）」として知られている。異なる方向におけるこれら2つのスキャンの間にはかなり大きな時間遅れがあることは明らかであり、これら2つのスキャンの間に興味部位または器官の位置が変わってしまった場合には位置ずれを起こしてしまうことがある。

40

【0011】

異なるエネルギーレベルを、全回転ごとに適用することが知られており、この方法は「オルターネートスキャン（alternating scan）」として知られている。興味部位が素早く動いている場合、例えば心臓の場合、このスキャン方法でさえ位置ずれがあり得る。

【0012】

高電圧ジェネレーターを変調することによりX線管の加速電圧を変えるように高電圧供給をコントロールすることも知られており、1ミリ秒のオーダーの時定数で行われ得る。これと比較すると、高回転レートにおける連続したフレーム間の時間差は、 $100\mu s$ 程

50

度に小さく、現行のジェネレーターの概念では生成することができない。

【0013】

国際公開第2010/0098217号は、放射光源と、高電圧ジェネレーターと、ゼロでない振幅を持った変調電圧波形を生成する変調波形ジェネレーターとを含む、X線システムを開示しており、少なくとも2つの異なる電圧の間で電源電圧を組み合わせ、変調する。

【0014】

米国特許出願公開第20100098217号は、多数のコントロールされたスイッチとダイオードを使ってキャパシターの繋がりを並列から直列接続に再構成することにより、高電圧DC電源の出力をブーストする方法を開示している。そこでは、ブーストフェイズの最中の電圧を完全にはコントロールすることができない。余分なエネルギーは、キャパシターの直列接続から単に回収されるだけだからである。さらに、回路は、非常に高い電圧レベルにおいて操作され、コントロールされなければならない複数のエレメントから成っている。低い電圧レベルに戻った後は、部分的にディスチャージされたキャパシターの再チャージが、高DC電圧のセtring (set t l i n g) 効果を生じ、X線ビームのスペクトル品質の悪化を招く。より低い電圧においては、登録を拡張することが簡単に可能である一方、より高い電圧においては、キャパシターのディスチャージのせいで、このことは達成できない。

【0015】

パルス変圧器を用いて高電圧DC電源を直列に接続することにより、変調した電圧を伴うX線管の高電圧電源を作り上げることも知られている。欧州特許出願第817546A1号は、即座にエネルギーレベルを変更することができるX線システムを開示している。直列に接続された少なくとも一つの高電圧DC電源に係るいくつかの異なる構成から成り、少なくとも一つの変圧器を伴ない、後者の変圧器は波形ジェネレーターによって電源供給されている。変圧器は、巻き線と並列な第2のキャパシターと接続されており、発振回路を形成している。波形ジェネレーターは、発振回路の発振周波数に近い周波数の波形を周期的に生成する。波形ジェネレーターに対して矩形パルス形状を含んだ任意の波形を提供することを意図しているのだが、発振回路の振る舞いの影響により、矩形波、またはフラットトップ (f l a t t o p) 特性をもつ他のパルス波形を達成することができないことに留意しなければならない。

【0016】

別の問題は、短い時間の後で生じる変圧器の飽和であり、2次電流のDC特性によるものである。これは、また、同一の電圧（より高いか、より低い）においていくつかの画像フレームを記録しようと試みる場合にも生じる。すると、変圧器の最大可能な全体電圧を超えてしまう。飽和が生じた場合には、望ましい電圧出力は、もはや維持できない。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0017】

【特許文献1】国際公開第2010/0098217号明細書

【特許文献2】米国特許出願公開第20100098217号明細書

【特許文献3】欧州特許出願第817546号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0018】

マルチレベルの高電圧を実現するDCジェネレーターの一般的なシステムは、いくつかの観点で制約がある。単純な直列変圧器を用いたソリューションは、変圧器の飽和に苦しむものであり、電圧波形の品質と融通性が十分ではない。

【0019】

スイッチされるキャパシターの構成においては、より高い電圧レベルにおいて一定の電圧出力を維持することができず、セtring効果が、スイッチングの最中のX線スペク

10

20

30

40

50

トラムの品質を悪化させてしまう。

【0020】

コントロールによる一般的な高電圧ジェネレーターの変調は、異なる電圧レベル間での長い遷移時間を生じてしまい、異なる電圧レベル間での早いシーケンスができない。

【0021】

従って、以下の能力を備えたX線管に対して異なる高出力電圧レベルを提供する電源が必要である。高いシステムスピードに持ちこたえる能力と、変圧器コアが飽和に達する危険性が無く、X線管における使用のために所定の電圧レベルに係る既定の任意のシーケンスを提供する能力である。

【課題を解決するための手段】

10

【0022】

このことは、独立請求項である請求項1の特徴に従った電源ユニットによって満足される。有利な改良は、従属請求項からわかるであろう。

【0023】

本発明の第1の態様に従えば、電源ユニットは、高電圧ジェネレーターと、波形ジェネレーターと、パルス変圧器と、コントロールユニットと、を含んでいる。高電圧ジェネレーターとパルス変圧器は直列に接続されており、波形ジェネレーターはパルス変圧器に電圧を提供するように適合されている。

【0024】

波形ジェネレーターは、信号入力における信号を増幅するように適合されており、この増幅された信号をパルス変圧器の1次巻き線に対して提供する。こうした波形ジェネレーターは、例えば、400Vまでの電圧を届けることができるパワー半導体コンポーネントを伴う電気回路を用いて実現できる。波形ジェネレーターは、望ましくは電源に係る特性を有している。

20

【0025】

高電圧ジェネレーターは、X線管のアノードとカソードにわたるアプリケーションのために使用される高電源電圧を提供するように適合されている。カソードからアノードへ向かう電子を加速して、X線を創出するためである。高電圧は、50kVから150kVまでの範囲における直流電流として実現され得る。例えば、110kVまたは他の電圧である。生成された電圧は、要求されるスペクトル特性に従って選択され、関連のX線画像装置の意図された使用に合わせて仕立てられる。

30

【0026】

パルス変圧器は、波形ジェネレーターまたは他の手段によって提供された比較的に低電圧で所望のパターンを伴う電圧信号を、高電圧ジェネレーターの電圧に類似の振幅をもった高電圧へと増幅するように適合されており、望ましくは、矩形の電気パルスを送送するように最適化されている。こうした変圧器の性能を最適化するためには、リークインダクタンス(Leak Inductance)と分布容量の値が低いこと、オープン回路インダクタンスが高いこと、そして、カップリング容量が低いこと、が望ましい。本発明に従って、パルス変圧器は高電圧ジェネレーターで連続して変換された信号電圧を提供する。パルス変圧器の出力が、高電圧ジェネレーターの高出力電圧に重ね合わされ、X線管に与えられるようにである。

40

【0027】

従って、高電圧ジェネレーターの電圧は、X線管によって生成されるX線のスペクトルに影響を与えるために、パルス変圧器によって生じた特定のピークを含んでいる。パルス変圧器における電圧パターンは、ゼロ電圧のフェイズを含んでおり、そこではX線管における高電圧DC電源の電圧だけが有効である。例えば、低い絶対振幅の電圧での露光の最中である。動作パルスを含むフェイズも含んでいる。例えば、高い絶対振幅の電圧での露光の最中である。

【0028】

リークインダクタンスと他の派生効果は、パルス変圧器の分布容量や他のキャパシタン

50

スといったもの、X線管と高電圧ジェネレーターとの間の高電圧ケーブルのキャパシタンス、またはX線管のキャパシタンス、もしくはシステムの他の部品のキャパシタンスといったものであるが、望ましいパルスが形成された高電圧にさらされて、一般的に、X線管電圧または電流が変化する場合には、いつでもオーバーシュートやリング効果をもたらす。こうした効果は、少なくとも一つのX線管分量が変化する場合はいつでも、波形に中間電圧レベルの期間を挿入することによって抑えられる。中間電圧の持続時間とレベルは、望ましい分量、電流または電圧、もしくはその両方から事前に決定される。

【0029】

本発明に従えば、コントロールユニットは、オフセット信号を生成し、このオフセット信号を波形ジェネレーターの入力に対して与えるように適合されている。オフセット信号は、パルス変圧器の1次巻き線における電流と2次巻き線における電流との違いに基づくものであり、単純化のために、まずは巻き線比率1:1を仮定している。2つの電流のあらゆる妥当な差異、典型的には10%以下のオーダーのもの、によって、変圧器は飽和し、急速なインピーダンスの減少、急峻な電流の増加、そして出力電圧の低下を引き起こす。

10

【0030】

最初に、例えばグリッドコントロールを用いて、X線管がスイッチオンされると、X線管のカソード電流が生じる。変圧器の2次巻き線における初期の電流立ち上がりは、変圧器の2次端子間に誘導電圧を生じさせる。この電圧は、1次側においても明らかになる。増幅器が電圧電源タイプである場合には、初期の2次電流は、1次側へ整流され、2次電流と同じ大きさの1次電流を生じる。これは、まさに変圧器が飽和するのを避けるために必要な電流量である。しかしながら、一旦2次電流が一定になると、巻き線における抵抗損失に対して1次電流を保持する誘導電圧はもはや発生せず、1次電流は衰える。このことは、1次と2次の両側において電流の差異を生じさせ、変圧器は後に飽和する。後に、変換器は低インピーダンスとなり、飽和フラックス (flux) の方向に1次電圧を適用しようとする試みは、過剰な電流を導いてしまうことになるだろう。コントロールユニットによって、パルス変圧器の入力は、今やこの電流値の違いを取り除くように影響され、1次巻き線において差動電圧を適用することによって1次電流の衰えを相殺し、従って、パルス変圧器の飽和および過電流を防ぐ。X線管電流が、再びスイッチオフされる場合には、1次電流と2次電流のバランスも維持されるように、2次電流の衰えが関連する1次電流の衰えに再び反映される。ゼロ電流状態では、積極的なバランス取りは、ふつう必要とされない。

20

30

【0031】

巻き線率が1:1と異なる場合は、パルス変圧器の巻き線率に基づいて電流値の違いを校正する必要がある。従って、2次巻き線の測定電流は、巻き線率が掛け算され得る。例えば、コントロールユニットにおけるゲインファクターを通じて、巻き線状態の適切な比較ができるようになる。

【0032】

これら全てによって、本発明に従った電源ユニットは、あらゆる与えられた露光の最中に、異なる高出力電圧レベルを継続的に提供することができる。電源ユニットは、さらに、突然のX線管の動作化および非動作化に持ちこたえることができる。上述のアンプユニットの特性と磁気飽和に関するコントロールユニットのバランス機能のおかげである。従って、これにより、非常に繊細なタイプの組織の医療検査ができ、高レベルの正確性をもった医療診断を改善し、出力電圧がジャム (jammed) の危険性が明らかに低くなり、従って、誤りも少ない。

40

【0033】

典型的な実施例に従えば、コントロールユニットは、PIコントローラーまたはPIDコントローラーとして実現される。PIDコントローラーは、比例-積分-微分制御器であり、産業用コントロールシステムにおいて広く使用されているものである。比例部分である「P」は、誤差の値に基づくものであり、単にゲインファクターによって表される。

50

積分部分である「I」は、過去の誤差の値の累積に基づくものであり、微分部分である「D」は、将来の誤差の値の予測を表すもので、誤差の値の現在の変化率に基づいている。これら3つのコンポーネントの加重和が、波形ジェネレーターの信号入力に対して考えられるオフセットの調整のために使用される。PIDコントローラーは、一般的に、システムがある程度の動的な振る舞いをする場合には、最も良いコントローラーアーキテクチャーのうちの一つである。PIDコントローラーにおける3つの異なるブロックは独立に調整することができ、従って、コントロールシステムの所望の振る舞いを達成するように完全に調整し得るからである。

【0034】

典型的な実施例では、波形ジェネレーターの信号入力に接続され、波形ジェネレーターに対して所望のパターンをもった波形を提供する、参照パターンジェネレーターを備えている。参照パターンジェネレーターは、望ましくは、ゼロ以上およびゼロ以下の電圧値の既定の特定のセットを伴う波形パターンを提供するように適合されている。一つの完全なフレーム時間窓またはフレーム時間窓の整数部分にわたる電圧積分はゼロに等しい。所定期間経過後のパルス変圧器の飽和を防ぐためである。基本的に、参照パターンジェネレーターは、既定のタイミングパターンおよび既定の電圧レベルに従って複数のレベルの波形を生成することができる。加えて、この特性により同一のパターンの連続したサイクルを永久に続けることができ、一方、連続したサイクルは、変圧器の磁化がゼロに戻った場合にはいつでも中断することができる。たいていは、パターンサイクルが終了した場合である。それ以降は、従来の高電圧ジェネレーターに係る正規の電圧だけがX線管に存在する。そして、パターンのシーケンスは、いつでも所望の時間に再開することができる。

【0035】

典型的な実施例では、参照パターンジェネレーターは、第1の時間インターバル、および、少なくとも一つの動作パルスを伴うパルスシーケンスを提供し、所望の高電圧パルスを生成する。動作パルスによるパルスジェネレーターの磁化を除去するために少なくとも一つの反対極性の減磁化パルスが後に続く。第1の時間インターバルにわたる電圧カーブの積分はゼロに等しい。例えば、動作パルスが正の極性であれば、減磁化パルスは、負の極性をもった同一の電圧時間積分のパルスである。

【0036】

典型的な実施例では、パルスシーケンスは、磁化をある程度までに持っていくための事前磁化パルスを含んでおり、その極性は、動作パルスだけによればそうなるであろう極性とは反対の極性である。例えば、動作パルスが正の極性であれば、事前磁化パルスは、負の電圧パルスであり、その後少なくとも一つの正の電圧を伴う動作パルスが続く。

【0037】

事前磁化および減磁化パルスを、併せて適用することができる。この場合には、事前磁化パルスは、動作パルスだけによって生成される磁化と反対の磁化を生成し、振幅がおおよそ半分であることが望ましい。そして、動作パルスが適用された後に、生じる磁化は動作パルス単独での磁化と同一の方向であるが、振幅は半分のものである。最後には、減磁化パルスは、動作パルスとは再び反対の極性であるが、磁化を再度ゼロへとリセットする。事前磁化および減磁化パルスの電圧-時間積分の合計は、動作パルスの電圧時間積分の量と同じであり、極性が反対である。動作パルスの磁化に係る校正を事前磁化および減磁化パルス上に割り当てることによって、ピーク磁化を半分に減らすことができ、より小さく軽い変圧器が使用できるようになる。

【0038】

典型的な実施例に従えば、磁化パルスは、所望の長さの所望のピーク電圧出力、例えば $20\mu\text{s}$ 、を生じる所定の磁化パルス長をもった正の電圧として実現される。

【0039】

別の態様において、波形ジェネレーターの詳細波形は、変圧器のリークインダクタンスの効果とX線管のスイッチと結合した高電圧電流部分における寄生容量の効果、および高電圧レベルを考慮して選択される。フラットトップ (flat top) の高電圧パルス

であること、オーバーシュートとリングング (ringing) がないこと、グリッドを用いてX線管をスイッチオンとオフする場合にもそうであること、のために、電圧または電流遷移の近傍で波形パターンの中に中間レベルが挿入され、結果としてオーバーシュートなしでリングングなしの振る舞いが生じる。波形ジェネレーターの中間レベルは、システム状態が一つの所望の状態から別の所望の状態に完全に変換するように選択される。例えば、第1のX線管電圧 V_1 での第1のX線管電流 I_1 から、第2のX線管電圧 V_2 での第2のX線管電流ゼロへ変換し、次に、この状態から別の第3のX線管電圧 V_3 での別の第3のX線管電流 I_3 へ変換する、といったものである。これにより、それぞれの遷移は、少なくとも一つの追加の中間電圧パルスが必要とする。

【0040】

10

典型的な実施例に従えば、磁化パルスは、異なる電圧レベルをもつ少なくとも2つの磁化パルスステップの形式で実現される。これにより、所望のパルス波形が生じ、変圧器が発振するのを防ぎ、従って、全てのリングング効果を除去する。

【0041】

典型的な実施例に従えば、波形ジェネレーターは、第1の磁化電圧とは異なる電圧値をもった第2の磁化電圧ステップを少なくとも備えるように適合されている。これにより、電源ユニットが発振するのを防ぐことができる。特に、第2の磁化電圧値が、中間レベルで、第1の磁化電圧値に続く場合がそうである。これは、ゼロと第1の磁化電圧ステップとの間の電圧レベルをもった第2の磁化電圧ステップを生じ、その逆も同様であり、第1の磁化電圧ステップよりも別の極性をもった第2の磁化電圧ステップも同様である。電気回路の所定の動的振る舞い、この第2の磁化電圧パルス、および、これらのタイミングに基づくものである。中間電圧レベルの持続時間とレベルは、分量、電流または電圧、もしくはは両方、の所望の変化から事前に決定される。

20

【0042】

典型的な実施例に従えば、波形ジェネレーターは、共振周波数および電源ユニットとX線管を伴う回路のインピーダンス特性に基づいた、電圧値ステップと持続期間をもった第2の磁化電圧ステップを少なくとも備えるように適合されている。同様に、典型的な実施例に従えば、波形ジェネレーターは、共振周波数および電源ユニットとX線管を伴う回路のインピーダンス特性に基づいて、少なくとも一つの減磁化電圧値ステップを含む減磁化シーケンスを生成するように適合されている。後で図7に示すように、システムは電圧または電流遷移の共振回路のように振る舞う。そうしたシステムは、2つの独立した状態を有する。それらは、共振キャパシターにおける電圧、この場合はX線管における電圧に等しい、および、共振インダクターにおける電流、第2のパルス変圧器電流に等しい、の2つである。それは、共振周波数 ω と特性インピーダンス Z によって特徴付けられる。システムが、最初に静的な状況、例えばシステム状態が時間にわたり一定である状況、にあり、入力電圧が階段状に変化する場合には、システムは、電圧と電流の両方で、発振のシステム状態で反応する。システム状態が、一つの軸がキャパシターの電圧で、他の軸がインダクター電流とキャパシター電圧の掛け算である平面に表される場合には、パルス電源を通じて電圧ステップが適用された後、システム状態軌跡は、左まわりの円周をなぞる。進行は、初期の電圧および電流によって定まる初期状態からスタートする。円の中心は、初期のシステム状態と電圧電源から課されたパルスとの違いによって定まる。図7では、システム入力、共振インダクターのところに描かれており、入力電流が流れている間に入力電圧のステップ遷移を適用することだけが可能である。これは、円の半径を定める効果的な入力パルスは、パルスでの入力電圧とキャパシターの初期電圧との違いによって定まることを意味している。円の周囲に沿ってシステム状態が進行する間に、システム状態は電圧と電流値のシーケンスを採用する。初期パルスの電圧は、今や、進行が所望の目標電流と電圧をもったシステム状態を含むように選択されねばならない。一旦システム状態がこの軌跡に到達すれば、この所望の電圧が入力において適用される。これにより効果的に回路半径は結果としてゼロになり、これは、システムが再び、いかなる発振もない、静的な振る舞いになったことを意味する。

30

40

50

【0043】

この原理を理解して適用することで、好適なパルスレベルと持続時間を、今や、システム状態の所望の目標値に依存して決定することができる。明確化のために、初期の電圧といった、不変量、および高電圧ジェネレーターの一定電圧部分は、考慮されていない。その代わりに、所望のパルス長さとレベルからの偏差は、動的な変化のみに関連する。この意味で、ゼロ電圧およびゼロ電流である初期システム状態を考慮する。最新技術に詳しい人にとっては、オリジナルの不変量を結果に重ね合わせることは容易である。初期の静的なシステムを仮定すると、システム状態の変化が必要であり、電流 I および電圧 V を伴う新たなシステム状態を結果として生じている。現実のシステムにおいては、こうした分量は、絶対値よりもシステム状態の変化を参照する。最初のステップでは、システム軌跡の円周軌道をたどることによって、しばらく後に所望の電流および電圧の変化を生成する電圧レベルが適用される。初期のパルスレベルのために必要な電圧は、以下の式によって計算できる。

10

【数1】

$$\Delta V_p = \frac{1}{2} \left(V + \frac{Z^2 \cdot I^2}{V} \right)$$

【0044】

この式は、ダンピングのない状態に関するものである。ダンピングがある場合には、必要な電圧変化はいくらかの調整を要する。パルスの持続時間は、初期のシステム状態と円の中心、最終のシステム状態と円の中心、との角度から得られる。角度は以下の式に従って計算できる。

20

【数2】

$$\alpha_p = \text{asin} \left(\frac{Z \cdot I}{V_p} \right)$$

【0045】

この計算では、角度は左回りの円の進行において正に計算される。共振周波数の一周期で完全な円になるので、パルスの持続時間は以下の式によって計算できる。

30

【数3】

$$t_p = \frac{\alpha_p}{\omega}$$

【0046】

新たな現在の状態を伴う所望のシステムに到達した後は、所望の電圧 V に等しい、後続の電圧レベルが適用される。現在のシステム電圧状態と適用される電圧との間に差が無いので、システムは再び静的な状況に入る。上述のように、無視できないダンピングが存在する今回の場合は少し適用されるべきである。

40

【0047】

別の電圧遷移のために、現在のシステム状態が出発点として再び考慮され、次のシステム状態に対する差が上記の計算式に入力されなければならない。全ての軌跡の遷移は左回りの円をたどり、目標の状態には、常に軌跡の円上を左回りに進行することでたどり着くことが観察される。パルスの持続時間が負であると計算して判明した場合には、完全な共振期間が付加されなければならない。

【0048】

さらに理解できるように、この方法によっては、電圧の変化なしに電流の変化を実現することはできない。必要とされるパルス電圧が無限大になってしまうからである。上記の計算式において目標電圧がゼロである場合には、例えば、初期電圧と最終電圧は同一にな

50

る。この場合、遷移が、一つまたはそれ以上の追加の好適な中間レベルによって分割されることを要する。この原理は、異なる電圧の数をわずかな異なる値に制限する必要がある場合にも適用される。

【0049】

典型的な実施例に従えば、波形ジェネレーターは、少なくとも2つの減磁化電圧値ステップを含む減磁化シーケンスを生成するように適合されている。最後の電圧値はゼロであるか、電気回路のオーム抵抗を考慮してゼロからわずかに異なる電圧値をとることができる。このシーケンスの後、別の事前磁化、磁化、および減磁化のシーケンスが、直接的に永久に続き得る。

【0050】

10

典型的な実施例に従えば、波形ジェネレーターは、同一の電圧値を有する少なくとも2つの連続したパルスに伴う2つのパルスを生成する。このことは、波形ジェネレーターは、異なるパルス長をもった2つまたは3つの個別の電圧値を生成するだけであることを意味しており、パルスは、ゼロ電圧または他の個別の電圧値に伴うギャップ (gap) によってお互いに分割され得る。この実施例は、波形ジェネレーターを製作する労力を削減できる。より少ない数の電圧値が必要とされ、パルスを適正に選択することによって、異なる電圧値をもった後続のパルスと同一の特性に近づき得るからである。

【0051】

典型的な実施例に従えば、波形ジェネレーターは、参照パターンジェネレーターによって定められた電圧レベルをもつ一式の調整可能なDC電圧電源と、参照パターンジェネレーターによって定められたように、個々のDC電圧電源をパルス変圧器と時間期間の最中に接続する一式のコントロールされた半導体スイッチを含んでいる。この設定は、効率性と信頼性を増加させる。

20

【0052】

必要性は、本発明に従った電源によって電圧供給されるX線光源を含むX線画像装置によっても満足される。

【0053】

必要性は、また、詳細が上記された高電圧を生成するための方法によっても満足される。

【図面の簡単な説明】

30

【0054】

本発明は、種々のコンポーネントとコンポーネントの構成、および、種々のステップとステップの構成の形式をとり得る。図面は、好適な実施例を説明する目的のためのものであり、本発明を限定するものと理解されるものではない。

【図1】図1は、システム構成の全体を示す模式図である。

【図2】図2は、パルス変圧器の1次巻き線における基準の電圧波形と電流波形を示している。

【図3a】図3aは、オーバーシュート抑制を備えた波形ジェネレーターによって生成された波形の詳細を示している。

【図3b】図3bは、オーバーシュート抑制を備えた波形ジェネレーターによって生成された波形の詳細を示している。

40

【図4a】図4aは、本発明に従った電源ユニットによって供給される波形変圧器とX線管に係る電流と電圧のグラフである。

【図4b】図4bは、本発明に従った電源ユニットによって供給される波形変圧器とX線管に係る電流と電圧のグラフである。

【図4c】図4cは、本発明に従った電源ユニットによって供給される波形変圧器とX線管に係る電流と電圧のグラフである。

【図5】図5は、本発明に従った電源ユニットを備えるX線画像システムを示している。

【図6】図6は、本発明に従った方法に係るブロックダイアグラムを示している。

【図7】図7は、電源ユニットの動的な振る舞いに対して等価な電子回路を示している。

50

【発明を実施するための形態】

【0055】

図1は、パルス変圧器2、高電圧ジェネレーター4、波形ジェネレーター6、コントロールユニット8、および、パルスジェネレーター2から電圧供給されているX線管10を含む、一般的なシステム構成を示している。波形ジェネレーター6は、加算ブロック14に接続されている入力12を有し、加算ブロックには、コントロールユニット8と参照パターンジェネレーター16によって信号が与えられる。コントロールユニット8には、エラー値dが与えられるが、値dは、波形ジェネレーターによって変圧器の1次巻き線に対して提供された電流の測定値を、パルス変圧器2の2次側によって提供された電流の測定値から引き算することで算出される。加えて、測定された電流値の一つもしくは両方には、変圧器の1次巻き線と2次巻き線との比率から生じる補正係数が掛け算される。

10

【0056】

典型的には、コントロールユニット8は、システムの動的特徴に対して調整されたPIDコントローラーとして実現される。

【0057】

従って、エラー値が存在する場合には、コントロールユニット8からの出力20は、波形ジェネレーター6に係る入力12に対して結果を提供する加算ブロック14によって、参照パターンジェネレーター16からの参照パターンに対して重ねられるオフセット値を創出する。

20

【0058】

実際、X線管10が、例えば内部のグリッドコントロールによって、スイッチオンされると、管電流が流れ始め、変圧器2の2次巻き線における初期電流の立ち上がりがあり、2次変圧器端子間に渡り、誘導電圧を生じさせる。この電圧は、1次側に置いても明らかになる。増幅器6が電圧源タイプである場合は、初期の2次電流を1次側へと整流し、2次電流の振幅を持った1次電流を生成する。これが、飽和を避けるために必要な電流の正確な量である。しかしながら、一旦2次電流が一定になると、巻き線における抵抗損失の影響に対して1次電流を保持することできる誘導電圧をこれ以上生じることではない。その結果として、1次電流は衰退していく。このことは、1次側と2次側の両方において電流の違いを生じ、結果として変圧器の飽和が生じてしまう。後に、変圧器12は低インピーダンスとなり、飽和フラックス(flux)の方向に1次電圧を適用しようとする試みは、過剰な電流を生じてしまうだろう。これを防ぐために、コントロールユニット8は、波形ジェネレーターの入力12に対して与えられる信号に直接的に影響し、変圧器のコアが飽和していない状態に留まるように、1次巻き線および2次巻き線の電流のバランスをとる。

30

【0059】

2次電流の即時の変化は、それ自身で1次側の適切な電流に変換するので、衰退効果だけが除かれる必要があり、それはコントロールユニット8を電流衰退の特徴である時定数に適合させることで達成できる。

【0060】

従って、図1で説明された電源ユニットは、結果として生じるX線管に対する電圧出力が常に既定の特性を有するように、飽和効果を減少させるための効果的な方法を提供する。従って、X線システムの画像処理の最中の、高精度な画像プロセスと、明らかにより小さな干渉効果のリスクを可能にする。電源ユニットにより、一つの高い電圧レベルから別の電圧レベルに非常に早くスイッチすることができ、X線管操作から実質的に独立した電圧出力の邪魔もしない。

40

【0061】

図2の上側のグラフ20は、タイミングサイクルが100 μ sの波形ジェネレーターに係る波形の1次パターンを示している。2つの電圧（例えば、80kVと140kV）がX線管に適用される場合は、140kVにおけるシステムの感度は、80kVにおけるよりも5倍高い。通常、つまり、一定電圧の画像獲得の最中、このことは、カソードの加熱を減少させ、従ってX線管の中の電子放射を減少させることによって処理される。しかし

50

ながら、カソードの時間定数は2つの隣り合ったフレーム間の時間よりもはるかに遅く、カソード放射はほとんど一定のままである。代わりに、スペースチャージ (space charge) 効果によって、140 kVにおける放射電流は、80 kVにおけるよりも僅かに大きい。露光が行き過ぎないように、検出器におけるフォトンの量は、従って、グリッドでX線管をゲートすることにより制限される。

【0062】

そして、このことにより、ついには、高電圧露光において20 μ sのオーダーのかなり短い期間が結果として生じる。一方、低電圧露光においては、フルの100 μ sのサイクルが使用される。例えば、20 μ sの露光時間が、時間サイクルの中心に位置づけられるべきである。

10

【0063】

示された波形は、バイポーラー (bipolar) で対称であり、少なくとも一つの動作パルスと、反対方向において電圧を伴った事前パルスおよび減磁化パルスが存在することを意味している。動作パルスは、正電圧へのピークとして実現され、事前パルスおよび減磁化パルスは、負電圧への2つのピークとしてそれぞれが実現される。その逆も同様である。一つの完全な期間または時間サイクルにわたり全体としてゼロになる対称の波形を使用することにより、磁気サイクルが完了するために、パルス変圧器2の適正な動作が達成される。このことは、パルス変圧器2が、直ちに別の磁気サイクルにおいて動作できること、従って、同一の波形で実質的に永久に動作することができることを意味している。

20

【0064】

図2の下側のグラフにおいては、上述の波形パターンの最中の磁化電流22と1次変圧器電流24を示している。これら2つの曲線間の違いは、X線管に生じる電流である（巻き線比率を考慮した2次電流）。

【0065】

図3aは、参照パターン16によって生成された波形の詳細を示している。ここでは、正および負の電圧ピークに係る振幅が生成され、パルス変圧器2に与えられる。一つの波形期間には、ゼロ電圧レベルのギャップが続いている、7つの異なる電圧レベルのシーケンスとして示されている。より良い理解のために、各ステップは、(a) から (h) までの名前が付けられている。簡素化のために、波形特性は正と負の分量で表されている。しかし、極性は入換え可能であり、配線スキームと重ねられるパルスの望ましい方向にだけ依存するものであることが明らかにされるべきである。以降では、動作パルスは正であり、事前パルスおよび減磁化パルスは負であるとする。

30

【0066】

a) は、パルス変圧器2のコアの事前磁化を開始し、パルス変圧器内の電流を停止するための負の電圧インパルスであり、X線管は典型的にはこの瞬間にスイッチオフされる。電圧レベルは、2次電流がゼロになるところで終了する、変圧器の2次側における状態遷移を生じるように選択され、電圧は、動作パルスが開始する前の残り時間の最中に変圧器の事前磁化を結果として生じさせる。この電圧は、事前磁化が、動作パルスの電圧-時間積分のおよそ半分に等しくなるように選択される。

40

【0067】

所望の遷移が完了すると、電圧は、しばらくの期間負の電圧レベルb) にある。電圧レベルは、期間a) において達成された電圧を維持するように選択される。この期間の終わりにおいて（動作パルスが開始する直前）、変圧器は負の磁化を確立している。それは、動作パルスの電圧-時間積分のおよそ半分に等しい。動作パルスが開始すると、さらなる電圧インパルスc) が達成される。このステップの電圧は、2次側における再度の遷移をトリガーするように適合されており、所望のX線管電流および高電圧露光の最中の所望の高電圧を伴う状態において終了する。

【0068】

第2の遷移が終了した後に、正の電圧パルスd) が適用され、2次電圧および2次電流

50

を所望のレベルに保持する。変圧器のこの磁化の最中に、動作パルスの電圧－時間積分の負の半分から、電圧－時間積分の正の半分へ復帰する。

【0069】

e)の期間中は、再び状態遷移をトリガーする電圧が適用される。今や、2次電流を再び取り除き、電圧遷移を生じさせるためである。電圧は、時間フレームの終了までに完全に変圧器を減磁化するのに必要な電圧まで下げられる。

【0070】

f)の期間において、その電圧に既定の時間とどまった後で、変圧器を減磁化するのに必要な期間であるが、短い正の電圧インパルスg)が達成され、パルス変圧器2を所望のX線管電流である2次電流を伴う中立状態にする。

10

【0071】

ステップh)は、ゼロ電圧であり、望むとおりに短くても長くてもよい。完全な時間サイクルにわたる積分はゼロに等しい。この状態の最中に、典型的にはより低い電圧がX線管に適用され、任意の長くて単一の露光または露光シーケンスのために、X線管電流は、流れ続けている。2次の高電圧パルスサイクルが1次のサイクルの直後に必要とされる場合には、この期間の長さはゼロにすることができる。

【0072】

図3bは、ダブルパルス形式での代替的なパルスシーケンスを示している。ここでは、上述のパルスシーケンスに係る効果が、異なるレベルの数が減少した、多くの別々の正と負のパルスによって達成される。

20

【0073】

図4は、提供されたX線管電圧26を、変圧器の2次電圧28に重ねて示している。X線管の加速電圧がいかなるオーバーシュートの振る舞いもなくスムーズに遷移していることがわかる。放射電流による飽和の可能性は、変圧器の1次側のDC電流によって補償されている。

【0074】

波形ジェネレーターは、システムパラメーターに精密に適合されたより一層複雑なパターンをフォローする。全リーケージ(leakage)、あらゆるケーブルを含んだX線管のヘッドキャパシタンス、そしてグリッドのスイッチパターンである。図4bは、パルス変圧器2の1次側に対する電圧カーブ32と関連の電流カーブ30を示している。図3aに示されたパルスパターンを使用することで、ステップc)とd)によって生じる電流間の遷移において見られるように、1次電流がオーバーシュートするリスクを非常に削減している。そこでは、電流カーブが、振幅における小さなピークを有している。パルスc)とd)を用いた2段階ステップの磁化パルスシーケンスを使用することで、電流30と電圧26のオーバーシュートを、きれいに取り除くことができる。

30

【0075】

図4cは、結果として生じるX線管電流36と、X線管電流36がオーバーシュートすることなく磁化ステップの最中に急激にX線管電流36を増加させるように調整された変圧器の2次電流34を示している。

【0076】

40

図5は、最後に、本発明に従ったX線画像装置の典型的な実施例を示している。X線画像システム38は、X線発生装置40はもちろん、X線検知器42を含んでおり、ここでは典型的にラインアレイ(line array)のように描かれている。X線発生装置40とX線検知器42は、両方ともガントリー(g a n t r y)44に設置されており、お互いに相対している。X線放射46が、X線発生装置40からX線検知器42の方向に発生している。サポート48の上に置かれて、対象物50がX線の通路46の中に配置される。X線発生装置40とX線検知器42を含むガントリー44は、X線画像を獲得するために、対象物、例えば患者、のまわりに回転することができる。コンピューターシステム52が、X線画像システム38をコントロールするため、及び／又は、獲得されたX線画像を評価するために備えられている。X線発生装置40は、本発明に従った電源54に

50

接続されている。２つの異なる電圧値間での早いスイッチングが可能であり、X線画像システムは、検査される対象物５０の構成についてより精密なデータを提供することができる。

【００７７】

図６は、本発明に従って、X線管に供給する高電圧を生成するための方法を示している。詳細を上述したように、基本的に、本方法は、波形ジェネレーターによって電圧をパルス変圧器に提供するステップ５６と、波形ジェネレーターからの変圧された電圧を高電圧ジェネレーターによって提供される電圧に重ねるステップ５８と、パルス変圧器の飽和効果を減殺するために、コントロールユニットによって、パルス変圧器の１次巻き線における電流と２次巻き線における電流との違いに基づいてオフセット信号を創出するステップ６０を含んでいる。さらに、本発明に係る方法は、参照パターンジェネレーターによって波形パターンを生成するステップ６２と、その波形パターンを波形ジェネレーター与えるステップ６４を含んでおり、上述のように、波形パターンは、パルス変圧器を事前磁化、磁化、および減磁化するための複数のパルスを含んでいる。

10

【００７８】

図７は、最後に、本発明に従った電源ユニットと等価な電気回路６６を示している。回路は、パルスジェネレーター６８、全体のリーケージを表すオーム抵抗７０、カソードヘッドとケーブルのキャパシタンスを表すキャパシター７２、グリッドスイッチ７４、および、X線管のトランスコンダクタンスを表すインダクター７６を含んでいる。この図は、回路の動的な振る舞いを説明するものであり、従って、高電圧ジェネレーター４のコンスタントな部分を含むものではない。

20

【符号の説明】

【００７９】

- ２ パルス変圧器
- ４ 高電圧ジェネレーター
- ６ 波形ジェネレーター
- ８ コントロールユニット
- １０ X線管
- １２ 入力
- １４ 加算ブロック
- １６ 参照パターンジェネレーター
- １８ 減算ブロック
- ２０ 波形グラフ
- ２２ 磁化電流
- ２４ ２次変圧器電流
- ２６ X線管電圧
- ２８ ２次変圧器電圧
- ３０ １次変圧器電流
- ３２ １次変圧器電圧
- ３４ ２次変圧器電流
- ３６ X線管電流
- ３８ X線画像システム
- ４０ X線発生装置（X線管）
- ４２ X線検知器
- ４４ ガントリー
- ４６ X線放射
- ４８ サポート
- ５０ 対象物
- ５２ コンピューターシステム
- ５４ 電源

30

40

50

- 5 6 パルス変圧器に電圧を提供する
- 5 8 変圧された電圧を重ねる
- 6 0 オフセット信号を創出する
- 6 2 波形パターンを生成する
- 6 4 波形ジェネレーターに波形パターンを与える
- 6 6 電気回路
- 6 8 パルスジェネレーター
- 7 0 オーム抵抗
- 7 2 キャパシター
- 7 4 グリッドスイッチ

10

【図 1】

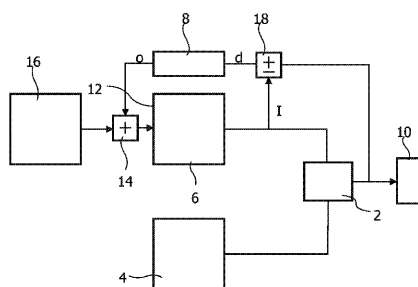


FIG. 1

【図 2】

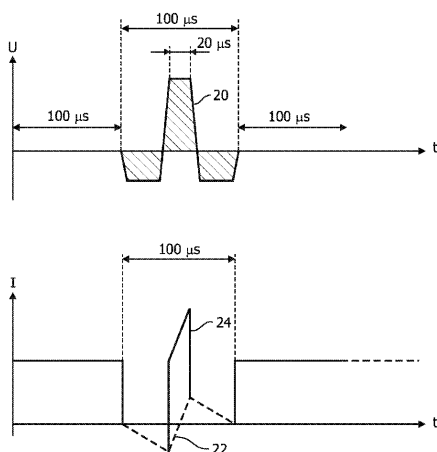


FIG. 2

【図 3 a】

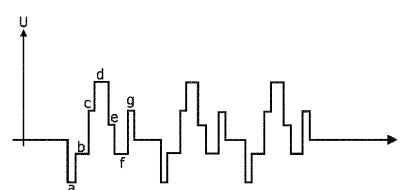


FIG. 3a

【図 3 b】

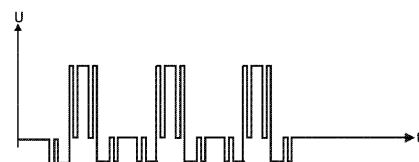


FIG. 3b

【図 4 a】

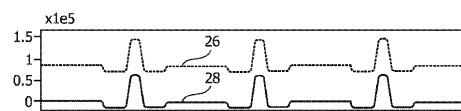


FIG. 4a

【図 4 b】

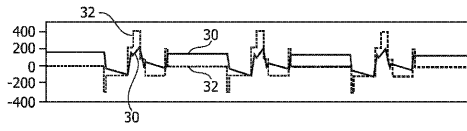


FIG. 4b

【図 4 c】

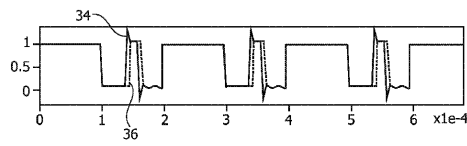


FIG. 4c

【図 5】

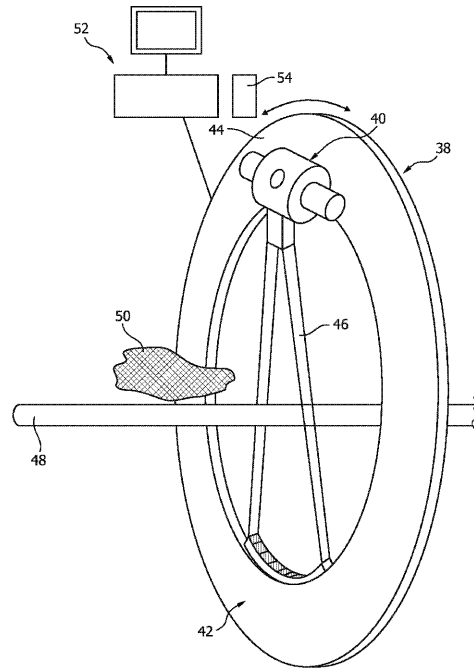


FIG. 5

【図 6】

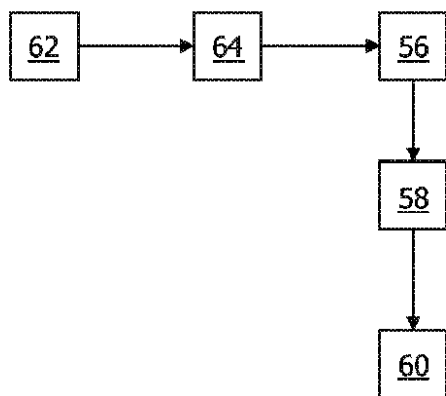


FIG. 6

【図 7】

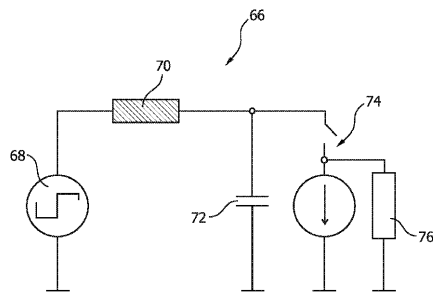


FIG. 7

フロントページの続き

(74)代理人 100091214

弁理士 大貫 進介

(72)発明者 リュルケンス, ペーター

オランダ国, 5 6 5 6 アーエー アインドーフェン, ハイ・テク・キャンパス・ビルディング
4 4

審査官 伊藤 昭治

(56)参考文献 特開平 1 0 - 0 7 3 5 4 4 (J P, A)

特開昭 6 0 - 2 2 1 9 9 9 (J P, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 0 5 G 1 / 0 0 - 1 / 7 0