

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4711211号
(P4711211)

(45) 発行日 平成23年6月29日(2011.6.29)

(24) 登録日 平成23年4月1日(2011.4.1)

(51) Int.Cl. F I
HO2M 9/04 (2006.01) HO2M 9/04 C

請求項の数 4 (全 15 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2001-225560 (P2001-225560) (22) 出願日 平成13年7月26日(2001.7.26) (65) 公開番号 特開2003-37982 (P2003-37982A) (43) 公開日 平成15年2月7日(2003.2.7) 審査請求日 平成20年5月28日(2008.5.28)</p>	<p>(73) 特許権者 000000099 株式会社 I H I 東京都江東区豊洲三丁目1番1号 (74) 代理人 100097515 弁理士 堀田 実 (72) 発明者 小林 靖雄 東京都江東区豊洲三丁目1番15号 石川 島播磨重工業株式会社 東京エンジニアリ ングセンター内 審査官 杉浦 貴之</p>
---	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電圧パルス発生装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

負荷に電圧パルスを印加する電圧パルス発生装置であって、2次コイルを負荷に直列接続された第一のトランスと第二のトランスとを有する負荷側回路と、一对の第一の出力端に接続され充電用の電荷を蓄積する回路要素を有する第一のパルス成形回路と、一对の第二の出力端に接続され充電用の電荷を蓄積する回路要素を有する第二のパルス成形回路と、前記第一の出力端の一端と前記第二の出力端の一端との間に前記第一のトランスの第一の一次コイルと前記第二のトランスの第二の一次コイルとを直列接続した駆動側回路と、前記第一の一次コイルと前記第二の一次コイルとの間の接続点を前記第一の出力端の他端と前記第二の出力端の他端とに短絡可能なスイッチ素子を有するスイッチ回路と、を備え、前記スイッチ素子を接続すると前記第一の二次コイルと前記第二の二次コイルとに同一方向の電流が流れる様になった、ことを特徴とする電圧パルス発生装置。

【請求項2】

第一のトランスと第二のトランスの一方が同極性で、他方が異極性であることを特徴とする請求項1に記載の電圧パルス発生装置。

【請求項3】

前記回路要素が、並列接続されたコンデンサを有することを特徴とする請求項1または請求項2の一つに記載の電圧パルス発生装置。

【請求項4】

前記回路要素が、同軸ケーブルを有することを特徴とする請求項1または請求項2の一

つに記載の電圧パルス発生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、レーザー励起電源や粒子加速用パルス発生器に使用する電圧パルス発生装置に係る。特にパルスを発生させる回路構成に特徴の有る電圧パルス発生装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

荷電粒子ビーム発生やガスレーザーの励起用に、短パルス・高電圧の大電流を発生する高電圧パルス発生装置が用いられる。

従来の高電圧パルス発生装置として、ベースライン型とブルームライン型がある。それぞれに、コンデンサやインダクタ等の集中定数素子を組み合わせたものと、金属板や同軸ケーブル等の分布定数素子を用いたものがあるが、その機能は同一である。

【0003】

最初に、ベースライン型の高電圧パルス発生装置の構造を説明する。図5は、ベースライン型高電圧パルス発生装置の回路図である。

ベースライン型の高電圧パルス発生装置300は、負荷1に高電圧パルスを印加する装置であって、負荷側回路310と駆動側回路320とパルス成形回路330とスイッチ回路340と充電回路350とを有する。

【0004】

負荷側回路310は、負荷1に高電流を供給する回路であって、トランス311を有する。トランス311の二次コイル312が負荷1に直列接続される。

【0005】

パルス成形回路330は、充電された電荷を成形しつつパルス出力する回路であって、一对の出力端333, 334に接続され充電用の電荷を蓄積する回路要素を有する。回路要素はコンデンサ331とインダクタ332とを梯子状に接続して形成される。コンデンサ331が梯子状回路の横木に相当する回路に配置され、インダクタ332が梯子状回路の縦柱に相当する回路に配置される。梯子状回路の縦柱の端が一对の出力端333, 334を形成する。

【0006】

駆動側回路320は、トランス311の一次コイル313に電圧を印加する回路であり、前記出力端の一端333を一次コイル313の一端に接続する。

【0007】

スイッチ回路340は、パルス成形回路330に充電した電荷を放出させ、トランス311の一次コイル313に導く回路であり、スイッチ素子341を有する。スイッチ素子は、一次コイル313の他端を出力端の他端334に短絡できる。

【0008】

充電回路350は、パルス成形回路330に充電用の電荷を供給する回路であり、電源351を有する。電源351は、一次コイル313の他端と出力端の他端334とに並列接続される。

【0009】

次に、ベースライン型の高電圧パルス発生装置の作用を説明する。

最初にスイッチ回路340が開放されている。充電回路350の電源351が、電圧Vの充電用の電荷をパルス成形回路330に供給する。パルス成形回路330は、コンデンサ331に電荷を充電する。

スイッチ回路が閉じると、コンデンサ331に溜まった電荷がスイッチ素子341を流れてトランス311の一次コイル313に流れる。コイルに印加する電圧は、パルス成形回路330で成形され、電圧V/2のパルスとなる。パルスは肩がなだらかにだれた略台形の形状をする。電圧はトランスで昇圧されて負荷1に供給される。負荷1では、電子的ゲートにより所望の電圧になった略矩形のパルスを、例えば、高周波発生用電子管へ供給す

10

20

30

40

50

る。

【0010】

次に、ブルームライン型の高電圧パルス発生装置の構造を説明する。図6は、ブルームライン型高電圧パルス発生装置の回路図である。

ブルームライン型の高電圧パルス発生装置400は、負荷1に高電圧パルスを印加する装置であって、負荷側回路410と駆動側回路420と第一のパルス成形回路430a第二のパルス成形回路430bとスイッチ回路440と充電回路450とを有する。

【0011】

負荷側回路410は、負荷1に高圧電流を供給する回路であって、トランス411を有する。トランス411の二次コイル412が負荷1に直列接続される。

10

【0012】

第一のパルス成形回路430aは、充電された電荷を成形しつつパルス出力する回路であって、一对の第一の出力端433a、434aに接続される充電用の電荷を蓄積する回路要素を有する。回路要素はコンデンサ431とインダクタ432とを梯子状に接続して形成される。コンデンサ431が梯子状回路の横木に相当する回路に配置され、インダクタ432が梯子状回路の縦柱に相当する回路に配置される。梯子状回路の縦柱の端が一对の第一の出力端433a、434aを形成する。

【0013】

第二のパルス成形回路430bは、充電された電荷を成形しつつパルス出力する回路であって、一对になった第一の出力端433b、434bに接続される充電用の電荷を蓄積する回路要素を有する。回路要素はコンデンサ431とインダクタ432とを梯子状に接続して形成される。コンデンサ431が梯子状回路の横木に相当する回路に配置され、インダクタ432が梯子状回路の縦柱に相当する回路に配置される。梯子状回路の縦柱の端が一对の第二の出力端433b、434bを形成する。

20

【0014】

駆動側回路420は、トランス411の一次コイル413に電圧を印加する回路であり、前記第一の出力端の一端433aを一次コイル413の一端に接続し、前記第二の出力端の一端433bを一次コイル413の他端に接続する。

【0015】

スイッチ回路440は、パルス成形回路430に充電した電荷を放出させ、トランス411の一次コイル413に導く回路であり、スイッチ素子441を有する。スイッチ素子441は、第一のパルス成形回路430aを形成する梯子状回路の第一の出力端の反対側の端を短絡できる。

30

【0016】

充電回路450は、第一のパルス成形回路430aと第二のパルス成形回路430bとに充電用の電荷を供給する回路であり、電源451を有する。電源451は、第一のパルス成形回路430aと第二のパルス成形回路430bとの梯子状回路のコンデンサ431に並列接続される。

【0017】

次に、ブルームライン型高電圧パルス発生装置の作用を説明する。

40

最初にスイッチ回路440が開放されている。充電回路450の電源451が、電圧Vの充電用の電荷を第一のパルス成形回路430aと第二のパルス成形回路430bとに供給する。第一のパルス成形回路430aと第二のパルス成形回路430bとは、コンデンサ431に電荷を充電する。

スイッチ回路が閉じると、コンデンサ431に溜まった電荷がスイッチ素子441を通過してトランス411の一次コイル413に流れる。一次コイル413に印加する電圧は、パルス成形回路430で成形され電圧Vのパルスとなる。パルスは肩がなだらかにだれた略台形の形状をする。電圧はトランスで昇圧されて負荷1に供給される。負荷1では、電子的ゲートにより所望の電圧になった略矩形のパルスを、例えば、高周波発生用電子管へ供給する。

50

【 0 0 1 8 】

【 発明が解決しようとする課題 】

上述のベースライン型の高電圧パルス発生装置 3 0 0 を使用した場合、電圧 V をパルス成形回路 3 3 0 に充電すると、放電時にトランス 3 1 1 の一次コイル 3 1 3 へ $V / 2$ の電圧が印加される。一方、ブルームライン型の高電圧パルス発生装置 4 0 0 を使用した場合、電圧 V をパルス成形回路 4 3 0 に充電すると、放電時にトランス 4 1 1 の一次コイル 4 1 3 へ V の電圧が印加される。

従って、同じ電圧の充電回路を用いて所望の電圧を負荷に供給するためには、ベースライン型の高電圧パルス発生装置 3 0 0 のトランスの巻き数比は、ブルームライン型の高電圧パルス発生装置 4 0 0 のトランスの巻き数比の 2 倍にする必要がある。

一般に、トランスの一次コイルと二次コイルの巻き数比が大きくなると、トランスでの漏れ磁束が大きくなるために、トランスのリーケージインダクタンスが大きくなる。

さらにまた、トランス一次側を二次側に変換した線路のインダクタンスが巻き数比の二乗に比例して大きくなる。

回路のインダクタンスが大きくなると、回路時定数は大きくなり、トランスの一次コイルへ印加されるパルスの台形形状の肩部のだれが大きくなる。

【 0 0 1 9 】

一方、ブルームライン型の高電圧パルス発生装置 4 0 0 を使用した場合、上述の問題は生じないが、スイッチ回路 4 4 0 と駆動回路 4 2 0 とが、第一のパルス成形回路 4 3 0 a を挟んでいるために、スイッチ回路 4 4 0 を短絡してから、電荷が駆動回路 4 3 0 a に到達までに、複数のインダクタ 4 3 2 を通過する必要があり、電圧の伝搬に遅れを生ずる。特に第一のパルス成形回路 4 3 0 a と第二のパルス成形回路 4 3 0 b の梯子状回路の段数を多くするとその傾向が顕著になる。従って、トランス 4 1 1 の一次コイル 4 1 3 へ印加されるパルスの台形形状の肩部のだれが大きくなる。

負荷側では、パルス電圧が所定の値になると電子的ゲートを開いて、そのエネルギーを使用するので、所定の値に到達するまでのパルス電圧は熱として捨てることとなる。

【 0 0 2 0 】

従って、従来ベースライン型の高電圧パルス発生装置やブルームライン型の高電圧パルス発生装置では今以上にエネルギー効率を上げられないという問題があった。

【 0 0 2 1 】

本発明は以上に述べた問題点に鑑み案出されたもので、従来電圧パルス発生装置にかわって、出力パルスの立ち上がりを早くしてエネルギー効率の良い電圧パルス発生装置を提供しようとする。

【 0 0 2 2 】

【 課題を解決するための手段 】

上記目的を達成するため、本発明に係る負荷に電圧パルスを印加する電圧パルス発生装置は、2 次コイルを負荷に直列接続された第一のトランスと第二のトランスとを有する負荷側回路と、一對の第一の出力端に接続され充電用の電荷を蓄積する回路要素を有する第一のパルス成形回路と、一對の第二の出力端に接続され充電用の電荷を蓄積する回路要素を有する第二のパルス成形回路と、前記第一の出力端の一端と前記第二の出力端の一端との間に前記第一のトランスの第一の一次コイルと前記第二のトランスの第二の一次コイルとを直列接続した駆動側回路と、前記第一の一次コイルと前記第二の一次コイルとの間の接続点を前記第一の出力端の他端と前記第二の出力端の他端とに短絡可能なスイッチ素子を有するスイッチ回路と、を備え、前記スイッチ素子を接続すると前記第一の二次コイルと前記第二の二次コイルとに同一方向の電流が流れる様になったものとした。

【 0 0 2 3 】

上記本発明の構成により、スイッチ回路が第一の一次コイルと第二の一次コイルの間の接続点を第一の出力端の他端と第二の出力端の他端とに短絡すると、第一パルス成形回路に充電された電荷が第一の出力端を經由して第一の一次コイルへ流れて誘導電流が第一の二次コイルを流れ、第二パルス成形回路に充電された電荷が第二の出力端を經由して第二の

10

20

30

40

50

一次コイルへ流れて誘導電流が第二の二次コイルを流れ、第一の二次コイルを流れる電流と第二の二次コイルを流れる電流が同一方向に流れて加算されて負荷に印加するので、全体としてインピーダンスの小さな回路を構成でき、立ち上がりが早くてエネルギーロスの少ない高電圧パルスを負荷に印加できる。

【0024】

さらに、本発明に係る電圧パルス発生装置は、第一のトランスと第二のトランスの一方が同極性で、他方が異極性であるものとした。

上記本発明の構成により、第一のトランスと第二のトランスの一方が同極性で、他方が異極性であるので、前記スイッチ素子を接続した際に、単純な回路構成により、前記第一の二次コイルと前記第二の二次コイルとに同一方向の電流が流れる様にする事ができる。

10

【0025】

さらに、本発明に係る電圧パルス発生装置は、前記回路要素が、並列接続されたコンデンサを有するものとした。上記本発明の構成により、前記回路要素が並列接続されたコンデンサを有するので、集中定数素子で構造の簡単なパルス成形回路を構成できる。

【0026】

また、本発明に係る電圧パルス発生装置は、前記回路要素が、同軸ケーブルを有するものとした。上記本発明の構成により、前記回路要素が同軸ケーブルを有するので、分布定数素子でコンパクトなパルス成形回路を構成できる。

【0027】

【発明の実施の形態】

20

以下、本発明の好ましい第一の実施形態を、図面を参照して説明する。なお、各図において、共通する部分には同一の符号を付し、重複した説明を省略する。

【0028】

本発明の第一の実施形態に係る高電圧パルス発生装置の構造を説明する。図1は、本発明の第一の実施形態の回路概念図である。

【0029】

本発明の第一の実施形態に係る高電圧パルス発生装置100は、負荷に高電圧パルスを印加する装置であって、負荷側回路110と駆動側回路120と第一のパルス成形回路130a第二のパルス成形回路130bとスイッチ回路140と充電回路150とを有する。負荷側回路110は、負荷1に高圧電流を供給する回路であって、第一トランス111aと第二トランス111bとを有する。第一のトランス111aの第一の二次コイル112aと第二のトランス111bの第二の二次コイル112bとが負荷1に直列接続される。

30

【0030】

第一のパルス成形回路130aは、充電された電荷を成形しつつパルス出力する回路であって、一對になった第一の出力端133a、134aに接続される充電用の電荷を蓄積する回路要素を有する。回路要素はコンデンサ131とインダクタ132とを梯子状に接続して形成される。コンデンサ131が梯子状回路の横木に相当する回路に配置され、インダクタ132が梯子状回路の縦柱に相当する回路に配置される。梯子状回路の縦柱の端が一對の第一の出力端133a、134aを形成する。

【0031】

40

第二のパルス成形回路130bは、充電された電荷を成形しつつパルス出力する回路であって、一對になった第一の出力端133b、134bに接続される充電用の電荷を蓄積する回路要素を有する。回路要素はコンデンサ131とインダクタ132とを梯子状に接続して形成される。コンデンサ131が梯子状回路の横木に相当する回路に配置され、インダクタ132が梯子状回路の縦柱に相当する回路に配置される。梯子状回路の縦柱の端が一對の第二の出力端133b、134bを形成する。

【0032】

駆動側回路120は、第一のトランス111aの第一の一次コイル113aと第二のトランス111bの第二の一次コイル113bに電圧を印加する回路であり、前記第一の出力端の一端133aと前記第二の出力端の一端133bとの間に前記第一の一次コイル11

50

3 aと前記第二の一次コイル1 1 4 bとを直列接続する。すなわち、第一の出力端の一端1 3 3 aを第一の一次コイル1 1 3 aの一端に接続し、第一の一次コイル1 1 3 aの他端を第二の一次コイル1 1 3 bの一端に接続し、第二の一次コイル1 1 3 bの他端を第二出力端の一端1 3 3 bに接続する。ここで、説明の便宜のため、第一の一次コイル1 1 3 aの他端と第二の一次コイル1 1 3 bの一端を接続する点を中間接続点1 2 1と呼ぶ。

後述するスイッチ回路を短絡して、第一の一次コイル1 1 3 aと第二の一次コイル1 1 3 bに電流が流れる際に、第一の二次コイル1 1 2 aに流れる電流の向きと第二の二次コイル1 1 2 bに流れる電流の向きが同一方向となるように配線される。好ましくは、第一のトランス1 1 1 aと第二のトランス1 1 1 bの一方が同極性で、他方が異極性である様にするるとよい。

10

【0033】

スイッチ回路1 4 0は、パルス成形回路1 3 0に充電した電荷を放出させ、第一の一次コイル1 1 3 aと第二の一次コイル1 1 3 bとに導く回路であり、スイッチ素子1 4 1を有する。スイッチ素子は、第一の一次コイル1 1 3 aと第二の一次コイル1 1 3 bとの中間接続点1 2 1を第一の出力端の他端1 3 4 aと第二の出力端の他端1 3 4 bとに短絡することができる。

【0034】

充電回路1 5 0は、パルス成形回路1 3 0に充電用の電荷を供給する回路であり、電源1 5 1を有する。電源1 5 1は、第一パルス成形回路の梯子状回路のコンデンサ1 3 1に並列接続される。

20

【0035】

次に、第一の実施形態に係る高電圧パルス発生装置の作用を説明する。

最初にスイッチ回路1 4 0が開放されている。充電回路1 5 0の電源1 5 1が、電圧Vの充電用の電荷を第一のパルス成形回路1 3 0 aと第二のパルス成形回路1 3 0 bとに供給する。第一のパルス成形回路1 3 0 aと第二のパルス成形回路1 3 0 bとは、コンデンサ1 3 1に電荷を充電する。

スイッチ回路が閉じると、第一パルス成形回路1 3 0 aのコンデンサ1 3 1に溜まった電荷が第一の一次コイル1 1 3 aに流れ、第二パルス成形回路1 3 0 bのコンデンサ1 3 1に溜まった電荷が第二の一次コイル1 1 3 bに流れる。コイルに印加する電圧は、パルス成形回路1 3 0で成形され電圧V / 2のパルスとなる。パルスは肩がなだらかにだれた略台形の形状をする。電圧はトランスで昇圧されて負荷1に供給される。第一の二次コイル1 1 2 aでの電圧と第二の二次コイル1 1 2 bでの電圧が加算され、一つのトランスの一次コイルに電圧Vのパルスが印加されたのと同様の出力が負荷1に作用する。負荷1では、電子的ゲートにより所望の電圧になった略矩形のパルスを、例えば、高周波発生用電子管へ供給する。

30

【0036】

本発明の第二の実施形態に係る高電圧パルス発生装置の構造を説明する。図2は、本発明の第二の実施形態の回路概念図である。第一の実施形態と異なる点のみを説明する。

【0037】

第一のパルス成形回路2 3 0 aと第二のパルス成形回路2 3 0 bとが同軸ケーブルで構成される。第一のパルス成形回路2 3 0 aの中心軸とシールドとがそれぞれ一对の第一の出力端2 3 3 a、2 3 4 aに繋がり、第二のパルス成形回路2 3 0 bの中心軸とシールドとがそれぞれ一对の第一の出力端2 3 3 b、2 3 4 bに繋がる。

40

【0038】

第二の実施形態に係る高電圧パルス発生装置の作用は、第一の実施形態に係る電圧パルス発生装置と同じなので説明を省略する。

【0039】

次に、第一の実施形態に係る高電圧パルス発生装置のエネルギー効率を、同一条件でのベースライン型高電圧パルス発生装置とブルームライン型高電圧パルス発生装置のエネルギー効率と比較しつつ、評価する。第二の実施形態に係る高電圧パルス発生装置のエネルギー

50

一効率は、第一の実施形態に係る高電圧パルス発生装置のエネルギー効率の考え方と同様であるので、説明を省略する。

【0040】

最初に、高電圧パルス発生装置のパルス立ち上がり時の時定数を評価する。トランスの一次コイルへ印加する台形のパルスは、パルス成形回路の複数のコンデンサから放電した複数のパルスが重ね合ったものである。従って、最初の1パルスに着目し、その時定数を算出すると、パルス立ち上がり時の時定数を評価できる。

【0041】

最初の1パルス(以下、初期パルスという。)の電荷に影響を与えるインダクタンスを各形式毎に求めると次の表になる。

【表1】

	PFNコイル インダクタンス	パルストランス リーケージ インダクタンス	トランス1次側を 2次側に変換した 線路のインダクタンス	インダクタンスの 合計の小さい順
本発明の実施形態 に係る 電圧パルス発生装置	L _{PFN}	2L ₂	n ² L	1
ブルームライン型 電圧パルス発生装置	N × L _{PFN}	L ₂	n ² L	2
ベースライン型 電圧パルス発生装置	L _{PFN}	L ₁	4n ² L	3

【0042】

上記の表を説明する。ここで、本発明の実施形態に係る高電圧パルス発生装置とブルームライン型高電圧パルス発生装置のトランスの巻き数比は、1 : nであって、ベースライン型高電圧パルス発生装置のトランスの巻き数比は、1 : 2nであるとする。また、パルス成形装置の一段のインダクタのインダクタンスはL_{PFN}である。

【0043】

最初に、初期パルスに影響を与えるパルス成形回路のインダクタンスを検討する。本発明の実施形態に係る高電圧パルス発生装置では、スイッチ素子に直近のコンデンサに充電された電荷が1パルス目の電圧を形成する。スイッチ素子とトランスとそのコンデンサでつくる閉ループ内にあるインダクタは1個であるので、初期パルスに影響をあたえるパルス成形回路インダクタンスはL_{PFN}である。一方、ブルームライン型では、スイッチ素子とトランスとそのコンデンサでつくる閉ループ内にあるインダクタはn個であるので、初期パルスに影響をあたえるパルス成形回路インダクタンスはn × L_{PFN}である。ベースライン型では、スイッチ素子とトランスとそのコンデンサでつくる閉ループ内にあるインダクタは1個であるので、初期パルスに影響をあたえるパルス成形回路インダクタンスはL_{PFN}である。

【0044】

次に、初期パルスに影響を与えるパルストランスリーケージインダクタンスを検討する。本発明の実施形態に係る高電圧パルス発生装置では、巻き数比がnであるトランスのパルストランスリーケージインダクタンスをL₁₂とすると、トランスが2個あるので、本発明の実施形態に係る高電圧パルス発生装置のパルストランスリーケージインダクタンスは2L₁₂である。一方、ブルームライン型高電圧パルス発生装置では、巻き数比がnであるトランスを一個使用するのので、ブルームライン型高電圧パルス発生装置のパルストランスリ

10

20

30

40

50

ーケージインダクタンスは L_{12} である。ベースライン型高電圧パルス発生装置では、巻き数比が $2n$ であるトランスのパルストランスリーケージインダクタンスを L_{11} とすると、ベースライン型高電圧パルス発生装置のパルストランスリーケージインダクタンスは L_{11} である。一般に、 L_{11} は L_{12} よりも大きくなる。

【0045】

次に、初期パルスに影響を与えるトランス一次側を2次側へ変換した線路のインダクタンスを検討する。本発明の実施形態に係る高電圧パルス発生装置では、トランス一次側の線路（線路長さ2m程度）のインダクタンスを L とすると、トランス一次側を2次側へ変換した線路のインダクタンスは n^2L である、一方、ブルームライン型高電圧パルス発生装置では、トランス一次側を2次側へ変換した線路のインダクタンスは n^2L である。ベースライン型高電圧パルス発生装置では、巻き数が $2n$ であるので、トランス一次側を2次側へ変換した線路のインダクタンスは $4n^2L$ である。

10

【0046】

上記のパルス成形回路のインダクタンスとパルストランスリーケージインダクタンスとトランス一次側を2次側へ変換した線路のインダクタンスの総和が、初期パルスに影響を与える。総和を L_{all} とすると、実際の高電圧パルス発生装置の仕様では、本発明の実施形態に係る高電圧発生装置の L_{all} が、ブルームライン型高電圧発生装置の L_{all} とベースライン型高電圧発生装置の L_{all} よりも小さくなる。

【0047】

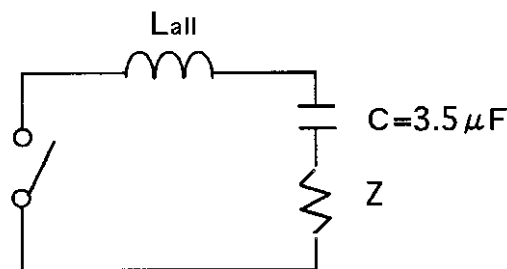
そして、初期パルスの立ち上がり時間 T は、回路時定数で代表され、その値は以下の式で与えられる。

20

【式1】

$$T = \frac{\pi}{2} \times \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{L_{all}C} - \frac{Z^2}{4L_{all}^2}}}$$

30



【0048】

40

【実施例】

実際の高電圧パルス発生装置の仕様を基に実施例を説明する。
高電圧パルス発生装置の仕様を以下の様に選定する。

トランス昇圧比	$n = 8$
トランス1次側の線路のインダクタンス	$L = 2 \mu\text{H}$
パルストランスリーケージインダクタンス	$L_{11} = 1.7 \mu\text{H}$
	$L_{12} = 1.5 \mu\text{H}$
パルス成形回路の一段のインダクタンス	$L_{\text{PFN}} = 1 \mu\text{H}$
パルス成形回路の段数	$n = 20$ 段
パルス成形回路の一段のコンデンサ容量	$C = 3.5 \text{mF}$

10

【0049】

3種類の高電圧パルス発生装置のインダクタンスは、以下の様になる。

【表2】

	PFNコイル インダクタンス	パルストランス リーケージ インダクタンス	トランス1次側を 2次側に変換した 線路のインダクタンス	インダクタンスの 合計
本発明の実施形態 に係る 電圧パルス発生装置	$1 \mu\text{H}$	$2 \times 1.5 \mu\text{H}$	$8^2 \times 2 \mu\text{H}$	$132.0 \mu\text{H}$
ブルームライン型 電圧パルス発生装置	$20 \times 1 \mu\text{H}$	$1.5 \mu\text{H}$	$8^2 \times 2 \mu\text{H}$	$149.5 \mu\text{H}$
ベースライン型 電圧パルス発生装置	$1 \mu\text{H}$	$1.7 \mu\text{H}$	$4 \times 8^2 \times 2 \mu\text{H}$	$514.7 \mu\text{H}$

20

30

【0050】

3種類の高電圧パルス発生回路のパルスの立ち上がり時間Tは以下の様になる。

【表3】

	パルスの立ち上がり時間 T
本発明の実施形態	1.06 μ sec ($Z=550\Omega$)
ブルームライン型	1.29 μ sec ($Z=550\Omega$)
ベースライン型	2.05 μ sec ($Z=1100\Omega$)

10

この結果から、本発明の実施形態に係る電圧パルス発生装置では、従来の電圧パルス発生装置に比べて、パルス立ち上がり時間が短いことが分かる。

【0051】

20

次に、上記の仕様の高電圧パルス発生装置のコンピュータシミュレーション結果を説明する。図3は、本発明の実施形態に係る電圧パルス発生装置のシミュレーション結果の図である。図4は、3種類の高電圧パルス発生装置のエネルギーロスの比較図である。

【0052】

本発明の実施形態に係る高電圧パルス派生装置の出力したパルス波形は、ブルームライン型高電圧パルス派生装置のパルス波形やベースライン型高電圧パルス派生装置のパルス波形に比較して、俊敏に立ち上がり短い時間で定格の電圧に達し、俊敏に立ち下がり短い時間で電圧が下がっていることが分かる。

理想パルスのエネルギーを1.0とすると、本発明の実施形態に係る高電圧パルス発生装置のエネルギーは1.45となる。一方、ブルームライン型高電圧パルス発生装置のエネルギーは1.6となり、ベースライン型高電圧パルス発生装置のエネルギーは1.9となる。エネルギーが少ないほど、エネルギーロスが少ないので、本発明の実施形態に係る高電圧パルス発生装置が3種類の高電圧パルス発生装置の中で最もエネルギーロスが少ない。

30

【0053】

上述の実施形態の高電圧パルス発生装置を用いれば、初期パルスに影響を与える回路インピーダンスを小さくし、初期パルスの立ち上がりを早くすることができる。

また、負荷に印加するパルス波形が矩形に近くなるので、エネルギーロスが少なくなる。

【0054】

本発明は以上に述べた実施形態に限られるものではなく、発明の要旨を逸脱しない範囲で各種の変更が可能である。

40

図示した回路では、パルス成形回路のインダクタが接続されている側の出力端を二次コイルに接続したがこれに限定されず、例えば、インダクタが接続されていない側の出力端を一次コイルに接続しても良い。

また、実施例の説明では、2つのパルス成形回路を用いたがこれに限定されず、3つ以上のパルス成形回路を用いても良い。

【0055】

【発明の効果】

以上説明したように本発明の負荷に高電圧パルスを印加する高電圧パルス発生装置は、その構成により、以下の効果を有する。スイッチ回路が第一の一次コイルと第二の一次コ

50

イルの間の接続点を第一の出力端の他端と第二の出力端の他端とに短絡すると、第一パルス成形回路に充電された電荷が第一の出力端を經由して第一の一次コイルへ流れて誘導電流が第一の二次コイルを流れ、第二パルス成形回路に充電された電荷が第二の出力端を經由して第二の一次コイルへ流れて誘導電流が第二の二次コイルを流れ、第一の二次コイルを流れる電流と第二の二次コイルを流れる電流が同一方向に流れて加算されて負荷に印加するので、全体としてインピーダンスの小さな回路を構成でき、立ち上がりが早くてエネルギーロスの少ない高電圧パルスを負荷に印加できる。また、第一のトランスと第二のトランスの一方が同極性で、他方が異極性であるので、前記スイッチ素子を接続した際に、単純な回路構成により、前記第一の二次コイルと前記第二の二次コイルとに同一方向の電流が流れる様にする事ができる。また、前記回路要素が並列接続されたコンデンサを有するので、集中定数素子で構造の簡単なパルス成形回路を構成できる。また、前記回路要素が同軸ケーブルを有するので、分布定数素子でコンパクトなパルス成形回路を構成できる。従って、出力パルスの立ち上がりを早くしてエネルギー効率の良い高電圧パルス発生装置を提供できる。

10

【 0 0 5 6 】

【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】 本発明の第一の実施形態の回路図である。

【 図 2 】 本発明の第二の実施形態の回路図である。

【 図 3 】 本発明の実施形態のシミュレーション結果の図である。

【 図 4 】 3種類の高電圧パルス発生装置のエネルギーロスの比較図である。

20

【 図 5 】 ベースライン型高電圧パルス発生装置の回路図である。

【 図 6 】 ブルームライン型高電圧パルス発生装置の回路図である。

【 符号の説明 】

1 負荷

1 0 0 第一の実施形態に係る電圧パルス発生装置

1 1 0 負荷側回路

1 1 1 a 第一のトランス

1 1 1 b 第二のトランス

1 1 2 a 第一の二次コイル

1 1 2 b 第二の二次コイル

30

1 1 3 a 第一の一次コイル

1 1 3 b 第二の一次コイル

1 2 0 駆動側回路

1 2 1 中間接続点

1 3 0 a 第一のパルス成形回路

1 3 0 b 第二のパルス成形回路

1 3 1 コンデンサ

1 3 2 インダクタ

1 3 3 a 第一の出力端の一端

1 3 3 b 第二の出力端の一端

40

1 3 4 a 第一の出力端の他端

1 3 4 b 第二の出力端の他端

1 4 0 スイッチ回路

1 4 1 スイッチ素子

1 5 0 充電回路

1 5 1 電源

2 0 0 第二の実施形態に係る電圧パルス発生装置

2 1 0 負荷側回路

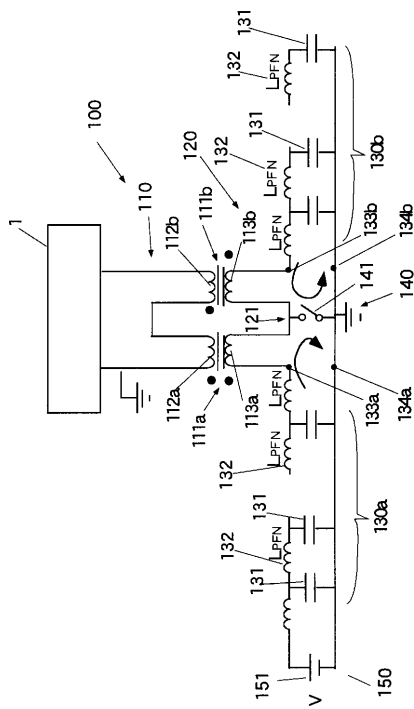
2 1 1 a 第一のトランス

2 1 1 b 第二のトランス

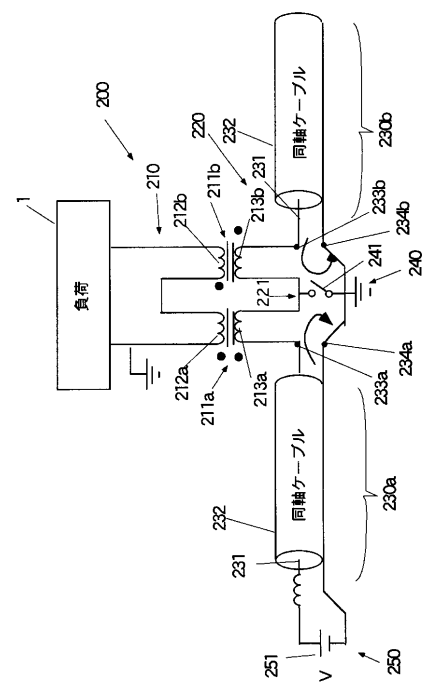
50

2 1 2 a	第一の二次コイル	
2 1 2 b	第二の二次コイル	
2 1 3 a	第一の一次コイル	
2 1 3 b	第二の一次コイル	
2 2 0	駆動側回路	
2 2 1	中間接続点	
2 3 0 a	第一のパルス成形回路	
2 3 0 b	第二のパルス成形回路	
2 3 1	同軸ケーブルの心線	
2 3 2	同軸ケーブルのシールド線	10
2 3 3 a	第一の出力端の一端	
2 3 3 b	第二の出力端の一端	
2 3 4 a	第一の出力端の他端	
2 3 4 b	第二の出力端の他端	
2 4 0	スイッチ回路	
2 4 1	スイッチ素子	
2 5 0	充電回路	
2 5 1	電源	
3 0 0	ベースライン型高電圧パルス発生装置	
3 1 0	負荷側回路	20
3 1 1	トランス	
3 1 2	二次コイル	
3 1 3	一次コイル	
3 2 0	駆動側回路	
3 3 0	パルス成形回路	
3 3 1	コンデンサ	
3 3 2	インダクタ	
3 3 3	出力端の一端	
3 3 4	出力端の他端	
3 4 0	スイッチ回路	30
3 4 1	スイッチ素子	
3 5 0	充電回路	
3 5 1	電源	
4 0 0	ブルームライン型高電圧パルス発生装置	
4 1 0	負荷側回路	
4 1 1	トランス	
4 1 2	二次コイル	
4 1 3	一次コイル	
4 2 0	駆動側回路	
4 3 0 a	第一のパルス成形回路	40
4 3 0 b	第二のパルス成形回路	
4 3 1	コンデンサ	
4 3 2	インダクタ	
4 3 3 a	第一の出力端の一端	
4 3 3 b	第二の出力端の一端	
4 3 4 a	第一の出力端の他端	
4 3 4 b	第二の出力端の他端	
4 4 0	スイッチ回路	
4 4 1	スイッチ素子	
4 5 0	充電回路	50

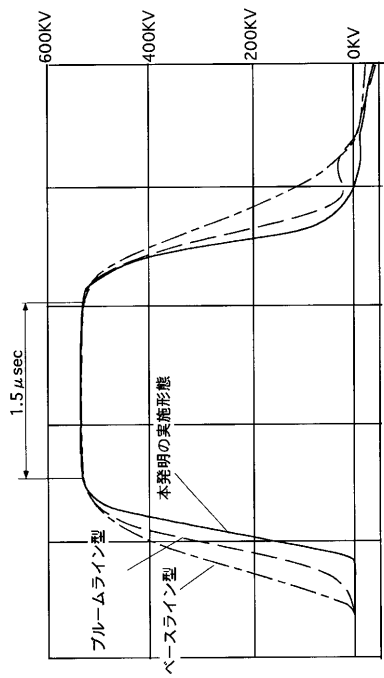
【図1】



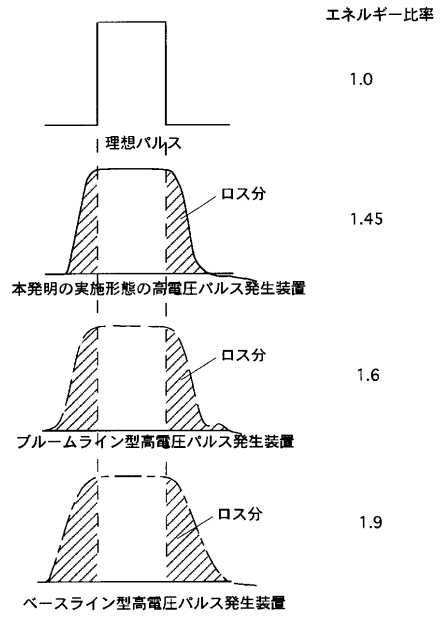
【図2】



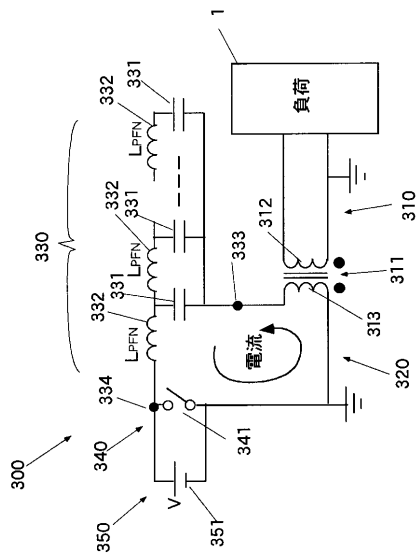
【図3】



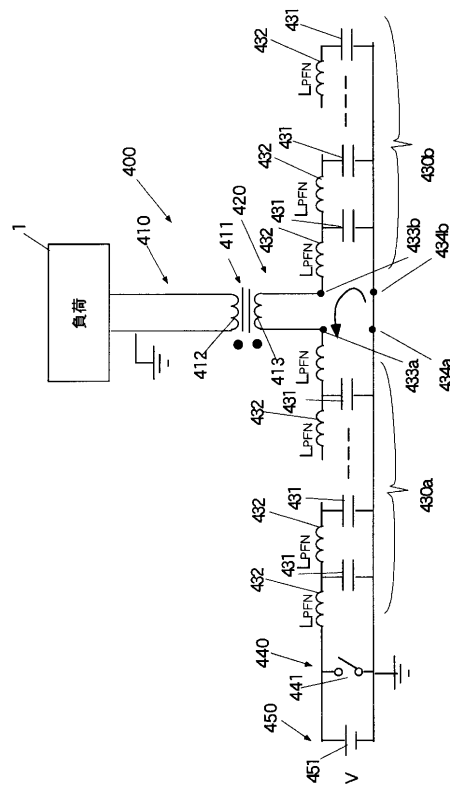
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平 1 1 - 3 0 8 8 8 2 (J P , A)
特開平 1 1 - 3 3 2 2 5 8 (J P , A)
特開 2 0 0 0 - 2 2 4 8 7 0 (J P , A)
特開平 1 1 - 3 0 8 0 8 0 (J P , A)
特開平 1 1 - 0 8 9 2 5 1 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H02M 9/04