

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3731279号
(P3731279)

(45) 発行日 平成18年1月5日(2006.1.5)

(24) 登録日 平成17年10月21日(2005.10.21)

(51) Int. Cl. F I
B 2 3 H 1/02 (2006.01) B 2 3 H 1/02 B

請求項の数 7 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願平9-57688	(73) 特許権者	000006013 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(22) 出願日	平成9年3月12日(1997.3.12)	(74) 代理人	100113077 弁理士 高橋 省吾
(65) 公開番号	特開平10-249645	(74) 代理人	100112210 弁理士 稲葉 忠彦
(43) 公開日	平成10年9月22日(1998.9.22)	(74) 代理人	100108431 弁理士 村上 加奈子
審査請求日	平成12年9月4日(2000.9.4)	(74) 代理人	100128060 弁理士 中鶴 一隆
		(72) 発明者	金原 好秀 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 放電加工機

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

電極と被加工物間に放電を発生させて前記被加工物を加工する放電加工機において、加工用電源から前記電極と前記被加工物とに加工電力を供給する給電線に、放電電流が励磁する方向とは逆の方向に励磁される、磁路長の異なる複数の可飽和リアクトルを挿入し、前記複数の可飽和リアクトルの内最も磁路長の短い可飽和リアクトルを励磁するために貫通または巻回した電線に発生する電圧を検出して、前記電極と前記被加工物間に放電が発生した信号または放電が停止した信号として出力することを特徴とする放電加工機。

【請求項2】

電極と被加工物間に放電を発生させて前記被加工物を加工する放電加工機において、加工用電源から前記電極と前記被加工物とに加工電力を供給する給電線に、放電電流が励磁する方向とは逆の方向に励磁される、前記給電線の巻き回数の異なる複数の可飽和リアクトルを挿入し、前記複数の可飽和リアクトルの内最も巻き回数の多い可飽和リアクトルを励磁するために貫通または巻回した電線に発生する電圧を検出して、前記電極と前記被加工物間に放電が発生した信号または放電が停止した信号として出力することを特徴とする放電加工機。

【請求項3】

電極と被加工物間に放電が発生した信号を得るために設けた可飽和リアクトルを前記電極または前記被加工物に近い位置に設け、他の可飽和リアクトルは加工用電源の出力側に近い位置に設けたことを特徴とする請求項1または請求項2に記載の放電加工機。

10

20

【請求項 4】

加工用電源から電極と被加工物に加工電力を供給する給電線を貫通または巻回させた可飽和リアクトルに、前記給電線とは別に設けて貫通または巻回した電線を同軸ケーブルの心線とシールドとに接続し、前記同軸ケーブルの他端に前記可飽和リアクトルが放電電流とは逆の電流で励磁されるように抵抗と直流電源の直列体を接続し、前記同軸ケーブルの他端の心線とシールド間の電圧を設定値と比較することにより前記電極と前記被加工物間の放電が発生した信号または放電が停止した信号を得ることを特徴とする請求項 1～請求項 3 のいずれかに記載の放電加工機。

【請求項 5】

抵抗と直流電源の直列体における抵抗の抵抗値を、同軸ケーブルの特性インピーダンスと同じ値に設定することを特徴とする請求項 4 に記載の放電加工機。

10

【請求項 6】

可飽和リアクトルは、軸方向の中心部は径が広く両端部に近くなるに従い径が小さくなる形状であることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の放電加工機。

【請求項 7】

電極と被加工物間に放電を発生させて前記被加工物を加工する放電加工機において、加工用電源から前記電極と前記被加工物とに加工電力を供給する給電線を貫通または巻回させた、磁路長または巻数が異なる複数の可飽和リアクトルの前記給電線とは別に設けて貫通または巻回した電線にそれぞれ前記可飽和リアクトルが放電電流とは逆の電流で励磁されるように抵抗と直流電源の直列体を接続し、前記抵抗の抵抗値または直流電源の電圧を変えることにより、放電電流の増加曲線を放電加工に適した電極の消耗が少なく、加工速度が低下しない曲線に合わせることを特徴とする放電加工機。

20

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、放電加工機用電源装置の放電発生時の加工電流の制御と放電発生または停止の検出に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来の技術として、図 26 に、特開平 6 - 31534 に開示された「放電加工機用電源装置」を示す。図において、加工槽 1 内に充満された加工液 2 の中に、数値制御装置等で制御される加工テーブル 3 に設置された被加工物 4、電極送り手段 6 により位置を制御され被加工物に所望の形状の加工をするための電極 5 を備え、電源 7 から給電線 8A, 8B により加工電力を電極 5 と被加工物 4 間に供給する。一般に、電源 7 は電極 5 と被加工物 6 から離れているため給電線 8A, 8B は距離が 2～5m になる。そのため、この給電線 8A, 8B は配線のインダクタンスを減らすため近接して配線されたり、ツイストして配線される。従って給電線 8A, 8B 間の静電容量が増加する場合がある。

30

【0003】

図 27 は、特開平 7 - 68417 に開示された「放電加工装置波形制御装置」の図である。この装置は電極 5 と被加工物 4 に加工電力を供給する電源 7 の一例である。この装置の動作は該特許に詳しく書かれているので説明は省略する。スイッチング素子 TR2 がオンすると加工電力が供給され、オフすると遮断される。ダイオード D22 はこの特許には書かれていないが電極 5 と被加工物 4 に他の電源を接続する場合があるので用いられる場合が多い。給電線 8A, 8B には配線のインダクタンス 100, 101 があり、電極 5 と被加工物 4 間に放電が発生した瞬間の電圧変動によりこの配線のインダクタンス 100, 101 と給電線間の静電容量が共振する場合がある。図 28 は電極 5 と被加工物 4 間に放電が発生した瞬間の電圧 420 と電流 421 の実際の波形である。放電の直前は電圧は 424 で示す無負荷電圧で約 87V であり、放電電流 421 はゼロである。423 で放電が発生すると電圧は 425 で示す放電電圧に急峻に下がり、約 25V 程度になる。この瞬間から放電電流 421 は流れ始めて増加していき、この例では 30A で一定になる。給電線間

40

50

の静電容量が大きいと給電線のインダクタンスと静電容量が共振し、図の426で示す部分のように電流が負またはゼロになると放電が消えてしまう現象である。これをパルス割れと言うが、放電が正常に発生しないので加工速度が低下したり、電極消耗が増加したりする。

【0004】

また、図27においてスイッチング素子TR2がオフし加工電流がゼロになり、ダイオードD22がオフになると、ダイオードD22の接合容量と配線のインダクタンス100, 101が共振する。図29は電極5と被加工物4間に放電が発生している状態でスイッチング素子TR2がオフした瞬間433前後の電源7の出力電圧430と電流421の実際の波形である。オフする直前は電圧は425で示す放電電圧で約25Vであり、放電電流421はこの例では20Aである。433で図27のスイッチング素子TR2がオフすると電圧は435で示す定電圧体B20の電圧約-60Vに急峻に下がる。この瞬間から放電電流421は減少していき、431でゼロになる。この電流がゼロになった直後ダイオードD22はオフするが、この接合容量と配線のインダクタンス100, 101が共振するので432のようにかなり高い高周波の電圧が発生する。また、放電電流も434のように電極5と被加工物4間に共振電流が流れる。この高周波の電圧432はノイズとして制御回路に悪影響を与え、放電電流の共振電流434は逆電流が流れるため電極消耗の増加の原因になる。

10

【0005】

図30は図26と同等の放電加工機の加工の状態を示すものである。電源7と電極5、被加工物4間を給電線8A, 8Bにより接続している。この給電線8A, 8Bは近接して配線するため線間の静電容量がある。数mの長さになると数ナノファラッドにもなる。また、電源の出力は半導体回路であるので、スイッチング素子やダイオードの接合容量等の静電容量が存在する。これらの静電容量を静電容量C1で表す。図31は図30の放電加工機の電極5と被加工物4間の電圧と電流を示したものである。電圧420が上昇し、放電が発生する前は静電容量C1は無負荷電圧424に充電される。次に423で放電が発生すると、電極5と被加工物4間の電圧は放電電圧425になる。従って静電容量C1に蓄積された電荷は給電線8A, 8Bを通り放電発生点Aに大きな電流として流れる。これを図31の450に示すが、給電線のインダクタンスが低ければ立ち上がりの鋭い、ピークの短い高周波のパルス電流450が流れる。このパルス電流450は放電電流421の大きさに無関係に流れる。従って放電電流421が小さい電流であるとき、すなわち仕上げ放電加工のときは電極5は小さな形状である場合が多く、このパルス電流450による電極5の消耗は大きなものとなる。放電加工性能を上げるため給電線のインダクタンスをできるだけ小さくするように給電線8A, 8Bをツイストする等して近接して配線すると、静電容量C1が増え、パルス電流450のピーク値が高くなってかえって電極消耗が増加してしまうという不具合があった。

20

30

【0006】

図32は特開平6-31534に開示された「放電加工機用電源装置」の図である。電源7と電極5と被加工物4間を同軸ケーブル36により接続している。このように同軸ケーブルにより配線すると配線のインダクタンスが少なくなり加工電流の応答が速くなるので加工速度が向上するなど、放電加工機の性能が向上する。しかし、同軸ケーブルの性質状静電容量37が大きく、配線のインダクタンスも少ないこともあり、図31で示したサージ電流450が非常に高くなり電極消耗が多くなって同軸ケーブルによる配線を使用できないという不具合があった。

40

【0007】

図33は特開平6-226538に開示された「分割加工用放電加工装置」である。複数の電極5a, 5b, 5cと被加工物4間を共通電源7に接続している。このような接続をすると、例えば電極5bで放電が発生した場合、電極5aと被加工物4間の静電容量と、電極5cと被加工物4間の静電容量に蓄えられた電荷が470のように放電発生点Aに流れこむ。この電流は電極の数が多いほど大きな電流になる。このように、複数の電極を接

50

続して放電加工を行なうと、図 3 1 に示すサージ電流 4 5 0 が大きくなり電極消耗が多くなる。また、図 3 4 に示すように複数の電極 5 a , 5 b , 5 c にそれぞれ電源 7 a , 7 b , 7 c を接続する方法があるが、コストが高くなり、制御が複雑になるので実用的でない等の不具合があった。

【 0 0 0 8 】

図 3 5 は放電加工機の放電検出回路の一例である。電極 5 と被加工物 4 間の電圧と比較電圧 4 9 1 を比較器 4 9 0 に入力し、この比較器 4 9 0 の出力 4 9 2 を放電検出信号として出力するものである。

この回路の動作を図 3 6 に示す。(a)において、電源 7 から加工電圧を加えると電極 5 と被加工物 4 間の電圧は無負荷電圧 4 2 4 になる。そして 4 2 3 で放電が発生すると放電電圧 4 2 5 になり (b) に示す放電電流 4 2 1 が流れる。比較電圧 4 9 1 を 5 0 0 の電圧に設定しておく、(c) 5 0 1 に示すように電極 5 と被加工物 4 間の電圧が比較電圧 5 0 0 を越えたとき放電検出信号 4 9 2 を 5 0 1 のように出力する。しかし即放電といって、(a) の点線で示す 5 0 1 のように無負荷電圧に到達しないですぐに放電が発生し放電電圧 4 2 5 になることは頻繁に発生する。従ってこのような場合 (c) 5 0 2 に示すように放電検出信号は出力されないことがある。このような場合放電が発生したことがわからないで放電電流 4 2 1 が流れている時間 5 0 3 を正確に検出できないなどの不具合があった。

【 0 0 0 9 】

図 3 7 は図 2 8 と同じく、電極 5 と被加工物 4 間に放電が発生した瞬間の電圧 4 2 0 と電流 4 2 1 の実際の波形である。放電の直前は電圧は 4 2 4 で示す無負荷電圧で約 8 7 V であり、放電電流 4 2 1 はゼロである。4 2 3 で放電が発生すると電圧は 4 2 5 で示す放電電圧に急峻に下がり、約 2 5 V 程度になる。この瞬間から放電電流 4 2 1 は流れ始めて増加していき、この例では 3 0 A で一定になる。この放電電流 4 2 1 の増加は非常に速く、放電発生から 0 . 5 μ s e c 後では 5 1 1 の約 1 3 A、1 μ s e c では 5 1 2 の約 2 7 A に達している。そのため放電発生 4 2 3 から例えば図 3 5 に示す比較器 4 9 0 に非常に応答の速い比較器を使用して放電検出信号 4 9 2 を得てももう既に放電電流 4 2 1 は立ち上がってしまっているため、放電電流 4 2 1 に立ち上がり近傍 5 1 3 を制御することはできなかった。従って放電の立ち上がりの瞬間から放電電流を任意の波形に制御できる放電加工機は存在しなかった。従って電極消耗が最も影響する放電電流の立ち上がりにおいて消耗の少ない最適な波形の研究結果は見当たらない。ただし、放電電流を放電開始から直線的なスロープ状に上昇させるスロープコントロール制御という方法が製品に使用され、スロープの傾きが低いほど電極の消耗は少ないことが分かっている。しかし、あまりスロープの傾きを低くしてしまうと、放電電流の立ち上がり近傍以後の電流の立ち上がりも遅くなってしまう、加工電流の平均値が下がることにより、加工速度が低下してしまう不具合が生じる。

【 0 0 1 0 】

図 3 8 は三菱電機技報 1 9 8 7 年 No . 6 Vol . 6 1 に示されている「スロープコントロール波形と立ち上がり時間に対する特性」の横軸を電流の変化率に書き替えたものである。この加工は電極に銅、被加工物に鉄 (S K 3)、ピーク電流 1 1 A、パルス幅 2 5 0 μ s e c で加工し、放電電流の立ち上がり速度を変えて測定したものである。この図から分かることは、電流の変化率 (増加率) の低いほど電極消耗少ないということである。また加工の速度は電流の変化率の低い部分で目立って低下している。

また、この文献の 2 . 1 . 2 超低消耗加工の項には、「アーク柱の膨張に合わせて全電流密度を低く保ち、この結果、前項で述べたように電子電流密度が低く保たれ陽極の消耗を減ぜられる。スロープコントロール回路を使用すれば、0 . 1 ~ 0 . 0 1 % の電極消耗比が得られ」と記されている。しかし放電電流を放電開始から直線的なスロープ状に上昇させるスロープコントロール制御は電流の低い状態からピーク電流まで一定の速度で電流を増加させるもので、アーク柱 (放電柱) の膨張に合わせて全電流密度を一定に保つ作用は放電開始直後に対して有効で、電流がある程度増加した以後は放電柱の断面積の増加に対

10

20

30

40

50

してスロープによる電流の増加のほうが遅くなることが考えられ、等価的には電流の平均値が下ることになり、このことが加工の速度は電流の変化率の低い部分で目立って低下する原因と考えられる。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】

従来の放電加工機の加工電流制御は以上のように構成されているので、前記のように電極の消耗が多くなったり、加工速度が低下したり、即放電状態では放電検出ができなかったり、放電電流が立ち上がる前に放電発生を検出できないという問題点があった。

この発明は前記のような問題点を解消するためになされたもので、即放電状態でも放電発生を検出でき、放電電流が立ち上がる前に放電発生を検出でき、電極の消耗が少なく、加工速度が低下しない放電加工機を得ることを目的とする。

10

【0012】

【課題を解決するための手段】

この発明に係る放電加工機は、電極と被加工物間に放電を発生させて前記被加工物を加工する放電加工機において、加工用電源から前記電極と前記被加工物とに加工電力を供給する給電線に、放電電流が励磁する方向とは逆の方向に励磁される、磁路長の異なる複数の可飽和リアクトルを挿入し、前記複数の可飽和リアクトルの内最も磁路長の短い可飽和リアクトルを励磁するために貫通または巻回した電線に発生する電圧を検出して、前記電極と前記被加工物間に放電が発生した信号または放電が停止した信号として出力するようにしたものである。

20

【0019】

また、電極と被加工物間に放電を発生させて前記被加工物を加工する放電加工機において、加工用電源から前記電極と前記被加工物とに加工電力を供給する給電線に、放電電流が励磁する方向とは逆の方向に励磁される、前記給電線の巻き回数の異なる複数の可飽和リアクトルを挿入し、前記複数の可飽和リアクトルの内最も巻き回数の多い可飽和リアクトルを励磁するために貫通または巻回した電線に発生する電圧を検出して、前記電極と前記被加工物間に放電が発生した信号または放電が停止した信号として出力するようにしたものである。

【0020】

また、電極と被加工物間に放電が発生した信号を得るために設けた可飽和リアクトルを電極または被加工物に近い位置に設け、他の飽和リアクトルは加工用電源の出力側に近い位置に設けたものである。

30

【0025】

また、加工用電源から電極と被加工物に加工電力を供給する給電線を貫通または巻回させた可飽和リアクトルに、前記給電線とは別に設けて貫通または巻回した電線を同軸ケーブルの心線とシールドとに接続し、前記同軸ケーブルの他端に前記可飽和リアクトルが放電電流とは逆の電流で励磁されるように抵抗と直流電源の直列体を接続し、前記同軸ケーブルの他端の心線とシールド間の電圧を設定値と比較することにより前記電極と前記被加工物間の放電が発生した信号または放電が停止した信号を得るものである。

【0026】

また、加工用電源から電極と被加工物に加工電力を供給する給電線を貫通または巻回させた可飽和リアクトルに、前記給電線とは別に設けて貫通または巻回した電線を同軸ケーブルの心線とシールドとに接続し、前記同軸ケーブルの他端に前記可飽和リアクトルが放電電流とは逆の電流で励磁されるように抵抗と直流電源の直列体を接続し、前記同軸ケーブルの他端の心線とシールド間の電圧を設定値と比較することにより電極と被加工物間の放電が停止した信号を得るものである。

40

【0027】

また、抵抗と直流電源の直列体における抵抗の抵抗値を、同軸ケーブルの特性インピーダンスと同じ値に設定することとしたものである。

【0028】

50

さらに、可飽和リアクトルは、軸方向の中心部は径が広く、両端部に近くなるに従い径が小さくなる形状であるものである。

【0029】

また、加工用電源から電極と被加工物とに加工電力を供給する給電線を貫通または巻回させた、磁路長または巻数が異なる複数の可飽和リアクトルの前記給電線とは別に設けて貫通または巻回した電線にそれぞれ前記可飽和リアクトルが放電電流とは逆の電流で励磁されるように抵抗と直流電源の直列体を接続し、前記抵抗の抵抗値または直流電源の電圧を変えることにより、放電電流の増加曲線を放電加工に適した曲線に合わせるようにしたものである。

【0030】

さらに、前記給電線とは別に設けて貫通または巻回した電線に並列にスイッチをそれぞれ設け、該スイッチのオン・オフの組合せを変えることにより放電電流の増加曲線を放電加工に適した電極の消耗が少なく、加工速度が低下しない曲線に合わせるようにしたものである。

【0031】

また、前記貫通または巻回した給電線に並列にスイッチをそれぞれ設け、該スイッチのオン・オフの組合せを変えることにより放電電流の増加曲線を放電加工に適した電極の消耗が少なく、加工速度が低下しない曲線に合わせるようにしたものである。

【0032】

【発明の実施の形態】

実施の形態1.

以下に添付の図を参照してこの発明の実施の形態について詳細に説明する。なお、この発明の実施の形態について上述の従来例と同一の構成部分は、上述の従来例に付した符号と同一の符号を付してその説明を省略する。

可飽和リアクトルとは一般に、磁性材料に磁界を加え磁界の強度を強くしていったとき、その磁性材料の磁束密度が増加しなくなる、すなわち飽和するもののうち、比較的弱い強度の磁界でも飽和する磁性材料をドーナツ状、または筒状にして電線を貫通または巻回したものを言う。この発明では前記可飽和リアクトルに加え磁性材料に飽和する特性があれば可飽和リアクトルとして使用できる。

従って、磁性材料としてはアモルファス、パーマロイ、珪素鋼板等飽和特性のある各種の磁性材料を含む。

【0033】

図1に示す放電加工機の波形制御装置はこの発明の実施の形態1である。

図において、電源7は従来例の図27に示す「放電加工装置の波形制御装置」である。電源7と電極5、被加工物4間に接続する給電線8A、8Bの、電源7に近い部分に可飽和リアクトル111、112を、電極5に近い部分に可飽和リアクトル113を設け、可飽和リアクトル111、112は電源7の直流電源B10に接続した抵抗110により流れる電流が、可飽和リアクトル111、112を放電電流が励磁する方向とは逆の励磁になるように接続する。可飽和リアクトル113は任意の長さの同軸ケーブル114の可飽和リアクトル113側の心線とシールドを可飽和リアクトル113を貫通または巻回して接続する。同軸ケーブル114の他方の側には、抵抗115と直流電源116の直列体を、この可飽和リアクトル113を貫通または巻回した同軸ケーブル114の線に流れる電流が、可飽和リアクトル113を放電電流が励磁する方向とは逆の励磁になるように接続し、また、比較器490の正入力端子には同軸ケーブルの心線を、負入力端子には比較電圧491を接続し、同軸ケーブルの心線とシールド間の電圧が比較電圧491を越えたとき放電発生信号492を出力するように構成する。このように構成することにより電極の近くに設けた可飽和リアクトル113に発生する電圧を任意の距離だけ離れた位置まで同軸ケーブルを配線し、例えば制御回路の位置に比較器490を設けることができる。また、抵抗115は同軸ケーブル114の特性インピーダンスと同じ値の抵抗値が良い。例えば50Ωの同軸ケーブルであれば50Ωが良い。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 4 】

次にこの実施の形態 1 の放電加工機の波形制御装置の動作を説明する。図 2 において、電極 5 と被加工物 4 間の電圧 4 2 0 を (a) に、電流 4 2 1 を (b) に示す。1 1 7 で図 1 のスイッチング素子 T R 2 をオンすると直流電源 B 1 0 の電圧 V 1 0 が電極 5 と被加工物 4 間に加わる。この電圧は放電が発生する前は無負荷電圧 4 2 4 として約 8 7 V が加わる。放電が 4 2 3 で発生すると、電圧 4 2 0 は放電電圧 4 2 5 の約 2 5 V に急峻に下がる。また放電電流 4 2 1 は予めリアクトル L 2 に流れている電流値例えば 2 0 A に急峻に立ち上がる。そしてスイッチング素子 T R 1 をオンオフして電流の平均値を設定値の 2 0 A に制御する。この値がピーク電流であり、約 2 0 0 μ s e c のパルス幅の放電電流が流れている。設定した時間 4 3 3 においてスイッチング素子 T R 2 をオフすると放電電流 4 2 1 は急速に遮断されてゼロになり、電極 5 と被加工物 4 間の放電が消弧する。

10

【 0 0 3 5 】

図 3 は図 2 の放電発生時点 4 2 3 の前後を拡大測定したものである。(a) は電極 5 と被加工物 4 間の電圧 4 2 0 であり、瞬時に放電電圧 4 2 5 に下がっている。(b) は放電電流 4 2 1 であり、放電が発生すると放電電流が流れようとするが、可飽和リアクトル 1 1 1 , 1 1 2 , 1 1 3 のインピーダンスにより制限され飽和電流 1 3 0 で一定の期間維持される。この飽和電流 1 3 0 を I_s とすると I_s は次の式で表される。

$$I_s = H_s \cdot L / N \quad (A) \cdot \cdot \cdot \cdot < 5 0 0 >$$

H_s : 飽和磁束密度 B_s に必要な磁力 (A T / m)

L : 可飽和リアクトルのコア平均磁路長

N : コア巻数

20

式 5 0 0 に示すように飽和電流 1 3 0 は可飽和リアクトル 1 1 1 , 1 1 2 , 1 1 3 のうち可飽和リアクトルのコア平均磁路長 L が短く、コア巻数 N が多いほど小さいので、図 1 の電極 5 と被加工物 4 間に放電が発生した信号を得るために設けた可飽和リアクトル 1 1 3 は、磁路長の異なる複数の可飽和リアクトルを組み合わせたもののうち、いちばん飽和電流 1 3 0 が小さいものとするまたは巻き回数の異なる複数の可飽和リアクトルを組み合わせたもののうち、いちばん巻き回数の多いものとすることにより (d) に示す電圧 1 3 3 が可飽和リアクトル 1 1 3 の両端に他の可飽和リアクトル 1 1 1 , 1 1 2 に比べ最も早く生ずる。この電圧は同軸ケーブル 1 1 4 により比較器 4 9 0 に入力された比較電圧 4 9 1 との電圧比較により (f) に示す放電発生信号 4 9 2 を出力する。

30

この時抵抗 1 1 5 が同軸ケーブル 1 1 4 の特性インピーダンスと同じ抵抗値であれば、反射が生じず波形のノイズが少なくなるので正確な放電発生信号 4 9 2 を出力することができる。図 1 の直流電源 1 1 6 は放電電流がゼロになった後可飽和リアクトル 1 1 3 の飽和がリセットされる電流が流れればよいので比較的低い電圧で良い。5 ~ 1 5 V 程度で十分に動作するので比較器 4 9 0 の電源を使用することができ安価に構成できる。

【 0 0 3 6 】

また、同軸ケーブル 1 1 4 の可飽和リアクトル 1 1 3 側は心線とシールドが直流的には短絡されているので、比較器 4 9 0 の正入力端子に入力される電圧は定常時はゼロであり、放電開始直後のみ一定期間電圧 1 3 3 が出る。また、可飽和リアクトル 1 1 3 が飽和すると電圧は出力されないので、放電加工時のノイズ等が出力されず検出精度が高い効果がある。

40

【 0 0 3 7 】

可飽和リアクトル 1 1 1 は可飽和リアクトル 1 1 3 よりコア巻数 N が少ないかコア平均磁路長 L が長いもので、可飽和リアクトル 1 1 2 はさらに 1 1 1 よりコア巻数 N が少ないかコア平均磁路長 L が長くなるように設定する。これはコア径の異なるものや個数、巻数で調節することにより図 3 の放電電流 4 2 1 の増加曲線を期間 1 3 2 のように指数曲線的に増加することができる。この電流上昇曲線は放電柱の膨張に合わせて増加するようにすれば放電柱の電流密度を一定に保つことができ、放電柱の断面積が小さいときに放電電流が急激に増加しないので電極の消耗を少なくすることができる。例えば放電柱の径が直線的に増加すれば、放電柱の面積は二乗で増加するので、放電電流 4 2 1 の増加は 2 次曲線的

50

に増加するようにコアを調節することにより実現できる。

【 0 0 3 8 】

期間 1 3 1 と 1 3 2 の飽和時間 T_s は各可飽和リアクトル 1 1 1 , 1 1 2 , 1 1 3 について次の式で表せる。

$$T_s = N \cdot S \cdot B_s / E \quad (\mu \text{ s e c }) \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot < 5 0 1 >$$

N : コア巻数

S : コア断面積

B_s : 全磁束変化

E : 電圧

この飽和時間 T_s はコア巻数 N とコア断面積 S が大きいと長くなる。式 < 5 0 0 > で示した飽和電流 I_s の設定によりコア巻数 N は決められるから、コア断面積 S により飽和時間 T_s を設定することになる。すなわち飽和時間 T_s を長くするにはコア断面積 S の大きい、大型のコアを使用する。また、放電電流 4 2 1 の増加曲線を目的の曲線に合わせるには飽和電流 I_s と飽和時間 T_s の違う可飽和リアクトルを各種組み合わせる方法や、それぞれの可飽和リアクトルのコア巻数 N を調節する方法や、図 4 に示すような中心は幅が広く、外径に近くなるに従って細くなる形状の可飽和リアクトル 1 4 0 を給電線 8 A または 8 B に挿入し、放電電流とは逆の励磁電流を流すためのバイアス用直流電源 V_b とこれに直列に接続した抵抗 R_b を接続する等の方法があり、前記各種の方法は同等の効果を奏する。

【 0 0 3 9 】

飽和時間 T_s を過ぎると可飽和リアクトルは磁気飽和するのでそのインピーダンスはゼロに近くなり、放電電流がピーク電流に達し、その後放電遮断時に放電電流がゼロになり逆の励磁電流で飽和状態がリセットされるまで、放電加工の電流電圧にはなんら影響を与えない。この点が飽和しないリアクトルとは異なる効果がある。例えば空心のコイルやギャップ付きのコア等を使用すると、インピーダンスがゼロにならずインダクタンスが残り、放電電流遮断時の電流遮断時間が遅くなる。従って放電電流が流れている時に飽和状態になる可飽和リアクトルを使用することは単なるリアクトルを使用したこととは異なり前記のような固有の効果がある。

【 0 0 4 0 】

図 1 の可飽和リアクトル 1 1 1 , 1 1 2 は電源 7 の出力に近い側に、可飽和リアクトル 1 1 3 は電極 5 に近い側に設けた。この電源 7 に近い側に設けた可飽和リアクトル 1 1 1 , 1 1 2 は、従来の技術 2 の図 2 9 において説明したように、電源 7 の出力に設けたダイオード D 2 2 または D 2 0 等の静電容量と給電線 8 A , 8 B のインダクタンスが共振するのを防止する効果がある。また、図 2 9 の放電電流が遮断された瞬間 4 3 1 に電極 5 に共振による負の電流 4 3 4 が流れるのを妨げる働きがある。またこの電極 5 に近い側に設けた可飽和リアクトル 1 1 3 は、従来の技術 2 の図 2 8 において説明したように、放電した瞬間 4 2 3 の給電線 8 A , 8 B 間の静電容量とインダクタンスが共振して 4 2 6 のように電流が負になるパルス割れを防止する働きがある。また、図 3 の放電電流 4 2 1 の飽和電流 1 3 0 を有することにより放電発生直後の電極 5 の電流を、図 3 1 の (b) に示すようなサージ電流 4 5 0 が流れるのを防止する働きがある。

【 0 0 4 1 】

図 5 は図 2 の放電電流遮断時 4 3 3 前後の各部の拡大波形である。図 1 のイッチング素子 TR 2 を 4 3 3 でオフすると、(b) に示す放電電流 4 2 1 は給電線 8 A , 8 B のインダクタンスと定電圧体 B 2 0 の電圧によって決まる勾配で電流が減少し、1 5 0 においてゼロになる。このとき図 2 9 の 4 3 4 に示すように、電源 7 の出力に設けたダイオード D 2 2 または D 2 0 等の静電容量と給電線 8 A , 8 B のインダクタンスが共振するのを、可飽和リアクトル 1 1 1 , 1 1 2 , 1 1 3 が高いインピーダンスになるので逆電流が流れないように動作する。すなわち可飽和リアクトルは (e) , (d) の電圧が 1 5 1 において発生し逆電流を防止するので、(b) の 1 5 1 の部分の逆電流は非常にわずかであり、図 2 9 のように共振電流 4 3 4 は発生していない。従って電流遮断時間 1 5 2 は可飽和リアク

10

20

30

40

50

トル 1 1 1 , 1 1 2 , 1 1 3 が無い場合と殆ど変わらない時間であるうえに、逆電流による電極の消耗が少ないことと、図 2 9 の共振電圧 4 3 2 が発生しないのでノイズが少なくなり、他の制御回路に与えるノイズ誤動作を少なくすることができる等の効果がある。

【 0 0 4 2 】

実施の形態 2 .

図 6 に示す放電加工機の波形制御装置はこの発明の実施の形態 2 である。

この実施の形態は主として放電発生検出と放電停止検出の機能だけを使用したものである。図において、電源 7 の出力と電極 5 と被加工物 4 間の給電線 8 A , 8 B の電極 5 に近い位置に可飽和リアクトル 1 1 3 を設ける。この可飽和リアクトル 1 1 3 は飽和電流 1 s の低いもので、可飽和リアクトルのコア平均磁路長 L が短い、コア巻数 N が多い可飽和リアクトルを使用する。実際には可飽和リアクトルのコアとしては、内径 2 mm、外径 4 mm、長さ 8 mm のアモルファスコアを 8 個使用している。同軸ケーブル 1 1 4、抵抗 1 1 5、直流電源 1 1 6、比較器 4 9 0、比較電圧 4 9 1、放電発生信号 4 9 2 の構成は図 1 と同様である。比較器 1 6 0 の正入力端子に負の比較電圧 1 6 1 を、同軸ケーブル 1 1 4 の出力を負入力端子に入力し、比較器 1 6 0 の出力を放電停止信号 1 6 2 として出力する。

10

【 0 0 4 3 】

図 7 は図 6 の可飽和リアクトル 1 1 3 に発生する電圧 1 3 3 と放電電流 4 2 1 の放電が発生した瞬間の前後の拡大波形である。放電が発生すると可飽和リアクトル 1 1 3 の放電電流 1 s によって決まる飽和電流 1 3 0 が流れる。この場合約 1 A の電流が期間 1 3 1 に示すように約 7 0 0 n s e c 続き、その後放電電流 4 2 1 の上昇は期間 1 3 2 に示すようにほぼ直線的に上昇しており、この上昇の勾配は可飽和リアクトル 1 1 3 が無い場合とほぼ同じである。可飽和リアクトル 1 1 3 に発生する電圧 1 3 3 は図 7 に示すように発生するから比較器 4 9 0 の正入力端子にも同様の電圧が発生する。この電圧を比較電圧 4 9 1 と比較して得られる放電発生信号を (c) に示す。ここで重要なことは、放電電流 4 2 1 が飽和電流 1 3 0 でしばらくの間わずかの電流しか流れず、放電電流 4 2 1 が増加する前に放電発生信号 4 9 2 が得られることである。すなわち放電加工機の制御装置としては放電電流 4 2 1 が増加する直前から各種の制御が可能になる。そして、放電発生信号 4 9 2 を出力後は可飽和リアクトル 1 1 3 は放電電流 4 2 1 に対して何ら影響を与えないことと、放電発生瞬間の共振電流も殆ど無いという優れた効果を奏する。

20

30

【 0 0 4 4 】

図 8 は図 6 の電極 5 と被加工物 4 間の放電電圧 1 3 3 と放電電流 4 2 1 の放電を遮断した瞬間の前後の拡大波形である。図 1 のスイッチング素子 T R 2 を 4 3 3 でオフすると放電電流 4 2 1 は給電線 8 A , 8 B のインダクタンスと図 1 の定電圧体 B 2 0 の電圧によって決まる勾配で電流が減少し、1 5 0 においてゼロになる。このとき図 2 9 の 4 3 4 に示すように、図 1 の電源 7 の出力に設けたダイオード D 2 2 または D 2 0 等の静電容量と給電線 8 A , 8 B のインダクタンスが共振するのを、可飽和リアクトル 1 1 3 が高いインピーダンスになることにより防止し、また逆電流が流れないように動作する。すなわち可飽和リアクトルには (b) の電圧が 1 5 1 において発生し逆電流を防止するので、(a) の 1 5 1 の部分の逆電流は非常にわずかであり、図 2 9 のように共振電流 4 3 4 は発生していない。(b) の可飽和リアクトルの電圧は 1 5 1 の期間で負の電圧を出力する。この電圧を比較器 1 6 0 の負入力端子に入力し負の比較電圧 1 6 1 と比較することにより放電停止信号 1 6 2 を出力することができる。この出力を (c) に示す。従来はスイッチング素子を遮断した時点 4 3 3 から一定期間が過ぎたら放電は停止しているものとして制御していたが、放電が停止したことがわかると次に放電を開始するまでの時間が正確に分かり、放電が継続している間に放電を開始してしまうことが無くなり高精度の放電加工の制御が可能になる。また、電流遮断時間 1 5 2 は可飽和リアクトル 1 1 3 が無い場合と殆ど変わらない時間であるうえに、逆電流による電極の消耗が少ないことと、図 2 9 の共振電圧 4 3 2 が発生しないのでノイズが少なくなり、他の制御回路に与えるノイズ誤動作を少なくすることができる等の効果がある。

40

50

【 0 0 4 5 】

実施の形態 3 .

図 9 に示す放電加工機の波形制御装置はこの発明の実施の形態 3 である。

図 9 は、図 6 に示す可飽和リアクトルを使用した放電発生検出回路を同一の電源 7 で 3 台の電極 5 A , 5 B , 5 C と被加工物 4 A , 4 B , 4 C のそれぞれの給電線に設けたものである。それぞれの動作は図 6 の実施の形態 2 と同じであるが、電極と被加工物が複数であることが異なる。従来技術 5 において説明したように、放電はどれか一つの電極においてしか発生しないので、複数の電極のそれぞれの放電発生が分かると放電加工の進み具合、電極の送り速度等放電加工機を制御する上で重要な信号が得られる。従来技術の放電電圧を検出して放電発生を検出する方法ではそれぞれの放電発生を検出することはできなかつたので、同一の電源で複数の電極と被加工物を加工することはできなかつた。この方法によれば、同一の電源で複数の電極と被加工物を加工することができるので、電源のコストが安くなる効果がある。

10

【 0 0 4 6 】

実施の形態 4 .

図 10 に示す放電加工機の波形制御装置はこの発明の実施の形態 4 である。

図 10 は、図 6 に示す可飽和リアクトルを使用した放電発生検出回路を可飽和リアクトル 1 1 3 の給電線に比較器 4 9 0 の入力端子を直接接続したものである。このような接続においても実施の形態 2 と同等の効果を奏する。

20

【 0 0 4 7 】

実施の形態 5 .

図 11 に示す放電加工機の波形制御装置はこの発明の実施の形態 5 である。

図 11 は、図 6 に示す可飽和リアクトルを使用した放電発生検出回路を、可飽和リアクトル 1 1 3 の給電線とは別の巻線と、これに直列に接続した抵抗 1 1 5 と直流電源 1 1 6 を設け、放電電流とは逆の励磁をするようにして、この巻線に比較器 4 9 0 の入力端子を直接接続したものである。このような接続においても実施の形態 2 と同等の効果を奏する。

【 0 0 4 8 】

実施の形態 6 .

図 12 に示す放電加工機の波形制御装置はこの発明の実施の形態 6 である。

図 12 はこの発明の動作を説明するための最も簡単な構成の図である。可飽和リアクトル 1 2 0 は少なくとも一個、磁路長の異なる複数の可飽和リアクトルを組み合わせたもの、中心は幅が広く、外径に近くなるに従って細くなる形状の可飽和リアクトル、給電線の巻き回数の異なる複数の可飽和リアクトルを組み合わせたもの等を使用し、放電電流とは逆の方向に励磁する定電流源 1 2 1 を設ける。定電流源 1 2 1 は抵抗と直流電源を組み合わせても良い。このような簡単な構成で図 3 の 4 2 1 に示すような放電発生直後の放電電流の増加曲線を可飽和リアクトルの組み合わせにより任意の曲線に制御できる。以上により前記した数々の特有の効果を奏する。

30

【 0 0 4 9 】

実施の形態 7 .

図 13 に示す放電加工機の波形制御装置はこの発明の実施の形態 7 である。

図 13 は、図 12 に示す可飽和リアクトルを使用した放電加工機の加工電流制御装置の給電線に直接定電流源 1 2 1 を接続したものであり、実施の形態 6 と同等の効果を奏する。

40

【 0 0 5 0 】

実施の形態 8 .

図 14 に示す放電加工機の波形制御装置はこの発明の実施の形態 8 である。

図 14 は、図 12 に示す可飽和リアクトルを使用した放電加工機の加工電流制御装置の可飽和リアクトル 1 2 0 をコア巻数 N の異なるもの、または磁路長 L の異なる可飽和リアクトル 1 2 0 A , 1 2 0 B , 1 2 0 C を組み合わせ、それぞれに給電線 8 A とは別の巻線と、これに直列に接続した抵抗 1 1 0 A , 1 1 0 B , 1 1 0 C と直流電源 1 4 0 A , 1 4 0 B , 1 4 0 C を設け、放電電流とは逆の励磁をするようにしたものであり、実施の形態

50

6 と同等の効果を奏する。

【 0 0 5 1 】

実施の形態 9 .

図 1 5 に示す放電加工機の波形制御装置はこの発明の実施の形態 9 である。

図 1 5 は、図 1 2 に示す可飽和リアクトルを使用し放電加工機の加工電流制御装置の可飽和リアクトル 1 2 0 をコア平均磁路長 L の異なるもの、またはコア断面積 S の異なる可飽和リアクトル 1 2 0 D , 1 2 0 E , 1 2 0 F を組み合わせて、給電線 8 A とは別の巻線と、これに直列に接続した抵抗 1 1 0 と直流電源 1 4 0 を設け、放電電流とは逆の励磁をするようにしたものである。実際に使用したものは、抵抗 1 1 0 は 5 0 0 、直流電源 1 4 0 は 8 7 V、可飽和リアクトル 1 2 0 D は内径 2 mm、外径 4 mm、長さ 8 mm のコバルト系のアモルファスコア 4 個、可飽和リアクトル 1 2 0 E は内径 7 mm、外径 1 0 mm、長さ 4 . 5 mm のコバルト径のアモルファスコア 3 個、可飽和リアクトル 1 2 0 F は内径 1 4 mm、外径 2 1 mm、長さ 4 . 5 mm のコバルト系のアモルファスコア 2 個をそれぞれ使用したもので、その放電電流の増加曲線は図 3 の 4 2 1 と同等である。この実施の形態 9 は実施の形態 6 と同等の効果を奏する。

10

【 0 0 5 2 】

実施の形態 1 0 .

図 1 6 に示す放電加工機の波形制御装置はこの発明の実施の形態 1 0 である。実施の形態 9 の図 1 5 の実際例として、電極 5 を電極送り手段 6 に取り付けるための治具 2 6 0 の一部を細くし、この部分に内径の小さい可飽和リアクトル 1 2 0 D、または 1 2 0 E を設け、セラミック、ガラス、プラスチック等の絶縁支持物 2 6 1 で機械的強度を保ち、内径の太い可飽和リアクトル 1 2 0 F は治具 2 6 0 に貫通するようにして構成することにより、実施の形態 6 と同等の効果を奏する。図 1 7 はこの実施の形態 1 0 を電極送り手段 6 に取り付けた状態を示す。この実施の形態 1 0 によれば、電極それぞれに飽和電流 I_s 、電流増加曲線等を合わせられるので、電極 5 を治具 2 6 0 と一体にして交換すれば、小さな電極から大きな電極までそれぞれの加工条件に合った放電加工機の波形制御装置が得られる等の効果がある。

20

【 0 0 5 3 】

実施の形態 1 1 .

図 1 8 は実施の形態 6 の放電加工機の波形制御装置の設置場所を電極 5 への給電線 8 A の近くに設けたものであり、実施の形態 6 と同等の効果を奏する。

30

【 0 0 5 4 】

実施の形態 1 2 .

図 1 9 は実施の形態 6 の放電加工機の波形制御装置の設置場所を給電線 8 B の被加工物 4 の近くに設けたものであり、実施の形態 6 と同等の効果を奏する。

【 0 0 5 5 】

実施の形態 1 3 .

図 2 0 は実施の形態 6 の放電加工機の波形制御装置の設置場所を電極 5 への給電線 8 A の近くと給電線 8 B の被加工物 4 の近くに設けたものであり、実施の形態 6 と同等の効果を奏する。

40

【 0 0 5 6 】

実施の形態 1 4 .

図 2 1 は実施の形態 6 の放電加工機の波形制御装置の設置場所を電極 5 への給電線 8 A の電源 7 の近くに設けたものであり、実施の形態 6 と同等の効果を奏する。

【 0 0 5 7 】

実施の形態 1 5 .

図 2 2 は従来技術 4 の図 3 2 で述べた給電線に同軸ケーブル 3 6 を使用した放電加工機用電源装置であるが、実施の形態 6 の放電加工機の波形制御装置の設置場所を電極 5 の近くに設けたものであり、実施の形態 6 と同等の効果を奏する。また、同軸ケーブル 3 6 を使用しても静電容量 3 7 の影響は無くなり、同軸ケーブルにより配線すると配線のインダ

50

クタンスが少なくなることによって、加工電流の応答が速くなるので加工速度が向上するなど、放電加工機の性能が向上する。同軸ケーブル36による給電が可能になることは、加工速度の向上、微細加工、大型電極における大電流加工、ノイズの外部への放射防止、より遠くからの給電等、放電加工機の電源装置の性能を高め、加工性能を飛躍的に高めることができる効果がある。

【0058】

実施の形態16.

図23は従来技術5で述べた、複数の電極5A, 5B, 5Cと被加工物4間を共通の電源7に接続したものである。各電極5A, 5B, 5Cへの給電線に可飽和リアクトル112A, 112B, 112Cをそれぞれ設け、給電線とは別の巻線を直列に接続し、可飽和リアクトル112A, 112B, 112Cが放電電流による励磁とは逆の方向に励磁されるように抵抗110と直流電源140を直列に接続する。このような接続をすると、例えば電極5Bで放電が発生した場合、電極5Aと被加工物4間の静電容量と、電極5Cと被加工物4間の静電容量に蓄えられた電荷は可飽和リアクトル112Aと112Cにより放電電流とは逆の電流を阻止する作用があるので放電発生点Aに流れこむ電流は少ない。また、この電流は電極の数がさらにも同様である。このように、複数の電極を接続して放電加工を行なっても、図31に示すサージ電流450は小さく電極消耗が多くなることはない。すなわち、1台の電源7で複数の電極5を接続して加工することができ、大面積の放電加工が高精度で安価に実現できる効果がある。

【0059】

実施の形態17.

図24は図示していない電極送り手段6や加工槽1で構成される加工機が複数ある場合等の実施の形態を示したもので、複数の電極5A, 5B, 5Cと複数の被加工物4A, 4B, 4C間を共通の電源7に接続したものである。各電極5A, 5B, 5Cへの給電線に可飽和リアクトル112A, 112B, 112Cをそれぞれ設け、給電線とは別の巻線と、可飽和リアクトルが放電電流とは逆の方向に励磁されるように抵抗110A, 110B, 110Cと直流電源140A, 140B, 140Cを図のようにそれぞれ直列に接続する。このような接続をすると、例えば電極5Bで放電が発生した場合、電極5Aと被加工物4A間の静電容量と、電極5Cと被加工物4C間の静電容量に蓄えられた電荷は、可飽和リアクトル112Aと112Cにより放電電流とは逆の電流を阻止する作用があるので放電発生点Aに流れこむ電流は少ない。また、この電流は加工機の数さらにも同様である。このように、複数の加工機の電極を接続して放電加工を行なっても、図31に示すサージ電流450は小さく電極消耗が多くなることはない。すなわち、1台の電源7で複数の加工機の電極5と被加工物4を接続して加工することができ、複数の違った形状の被加工物を同時に同一の電源で加工できる効果がある。

【0060】

実施の形態18.

図25はこの発明の実施の形態18である。加工用電源7から電極5と被加工物4に加工電力を供給する給電線8A, 8Bを貫通または巻回させた、磁路長Lまたはコア巻数Nが異なる複数の可飽和リアクトル120A, 120B, 120C, 120Dの給電線8A, 8Bとは別に設けて貫通または巻回した電線にそれぞれ可飽和リアクトル120A, 120B, 120C, 120Dが放電電流による励磁とは逆の電流で励磁されるように抵抗110A, 110B, 110C, 110Dと直流電源140A, 140B, 140C, 140Dの直列体を接続し、抵抗110A, 110B, 110C, 110Dの抵抗値または直流電源140A, 140B, 140C, 140Dの電圧を変えられるようにして放電電流の増加曲線を放電加工に適した曲線に合わせるようにする。可飽和リアクトル120Dは磁路長Lの最も短いもので、主として飽和電流 I_s を決める。可飽和リアクトル120A, 120B, 120Cは次第に磁路長Lが長く、コア断面積Sも大きいものを使用し飽和電流と飽和時間を抵抗の抵抗値と直流電源の電圧により加工に適した電流の増加曲線になるように調節する。このようにすることにより任意の増加曲線を得ることができ、前記の

10

20

30

40

50

ような種々の優れた効果を奏する。

【0061】

また、可飽和リアクトル120A, 120B, 120C, 120Dを貫通する給電線8A, 8Bの両端をスイッチ250A, 250B, 250C, 250Dで必要な増加曲線が得られるように、使用しない可飽和リアクトルを短絡しても良い。

【0062】

また、可飽和リアクトル120A, 120B, 120C, 120Dを貫通する給電線8A, 8Bとは別に設けて貫通または巻回した電線にそれぞれスイッチ251A, 251B, 251C, 251Dを接続し、必要な増加曲線が得られるように使用しない可飽和リアクトルを短絡しても良い。

10

【0063】

【発明の効果】

この発明は、以上説明したように構成されているので、以下に記載されるような効果を奏する。

この発明は、即放電状態でも放電発生を検出でき、放電電流が立ち上がる前に放電発生を検出でき、電極の消耗が少なく、加工速度が低下しない放電加工機の加工電流制御装置を得ることができる効果がある。

【0064】

放電加工のノイズ等が少なく、正確な放電発生信号が得られ、検出精度が高く、構成が簡単で安価に構成できる。

20

放電した瞬間の2本の給電線の静電容量とインダクタンスが共振するのを防止する働きがある。

サージ電流が流れるのを防止する働きがある。

電流遮断時間が遅くならないうえに、逆電流による電極の消耗が少ないことと、共振電圧が発生しないのでノイズが少なくなり、他の制御回路に与えるノイズ誤動作を少なくすることができる等の効果がある。

【0065】

放電電流が飽和電流で暫くの間わずかの電流しか流れず、放電電流が増加する前に放電発生信号が得られ、放電電流が増加する直前から各種の制御が可能になる。

放電発生信号出力後は放電電流に対して何ら影響を与えないことと、放電発生瞬間の共振電流も殆ど無いという効果を奏する。

30

放電が停止したことがわかると次に放電を開始するまでの時間が正確に分かり、高精度の放電加工の制御が可能になる。

【0067】

簡単な構成で放電発生直後の放電電流の増加曲線を可飽和リアクトルの組み合わせにより任意の曲線に制御できる効果がある。

【0069】

同軸ケーブルによる給電が可能になり、加工速度の向上、微細加工、大型電極における大電流加工、ノイズの外部への放射防止、より遠くからの給電等、放電加工機の電源装置の性能を高め、加工性能を飛躍的に高めることができる効果がある。

40

【0072】

放電電流の任意の増加曲線を得ることができ、多くの電極または被加工物に最適の増加曲線にすることにより、加工速度が速く電極の消耗が少ない等の優れた効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の実施の形態1の放電加工機の波形制御装置である。

【図2】 この発明の実施の形態1の放電加工機の波形制御装置の動作を説明するための図である。

【図3】 この発明の実施の形態1の放電加工機の波形制御装置の動作を説明するための波形図である。

図3は図2の放電発生時点423の前後を拡大測定したものである。

50

【図 4】 この発明の実施の形態 1 の可飽和リアクトルの形状を示す図である。

【図 5】 この発明の実施の形態 1 の放電加工機の波形制御装置の動作を説明するための波形図である。

図 5 は図 2 の放電電流遮断時 4 3 3 前後の各部の拡大波形である。

【図 6】 この発明の実施の形態 2 の放電加工機の波形制御装置である。

【図 7】 この発明の実施の形態 2 の放電加工機の波形制御装置の動作を説明するための波形図である。

図 7 は図 6 の電極 5 と被加工物 4 間の放電電圧 1 3 3 と放電電流 4 2 1 の放電が発生した瞬間の前後の拡大波形である。

【図 8】 この発明の実施の形態 2 の放電加工機の波形制御装置の動作を説明するための波形図である。 10

図 8 は図 6 の電極 5 と被加工物 4 間の放電電圧 1 3 3 と放電電流 4 2 1 の放電を遮断した瞬間の前後の拡大波形である。

【図 9】 この発明の実施の形態 3 の放電加工機の波形制御装置である。

図 9 は、図 6 に示す可飽和リアクトルを使用した放電発生検出回路を同一の電源 7 で 3 台の電極 5 A , 5 B , 5 C と被加工物 4 A , 4 B , 4 C のそれぞれの給電線に設けたものである。

【図 10】 この発明の実施の形態 4 の放電加工機の波形制御装置である。

【図 11】 この発明の実施の形態 5 の放電加工機の波形制御装置である。

【図 12】 この発明の実施の形態 6 の放電加工機の波形制御装置である。 20

図 12 はこの発明の動作を説明するための最も簡単な構成の図である。

【図 13】 この発明の実施の形態 7 の放電加工機の波形制御装置である。

【図 14】 この発明の実施の形態 8 の放電加工機の波形制御装置である。

【図 15】 この発明の実施の形態 9 の放電加工機の波形制御装置である。

【図 16】 この発明の実施の形態 10 の放電加工機の波形制御装置である。

【図 17】 この発明の実施の形態 10 の放電加工機の波形制御装置である。

図 17 はこの実施の形態 10 を電極送り手段 6 に取り付けた状態を示す。

【図 18】 この発明の実施の形態 11 の放電加工機の波形制御装置である。

【図 19】 この発明の実施の形態 12 の放電加工機の波形制御装置である。

【図 20】 この発明の実施の形態 13 の放電加工機の波形制御装置である。 30

【図 21】 この発明の実施の形態 14 の放電加工機の波形制御装置である。

【図 22】 この発明の実施の形態 15 の放電加工機の波形制御装置である。

【図 23】 この発明の実施の形態 16 の放電加工機の波形制御装置である。

【図 24】 この発明の実施の形態 17 の放電加工機の波形制御装置である。

【図 25】 この発明の実施の形態 18 の放電加工機の波形制御装置である。

【図 26】 従来 of 放電加工機用電源装置の動作を説明するための構成図である。

【図 27】 従来 of 放電加工機用電源装置の動作を説明するための回路図である。

【図 28】 従来 of 放電加工機用電源装置の動作を説明するための波形図である。

【図 29】 従来 of 放電加工機用電源装置の動作を説明するための波形図である。

【図 30】 従来 of 放電加工機用電源装置の動作を説明するための構成図である。 40

【図 31】 図 30 の放電加工機の動作を説明するための波形図である。

【図 32】 従来 of 放電加工機用電源装置の動作を説明するための構成図である。

【図 33】 従来 of 放電加工機用電源装置の動作を説明するための構成図である。

【図 34】 従来 of 放電加工機用電源装置の動作を説明するための構成図である。

【図 35】 従来 of 放電加工機用電源装置の動作を説明するための放電加工機の放電検出回路の一例である。

【図 36】 図 35 の従来 of 放電加工機用電源装置の動作を説明するための波形図である。

【図 37】 従来 of 放電加工機用電源装置の動作を説明するための波形図である。

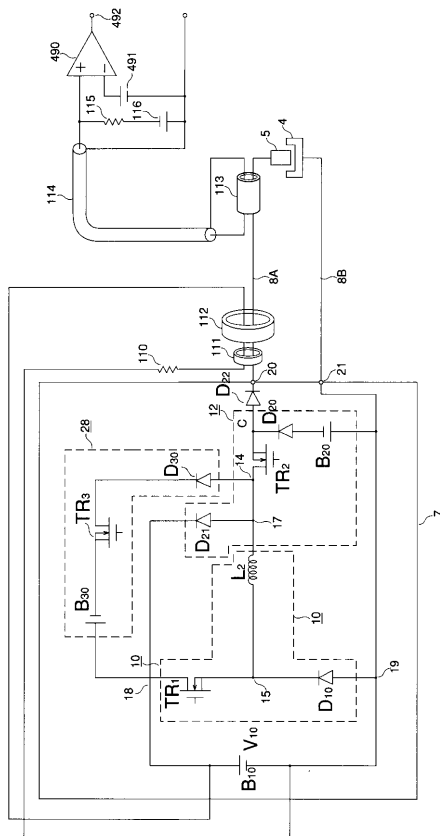
【図 38】 従来 of 放電加工機用電源装置の動作を説明するための図である。 50

【符号の説明】

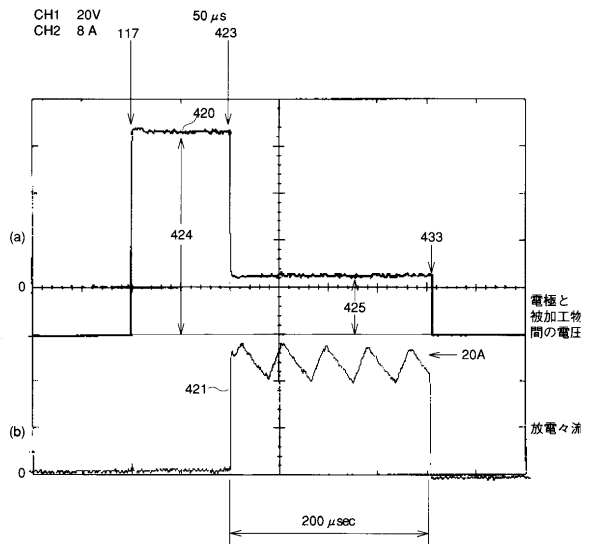
1 加工槽、2 加工液、3 加工テーブル、4 被加工物、5, 5a, 5b, 5c, 5A, 5B, 5C 電極、6 電極送り手段、7, 7a, 7b, 7c 電源、8A, 8B 給電線、36 同軸ケーブル、37 静電容量、100, 101 配線のインダクタンス、110, 110A, 110B 抵抗、110C, 110D 抵抗、111, 112, 113 可飽和リアクトル、112A, 112B, 112C 可飽和リアクトル、114 同軸ケーブル、115 抵抗、116 直流電源、120, 120A, 120B, 120C 可飽和リアクトル、120D, 120E, 120F 可飽和リアクトル、121 定電流源、130 飽和電流、140, 140A, 140B 直流電源、140C, 140D 直流電源、160 比較器、161 比較電圧、162 放電停止信号、250A, 250B, 250C, 250D スイッチ、251A, 251B, 251C, 251D スイッチ、260 治具、261 絶縁支持物、424 無負荷電圧、491 比較電圧、490 比較器、492 放電発生信号、A 放電発生点、B10 直流電源、B20 定電圧体、Bs 全磁束変化、C1 静電容量、D22, D20 ダイオード、E 電圧、Hs 飽和磁束密度 Bs に必要な磁力、Is 飽和電流、L コア平均磁路長、L2 リアクトル、N コア巻数、S コア断面積、TR2 スイッチング素子、Ts 飽和時間、vb 直流電源、Rb 抵抗。

10

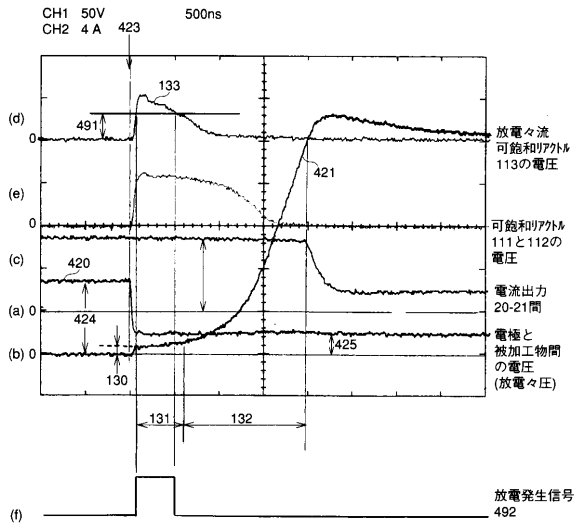
【図1】



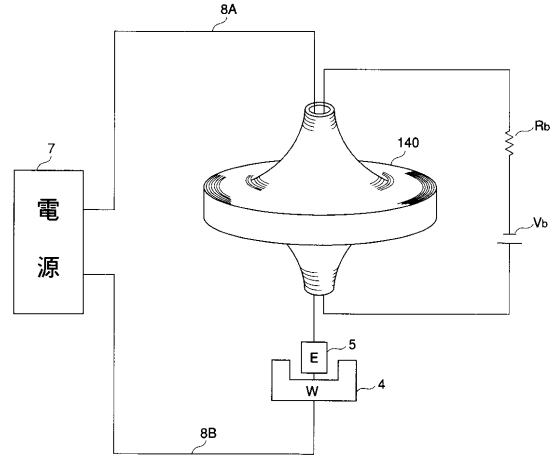
【図2】



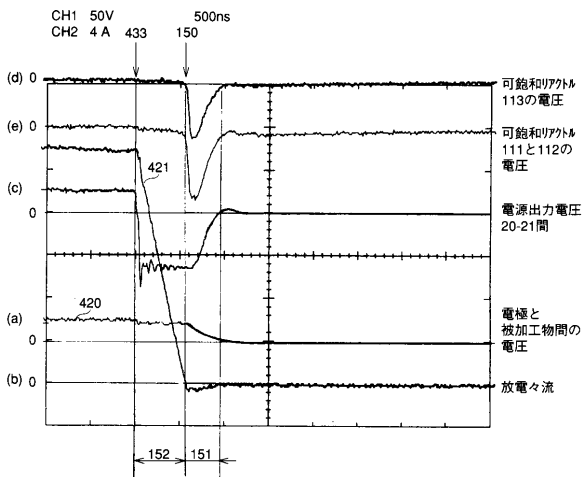
【 図 3 】



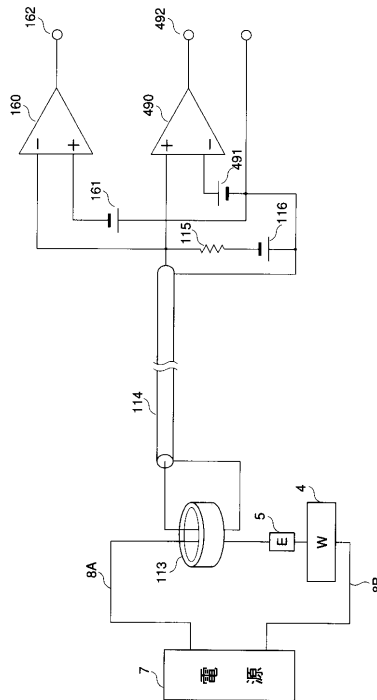
【 図 4 】



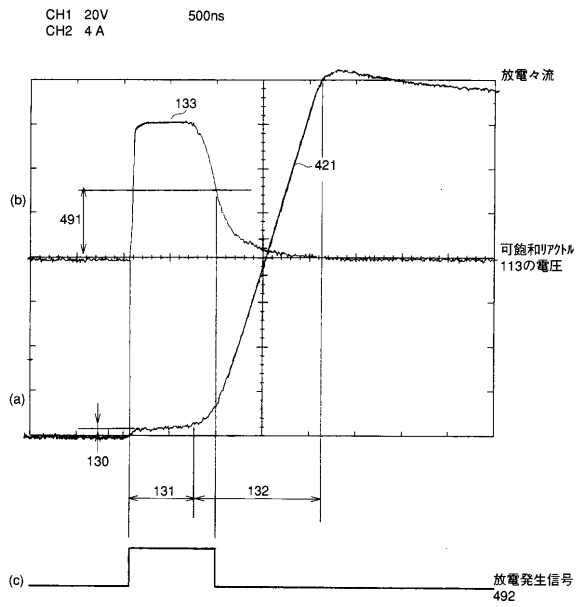
【 図 5 】



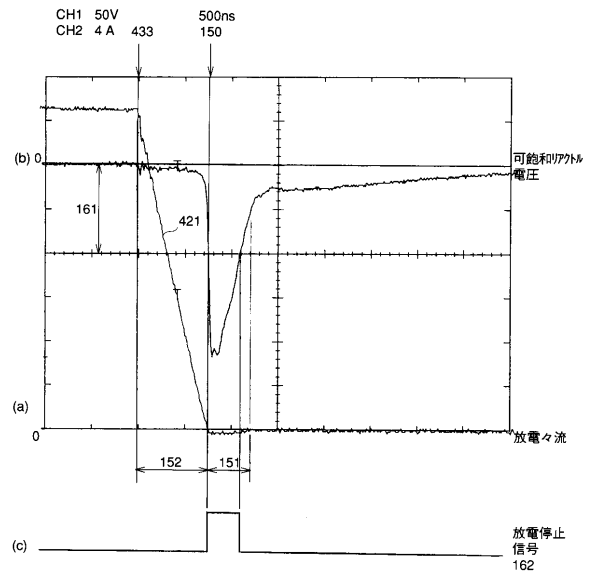
【 図 6 】



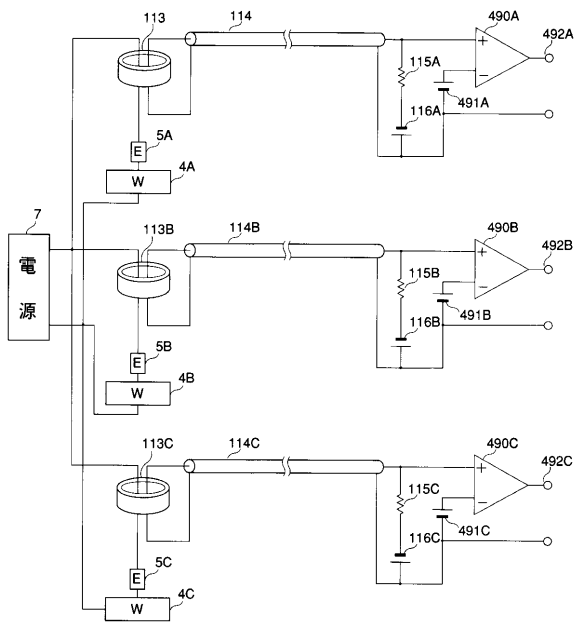
【図7】



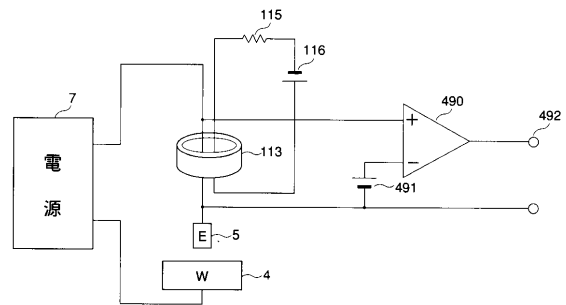
【図8】



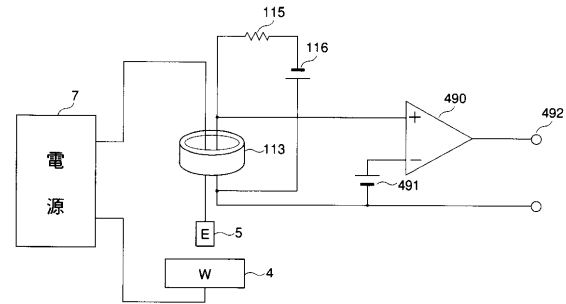
【図9】



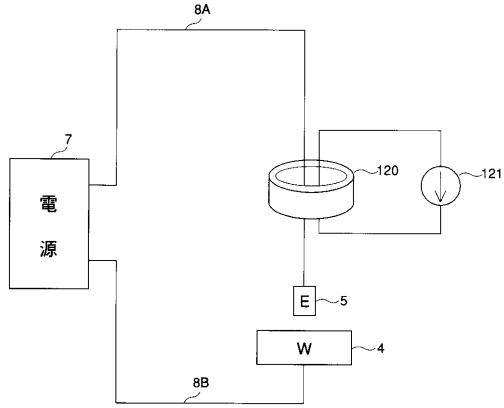
【図10】



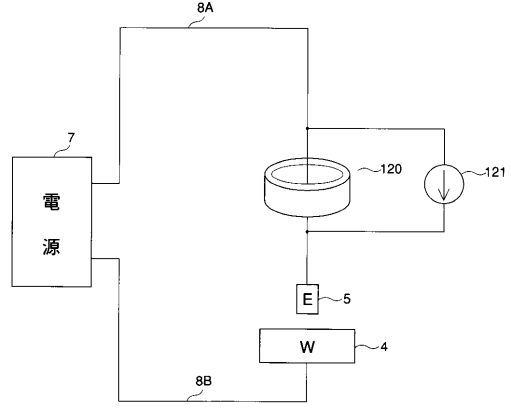
【図11】



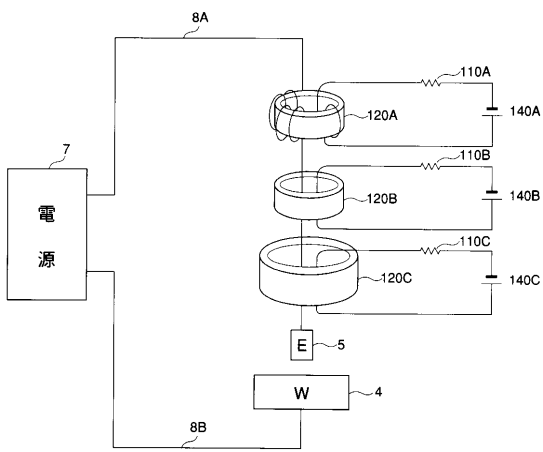
【図12】



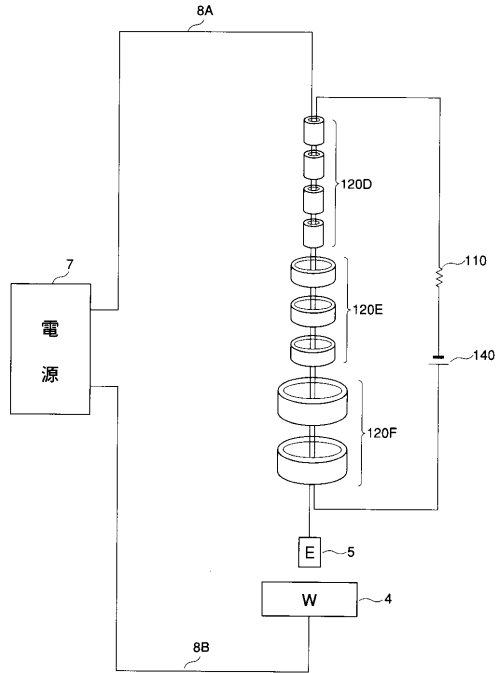
【図13】



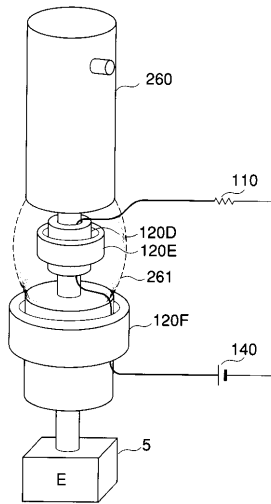
【図14】



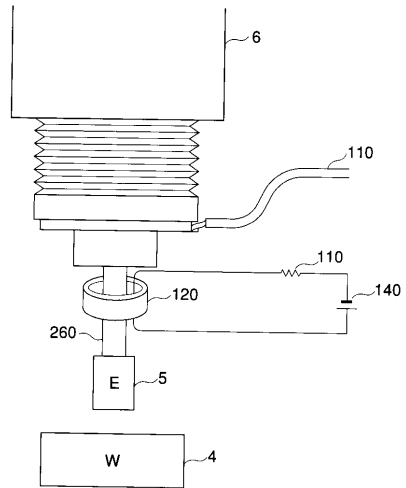
【図15】



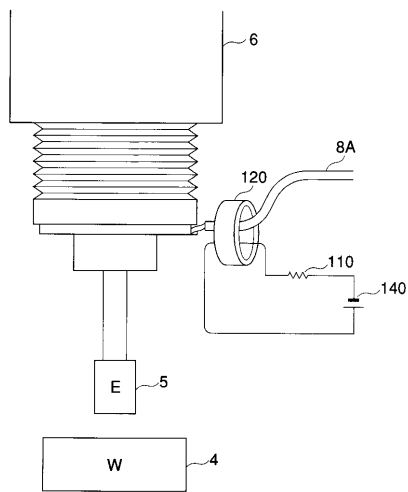
【 図 16 】



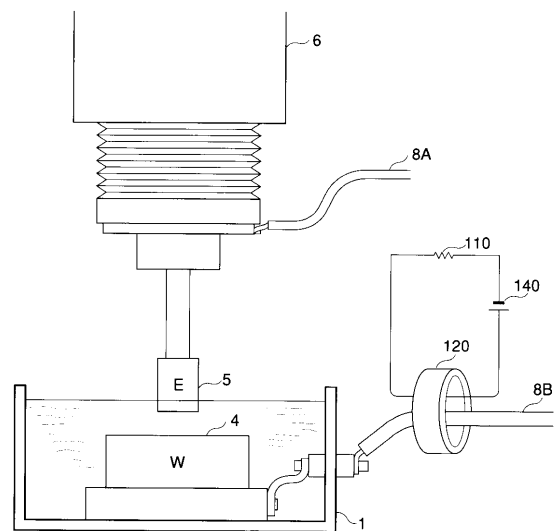
【 図 17 】



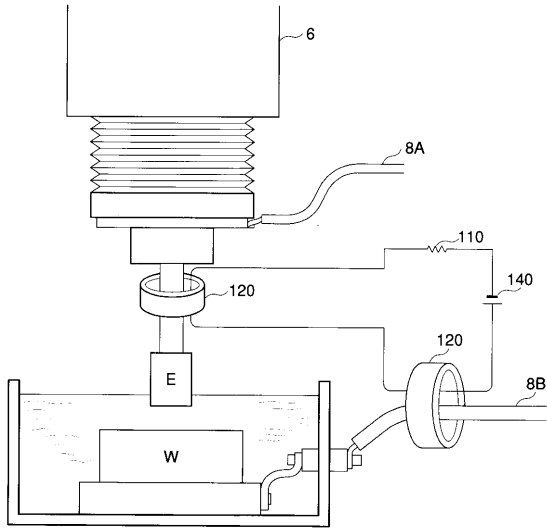
【 図 18 】



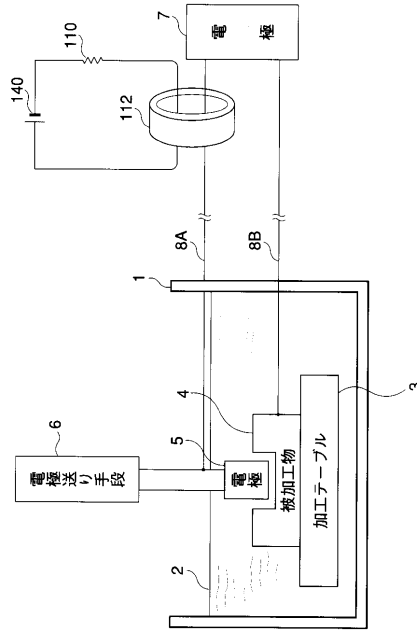
【 図 19 】



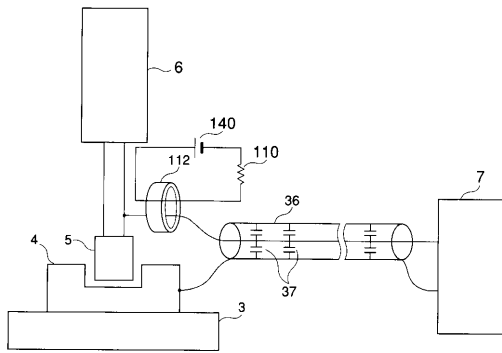
【図20】



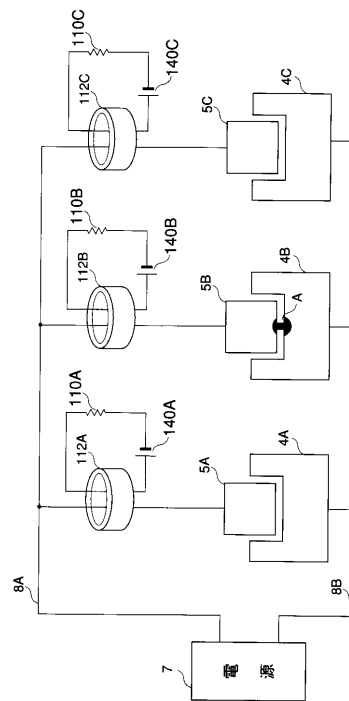
【図21】



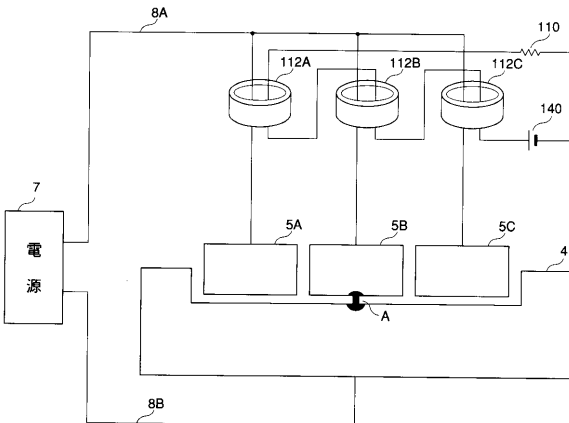
【図22】



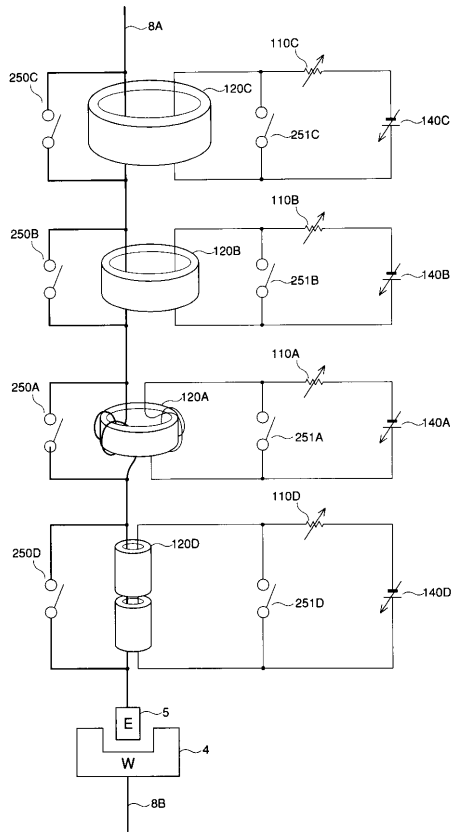
【図24】



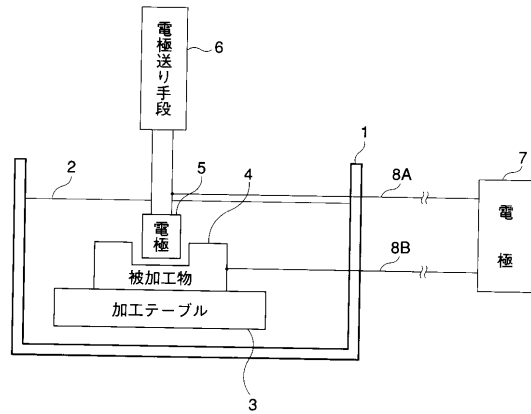
【図23】



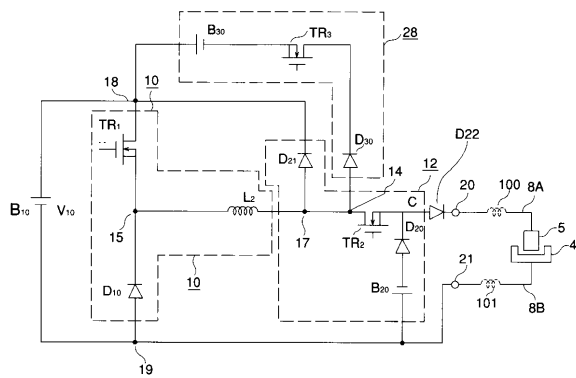
【図25】



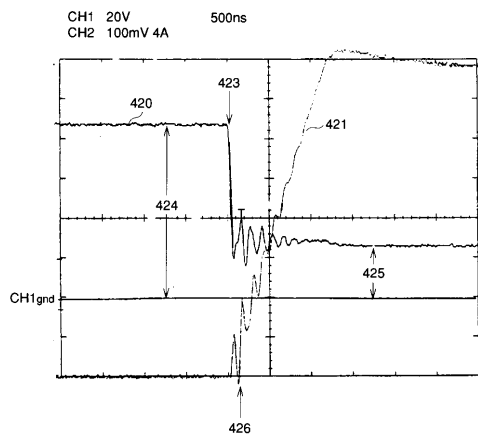
【図26】



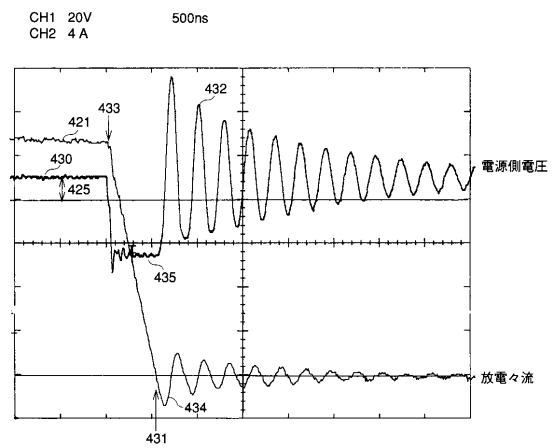
【図27】



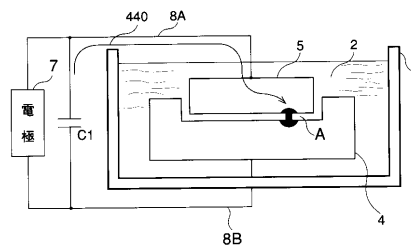
【図28】



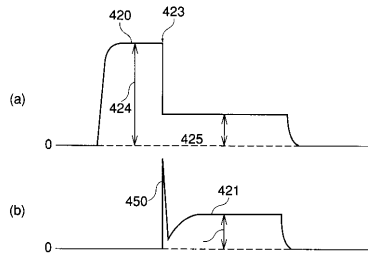
【図29】



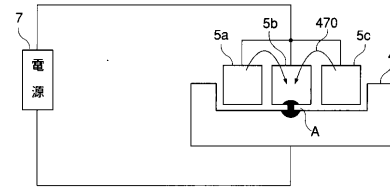
【図30】



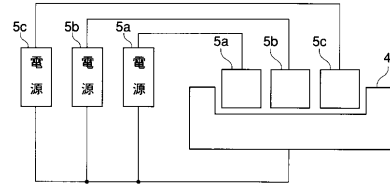
【 図 3 1 】



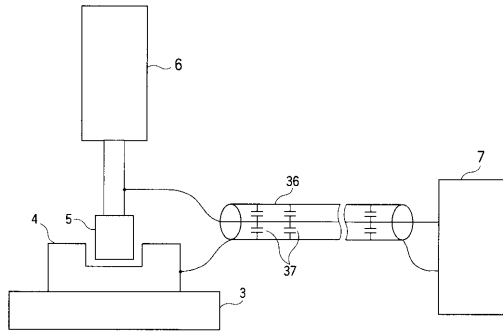
【 図 3 3 】



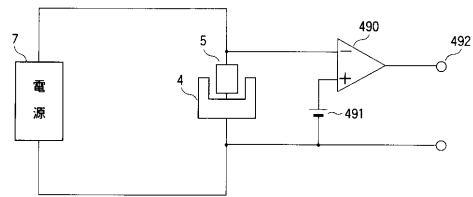
【 図 3 4 】



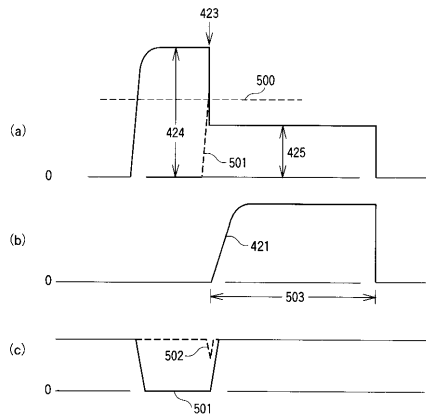
【 図 3 2 】



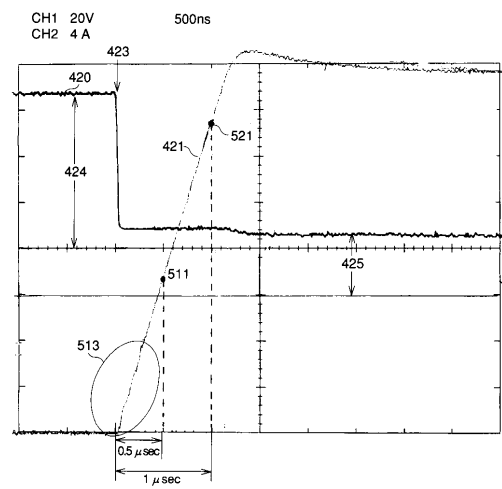
【 図 3 5 】



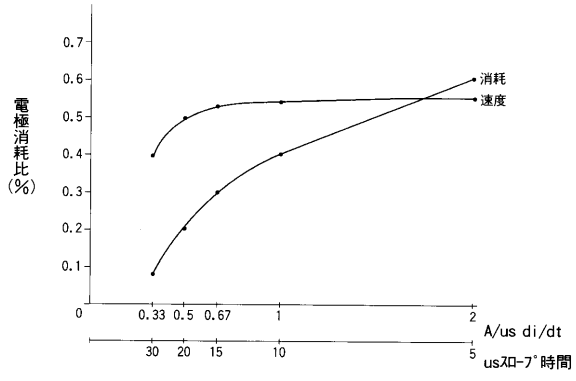
【 図 3 6 】



【 図 3 7 】



【 図 3 8 】



スローブコントロール波形と立ち上がり時間に対する特性

フロントページの続き

審査官 小野田 達志

(56)参考文献 特公昭43 - 028874 (JP, B1)
特開昭55 - 164428 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B23H 1/02