

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4984801号
(P4984801)

(45) 発行日 平成24年7月25日 (2012. 7. 25)

(24) 登録日 平成24年5月11日 (2012. 5. 11)

(51) Int. Cl.	F I
HO 2 M 3/155 (2006. 01)	HO 2 M 3/155 G
HO 2 J 7/00 (2006. 01)	HO 2 M 3/155 J
	HO 2 M 3/155 W
	HO 2 J 7/00 A

請求項の数 10 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2006-273525 (P2006-273525)	(73) 特許権者	000006105
(22) 出願日	平成18年10月5日 (2006. 10. 5)		株式会社明電舎
(65) 公開番号	特開2008-92746 (P2008-92746A)		東京都品川区大崎2丁目1番1号
(43) 公開日	平成20年4月17日 (2008. 4. 17)	(74) 代理人	100086232
審査請求日	平成21年9月4日 (2009. 9. 4)		弁理士 小林 博通
		(74) 代理人	100104938
			弁理士 鶴澤 英久
		(74) 代理人	100096459
			弁理士 橋本 剛
		(72) 発明者	東 征男
			東京都品川区大崎2丁目1番17号 株式
			会社明電舎内
		(72) 発明者	笹本 栄二
			東京都品川区大崎2丁目1番17号 株式
			会社明電舎内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 コンデンサ充電装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

直流チョッパ回路の出力でコンデンサを充電電圧指令値に近い目標電圧まで急速充電する直流チョッパ型の急速充電回路と、前記急速充電後に前記コンデンサを定電流充電で充電電圧指令値まで充電する微調整充電回路とを備えたパルス電源用のコンデンサ充電装置において、

前記急速充電回路の電圧制御回路は、前記コンデンサの容量変動または前記急速充電回路がもつリアクトルのリアクトル値変動による前記急速充電電圧の変化を補正する制御手段を備え、

前記制御手段は、前記コンデンサの粗充電電圧 V_1 、微調整電圧 V_2 、微調整電流 I および微調整充電時間 T の計測結果から前記コンデンサ容量 C' を算出し、この算出したコンデンサ容量 C' の変動による急速充電電圧の変化を前記急速充電回路の出力電流制御で補正することを特徴とするパルス電源用のコンデンサ充電装置。

【請求項 2】

直流チョッパ回路の出力でコンデンサを充電電圧指令値に近い目標電圧まで急速充電する直流チョッパ型の急速充電回路と、前記急速充電後に前記コンデンサを定電流充電で充電電圧指令値まで充電する微調整充電回路とを備えたパルス電源用のコンデンサ充電装置において、

前記急速充電回路の電圧制御回路は、前記コンデンサの容量変動または前記急速充電回路がもつリアクトルのリアクトル値変動による前記急速充電電圧の変化を補正する制御手

10

20

段を備え、

前記制御手段は、前記微調整電圧 V_2 、微調整電流 I 、微調整充電時間 T の計測結果およびこれら計測結果から予測した粗充電電圧 V_1' から前記コンデンサ容量 C' を算出し、この算出したコンデンサ容量 C' の変動による急速充電電圧の変化を前記急速充電回路の出力電流制御で補正、または前記目標電圧 V の制御で補正することを特徴とするパルス電源用のコンデンサ充電装置。

【請求項 3】

直流チョッパ回路の出力でコンデンサを充電電圧指令値に近い目標電圧まで急速充電する直流チョッパ型の急速充電回路と、前記急速充電後に前記コンデンサを定電流充電で充電電圧指令値まで充電する微調整充電回路とを備えたパルス電源用のコンデンサ充電装置において、

前記急速充電回路の電圧制御回路は、前記コンデンサの容量変動または前記急速充電回路がもつリアクトルのリアクトル値変動による前記急速充電電圧の変化を補正する制御手段を備え、

前記制御手段は、前記リアクトルに電流を流す時間 T_2 と、そのときの電流 I_2 および前記直流チョッパ回路の直流電源電圧 E から前記リアクトルのリアクトル値 L' を算出し、この算出したリアクトル値 L' の変動による急速充電電圧の変化を前記急速充電回路の出力電流制御で補正することを特徴とするパルス電源用のコンデンサ充電装置。

【請求項 4】

直流チョッパ回路の出力でコンデンサを充電電圧指令値に近い目標電圧まで急速充電する直流チョッパ型の急速充電回路と、前記急速充電後に前記コンデンサを定電流充電で充電電圧指令値まで充電する微調整充電回路とを備えたパルス電源用のコンデンサ充電装置において、

前記急速充電回路の電圧制御回路は、前記コンデンサの容量変動または前記急速充電回路がもつリアクトルのリアクトル値変動による前記急速充電電圧の変化を補正する制御手段を備え、

前記制御手段は、微調整充電時間 T が予め設定された時間 T_2 を超えた場合、前記微調整電流 I 、微調整充電時間 T の計測結果およびコンデンサ容量 C と充電電圧指令値 V^* から求める比率で次回以降の前記目標電圧 V を切換え、微調整充電期間内に充電電圧指令値 V^* まで充電することを特徴とするパルス電源用のコンデンサ充電装置。

【請求項 5】

直流チョッパ回路の出力でコンデンサを充電電圧指令値に近い目標電圧まで急速充電する直流チョッパ型の急速充電回路と、前記急速充電後に前記コンデンサを定電流充電で充電電圧指令値まで充電する微調整充電回路とを備えたパルス電源用のコンデンサ充電装置において、

前記急速充電回路の電圧制御回路は、前記コンデンサの容量変動または前記急速充電回路がもつリアクトルのリアクトル値変動による前記急速充電電圧の変化を補正する制御手段を備え、

前記制御手段は、前記コンデンサ容量 C またはリアクトル値 L の変動を請求項 1～4 の方法により予め算出しておき、算出した容量 C とリアクトル値 L と、急速充電開始直前に検出した前記急速充電回路の直流電源電圧 E と、前記目標電圧 V から、該急速充電回路のオン期間 T_{ON} を制御して急速充電電圧の変化を補正することを特徴とする記載のパルス電源用のコンデンサ充電装置。

【請求項 6】

パルス電圧出力をリアクトルを通してコンデンサに振動電流を流して該コンデンサを充電電圧指令値に近い目標電圧まで急速充電する LC 共振型の急速充電回路と、前記急速充電後に前記コンデンサを定電流充電で充電電圧指令値まで充電する微調整充電回路とを備えたパルス電源用のコンデンサ充電装置において、

前記急速充電回路の電圧制御回路は、前記コンデンサの容量変動または前記急速充電回路がもつリアクトルのリアクトル値変動による前記急速充電電圧の変化を補正する制御手

10

20

30

40

50

段を備え、

前記制御手段は、前記コンデンサの粗充電電圧 V_1 、微調整電圧 V_2 、微調整電流 I および微調整充電時間 T の計測結果から前記コンデンサ容量 C' を算出し、この算出したコンデンサ容量 C' の変動による急速充電電圧の変化を前記急速充電回路の出力電流制御で補正することを特徴とするパルス電源用のコンデンサ充電装置。

【請求項 7】

パルス電圧出力をリアクトルを通してコンデンサに振動電流を流して該コンデンサを充電電圧指令値に近い目標電圧まで急速充電する LC 共振型の急速充電回路と、前記急速充電後に前記コンデンサを定電流充電で充電電圧指令値まで充電する微調整充電回路とを備えたパルス電源用のコンデンサ充電装置において、

10

前記急速充電回路の電圧制御回路は、前記コンデンサの容量変動または前記急速充電回路がもつリアクトルのリアクトル値変動による前記急速充電電圧の変化を補正する制御手段を備え、

前記制御手段は、前記微調整電圧 V_2 、微調整電流 I 、微調整充電時間 T の計測結果およびこれら計測結果から予測した粗充電電圧 V_1' から前記コンデンサ容量 C' を算出し、この算出したコンデンサ容量 C' の変動による急速充電電圧の変化を前記急速充電回路の出力電流制御で補正、または前記目標電圧 V の制御で補正することを特徴とするパルス電源用のコンデンサ充電装置。

【請求項 8】

パルス電圧出力をリアクトルを通してコンデンサに振動電流を流して該コンデンサを充電電圧指令値に近い目標電圧まで急速充電する LC 共振型の急速充電回路と、前記急速充電後に前記コンデンサを定電流充電で充電電圧指令値まで充電する微調整充電回路とを備えたパルス電源用のコンデンサ充電装置において、

20

前記急速充電回路の電圧制御回路は、前記コンデンサの容量変動または前記急速充電回路がもつリアクトルのリアクトル値変動による前記急速充電電圧の変化を補正する制御手段を備え、

前記制御手段は、前記コンデンサの容量 C と、前記リアクトルに電流を流す時間 T_2 と、そのときの電流 I_2 および前記急速充電回路の直流電源電圧 E から前記リアクトルのリアクトル値 L' を算出し、この算出したリアクトル値 L' の変動による急速充電電圧の変化を前記急速充電回路の出力電流制御で補正することを特徴とするパルス電源用のコンデンサ充電装置。

30

【請求項 9】

パルス電圧出力をリアクトルを通してコンデンサに振動電流を流して該コンデンサを充電電圧指令値に近い目標電圧まで急速充電する LC 共振型の急速充電回路と、前記急速充電後に前記コンデンサを定電流充電で充電電圧指令値まで充電する微調整充電回路とを備えたパルス電源用のコンデンサ充電装置において、

前記急速充電回路の電圧制御回路は、前記コンデンサの容量変動または前記急速充電回路がもつリアクトルのリアクトル値変動による前記急速充電電圧の変化を補正する制御手段を備え、

前記制御手段は、微調整充電時間 T が予め設定された時間 T_2 を超えた場合、前記微調整電流 I 、微調整充電時間 T の計測結果およびコンデンサ容量 C と充電電圧指令値 V^* から求める比率で次回以降の前記目標電圧 V を切換え、微調整充電期間内に充電電圧指令値 V^* まで充電することを特徴とするパルス電源用のコンデンサ充電装置。

40

【請求項 10】

パルス電圧出力をリアクトルを通してコンデンサに振動電流を流して該コンデンサを充電電圧指令値に近い目標電圧まで急速充電する LC 共振型の急速充電回路と、前記急速充電後に前記コンデンサを定電流充電で充電電圧指令値まで充電する微調整充電回路とを備えたパルス電源用のコンデンサ充電装置において、

前記急速充電回路の電圧制御回路は、前記コンデンサの容量変動または前記急速充電回路がもつリアクトルのリアクトル値変動による前記急速充電電圧の変化を補正する制御手

50

段を備え、

前記制御手段は、前記コンデンサ容量Cまたはリアクトル値Lの変動を請求項6～9の方法により予め算出しておき、算出した容量Cとリアクトル値Lと、急速充電開始直前に検出した前記急速充電回路の直流電源電圧Eと、前記充電電圧指令V*から、該急速充電回路のオン期間T_{ON}を制御して急速充電電圧の変化を補正することを特徴とするパルス電源用のコンデンサ充電装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電力用コンデンサを直流電源として高電圧・大電流のパルスが発生させるパルス電源において、コンデンサを設定電圧まで高い精度で繰り返し充電するコンデンサ充電装置に関する。

【背景技術】

【0002】

この種のパルス電源の使用用途としては、エキシマレーザーやオソナイザなどがあり、充電電圧の設定値に対する充電精度が特に高精度を要求される（例えば0.1%以下の精度）。充電装置は、決められた時間内で負荷コンデンサを充電電圧指令値によって与えられる電圧に充電する。この動作は例えば1秒間に4000回繰り返される。

【0003】

図7は従来の充電回路例であり、充電電圧指令値に対し、高速で高精度な充電精度を得るため、1回の充電期間に急速充電期間と微調整期間を設け、先ず急速充電期間で負荷コンデンサを指令値より数%低い電圧（目標電圧）まで急速に充電し、次に微調整期間で電圧指令値V*まで追加充電する。この追加充電は、急速充電回路のみでは指令値に対する高精度充電が困難なため、急速充電回路で負荷コンデンサを僅かに低く充電し、微調整回路の追加充電によって高精度充電を実現している（例えば、特許文献1参照）。この回路構成と動作を以下に説明する（波形は図8参照）。

【0004】

＜急速充電期間の動作＞

図7において、急速充電回路は、直流電源1を電源とし、半導体スイッチ2、リアクトル3、半導体スイッチ4およびフライホイールダイオード5、6によって直流チョップ型に構成され、その出力電流で負荷コンデンサ7を急速充電する。

【0005】

電圧制御回路8は、まず、スイッチ2とスイッチ4を同時にオン制御し、回路には矢印Aの経路で電流を流し、リアクトル3にエネルギーを蓄積する。次に、スイッチ2とスイッチ4を同時にオフ制御し、回路には矢印Bの経路で電流を流し、リアクトル3に蓄えられたエネルギーをコンデンサ7へすべて移行させ、コンデンサ7を充電する。このときの充電電圧は、充電電圧指令に係数回路9の係数（ゲインG：1以下）を乗じた値を制御回路8の電圧指令値とし、この電圧指令値を基にした制御回路8による演算結果としてスイッチ2、4のオフタイミングを求める。

【0006】

この演算は、リアクトル3のリアクトル値をL、コンデンサ7のコンデンサ容量をC、スイッチ2及びスイッチ4をオフした時の電流（矢印A）をI、矢印Bの電流が流れ終わった時のコンデンサ7の電圧をV（以下、粗充電電圧と呼ぶ）とすると、エネルギー保存の法則より、

【0007】

【数1】

$$\frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2}LI^2 \quad \dots \text{式 (1)}$$

【0008】

10

20

30

40

50

が成り立つ。急速充電では上式を基に、コンデンサ 7 を目標電圧（指令値より数%低い電圧） V まで充電する。つまり、常にリアクトル 3 の電流 i を検出し、以下の式、

【0009】

【数2】

$$i = \sqrt{\frac{C}{L}} \times V \quad \dots \text{式 (2)}$$

【0010】

が成立した時にスイッチ 2 及びスイッチ 4 をオフする。

10

【0011】

＜微調整期間の動作＞

図 7 において、微調整充電回路は、直流電源 1 を電源とするインバータ 10 で交流電圧を得、これをパルストランス 11 で昇圧し、整流回路 12 と直流リアクトル 13 と半導体スイッチ 14 とダイオード 15 からなる定電流回路によって、コンデンサ 7 の微調整充電電流を出力する。定電流充電回路 16 は、常時はスイッチ 14 をオンしておき、インバータ 10 の運転によって、整流回路 12 とリアクトル 13 およびスイッチ 14 の経路で定電流指令によって設定された（一定の直流）電流を流しておく。次に、スイッチ 14 をオフ制御し、コンデンサ 7 に充電電流を流し続け、コンデンサ 7 を微調整充電する。

【0012】

20

この微調整期間制御は、充電電圧指令値 V^* とコンデンサ 7 の電圧をコンパレータ 17 で常に比較しておき、コンデンサ 7 の電圧が設定値 V^* と一致するまでスイッチ 14 をオフする。

【0013】

図 9 は、他の充電回路例を示し、図 7 と異なる部分は、急速充電回路を LC 振動電流として供給する場合である（例えば、特許文献 2 参照）。この LC 共振型の急速充電回路は、インバータ構成のパルス発生回路 18 とパルストランス 19 と整流回路 20 およびリアクトル 21 によって構成し、電圧制御回路 8 はパルス発生回路 18 に正負逆極性のパルスを交互に発生させ、この各パルス発生毎にリアクトル 21 を通してコンデンサ 7 に半周期の振動電流を流し、1 発のパルス発生毎にコンデンサ 7 を目標電圧まで充電する（波形は図 10 参照）。この充電回路は、等価的には、パルス発生回路 18 とパルストランス 19 および整流回路 20 を図 7 のスイッチ 2 とダイオード 5 に置換し、ダイオード 6 とスイッチ 4 を省いた構成になる。

30

【0014】

この LC 共振型の充電電圧制御には、コンデンサ 7 の電圧 V_c を検出しながらパルス発生期間を制御する。すなわち、パルス発生回路 18 から 1 発のパルス電圧を発生したときの電流を I 、コンデンサ 7 の充電電圧を V_0 、パルス停止時のコンデンサ 7 の電圧を V とすると、エネルギー保存の法則より以下の式（1-1）が成り立つ。この式からコンデンサ 7 を目標電圧 V まで充電するために、電圧制御回路 8 では充電電流 i について以下の式（2-1）の演算を行い、この式が成立するときにパルス発生回路 18 のパルス発生動作

40

【0015】

【数3】

$$\frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2}CV_0^2 + \frac{1}{2}LI^2 \quad \dots \text{式 (1-1)}$$

【0016】

【数 4】

$$i = \sqrt{\frac{C}{L}(V^2 - V_c^2)} \quad \cdots \text{式 (2-1)}$$

【0017】

以上のような急速充電と微調整充電によるコンデンサ充電装置において、コンデンサは周囲温度の変化や装置の稼働率により、内部温度の変化で静電容量が変動し、またリアクトル3のリアクトル値も周囲温度の変化や装置の稼働率により変動することがあり、粗充電電圧が指令値V（V＊にゲインGを乗じた値）からずれてくる場合がある。

【0018】

10

例えば、前記の式（1）を変形すると、

【0019】

【数 5】

$$V = \sqrt{\frac{L}{C}} \times I \quad \cdots \text{式 (3)}$$

【0020】

であるから、コンデンサ7の静電容量がCからC'に変動すると、粗充電電圧は、

【0021】

20

【数 6】

$$\sqrt{\frac{C}{C'}} \text{ 倍} \quad \cdots \text{式 (4-1)}$$

【0022】

となり、リアクトル3のリアクトル値がLからL'に変動すると、粗充電電圧は、

【0023】

【数 7】

$$\sqrt{\frac{L'}{L}} \text{ 倍} \quad \cdots \text{式 (4-2)}$$

30

【0024】

に変動する。

【0025】

また、前記の式（1-1）を変形すると、

【0026】

【数 8】

$$V = \sqrt{V_x^2 + \frac{L}{C} I^2} \quad \cdots \text{式 (3-1)}$$

40

【0027】

であるから、コンデンサ7の静電容量がCからC'に変動すると、粗充電電圧は、

【0028】

【数 9】

$$\sqrt{\frac{V_x^2 + \frac{L}{C'} I^2}{V_x^2 + \frac{L}{C} I^2}} \text{ 倍} \quad \cdots \text{式 (4-3)}$$

50

【0029】

となり、リアクトル3のリアクトル値がLからL'に変動すると、粗充電電圧は、

【0030】

【数10】

$$\sqrt{\frac{V_x^2 + \frac{L'}{C} I^2}{V_x^2 + \frac{L}{C} I^2}} \text{ 倍} \quad \cdots \text{式 (4-4)}$$

10

【0031】

に変動する。

【0032】

したがって、温度変化等でコンデンサ7の静電容量が減った場合は式(4-1)、式(4-3)より、同じくリアクトル3のリアクトル値が増えた場合は式(4-2)、式(4-4)より粗充電電圧が増大し、粗充電電圧が設定値V*を超えてしまい(図11のa参照)、微調整充電回路による微調整ができなくなり、結果、充電精度が悪化する。

【0033】

逆に、コンデンサ7の静電容量が増えた場合は式(4-1)、式(4-3)より、同じくリアクトル3のリアクトル値が減った場合は式(4-2)、式(4-4)より粗充電電圧が減少し(図11のb参照)、以下の不都合がおきる。

20

【0034】

・微調整充電回路の充電電流容量の余裕度を高くする必要があり、装置の大型化に繋がる。

【0035】

・粗充電電圧が下がり、充電の繰り返し周期で決まる微調整期間内に設定値V*まで追加充電しきれなくなる場合が生じる。

【0036】

・これらの不都合を防止する目的で微調整充電電流を大きくすると、微調整充電電圧の dV/dt が増え、充電精度が悪化する。

30

【0037】

なお、上記のコンデンサ容量Cの変動やリアクトル値Lの変動は、これらの温度変化に限らず、装置ユニット単位の交換や回路要素の交換による回路定数の変化によっても起きる。この場合の対策として、特許文献2ではパルス電流エネルギーの変化に対して、電圧制御回路の演算定数の値を変更することで補償している。

【特許文献1】特開2005-086970号公報

【特許文献2】特開2005-108910号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0038】

40

前記の特許文献2の手法は、充電装置のコンデンサ容量Cの変動やリアクトル値Lの変動を回路定数の入力設定値変更で補償するものであり、装置ユニット単位の交換や回路要素の交換時に回路定数を変更することになる。

【0039】

このため、充電装置の運転時の周囲温度の変化や装置の稼働率による温度変化等で、静電容量やリアクトル値が変動した場合には補償できない。すなわち、充電装置の運転時や装置の稼働率による静電容量やリアクトル値の変動に対する補償ができない。

【0040】

本発明の目的は、充電装置の運転時や装置の稼働率によるコンデンサ容量Cまたはリアクトル値Lの変動にも、コンデンサの粗充電電圧を適切な値に逐次補正できるコンデンサ

50

充電装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0041】

本発明は、前記の課題を解決するため、直流チョッパ型またはLC共振型の急速充電回路と、微調整充電回路とによるコンデンサ充電装置において、負荷コンデンサの容量変動または急速充電回路がもつリアクトルのリアクトル値変動による急速充電電圧の変化を、温度や回路定数、電圧や電流、動作期間を演算要素とする演算によって求め、この演算結果から急速充電回路の出力電流や目標電圧を制御するものであり、以下の構成を特徴とする。

【0042】

(1) 直流チョッパ回路の出力でコンデンサを充電電圧指令値に近い目標電圧まで急速充電する直流チョッパ型の急速充電回路と、前記急速充電後に前記コンデンサを定電流充電で充電電圧指令値まで充電する微調整充電回路とを備えたパルス電源用のコンデンサ充電装置において、

前記急速充電回路の電圧制御回路は、前記コンデンサの容量変動または前記急速充電回路がもつリアクトルのリアクトル値変動による前記急速充電電圧の変化を補正する制御手段を備え、

前記制御手段は、前記コンデンサの粗充電電圧 V_1 、微調整電圧 V_2 、微調整電流 I および微調整充電時間 T の計測結果から前記コンデンサ容量 C' を算出し、この算出したコンデンサ容量 C' の変動による急速充電電圧の変化を前記急速充電回路の出力電流制御で補正することを特徴とする。

【0043】

(2) 直流チョッパ回路の出力でコンデンサを充電電圧指令値に近い目標電圧まで急速充電する直流チョッパ型の急速充電回路と、前記急速充電後に前記コンデンサを定電流充電で充電電圧指令値まで充電する微調整充電回路とを備えたパルス電源用のコンデンサ充電装置において、

前記急速充電回路の電圧制御回路は、前記コンデンサの容量変動または前記急速充電回路がもつリアクトルのリアクトル値変動による前記急速充電電圧の変化を補正する制御手段を備え、

前記制御手段は、前記微調整電圧 V_2 、微調整電流 I 、微調整充電時間 T の計測結果およびこれら計測結果から予測した粗充電電圧 V_1' から前記コンデンサ容量 C' を算出し、この算出したコンデンサ容量 C' の変動による急速充電電圧の変化を前記急速充電回路の出力電流制御で補正、または前記目標電圧 V の制御で補正することを特徴とする。

【0044】

(3) 直流チョッパ回路の出力でコンデンサを充電電圧指令値に近い目標電圧まで急速充電する直流チョッパ型の急速充電回路と、前記急速充電後に前記コンデンサを定電流充電で充電電圧指令値まで充電する微調整充電回路とを備えたパルス電源用のコンデンサ充電装置において、

前記急速充電回路の電圧制御回路は、前記コンデンサの容量変動または前記急速充電回路がもつリアクトルのリアクトル値変動による前記急速充電電圧の変化を補正する制御手段を備え、

前記制御手段は、前記リアクトルに電流を流す時間 T_2 と、そのときの電流 I_2 および前記直流チョッパ回路の直流電源電圧 E から前記リアクトルのリアクトル値 L' を算出し、この算出したリアクトル値 L' の変動による急速充電電圧の変化を前記急速充電回路の出力電流制御で補正することを特徴とするパルス電源用のコンデンサ充電装置。

【0045】

(4) 直流チョッパ回路の出力でコンデンサを充電電圧指令値に近い目標電圧まで急速充電する直流チョッパ型の急速充電回路と、前記急速充電後に前記コンデンサを定電流充電で充電電圧指令値まで充電する微調整充電回路とを備えたパルス電源用のコンデンサ充電装置において、

前記急速充電回路の電圧制御回路は、前記コンデンサの容量変動または前記急速充電回路がもつリアクトルのリアクトル値変動による前記急速充電電圧の変化を補正する制御手段を備え、

前記制御手段は、微調整充電時間 T が予め設定された時間 T_2 を超えた場合、前記微調整電流 I 、微調整充電時間 T の計測結果およびコンデンサ容量 C と充電電圧指令値 V^* から求める比率で次回以降の前記目標電圧 V を切換え、微調整充電期間内に充電電圧指令値 V^* まで充電することを特徴とする。

【0046】

(5) 直流チョッパ回路の出力でコンデンサを充電電圧指令値に近い目標電圧まで急速充電する直流チョッパ型の急速充電回路と、前記急速充電後に前記コンデンサを定電流充電で充電電圧指令値まで充電する微調整充電回路とを備えたパルス電源用のコンデンサ充電装置において、

前記急速充電回路の電圧制御回路は、前記コンデンサの容量変動または前記急速充電回路がもつリアクトルのリアクトル値変動による前記急速充電電圧の変化を補正する制御手段を備え、

前記制御手段は、前記コンデンサ容量 C またはリアクトル値 L の変動を請求項 1～4 の方法により予め算出しておき、算出した容量 C とリアクトル値 L と、急速充電開始直前に検出した前記急速充電回路の直流電源電圧 E と、前記目標電圧 V から、該急速充電回路のオン期間 T_{ON} を制御して急速充電電圧の変化を補正することを特徴とする。

【0047】

(6) パルス電圧出力をリアクトルを通してコンデンサに振動電流を流して該コンデンサを充電電圧指令値に近い目標電圧まで急速充電する LC 共振型の急速充電回路と、前記急速充電後に前記コンデンサを定電流充電で充電電圧指令値まで充電する微調整充電回路とを備えたパルス電源用のコンデンサ充電装置において、

前記急速充電回路の電圧制御回路は、前記コンデンサの容量変動または前記急速充電回路がもつリアクトルのリアクトル値変動による前記急速充電電圧の変化を補正する制御手段を備え、

前記制御手段は、前記コンデンサの粗充電電圧 V_1 、微調整電圧 V_2 、微調整電流 I および微調整充電時間 T の計測結果から前記コンデンサ容量 C' を算出し、この算出したコンデンサ容量 C' の変動による急速充電電圧の変化を前記急速充電回路の出力電流制御で補正することを特徴とする。

【0048】

(7) パルス電圧出力をリアクトルを通してコンデンサに振動電流を流して該コンデンサを充電電圧指令値に近い目標電圧まで急速充電する LC 共振型の急速充電回路と、前記急速充電後に前記コンデンサを定電流充電で充電電圧指令値まで充電する微調整充電回路とを備えたパルス電源用のコンデンサ充電装置において、

前記急速充電回路の電圧制御回路は、前記コンデンサの容量変動または前記急速充電回路がもつリアクトルのリアクトル値変動による前記急速充電電圧の変化を補正する制御手段を備え、

前記制御手段は、前記微調整電圧 V_2 、微調整電流 I 、微調整充電時間 T の計測結果およびこれら計測結果から予測した粗充電電圧 V_1' から前記コンデンサ容量 C' を算出し、この算出したコンデンサ容量 C' の変動による急速充電電圧の変化を前記急速充電回路の出力電流制御で補正、または前記目標電圧 V の制御で補正することを特徴とする。

【0049】

(8) パルス電圧出力をリアクトルを通してコンデンサに振動電流を流して該コンデンサを充電電圧指令値に近い目標電圧まで急速充電する LC 共振型の急速充電回路と、前記急速充電後に前記コンデンサを定電流充電で充電電圧指令値まで充電する微調整充電回路とを備えたパルス電源用のコンデンサ充電装置において、

前記急速充電回路の電圧制御回路は、前記コンデンサの容量変動または前記急速充電回路がもつリアクトルのリアクトル値変動による前記急速充電電圧の変化を補正する制御手

10

20

30

40

50

段を備え、

前記制御手段は、前記コンデンサの容量 C と、前記リアクトルに電流を流す時間 T_2 と、そのときの電流 I_2 および前記急速充電回路の直流電源電圧 E から前記リアクトルのリアクトル値 L' を算出し、この算出したリアクトル値 L' の変動による急速充電電圧の変化を前記急速充電回路の出力電流制御で補正することを特徴とする。

【0050】

(9) パルス電圧出力をリアクトルを通してコンデンサに振動電流を流して該コンデンサを充電電圧指令値に近い目標電圧まで急速充電する LC 共振型の急速充電回路と、前記急速充電後に前記コンデンサを定電流充電で充電電圧指令値まで充電する微調整充電回路とを備えたパルス電源用のコンデンサ充電装置において、

前記急速充電回路の電圧制御回路は、前記コンデンサの容量変動または前記急速充電回路がもつリアクトルのリアクトル値変動による前記急速充電電圧の変化を補正する制御手段を備え、

前記制御手段は、微調整充電時間 T が予め設定された時間 T_2 を超えた場合、前記微調整電流 I 、微調整充電時間 T の計測結果およびコンデンサ容量 C と充電電圧指令値 V^* から求める比率で次回以降の前記目標電圧 V を切換え、微調整充電期間内に充電電圧指令値 V^* まで充電することを特徴とする。

【0051】

(10) パルス電圧出力をリアクトルを通してコンデンサに振動電流を流して該コンデンサを充電電圧指令値に近い目標電圧まで急速充電する LC 共振型の急速充電回路と、前記急速充電後に前記コンデンサを定電流充電で充電電圧指令値まで充電する微調整充電回路とを備えたパルス電源用のコンデンサ充電装置において、

前記急速充電回路の電圧制御回路は、前記コンデンサの容量変動または前記急速充電回路がもつリアクトルのリアクトル値変動による前記急速充電電圧の変化を補正する制御手段を備え、

前記制御手段は、前記コンデンサ容量 C またはリアクトル値 L の変動を請求項6～9の方法により予め算出しておき、算出した容量 C とリアクトル値 L と、急速充電開始直前に検出した前記急速充電回路の直流電源電圧 E と、前記充電電圧指令 V^* から、該急速充電回路のオン期間 T_{ON} を制御して急速充電電圧の変化を補正することを特徴とする。

【発明の効果】

【0052】

以上のとおり、本発明によれば、直流チョッパ型または LC 共振型の急速充電回路と、微調整充電回路とによるコンデンサ充電装置において、負荷コンデンサの容量変動または急速充電回路がもつリアクトルのリアクトル値変動による急速充電電圧の変化を、温度や回路定数、電圧や電流、動作期間を演算要素とする演算によって求め、この演算結果から急速充電回路の出力電流や目標電圧を制御するため、充電装置の運転時や装置の稼働率によるコンデンサ容量 C またはリアクトル値 L の変動にもコンデンサの粗充電電圧を適切な値に逐次補正できる効果がある。

【発明を実施するための最良の形態】

【0053】

(実施形態1)

図1は、本実施形態を示す充電装置の要部構成図であり、図7と異なる部分は電圧制御回路8による急速充電演算に、温度によるコンデンサ7の容量変動を補正する点にある。

【0054】

コンデンサ7の静電容量 C はその内部温度を計測することで推定が可能であるため、充電開始直前にコンデンサ7の内部温度を温度検出器31で計測し、この温度計測値から温度補正回路32によりコンデンサ7の静電容量を算出し、この算出したコンデンサ7の静電容量 C' を変数として、電圧制御回路8では前記の式(2)へ代入することで、コンデンサ7を目標電圧 V にまで充電するのに必要な電流 i を求め、この電流 i に達したときにスイッチ2, 4をオフ制御する。

【0055】

したがって、周囲温度の変化や装置の稼働率により、コンデンサ7の静電容量が変動した場合にも、コンデンサ7の粗充電電圧を逐次補正して充電精度を高めることができ、前記のような課題を解消できる。

【0056】

なお、温度補正は、充電装置の運転開始時に限らず、一定回数の充電動作毎に補正することで粗充電精度を一層高めることができる。また、温度補正回路32は温度－コンデンサ容量特性の関数演算回路とした構成または関数をテーブルデータ化した構成とすることで済む。また、温度検出器31は、コンデンサ7の温度を直接に計測するに限らず、充電装置の周囲温度計測から推定することもできる。

10

【0057】

また、温度補正は、コンデンサ7の容量のほか、リアクトル3のリアクトル値についても同様に補正できる。この場合、温度補正回路32と同等のリアクトルの値を補正する回路を追加することで済む。

【0058】

(実施形態2)

図2は、本実施形態を示す充電装置の要部構成図であり、図7と異なる部分は電圧制御回路8による急速充電演算に、コンデンサ7の粗充電電圧V1、微調整電圧V2、微調整電流I、微調整充電時間（スイッチ26のオフ時間）Tの計測結果から、コンデンサ7の静電容量の変動を算出し、この算出したコンデンサ7の静電容量C'を使って実施形態1と同様に式(2)へ代入することで、コンデンサ7を目標電圧Vにまで充電するのに必要な電流iを求め、この電流iに達したときにスイッチ2, 4をオフ制御する点にある。

20

【0059】

前回充電時のコンデンサ7の静電容量Cは、スイッチ26のオフ時間をT、粗充電電圧をV1、微調電圧をV2、微調整電流値をIとすると、下記の演算式より算出される。

【0060】

【数11】

$$V2 = V1 + \frac{I}{C}T \quad \text{より} \quad C = \frac{I}{V2 - V1}T \quad \cdots \text{式(6)}$$

30

【0061】

電圧制御回路8は、式(6)を基にして算出した静電容量Cを式(2)の静電容量C'に代入した演算を行い、この演算結果に検出電流iが一致したときにスイッチ2, 4をオフ制御する。

【0062】

したがって、周囲温度の変化や装置の稼働率により、コンデンサ7の静電容量が変動した場合にも、コンデンサ7の粗充電電圧を逐次補正して充電精度を高めることができ、前記のような課題を解消できる。

【0063】

なお、静電容量補正は、充電動作毎に計算する必要はなく、一定回数の充電動作毎に補正することで済む。

40

【0064】

(実施形態3)

図3は、本実施形態を示す充電装置の要部構成図であり、図2と異なる部分は電圧制御回路8による急速充電演算に、粗充電電圧V1を測定することなしに、微調整充電時間（スイッチ26のオフ時間）から粗充電電圧V1を推定し、目標値Vとの誤差を次の設定値に反映させる点にある。

【0065】

前回充電時の粗充電電圧の推定値V1'はスイッチ26のオフ時間をT、充電電圧指令

50

16 (指令値) を V^* とすると、前記の式 (6) から、

【0066】

【数12】

$$V^* = V1' + \frac{I}{C}T \quad \text{より} \quad V1' = V^* - \frac{I}{C}T \dots \text{式 (7)}$$

【0067】

として求めることができる。

【0068】

また、電圧制御回路8に入力される粗充電電圧の指令値 V は、充電電圧指令 V^* に係数
回路9の係数 (ゲイン G) を掛けた値であるから、ゲイン G の値を式 (7) で求めた推定
値 $V1'$ の値を元に変化させることで、次回の粗充電電圧を制御することができる。

10

【0069】

ゲイン G を、

【0070】

【数13】

$$G = G0 \times g \quad \dots \text{式 (8-1)}$$

【0071】

ただし、 g は変数で初期値は例えば1、 $G0$ は変更前のゲイン G の値 (初期値) で、コ
ンデンサ7を充電電圧指令値 V^* よりも ΔV だけ低く充電するための値であり、以下の式
の関係になる。

20

【0072】

【数14】

$$G0 = \frac{V^* - \Delta V}{V^*}$$

【0073】

次に、前回充電時の目標電圧 V 、前記充電時の変数 g の値を $g1$ とすると、次回充電時
に用いる変数 g の値 $g2$ を、以下の式 (8-2) から求め、

30

【0074】

【数15】

$$g2 = \frac{\text{前回の粗充電目標値}}{\text{実際の粗充電電圧}} = \frac{V^* \times G0 \times g1}{V1'} = G0 \times g1 \times \frac{V^*}{V^* - \frac{I}{C}T} \quad \dots \text{式 (8-2)}$$

【0075】

次回充電時に用いるゲイン G を、以下の式 (8-3) から求め、これを次回充電時のゲ
イン G の値とする。

【0076】

【数16】

$$G = G0 \times g2 = G0^2 \times g1 \times \frac{V^*}{V^* - \frac{I}{C}T} \quad \dots \text{式 (8-3)}$$

【0077】

なお、 $V^* - \Delta V = V^*$ なる粗充電の目標電圧 V が予め設定入力されるシステムにお
いては、 $G0 = 1$ で、以下の式 (8-4) で算出される。

40

【0078】

【数 1 7】

$$G = g2 = \frac{V^*}{V^* + \Delta V - \frac{I}{C}T} \times g1 \quad \cdots \text{式 (8-4)}$$

【0 0 7 9】

本実施形態による演算を具体例で説明すると、前回、電圧制御回路 8 の入力値 $V^* \times G0 \times g1$ に対し、実際の粗充電電圧値は $V1'$ となり、次回の充電電圧指令 V^* も同じの場合、電圧制御回路 8 の入力値は、

【0 0 8 0】

10

【数 1 8】

$$V^* \times G0^2 \times g1 \times \frac{V^*}{V^* - \frac{I}{C}T} \quad \cdots \text{式 (8-5)}$$

【0 0 8 1】

となることから、粗充電電圧値は、

【0 0 8 2】

【数 1 9】

$$\left(V^* - \frac{I}{C}T \right) \times \frac{V^* \times \frac{V^* - \Delta V}{V^*} \times \frac{V^* - \Delta V}{V^*} \times g1 \times \frac{V^*}{V^* - \frac{I}{C}T}}{V^* \times \frac{V^* - \Delta V}{V^*} \times g1} = \frac{V^* - \Delta V}{V^*} \times V^* = G0 \times V^*$$

20

…式 (8-6)

【0 0 8 3】

となり、粗充電電圧を目標電圧 V に制御することができる。ただし、コンデンサ 7 の静電容量 C は固定定数としているため誤差は生ずる。

30

【0 0 8 4】

したがって、本実施形態においては、粗充電電圧 $V1$ の検出を不要にして、周囲温度の変化や装置の稼働率により、コンデンサ 7 の静電容量が変動した場合にも、コンデンサ 7 の粗充電電圧を逐次補正して充電精度を高めることができ、前記のような課題を解消できる。

【0 0 8 5】

(実施形態 4)

図 4 は、本実施形態を示す充電装置の要部構成図であり、図 7 と異なる部分は電圧制御回路 8 による急速充電演算に、リアクトル 3 のリアクトル値 L の変動を補正して急速充電電圧を制御する点にある。

40

【0 0 8 6】

電圧制御回路 8 は、スイッチ 2 及びスイッチ 4 のオン時間と、その時の検出電流とからリアクトル 3 のリアクトル値を算出し、算出したリアクトル 3 のリアクトル値を変数として前記の式 (2) に代入することで、コンデンサ 7 を目標電圧 V にまで充電するのに必要な電流 i を求め、この電流 i に達したときにスイッチ 2, 4 をオフ制御する。

【0 0 8 7】

スイッチ 2 及びスイッチ 4 のオン時間を $T2$ 、その時のリアクトル 3 の電流値を $I2$ 、直流電圧を $E (= V_{DC})$ とすると、リアクトル 3 のリアクトル値 L は、下記の式 (9) より求めることができる。

【0 0 8 8】

50

【数 2 0】

$$I2 = \frac{E}{L} \times T2 \quad \text{より} \quad L = \frac{E}{I2} \times T2 \cdots \text{式 (9)}$$

【0089】

したがって、周囲温度の変化や装置の稼働率により、リアクトル 3 のリアクトル値 L が変動した場合にも、コンデンサ 7 の粗充電電圧を逐次補正して充電精度を高めることができ、前記のような課題を解消できる。

【0090】

10

(実施形態 5)

図 5 は、本実施形態を示す充電装置の要部構成図であり、図 3 と異なる部分は電圧制御回路 8 による急速充電演算に、乗算回路 9 におけるゲイン G をステップ状に切替える点にある。

【0091】

電圧制御回路 8 は、前回微調整充電時の時間 T (スイッチ 26 のオフ時間) が要求される時間を超えた場合、次回以降の充電に用いる粗充電目標電圧設定用の乗算回路 9 のゲイン G をステップ状に変化させることで、コンデンサ 7 の充電電圧を制御する。

【0092】

微調整充電時間 (スイッチ 26 のオフ時間) T は前記の式 (6) より求まるが、この時間 T よりも実際の微調整充電時間が長くなることは、粗充電電圧が下がったことを意味し、前記のように、充電の繰り返し周期で決まる微調整期間内に設定値 V* まで追加充電しきれなくなるという問題が生じる。

20

【0093】

したがって、要求される微調整充電時間 T よりも短い適当な時間 T2 を設定し、スイッチ 26 のオフ時間 T が T2 を超えたとき、次回以降に用いるゲイン G を式 (8-3) に代えて、以下の式 (10) に従って求める係数 (比率) を乗じた値に切替える。

【0094】

【数 2 1】

30

$$G = G0^2 \times g1 \times \frac{V^*}{V^* - \frac{I}{C} T2} \cdots \text{式 (10)}$$

【0095】

とする。ただし、前回までのゲイン G を $G0 \times g1$ とする。

【0096】

したがって、本実施形態においては、コンデンサ容量 C の変動またはリアクトル値 L の変動を補正するのに、ゲイン G の切替えのみで、充電の繰り返し周期から要求される微調整充電期間内に充電電圧指令値 V* まで充電することができる。これにより、実施形態 3 等による C や L の変動を演算で求める場合に比べて、式 (8-3) によるゲイン G を予め求めておくことができ、電圧制御回路 8 ではゲイン G の演算が不要になる。

40

【0097】

(実施形態 6)

図 6 は、本実施形態を示す充電装置の要部構成図である。前記までの実施形態 1～5 では、急速充電期間の制御は電流 i を検出しながらリアルタイムで前記の式 (2) の演算を行うものであるが、急速充電開始直前に直流電源 1 の電圧 V_{DC} を検出すれば、目標電圧 V までの充電に必要なスイッチ 2 及びスイッチ 4 のオン時間 T_{ON} を予め算出することができる。例えば、直流電圧 V_{DC} の値を E とすると、

【0098】

50

【数 2 2】

$$I = \frac{E}{L} \times T_{ON}$$

【0 0 9 9】

であるから、前記の式（1）へ代入して、

【0 1 0 0】

【数 2 3】

$$T_{ON} = \frac{\sqrt{LC}}{E} \times V \quad \dots \text{式 (11)}$$

10

【0 1 0 1】

で算出可能である。

【0 1 0 2】

そこで、電圧制御回路 8 は、上記の式（11）により算出する時間 T_{ON} でスイッチ 2, 4 をオフ制御し、この時間 T_{ON} の算出に使用するコンデンサ容量 C またはリアクトル値 L の変動を前記までの実施形態 1 ～ 5 における演算によって補正しておく構成とする。これにより、リアクトル電流 i の検出による急速充電電圧の補正を不要にする。

【0 1 0 3】

（実施形態 7）

20

本実施形態は、図 9 に示す LC 共振型の急速充電回路に、前記までの実施形態 1 ～ 6 と同様の急速充電制御を適用する場合である。

【0 1 0 4】

具体的には、前記の実施形態 3 または実施形態 5 におけるゲイン G の調整または切換えは、図 9 の LC 共振型の急速充電回路にそのまま適用できる。また、前記の式（2）による電流 i の演算に代えて、LC 共振型の急速充電回路に適した前記の式（2-1）形のものにすれば実施形態 1 ～ 実施形態 5 と同様の補正ができる。

【0 1 0 5】

さらに、前記の式（9）を LC 共振型の急速充電回路に適した形のものにすれば実施形態 4（図 4）と同様にして補正できる。この場合、コンデンサ 7 の静電容量 C 、パルス発生回路 18 のパルス発生時間を T_2 、そのときのリアクトル 21 の電流値を I_2 、パルストランス 19 で昇圧した直流電圧を E とすると、リアクトル 21 の値 L は以下の式（9-1）より求めることができる。

30

【0 1 0 6】

【数 2 4】

$$I_2 = E \times \sqrt{\frac{C}{L}} \times \sin \frac{T_2}{\sqrt{LC}} \dots \text{式 (9-1)}$$

【0 1 0 7】

40

また、式（11）を LC 共振型の急速充電回路に適した形のものにすれば実施形態 6（図 6）と同様にして補正できる。この場合、パルストランス 19 で昇圧した直流電圧を E とすると、以下の式（11-1）より、パルス発生回路 18 のパルス発生時間 T_{ON} を求めることができる。

【0 1 0 8】

【数 2 5】

$$T_{ON} = \sqrt{LC} \times \cos^{-1} \frac{5E^2 - (V^* - E)^2}{4E^2} \dots \text{式 (11-1)}$$

【図面の簡単な説明】

50

【0109】

【図1】本発明の実施形態1を示す充電装置の要部回路図。

【図2】本発明の実施形態2を示す充電装置の要部回路図。

【図3】本発明の実施形態3を示す充電装置の要部回路図。

【図4】本発明の実施形態4を示す充電装置の要部回路図。

【図5】本発明の実施形態5を示す充電装置の要部回路図。

【図6】本発明の実施形態6を示す充電装置の要部回路図。

【図7】急速充電と微調整充電の回路例（その1）。

【図8】直流チョッパ型の電流・電圧波形。

【図9】急速充電と微調整充電の回路例（その2）。

【図10】LC共振型の電流・電圧波形。

【図11】充電電圧の変化の例。

【符号の説明】

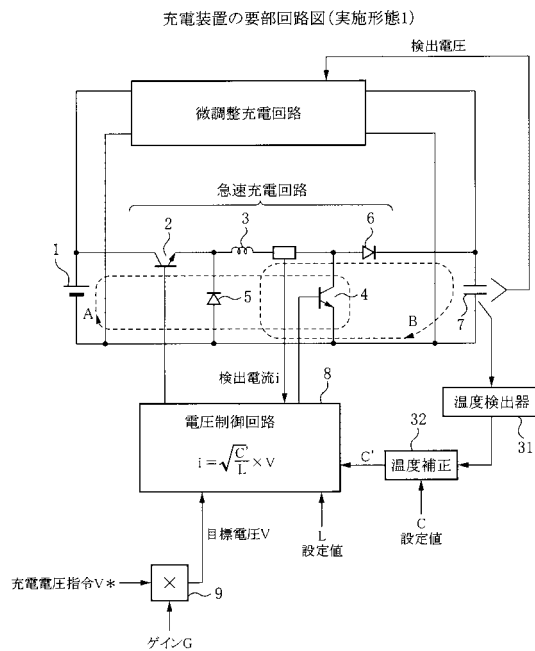
【0110】

- 1 直流電源
- 2、4 半導体スイッチ
- 3 リアクトル
- 7 負荷コンデンサ
- 8 電圧制御回路
- 9 乗算回路
- 31 温度検出器
- 32 温度補正回路

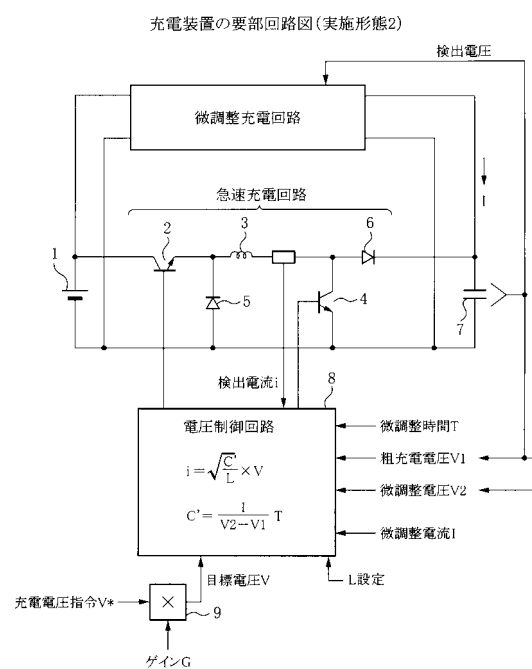
10

20

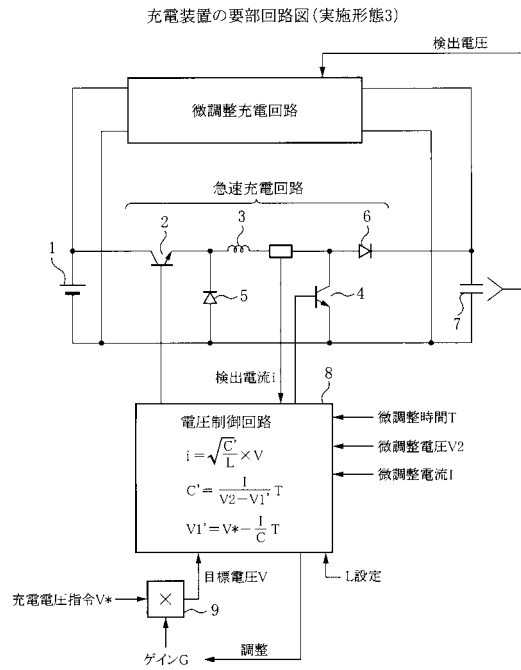
【図1】



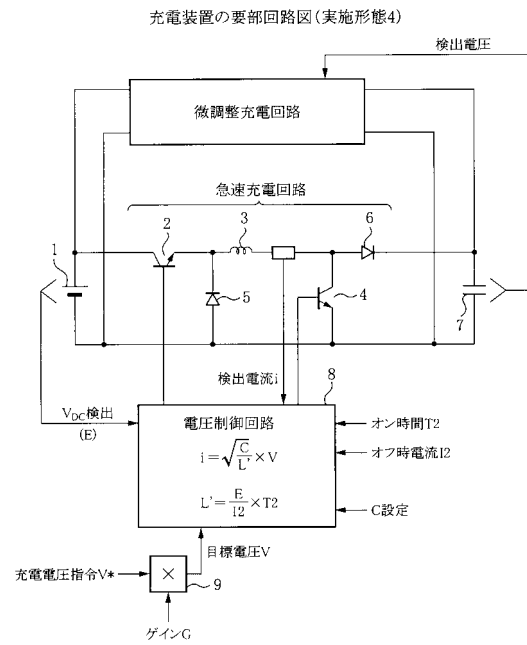
【図2】



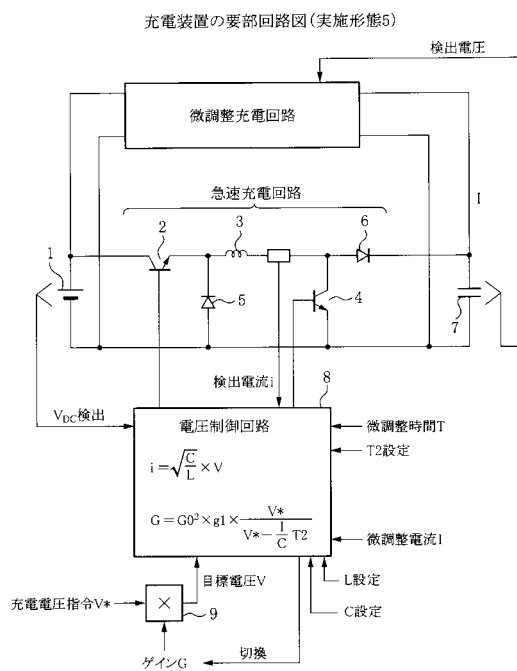
【図 3】



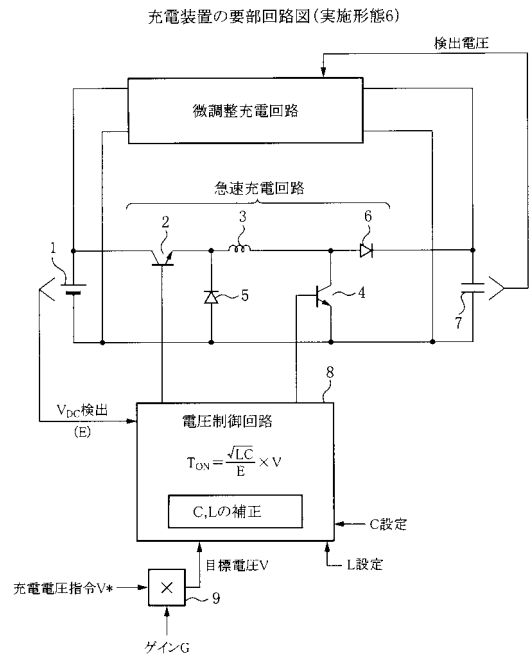
【図 4】



【図 5】

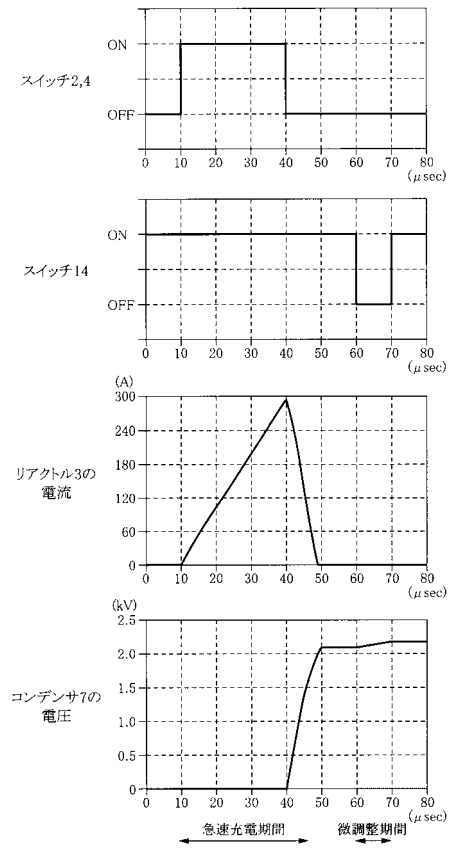


【図 6】



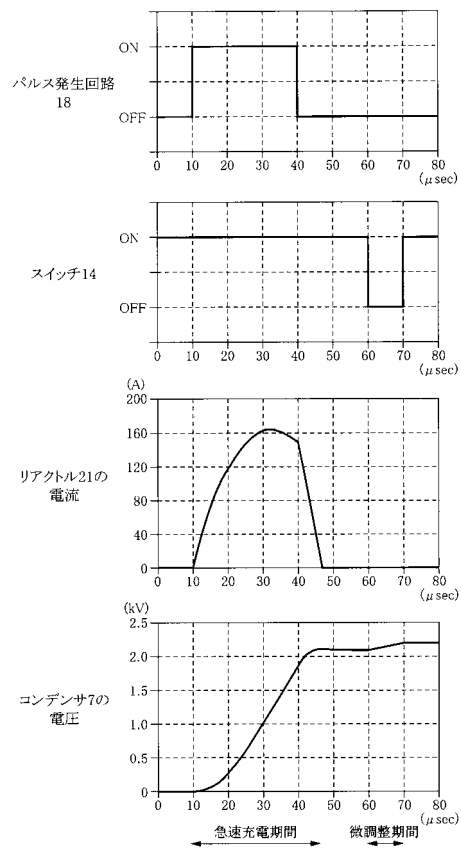
【図 8】

直流チョッパ型の電流・電圧波形

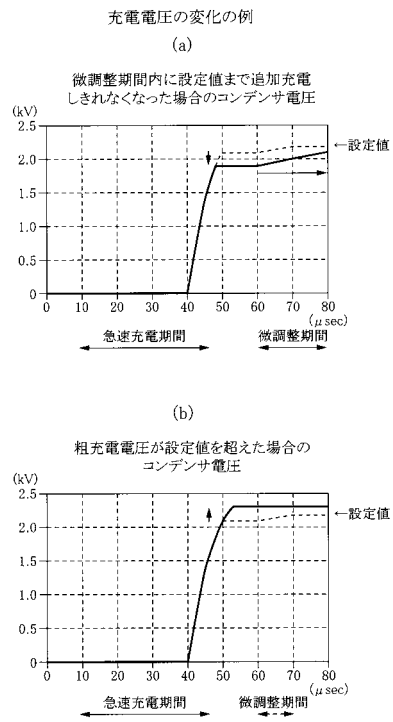


【図 10】

LC共振型の電流・電圧波形



【図 1 1】



フロントページの続き

- (72)発明者 荒川 淳一
東京都品川区大崎2丁目1番17号 株式会社明電舎内
- (72)発明者 長田 俊宏
東京都品川区大崎2丁目1番17号 株式会社明電舎内

審査官 三島木 英宏

- (56)参考文献 特開2002-218743 (JP, A)
特開2005-354763 (JP, A)
特開2002-084742 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|-------|
| H02M | 3/155 |
| H02J | 7/00 |