

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2019-88043

(P2019-88043A)

(43) 公開日 令和1年6月6日(2019.6.6)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)		
HO2M	3/28	(2006.01)	HO2M	3/28	Q	5H125		
B60L	1/00	(2006.01)	B60L	1/00	G	5H730		
HO2M	7/48	(2007.01)	HO2M	7/48	A	5H770		

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2017-212151 (P2017-212151)
 (22) 出願日 平成29年11月1日 (2017.11.1)

(71) 出願人 000003078
 株式会社東芝
 東京都港区芝浦一丁目1番1号
 (71) 出願人 598076591
 東芝インフラシステムズ株式会社
 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地34
 (74) 代理人 110001634
 特許業務法人 志賀国際特許事務所
 (72) 発明者 白沢 佑樹
 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地34
 東芝インフラシステムズ株式会社内
 (72) 発明者 真木 康臣
 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地34
 東芝インフラシステムズ株式会社内

最終頁に続く

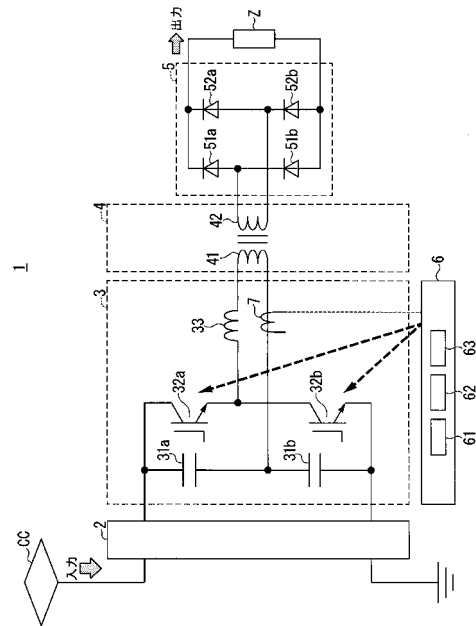
(54) 【発明の名称】 電気車用電源装置

(57) 【要約】

【課題】 負荷に供給する電力の変動によって生じる損失の増大を抑制することができる。

【解決手段】 電気車用電源装置の共振型インバータは、第1共振コンデンサと、共振回路に流れる電流を遮断するスイッチング素子とを含み、前記共振回路の共振と前記スイッチング素子の周期的なスイッチングとにより前記直流電力から第1交流電力を生成する。変圧器は、少なくとも磁気結合された第1巻線と第2巻線とを備え、前記共振回路の一部に含まれ、前記第1巻線には前記共振型インバータ3によって生成された第1交流電力が供給され、前記第1交流電力を変換した後の第2交流電力を前記第2巻線から負荷に供給する。影響抑制部は、少なくとも前記第1巻線又は前記第2巻線にスイッチングされる際に流れる電流が所定値以下になるように、前記共振回路の共振周波数とスイッチング制御周波数との差を所定の範囲に収めて前記共振型インバータをソフトスイッチングさせる。

【選択図】 図1A



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

共振回路に含まれる第 1 共振コンデンサと、前記共振回路に流れる電流を遮断するスイッチング素子とを含み、電源から直流電力が供給され、前記共振回路の共振と前記スイッチング素子の周期的なスイッチングとにより前記直流電力から第 1 交流電力を生成する共振型インバータと、

少なくとも互いに電氣的に絶縁され磁気結合された第 1 巻線と第 2 巻線とを備え、前記共振回路の一部に含まれ、前記第 1 巻線には前記共振型インバータによって生成された第 1 交流電力が供給され、前記第 1 交流電力を変換した後の第 2 交流電力を前記第 2 巻線から負荷に供給する変圧器と、

少なくとも前記第 1 巻線又は前記第 2 巻線にスイッチングされる際に流れる電流が所定値以下になるように、前記共振回路の共振周波数と前記スイッチング素子のスイッチング制御周波数との差を所定の範囲に収めて前記共振型インバータをソフトスイッチングさせる影響抑制部と

を備える電気車用電源装置。

【請求項 2】

前記変圧器に流れる電流を検出する第 1 電流検出器

を備え、

前記影響抑制部は、

前記第 1 電流検出器により検出された電流値に基づいて、前記スイッチング素子を周期的にスイッチングさせるためのスイッチング制御周波数の範囲内から、前記共振型インバータのスイッチングがソフトスイッチングになるスイッチング制御周波数であって、より高いスイッチング制御周波数を選択する、

請求項 1 に記載の電気車用電源装置。

【請求項 3】

前記変圧器は、少なくとも互いに電氣的に絶縁され磁気結合された第 1 巻線と第 2 巻線と第 3 巻線とを備え、

前記変圧器の第 2 巻線に流れる第 2 負荷電流を検出する第 2 電流検出器と、

前記変圧器の第 3 巻線に流れる第 3 負荷電流を検出する第 3 電流検出器と、を備え、

前記影響抑制部は、

前記第 2 負荷電流と前記第 3 負荷電流の何れかがスイッチングされる際に所定値以下である場合、前記共振回路の共振周波数と、前記スイッチング制御周波数との差が所定の範囲に収まり、前記共振型インバータのスイッチングがソフトスイッチングになるように、前記共振回路の共振周波数と前記スイッチング制御周波数の少なくとも何れかを調整する、

請求項 1 又は請求項 2 に記載の電気車用電源装置。

【請求項 4】

前記影響抑制部は、

前記共振型インバータの前記第 1 共振コンデンサに電氣的に並列に接続される第 2 共振コンデンサと、

前記第 1 共振コンデンサと前記第 2 共振コンデンサの一方または両方に、それぞれの並列接続を解く接触器とを含み、

前記第 2 負荷電流と前記第 3 負荷電流の何れかがスイッチングされる際に所定値以下である場合、前記共振型インバータのスイッチングがソフトスイッチングになるように、前記接触器を制御する、

請求項 3 に記載の電気車用電源装置。

【請求項 5】

前記変圧器の第 2 巻線には、整流回路と前記整流回路を経て前記負荷が接続されており、

前記影響抑制部として、

前記変圧器の第2巻線に並列に接続される並列回路を備える請求項1に記載の電気車用電源装置。

【請求項6】

前記並列回路は、並列コンデンサと並列抵抗の何れかである、を備える請求項5に記載の電気車用電源装置。

【請求項7】

前記影響抑制部は、

前記並列回路の並列接続を解く第1接触器を含み、

少なくとも前記第2巻線に流れる電流がスイッチングされる際に所定値以下である場合

、前記第1接触器を閉じて前記並列回路を並列接続にする、

請求項5又は請求項6に記載の電気車用電源装置。

10

【請求項8】

前記共振型インバータと前記変圧器の第1巻線との間に電氣的に直列に接続されるリアクトル

を備え、

前記影響抑制部は、

少なくとも前記リアクトルを短絡する第2接触器とを含み、

少なくとも前記第1巻線に流れる電流がスイッチングされる際に所定値以下である場合

、前記第2接触器を開いて前記リアクトルの短絡を解く、

請求項1に記載の電気車用電源装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、電気車用電源装置に関する。

【背景技術】

【0002】

共振型インバータを備える電気車用電源装置がある。共振型インバータの共振回路の共振周波数は、主にコンデンサの容量と変圧器等のインダクタンスとによって決定される。共振型インバータの共振回路に流れる電流を遮断する半導体スイッチング素子をソフトスイッチングさせる場合、実際の共振回路の共振周波数を、半導体スイッチング素子を周期的に遮断する周波数（スイッチング周波数）より高くする。実際の共振回路の共振周波数がスイッチング周波数より低くなると、半導体スイッチング素子は、所定値を超える電流が流れた状態で電流を遮断するハードスイッチングになる。電気車用電源装置から負荷に供給する電力に変動があると、共振周波数が変動することで、電気車用電源装置の損失が意図せずに増大することがある。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2015-139264号公報

【発明の概要】

40

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本発明が解決しようとする課題は、負荷に供給する電力の変動によって生じる損失の増大を抑制することができる電気車用電源装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0005】

実施形態の電気車用電源装置は、共振型インバータと、変圧器と、影響抑制部とを持つ。共振型インバータは、共振回路に含まれる第1共振コンデンサと、前記共振回路に流れる電流を遮断するスイッチング素子とを含み、電源から直流電力が供給され、前記共振回路の共振と前記スイッチング素子の周期的なスイッチングとにより前記直流電力から第1

50

交流電力を生成する。変圧器は、少なくとも互いに電氣的に絶縁され磁気結合された第 1 巻線と第 2 巻線とを備え、前記共振回路の一部に含まれ、前記第 1 巻線には前記共振型インバータ 3 によって生成された第 1 交流電力が供給され、前記第 1 交流電力を変換した後の第 2 交流電力を前記第 2 巻線から負荷に供給する。影響抑制部は、少なくとも前記第 1 巻線又は前記第 2 巻線にスイッチングされる際に流れる電流が所定値以下になるように、前記共振回路の共振周波数と前記スイッチング制御周波数との差を所定の範囲に収めて前記共振型インバータをソフトスイッチングさせる。

【図面の簡単な説明】

【0006】

【図 1 A】第 1 の実施形態の電気車用電源装置の全体構成を示す図。

10

【図 1 B】第 1 の実施形態のスイッチング周波数の調整処理を示すフローチャート。

【図 2】第 2 の実施形態の電気車用電源装置の全体構成を示す図。

【図 3 A】第 3 の実施形態の電気車用電源装置の全体構成を示す図。

【図 3 B】第 3 の実施形態のスイッチング周波数の調整処理を示すフローチャート。

【図 4 A】第 4 の実施形態の電気車用電源装置の全体構成を示す図。

【図 4 B】第 4 の実施形態の変形例のコンデンサの構成図。

【図 5 A】第 5 の実施形態の電気車用電源装置の全体構成を示す図。

【図 5 B】第 5 の実施形態の変形例の抵抗の構成図。

【図 6 A】第 6 の実施形態のリアクトルを示す図。

【図 6 B】第 6 の実施形態のスイッチング周波数の調整処理を示すフローチャート。

20

【発明を実施するための形態】

【0007】

以下、実施形態の電気車用電源装置を、図面を参照して説明する。なお以下の説明では、同一または類似の機能を有する構成に同一の符号を付す。そして、それらの構成の重複する説明は省略する場合がある。

【0008】

実施形態に示す電気車用電源装置 1 は、電気車用電源装置の一例である。本願でいう「ソフトスイッチング」とは、電力の変換に利用されるスイッチング素子において、スイッチングする際にスイッチング素子に流れる電流が所定値以下になった状態で導通状態と遮断状態とを切替える（スイッチングする）スイッチング素子の駆動方法のことである。「ソフトスイッチング」であれば、例えば、スイッチングする際にスイッチング素子に流れる電流が約 0 A（アンペア）になっている。スイッチング素子をソフトスイッチングによって駆動することにより、スイッチング素子における損失の発生を抑制できる。これに対して、スイッチングする際にスイッチング素子に流れる電流が所定値を超える状態でスイッチングさせるスイッチング素子の駆動方法のことを「ハードスイッチング」という。

30

【0009】

（第 1 の実施形態）

図 1 A は、第 1 の実施形態の電気車用電源装置の全体構成を示す図である。電気車用電源装置 1 は、架線（き電線）F（不図示）から電力が供給される集電装置 C C と、線路 R（不図示）を介して接地された車輪 W（不図示）と、の間の電流経路に直列に接続される。

40

【0010】

電気車用電源装置 1 は、電力変換回路 2 と、共振型インバータ 3 と、変圧器 4 と、整流器 5（整流回路）と、制御部 6 と、電流検出器 7（第 1 電流検出器）とを備える。符号 Z は、負荷を示す。

【0011】

電力変換回路 2 は、集電装置 C C の後段に接続され、集電装置 C C が受電した電力を所定の電圧の直流電力に変換する。電力変換回路 2 の後段には、直流を入力とする共振型インバータ 3 が接続されている。例えば、電力変換回路 2 は、交直流電力変換器として集電装置 C C が受電した交流電力から直流電力に変換してもよく、或いは、直流電圧変換器と

50

して集電装置 C C が受電した第 1 直流電力から第 2 直流電力に変換してもよい。以下の説明では、集電装置 C C が第 1 直流電力を受電する場合を例に挙げて説明する。

【 0 0 1 2 】

共振型インバータ 3 は、電力変換回路 2 の出力である第 2 直流電力を第 1 交流電力に変換して出力する。例えば、第 1 交流電力の周波数は、後述するスイッチング素子 3 2 a とスイッチング素子 3 2 b のスイッチング周波数に一致する。共振型インバータ 3 の組を成す出力端子には、変圧器 4 の組を成す一次側端子が接続されている。

【 0 0 1 3 】

変圧器 4 は、少なくとも互いに電氣的に絶縁され磁気結合された一次巻線 4 1 (第 1 巻線) と二次巻線 4 2 (第 2 巻線) とを備える。変圧器 4 は、共振回路に含まれており、一次巻線 4 1 に接続される 1 次側端子には共振型インバータ 3 によって生成された第 1 交流電力が供給される。変圧器 4 は、共振型インバータ 3 から出力される第 1 交流電圧を、一次巻線 4 1 及び二次巻線 4 2 の巻数比で変換して、変換した後の第 2 交流電力を二次巻線 4 2 に接続される 2 次側端子から供給する。変圧器 4 の組を成す二次側端子には、整流器 5 が接続されている。

【 0 0 1 4 】

整流器 5 は、変圧器 4 が出力した第 2 交流電力を全波整流する。例えば、整流器 5 は、上アームを構成するダイオード 5 1 a、5 2 a と、下アームを構成するダイオード 5 1 b、5 2 b と、を備え、ダイオード 5 1 a 及びダイオード 5 1 b は直列接続され、ダイオード 5 2 a 及びダイオード 5 2 b は、それぞれ直列に接続されている。整流器 5 の後段には、負荷 Z が接続され、整流器 5 が整流した後の電力が負荷 Z に供給される。なお、整流器 5 の出力から高周波成分 (ノイズ) を除去して負荷 Z に出力するフィルタ (不図示) が接続されていてもよい。また、負荷が交流負荷である場合、整流器 5 の出力部と負荷の入力部の間に電力変換回路 (不図示) が接続されていてもよい。

【 0 0 1 5 】

制御部 6 は、記憶部 6 1 と、CPU 6 2 と、駆動部 6 3 と、を備える。記憶部 6 1 は、半導体メモリを含む。CPU 6 2 は、ソフトウェアプログラムに従い、所望の処理を実行するプロセッサを含む。駆動部 6 3 は、CPU 6 2 の制御に従い、共振型インバータ 3 の制御信号を生成する。以下、CPU 6 2 と駆動部 6 3 が実行する処理を纏めて、単に制御部 6 の処理として説明する。例えば、制御部 6 は、電流検出器 7 の検出結果に基づいて、共振型インバータ 3 を制御することの他、当該電気車用電源装置 1 全体を制御する。

【 0 0 1 6 】

ここで、実施形態の共振型インバータ 3 の一例について説明する。共振型インバータ 3 は、コンデンサ 3 1 a、3 1 b と、スイッチング素子 3 2 a、3 2 b と、共振リアクトル 3 3 と、を備える。

【 0 0 1 7 】

コンデンサ 3 1 a、3 1 b は、互いに直列に接続され、フィルタコンデンサを形成する。直列に接続されるコンデンサ 3 1 a、3 1 b の組の第 1 端が、電力変換回路 2 の出力端子の第 1 極に接続され、第 2 端が、電力変換回路 2 の出力端子の第 2 極に接続される。

【 0 0 1 8 】

スイッチング素子 3 2 a とスイッチング素子 3 2 b は、互いに直列に接続される。スイッチング素子 3 2 a は、電力変換回路 2 の出力端子の第 1 極に接続され、所謂上アームを形成する。スイッチング素子 3 2 b は、電力変換回路 2 の出力端子の第 2 極に接続され、所謂下アームを形成する。例えば、スイッチング素子 3 2 a とスイッチング素子 3 2 b は、自励型の制御に適用可能な、IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)、IEGT (Injection Enhanced Gate Transistor)、MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor) などである。

【 0 0 1 9 】

共振リアクトル 3 3 は、スイッチング素子 3 2 a とスイッチング素子 3 2 b との接続点と、変圧器 4 の 1 次側端子の第 1 端との間に接続される。変圧器 4 の 1 次側端子の第 2 端

10

20

30

40

50

が、コンデンサ 3 1 a、3 1 b の接続点 (中点) に接続される。なお、変圧器 4 のインダクタンスによって必要とされるインダクタンスを充足する場合には、共振リアクトル 3 3 を省略してもよい。

【 0 0 2 0 】

制御部 6 は、変圧器 4 に流れる電流を電流検出器 7 により検出する。図 1 A に示す電流検出器 7 は、変圧器 4 の 1 次巻線に流れる電流を検出する。例えば、変圧器 4 からの電力の供給 (出力) が停止すると、その電力の供給停止の影響が変圧器 4 の 1 次側に影響することが有る。制御部 6 は、変圧器 4 の 1 次巻線に流れる電流の検出電流値に応じてスイッチング素子 3 2 a、3 2 b のゲート電圧を制御することにより、その影響を抑制する。

【 0 0 2 1 】

例えば、実施形態の制御部 6 は、変圧器 4 の 1 次巻線に流れる電流の検出電流値に基づいて、共振型インバータ 3 のスイッチング周波数を調整する。その詳細については後述する。

【 0 0 2 2 】

なお、図 1 A に示す共振型インバータ 3 は、ハーフブリッジタイプの電圧型インバータの一例である。なお、共振型インバータ 3 は、図 1 A に記載のものに制限されず、例えば、フルブリッジタイプの電圧型インバータや、電流型インバータであってよい。

【 0 0 2 3 】

図 1 B を参照して、実施形態のスイッチング周波数の調整処理について説明する。図 1 B は、実施形態のスイッチング周波数の調整処理を示すフローチャートである。

【 0 0 2 4 】

電流検出器 7 は、変圧器 4 の 1 次巻線の電流を検出する。制御部 6 は、電流検出器 7 により検出された電流値を取得して記憶部 6 1 に時系列データとして記録する (ステップ S 1 1)。制御部 6 は、取得した電流値が閾値を超えるか否かを判定する (ステップ S 1 2)。

【 0 0 2 5 】

その電流値が閾値を超える場合、制御部 6 は、スイッチング周波数を調整前の値より低くするように調整する (ステップ S 1 3)。例えば、この場合のスイッチング周波数は、予め定められた値であってよい。また、スイッチング周波数の下限値を設定し、下限値に至るまで予め定められたステップで徐々にその値を調整してもよい。これにより、図に示す一連の処理を終える。

【 0 0 2 6 】

その電流値が閾値以下の場合、制御部 6 は、スイッチング周波数を調整前の値より高くするように調整する (ステップ S 1 4)。例えば、この場合のスイッチング周波数は、ソフトスッチングになるような範囲で予め定められた値であってよい。また、ソフトスッチングになるスイッチング周波数の上限値を設定しておき、制御部 6 は、上限値に至るまで予め定められたステップで徐々にその値を調整してもよい。図に示す一連の処理を終える。

【 0 0 2 7 】

上記の処理を繰り返すことにより、制御部 6 は、共振型インバータ 3 のスイッチング時の電流値が一定値を超えている場合は、ハードスイッチングであると判断し、自動で共振型インバータのスイッチング周波数を下げる。これにより、ハードスイッチングからソフトスイッチングに移行する。

【 0 0 2 8 】

なお、スイッチング周波数を下げる際にその周波数が予め定められていてもよく、或いは、現在の周波数から所定量ずつ下げるように周波数の差分値が予め定められていてもよい。

【 0 0 2 9 】

実施形態によれば、電気車用電源装置 1 から負荷 Z に流れる負荷電流が変動する範囲には、前記負荷電流の変動による影響を抑制する所望の処置を講じないと意図せずに電力の

10

20

30

40

50

変換損失が増大する所定の範囲が含まれている。また、電気車用電源装置 1 に用いられるコンデンサ、共振リアクトル、変圧器の特性の個体差により、実際の共振周波数が、設計値から外れることで、変換損失が増大することもある。実施形態の電気車用電源装置 1 の制御部 6 は、共振型インバータ 3 がスイッチングされる際に流れる電流が所定値以下となるように、共振回路の共振周波数とスイッチング制御周波数との差を所定の範囲に収めて共振型インバータ 3 をソフトスイッチングさせる。これにより、共振型インバータ 3 の共振周波数が設計値から外れることでスイッチング素子 3 2 a、3 2 b のスイッチング周波数と整合性が取れずハードスイッチングとなった場合も、スイッチング周波数を調整することでソフトスイッチングを維持し、スイッチング損失を低減できる。また、スイッチング周波数の最適化により冷却システムの簡素化を図り、その小型化・軽量化を実現できる。上記のように制御部 6 は、影響抑制部の一例である。なお、上記の変圧器 4 に流れる電流値を判定するための所定値を、ハードスイッチングが生じない範囲で予め定めるとよい。

【0030】

このように、制御部 6 が共振型インバータ 3 のスイッチング周波数の可変機能を持つことにより、共振型インバータ 3 の共振周波数とスイッチング周波数との整合が取れずハードスイッチングになる場合も、スイッチング周波数を変化させることでソフトスイッチングに移行させることが可能となる。

【0031】

なお、実施形態の負荷 Z は、負荷 Z に電氣的に並列接続される蓄電部を構成に含むものであってもよい。この場合、蓄電部に蓄えられた電位が、整流器 5 が出力する電位より高くなると、整流器 5 から負荷 Z に対する電力の供給が停止する。このように、負荷 Z を機械的なスイッチなどで切離す場合の他にも整流器 5 から負荷 Z に対する電力の供給が停止する場合がある。本実施形態によれば、上記のような負荷 Z は、蓄電部を構成に含むものである場合にも、電力の供給停止の影響を抑制することができる。

【0032】

(第 1 の実施形態の第 1 変形例)

第 1 の実施形態の共振型インバータ 3 は、予め定められたスイッチング周波数に固定的或いは半固定的に共振型インバータのスイッチング周波数を調整するものであった。これに代え、第 1 変形例では、共振型インバータのスイッチング周波数を、最適化するように調整する事例について説明する。

【0033】

共振型インバータの場合、電流波形をより正弦波に近い波形にすることにより、効率を高めることができる。そこで、制御部 6 は、ソフトスイッチングとなる最高の共振周波数を探し出し、電流波形がより正弦波に近い波形にして出力する。

【0034】

例えば、電気車用電源装置 1 は、変圧器 4 の一次巻線 4 1 に流れる電流を検出する電流検出器 7 を備えている。制御部 6 は、電流検出器 7 により検出された電流値に基づいて、スイッチング素子 3 2 a、3 2 b を周期的にスイッチングさせるためのスイッチング制御周波数の範囲内から、共振型インバータ 3 のスイッチングがソフトスイッチングになるスイッチング制御周波数を検索する。さらに、制御部 6 は、より高いスイッチング制御周波数を選択する。

【0035】

上記の第 1 変形例によれば、第 1 の実施形態と同様の効果を奏することの他、共振型インバータがソフトスイッチングとなるより高いスイッチング周波数を制御部 6 が探知することにより、スイッチング制御周波数を最適化して、出力電圧の波形が正弦波に近づけることが可能になる。例えば、共振回路の共振周波数に対応する半周期にハードスイッチングを防止するためのデッドタイミングを加算した期間が、スイッチング周波数の半周期に一致する場合は、実現可能な最高のスイッチング周波数になる。

【0036】

10

20

30

40

50

(第1の実施形態の第2変形例)

実施形態の共振型インバータ3は、ハーフブリッジタイプの電圧型インバータの一例である。共振型インバータ3は、図1Aに記載のものに制限されず、これに代えて、例えば、フルブリッジタイプの電圧型インバータや、電流型インバータであってよい。なお、電流型インバータの場合は、制御部6は、上記のように電流を測定する代わりに電圧を測定し、その電圧に基づいて同様に制御することができる。

【0037】

(第2の実施形態)

第2の実施形態について図を参照し、詳細に説明する。図2は、第2の実施形態の電気車用電源装置の全体構成を示す図である。本実施形態は、前述の図1Aに示す第1の実施形態とは、変圧器4の出力系統が複数系統存在する点が異なっている。以下、その点を中心に詳細に説明する。

【0038】

電気車用電源装置1Aは、電力変換回路2と、共振型インバータ3と、変圧器4Aと、整流器5-1(整流回路)と、整流器5-2(整流回路)と、制御部6Aと、電流検出器7と、電流検出器8-1(第2電流検出器)と、電流検出器8-2(第3電流検出器)とを備える。

【0039】

変圧器4Aは、少なくとも互いに電氣的に絶縁され磁気結合された一次巻線41と二次巻線42(第2巻線)と三次巻線43(第3巻線)とを備える。変圧器4Aは、共振型インバータ3から出力される交流電圧を、一次巻線41及び二次巻線42の巻数比で変換して、変換した後の第2交流電力を二次巻線42に接続される2次側端子から供給する。変圧器4Aの二次側端子には、整流器5-1が接続されている。

【0040】

変圧器4Aは、共振型インバータ3から出力される交流電圧を、一次巻線41及び三次巻線43の巻数比で変換して、変換した後の第3交流電力を三次巻線43に接続される3次側端子から供給する。変圧器4Aの三次側端子には、整流器5-2が接続されている。

【0041】

整流器5-1と整流器5-2は、前述の整流器5と同様に変圧器4Aが出力した交流電力の全波整流を行う。

【0042】

図2に示す整流器5-1の後段には、電流検出器8-1と負荷Z-1とが設けられている。負荷Z-1には、第2交流電力(出力1)が供給される。電流検出器8-1は、整流器5-1から負荷Z-1に流れる負荷電流(第2負荷電流)を検出する。同様に整流器5-2の後段には、電流検出器8-2と負荷Z-2とが設けられている。負荷Z-2には、第3交流電力(出力2)が供給される。電流検出器8-2は、整流器5-2から負荷Z-2に流れる負荷電流(第3負荷電流)を検出する。

【0043】

なお、整流器5-1の後段に、整流器5-1の出力から高周波成分(ノイズ)を除去して負荷Z-1に出力するフィルタ(不図示)などが接続されていてもよい。また、整流器5-2の後段に、整流器5-2の出力から高周波成分(ノイズ)を除去して負荷Z-2に出力するフィルタ(不図示)などが接続されていてもよい。

【0044】

制御部6Aは、前述の制御部6に相当する。制御部6Aは、少なくとも負荷電流が所定値を超える場合、スイッチング周波数を比較的低くする。

【0045】

前述の図1Bを参照して、実施形態のスイッチング周波数の調整処理について説明する。

【0046】

実施形態の場合、電流検出器7、8-1、8-2の3つの電流検出器を備えている。電

10

20

30

40

50

流検出器 7、8 - 1、8 - 2 は、それぞれの位置で変圧器 4 A の巻線に流れる電流を検出する。制御部 6 A は、上記の 3 つの電流検出器により検出された電流値を取得して記憶部 6 1 に時系列データとして記録する（ステップ S 1 1）。

【0047】

制御部 6 A は、取得した電流値のなかの何れかが閾値を超えるか否かを判定する（ステップ S 1 2）。

【0048】

電流値が閾値を超えるものがあつた場合、制御部 6 A は、スイッチング周波数を比較的低くするように調整し（ステップ S 1 3）、図に示す一連の処理を終える。

【0049】

全ての電流値がそれぞれ閾値以下の場合、制御部 6 A は、スイッチング周波数を比較的高くするように調整し（ステップ S 1 4）、図に示す一連の処理を終える。

【0050】

上記の処理を繰り返すことにより、制御部 6 A は、変圧器 4 A が複数の 2 次側の系統を有する場合にも、実施形態の手法を適用できる。図 2 に示した 2 次巻線と 3 次巻線の場合だけでなく 4 次巻線などそれ以上の巻線を備える場合にも適用可能である。なお、電流値の調整は、第 1 の実施形態の手法を適用してもよい。

【0051】

実施形態のように変圧器 4 A に複数の 2 次側系統にそれぞれ負荷 Z - 1、Z - 2 が接続されていると、例えば、いずれかの系統の負荷 Z - 1、Z - 2 の電力消費の変動により電力の供給が停止することがある。変圧器 4 A の合成インダクタンスを 1 次側換算するうえで、上記のような電力の供給が停止する系統があると、その系統の巻線が有するインダクタンスが見かけ上無効になる。その結果、変圧器 4 A の 1 次側換算による合成インダクタンスが、その系統の出力が有効な状態に比べて大きくなる。このとき、共振回路の共振周波数は低くなるため、共振型インバータ 3 がソフトスイッチングからハードスイッチングに移行する可能性がある。例えば、上記の処理により、それぞれの系統に備える電流検出器 8 - 1、8 - 2 を用いて、いずれかの系統の電流が一定値を下回ったことを制御部 6 A が判断し、共振型インバータのスイッチング周波数を変化させることで、ハードスイッチングを防ぐことができる。

【0052】

実施形態によれば、第 1 の実施形態と同様の効果を奏することの他、電気車用電源装置 1 A の制御部 6 A は、それぞれの電流検出器によって検出された負荷電流の何れかがスイッチングされる際に所定値以下である場合、共振回路の共振周波数と、スイッチング制御周波数との差が所定の範囲に収まるように、共振回路の共振周波数とスイッチング制御周波数の少なくとも何れかを調整する。これにより、電気車用電源装置 1 A は、いずれかの系統の出力が止まり共振型インバータの共振周波数とスイッチング周波数の整合性が取れずハードスイッチングとなった場合も、第 1 の実施形態と同様に、スイッチング周波数を調整することでソフトスイッチングを維持し、スイッチング損失の増大を防ぐことができる。上記のように制御部 6 A は、影響抑制部の一例である。

【0053】

（第 3 の実施形態）

第 3 の実施形態について図を参照し、詳細に説明する。図 3 A は、第 3 の実施形態の電気車用電源装置の全体構成を示す図である。本実施形態は、前述の図 2 に示す第 2 の実施形態とは、コンデンサの構成が異なっている。以下、その点を中心に詳細に説明する。

【0054】

電気車用電源装置 1 B は、電力変換回路 2 と、共振型インバータ 3 B と、変圧器 4 A と、整流器 5 - 1 と、整流器 5 - 2 と、制御部 6 B と、電流検出器 7 と、電流検出器 8 - 1 と、電流検出器 8 - 2 とを備える。

【0055】

共振型インバータ 3 B は、コンデンサ 3 1 a、3 1 b、3 1 c、3 1 d と、スイッチン

10

20

30

40

50

グ素子 3 2 a、3 2 b と、共振リアクトル 3 3 と、接触器 3 4 a、3 4 b（第 1 接触器）とを備える。

【0056】

コンデンサ 3 1 a、3 1 b（第 1 共振コンデンサ）は、互いに直列に接続される。直列に接続されるコンデンサ 3 1 a、3 1 b の組の第 1 端が、電力変換回路 2 の出力端子の第 1 極に接続され、第 2 端が、電力変換回路 2 の出力端子の第 2 極に接続される。

【0057】

コンデンサ 3 1 c、3 1 d（第 2 共振コンデンサ）は、互いに直列に接続される。直列に接続されるコンデンサ 3 1 c、3 1 b の組の第 1 端が、電力変換回路 2 の出力端子の第 1 極に接続され、第 2 端が、電力変換回路 2 の出力端子の第 2 極に接続される。コンデンサ 3 1 c、3 1 d の接続点（中点）が、コンデンサ 3 1 a、3 1 b の接続点（中点）と変圧器 4 A の 1 次側端子の第 2 端とに接続される。コンデンサ 3 1 c、3 1 d の組は、コンデンサ 3 1 a、3 1 b の組と組み合わせられて、フィルタコンデンサを形成する。以下の説明において、コンデンサ 3 1 a、3 1 b、3 1 c、3 1 d を纏めて、コンデンサ 3 1 と呼ぶことがある。

10

【0058】

さらに、直列に接続されたコンデンサ 3 1 c、3 1 d の組には、コンデンサ 3 1 c に対応付けられた接触器 3 4 a と、コンデンサ 3 1 d に対応付けられた接触器 3 4 b が設けられている。接触器 3 4 a は、コンデンサ 3 1 c に直列接続されて、電力変換回路 2 の出力端子の第 1 極と中点の間に配置されている。接触器 3 4 b は、コンデンサ 3 1 d に直列接続されて、電力変換回路 2 の出力端子の第 2 極と中点の間に配置されている。接触器 3 4 a、3 4 b は、半導体のスイッチング素子等、回路を開閉することのできるものであればよい。

20

【0059】

接触器 3 4 a、3 4 b を閉じると、コンデンサ 3 1 c、3 1 d がコンデンサ 3 1 a、3 1 b に電位的に並列に接続され、コンデンサ 3 1 の容量がコンデンサ 3 1 a、3 1 b の組だけの場合と比べて増加する。コンデンサ 3 1 c、3 1 d の並列接続によりコンデンサ 3 1 の容量が増加した分だけ、共振周波数を低くすることができる。例えば、コンデンサ 3 1 c、3 1 d の容量を、コンデンサ 3 1 a、3 1 b の容量に対して少なくすることにより、コンデンサ 3 1 c、3 1 d を共振周波数の微調整用に利用することができる。或いは、各コンデンサ 3 1 の容量を同じにしてもよい。

30

【0060】

制御部 6 B は、前述の制御部 6 に相当する。制御部 6 B は、少なくとも負荷電流が所定値を超える場合、接触器 3 4 a、3 4 b を開いてコンデンサ 3 1 c、3 1 d の並列接続を解く。

【0061】

図 3 B を参照して、実施形態のスイッチング周波数の調整処理について説明する。図 3 B は、実施形態のスイッチング周波数の調整処理を示すフローチャートである。

【0062】

制御部 6 B は、電流検出器 7 により検出された電流値を取得して記憶部 6 1 に時系列データとして記録する（ステップ S 3 1）。制御部 6 B は、取得した電流値が閾値を超えるか否かを判定する（ステップ S 3 2）。

40

【0063】

その電流値が閾値を超える場合、制御部 6 B は、接触器 3 4 a、3 4 b（スイッチ）を開き（ステップ S 3 3）、図に示す一連の処理を終える。

【0064】

その電流値が閾値以下の場合、制御部 6 B は、接触器 3 4 a、3 4 b（スイッチ）を閉じて（ステップ S 3 4）、図に示す一連の処理を終える。

【0065】

例えば、上記の処理を繰り返すことにより、制御部 6 B は、共振型インバータの共振周

50

波数を変化させることで、ハードスイッチングを防ぐことができる。

【 0 0 6 6 】

上記の通り、共振型インバータ 3 B のスイッチング時の電流値が一定値を超えている場合には、制御部 6 は、ハードスイッチングであると判断し、自動で共振型インバータのスイッチング周波数を下げる。これにより、ハードスイッチングからソフトスイッチングに移行する。

【 0 0 6 7 】

上記の通り、本実施形態の場合も、第 2 の実施形態と同様に、共振型インバータ 3 B がソフトスイッチングからハードスイッチングに移行する可能性がある。それぞれの系統に備える電流検出器 7、8 - 1、8 - 2 を用いて、いずれかの系統の電流が一定値（閾値）を超えたことを制御部 6 B が識別する。この値がそれぞれ予め定められたその閾値を超えている場合は、制御部 6 B は、ハードスイッチングになっていると識別し、その判定の結果に基づいて接触器 3 4 a、3 4 b を開状態にする。これにより、共振型インバータの共振回路の共振周波数を高めることができ、ハードスイッチングに移行することを防ぐことができる。

10

【 0 0 6 8 】

実施形態によれば、共振型インバータ 3 のコンデンサ 3 1 c、3 1 d（第 2 並列共振コンデンサ）のコンデンサ 3 1 a、3 1 b（第 1 並列共振コンデンサ）に対する並列接続を解く接触器 3 4 a、3 4 b を含む。制御部 6 B は、負荷電流が所定値を超える場合、接触器 3 4 a、3 4 b を制御する。これにより、第 1 の実施形態と同様の効果を奏することの他、変圧器 4 A の 2 次側の系統のいずれかの系統の電力供給が止まり共振型インバータ 3 B の共振周波数とスイッチング周波数の整合性が崩れてハードスイッチングになる条件のもとであっても、コンデンサ 3 1 の容量を変化させることで共振回路の共振周波数を調整できる。これにより、ソフトスイッチングを維持し、スイッチング損失の増大を防ぐことができる。

20

【 0 0 6 9 】

なお、接触器 3 4 a、3 4 b の配置は上記の事例に限らない。例えば、共振型インバータ 3 のコンデンサ 3 1 a、3 1 b とコンデンサ 3 1 c、3 1 d の一方または両方に、それぞれの並列接続を解く接触器 3 4 a、3 4 b などをつけてもよい。但し、両方に接触器を設ける場合には、制御部 6 B は、コンデンサ 3 1 a、3 1 b の組とコンデンサ 3 1 c、3 1 d の組の少なくとも何れかが変圧器 4 A の一次側に接続されるように制御する。これにより、例えば、コンデンサ 3 1 a、3 1 b の組の容量とコンデンサ 3 1 c、3 1 d の組の容量を異なる値にすることにより、共振周波数の切換段数を少なくとも 3 段階にすることができる。

30

【 0 0 7 0 】

（第 4 の実施形態）

第 4 の実施形態について図を参照し、詳細に説明する。図 4 A は、第 4 の実施形態の電気車用電源装置の全体構成を示す図である。本実施形態は、図 2 に示す第 2 の実施形態とは、変圧器 4 A の出力側にコンデンサを備える点が異なっている。以下、その点について詳細に説明する。

40

【 0 0 7 1 】

電気車用電源装置 1 C は、電力変換回路 2 と、共振型インバータ 3 と、変圧器 4 A と、整流器 5 - 1 と、整流器 5 - 2 と、制御部 6 C と、電流検出器 7 と、コンデンサ 9 - 1（並列コンデンサ）と、コンデンサ 9 - 2（並列コンデンサ）とを備える。

【 0 0 7 2 】

コンデンサ 9 - 1 は、変圧器 4 A の二次巻線 4 2 に並列に接続されている。コンデンサ 9 - 2 は、変圧器 4 A の三次巻線 4 3 に並列に接続されている。

【 0 0 7 3 】

上記の通り電気車用電源装置 1 C は、第 2 の実施形態に対し、変圧器 4 A の出力側にコンデンサ 9 - 1、9 - 2 が付加されている。コンデンサ 9 - 1、9 - 2 は、影響抑制部の

50

一例である。

【0074】

制御部6Cは、前述の制御部6に相当する。なお、実施形態の制御部6Cは、共振型インバータ3のスイッチング周波数を調整するための機能を備えることは必須ではない。

【0075】

上記のように変圧器4Aの出力側にコンデンサ9-1、9-2を設けたことにより、変圧器4Aの複数の2次側系統の内、いずれかの系統の電力供給が止まる場合に、その系統に設けられたコンデンサ9-1、9-2に交流電流が流れることで、変圧器4Aの巻線が持つインダクタンスが有効化されるため、共振型インバータ3の共振周波数は変化しない。

10

【0076】

実施形態によれば、変圧器4Aの二次巻線42には、整流器5-1を経て負荷Z-1が接続されており、三次巻線43には、整流器5-2を経て負荷Z-2が接続されている。電気車用電源装置1Cは、さらに変圧器4Aの二次巻線42に並列に接続される並列回路であるコンデンサ9-1と、三次巻線43に並列に接続される並列回路であるコンデンサ9-2と、を備える。これにより、いずれかの系統の負荷への電力供給が止まった場合が生じて、その系統に設けられたコンデンサ9-1、9-2に交流電流が流れることで、ソフトスイッチングを維持し、変圧器4Aの各系統の負荷の電力変動により生じるスイッチング損失の増大を防ぐことができる。また、上記の構成により、制御部6Cによる出力停止の検知を不要とすることができる。

20

【0077】

なお、コンデンサ9-1、9-2は、電力の供給が止まる状態が発生する系統にのみ設けることで十分である。

【0078】

(第4の実施形態の変形例)

実施形態のコンデンサ9-1、9-2は、変圧器4Aの2次側に固定的に接続されている。これに対し、変形例のコンデンサ9-1、9-2は、変圧器4Aの2次側に適宜接続される。

【0079】

図4Bは、第4の実施形態の変形例のコンデンサの構成図である。図4Bに示すコンデンサ9-1は、コンデンサ本体9aと、コンデンサ本体9aに直列に接続される接触器9bを備える。接触器9bは、例えば、半導体のスイッチング素子等、回路を開閉することのできるものであればよい。

30

【0080】

例えば、変形例における制御部6Cは、前述の図3Bと同様に電流検出器7により検出された電流値が予め定められた値(閾値)を超える場合に、接触器9bを開く。制御部6Cは、電流検出器7により検出された電流値が予め定められた値(閾値)以下の場合に、接触器9bを閉じる。

【0081】

このように、制御部6Cは、電流検出器7により検出された電流値に基づいて、その電流値が閾値を超える場合にハードスイッチングが生じていると識別して、共振周波数を下げないように制御する。

40

【0082】

上記の変形例によれば、第4の実施形態と同様の効果を奏することの他、コンデンサ9-1等を変圧器4Aに常時接続しておく必要が無く、制御部6Cは、ハードスイッチングが生じていることが検出された場合に接続する。なお、コンデンサ9-1等は、変圧器4Aの負荷になることから、接続時にはコンデンサ9-1等による損失が発生する。変形例であれば、コンデンサ9-1等を変圧器4Aに常時接続しておく必要が無く、常時接続しておく場合に比べ変換損失を低減することができる。制御部6C、コンデンサ9-1、9-2は、影響抑制部の一例である。

50

【0083】

(第5の実施形態)

第5の実施形態について図を参照し、詳細に説明する。図5Aは、第5の実施形態の電気車用電源装置の全体構成を示す図である。本実施形態は、第4の実施形態のコンデンサ9-1等に替えて抵抗器10-1等を備えている点が、第4の実施形態とは異なっている。以下、その点について詳細に説明する。

【0084】

電気車用電源装置1Dは、電力変換回路2と、共振型インバータ3と、変圧器4Aと、整流器5-1と、整流器5-2と、制御部6Dと、電流検出器7と、抵抗器10-1(並列抵抗)と、抵抗器10-2(並列抵抗)とを備える。

10

【0085】

抵抗器10-1、10-2は、(電気)抵抗である。

【0086】

第4の実施形態と対比すると、第4の実施形態の場合には変圧器4Aの2次側にコンデンサ9-1、9-2を設けていたが、本実施形態の電気車用電源装置1Dは、これに替えて抵抗器10-1、10-2が設けられている。これ以外の点は、第4実施形態と同様である。

【0087】

なお、第2の実施形態と対比すると、本実施形態の電気車用電源装置1Dは、変圧器4Aの出力側に抵抗器10-1、10-2が付加されている。コンデンサ9-1、9-2は、影響抑制部の一例である。

20

【0088】

なお、制御部6Dは、前述の制御部6に相当する。なお、実施形態の制御部6Dは、共振型インバータ3のスイッチング周波数を調整するための機能を備えることは必須ではない。

【0089】

上記のように変圧器4Aの出力側に抵抗器10-1、10-2を設けたことにより、変圧器4Aの複数の2次側系統の内、いずれかの系統の電力供給が止まる場合が生じて、その系統に設けられた抵抗器10-1、10-2に交流電流が流れることで、変圧器4Aの巻線が持つインダクタンスが有効化されるため、共振型インバータ3の共振周波数は変化しない。

30

【0090】

実施形態によれば、変圧器4Aの二次巻線42には、整流器5-1と整流器5-1を経て負荷が接続されており、三次巻線43には、整流器5-2と整流器5-2を経て負荷が接続されている。電気車用電源装置1Dは、さらに変圧器4Aの二次巻線42に並列に接続される並列回路である抵抗器10-1と、三次巻線43に並列に接続される並列回路である抵抗器10-2と、を備える。これにより、いずれかの系統の負荷への電力供給出力が止まる場合も、ソフトスイッチングを維持し、変圧器4Aの各系統の負荷の電力変動により生じるスイッチング損失の増大を防ぐことができる。また、上記の通り、制御部6Dによる出力停止の検知を不要とすることができる。

40

【0091】

なお、抵抗器10-1、10-2は、電力の供給が止まる状態が発生する系統にのみ設けることで十分である。

【0092】

(第5の実施形態の変形例)

実施形態の抵抗器10-1、10-2は、変圧器4Aの2次側に固定的に接続されている。これに対し、変形例の抵抗器10-1、10-2は、変圧器4Aの2次側に適宜接続されるものとした。

【0093】

図5Bは、第4実施形態の変形例の抵抗器の構成図である。図5Bに示す抵抗器10-

50

1 は、抵抗器本体 10 a と、抵抗器本体 10 a に直列に接続される接触器 10 b を備える。接触器 10 b は、例えば、半導体のスイッチング素子等、回路を開閉することのできるものであればよい。

【0094】

例えば、変形例における制御部 6 D は、電流検出器 7 により検出された電流値が予め定められた値（閾値）を超える場合に、接触器 10 b を開く。制御部 6 D は、電流検出器 7 により検出された電流値が予め定められた値（閾値）以下の場合に、接触器 10 b を閉じる。

【0095】

このように、制御部 6 D は、電流検出器 7 により検出された電流値に基づいて、その電流値が閾値を超える場合にハードスイッチングが生じていると識別して、共振周波数を下げないように制御する。

10

【0096】

上記の変形例によれば、第 5 の実施形態と同様の効果を奏することの他、抵抗器 10 - 1 等を変圧器 4 A に常時接続しておく必要が無く、制御部 6 D は、ハードスイッチングが生じていることが検出された場合に接続する。なお、抵抗器 10 - 1 等は、変圧器 4 A の負荷になることから、接続時には抵抗器 10 - 1 等による損失が発生する。変形例であれば、抵抗器 10 - 1 等を変圧器 4 A に常時接続しておく必要が無く、常時接続しておく場合に比べ変換損失を低減することができる。制御部 6 C、抵抗器 10 - 1、10 - 2 は、影響抑制部の一例である。

20

【0097】

（第 6 の実施形態）

第 6 の実施形態について図を参照し、詳細に説明する。図 6 A は、第 6 の実施形態のリアクトルを示す図である。本実施形態は、前述の図 2 に示す第 2 の実施形態とは、リアクトルの構成が異なっている。以下、その点を中心に詳細に説明する。

【0098】

実施形態の電気車用電源装置 1 E は、電力変換回路 2 と、共振型インバータ 3 と、変圧器 4 A と、整流器 5 - 1 と、整流器 5 - 2 と、制御部 6 E と、電流検出器 7 と、電流検出器 8 - 1 と、電流検出器 8 - 2 とを備える。

【0099】

共振型インバータ 3 は、コンデンサ 31 a、31 b と、スイッチング素子 32 a、32 b と、共振リアクトル 33 と、を備える。

30

【0100】

実施形態の共振リアクトル 33 は、図 6 A に示すように、共振リアクトル 33 は、リアクトル 33 - 1 と、リアクトル 33 - 2 と、接触器 33 - 3（第 2 接触器）とを備える。

【0101】

リアクトル 33 - 1 とリアクトル 33 - 2 は、電氣的に直列に接続されており、組み合わせて共振リアクトル 33 として機能する。

【0102】

接触器 33 - 3 は、閉じた状態でリアクトル 33 - 1 を短絡するように設けられている。

40

【0103】

制御部 6 E は、前述の制御部 6 に相当する。制御部 6 E は、少なくとも負荷電流がスイッチングされる際に所定値以下である場合、接触器 33 - 3 を開いてリアクトル 33 - 1 の短絡を解く。制御部 6 は、少なくとも負荷電流が所定値を超える場合、接触器 33 - 3 を閉じてリアクトル 33 - 1 を短絡する。例えば、制御部 6 E は、少なくとも負荷電流がスイッチングされる際に所定値を超える場合、接触器 33 - 3 を閉じてリアクトル 33 - 1 を短絡してもよい。この場合、制御部 6 は、少なくとも負荷電流がスイッチングされない期間を接触器 33 - 3 の制御の条件から除くことができる。

【0104】

50

図 1 B を参照して、実施形態のスイッチング周波数の調整処理について説明する。図 1 B は、実施形態のスイッチング周波数の調整処理を示すフローチャートである。

【 0 1 0 5 】

制御部 6 E は、電流検出器 7 により検出された電流値を取得して記憶部 6 1 に時系列データとして記録する（ステップ S 6 1）。制御部 6 E は、負荷電流がスイッチングされる際に取得した電流値が閾値を超えるか否かを判定する（ステップ S 6 2）。

【 0 1 0 6 】

その電流値が閾値を超える場合、制御部 6 E は、接触器 3 3 - 3（スイッチ）を閉じて（ステップ S 6 3）、図に示す一連の処理を終える。

【 0 1 0 7 】

その電流値が閾値以下の場合、制御部 6 E は、接触器 3 3 - 3（スイッチ）を開き（ステップ S 6 4）、図に示す一連の処理を終える。

【 0 1 0 8 】

例えば、上記の処理を繰り返すことにより、制御部 6 E は、共振型インバータの共振周波数を変化させることで、ハードスイッチングを防ぐことができる。

【 0 1 0 9 】

上記の処理を繰り返すことにより、制御部 6 は、共振型インバータ 3 のスイッチング時の電流値が一定値を超えている場合は、ハードスイッチングであると判断し、自動で共振回路の共振周波数を上げる。これにより、ハードスイッチングからソフトスイッチングに移行する。

【 0 1 1 0 】

実施形態によれば、第 1 の実施形態と同様の効果を奏することの他、少なくとも負荷 Z - 1、Z - 2 の電流がスイッチングされる際に所定値以下である場合、接触器 3 3 - 3 を開いて少なくとも共振リアクトル 3 3 の一部の短絡を解くことにより、ハードスイッチングになることを防ぐことができる。制御部 6 E、リアクトル 3 3 - 1、接触器 3 3 - 3 は、影響抑制部の一例である。

【 0 1 1 1 】

上記各実施形態の制御部 6 から 6 E は、その少なくとも一部をソフトウェア機能部で実現してもよく、全てを L S I 等のハードウェア機能部で実現してもよい。

【 0 1 1 2 】

以上述べた少なくともひとつの実施形態の電気車用電源装置によれば、共振回路に含まれる第 1 共振コンデンサと、前記共振回路に流れる電流を遮断するスイッチング素子とを含み、電源から直流電力が供給され、前記共振回路の共振と前記スイッチング素子の周期的なスイッチングとにより前記直流電力から第 1 交流電力を生成する共振型インバータと、少なくとも互いに電氣的に絶縁され磁気結合された第 1 巻線と第 2 巻線とを備え、前記共振回路の一部に含まれ、前記第 1 巻線には前記共振型インバータによって生成された第 1 交流電力が供給され、前記第 1 交流電力を変換した後の第 2 交流電力を前記第 2 巻線から負荷に供給する変圧器と、少なくとも前記第 1 巻線又は前記第 2 巻線にスイッチングされる際に流れる電流が所定値以下になるように、前記共振回路の共振周波数と前記スイッチング素子のスイッチング制御周波数との差を所定の範囲に収めて前記共振型インバータをソフトスイッチングさせる影響抑制部とを備えることにより、負荷に供給する電力の変動によって生じる損失の増大を抑制することが可能になる。

【 0 1 1 3 】

上記で説明された全ての実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定するものではない。そのため、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

【 符号の説明 】

【 0 1 1 4 】

1、1 A、1 B、1 C、1 D ... 電気車用電源装置、2 ... 電力変換回路、3、3 B ... 共振型

10

20

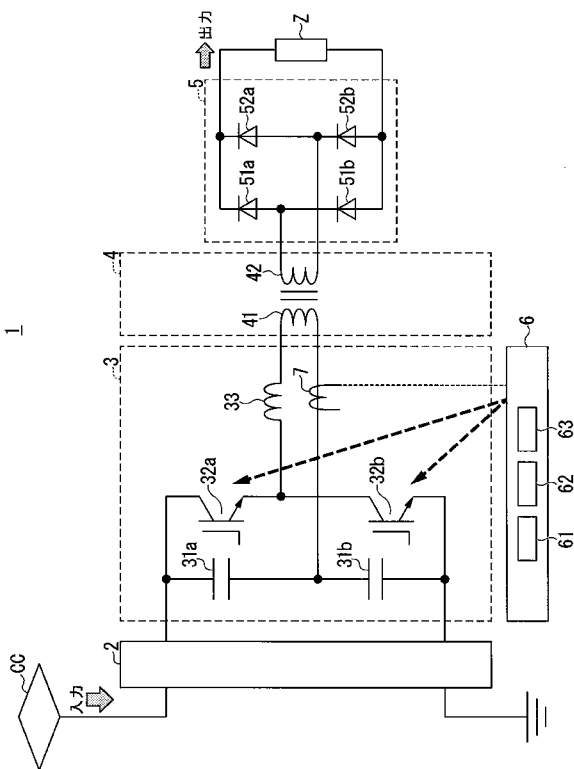
30

40

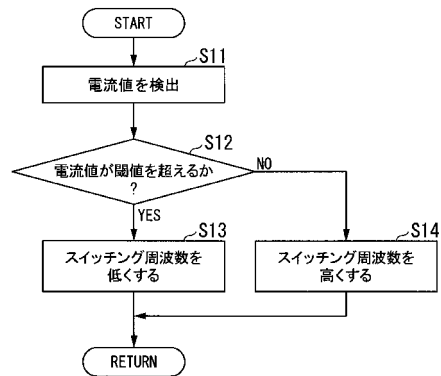
50

インバータ、31a、31b、31c、31d...コンデンサ、32a、32b...スイッチング素子、33...共振リアクトル、34a、34b...接触器（第1接触器）、4、4A...変圧器、5、5-1、5-2...整流器（整流回路）、6、6A、6B、6C、6D...制御部、7...電流検出器（第1電流検出器）、8-1、8-2...電流検出器、9-1、9-2...コンデンサ（並列コンデンサ）、10-1、10-2...抵抗器（並列抵抗）、CC...集電装置

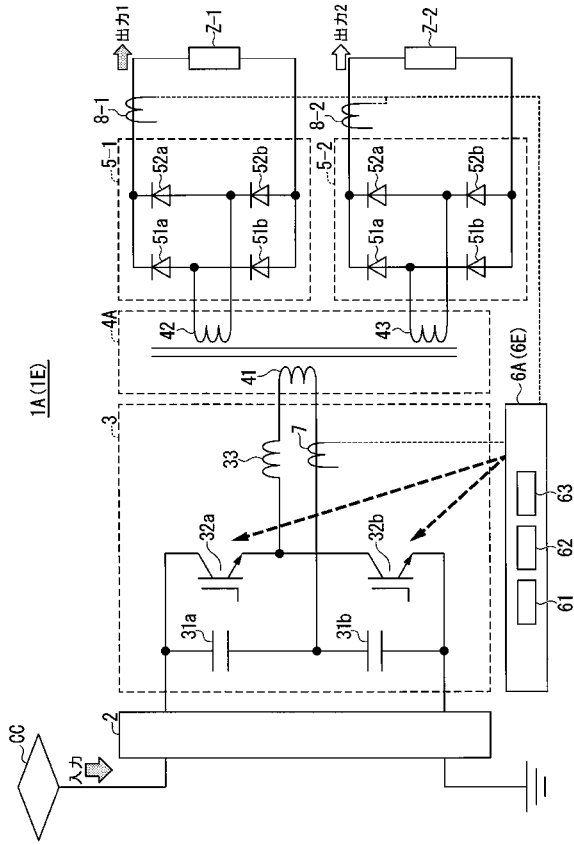
【図1A】



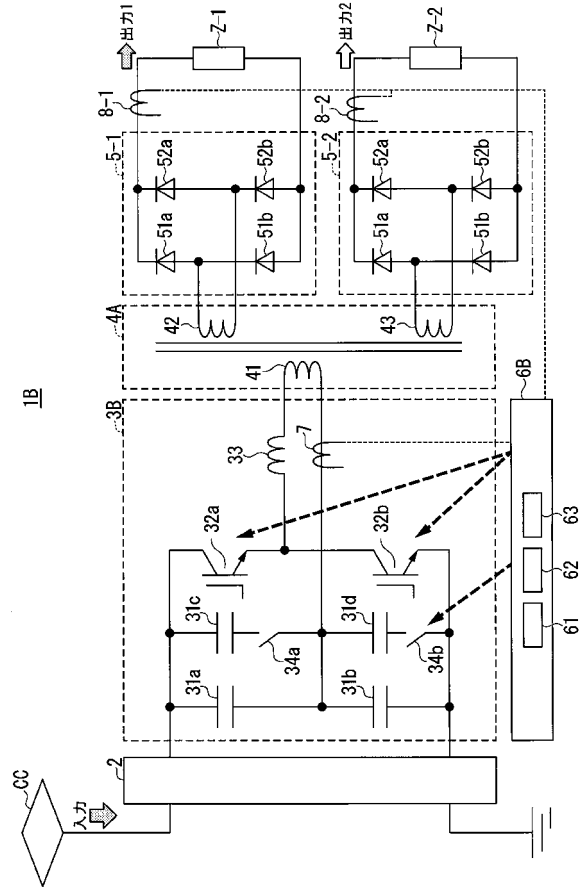
【図1B】



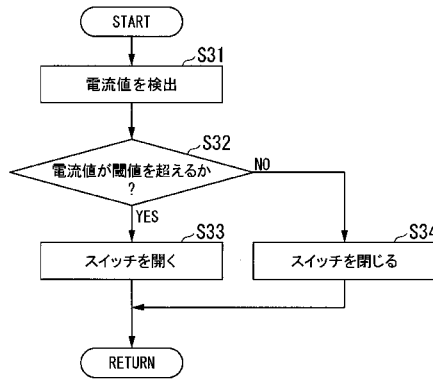
【図 2】



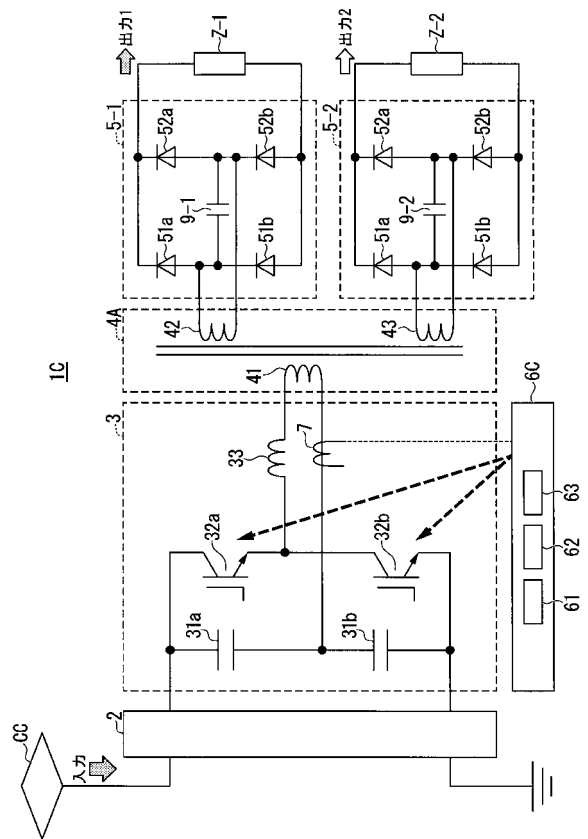
【図 3 A】



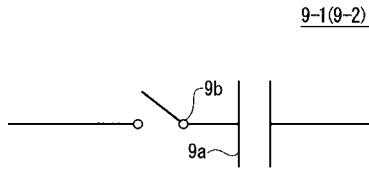
【図 3 B】



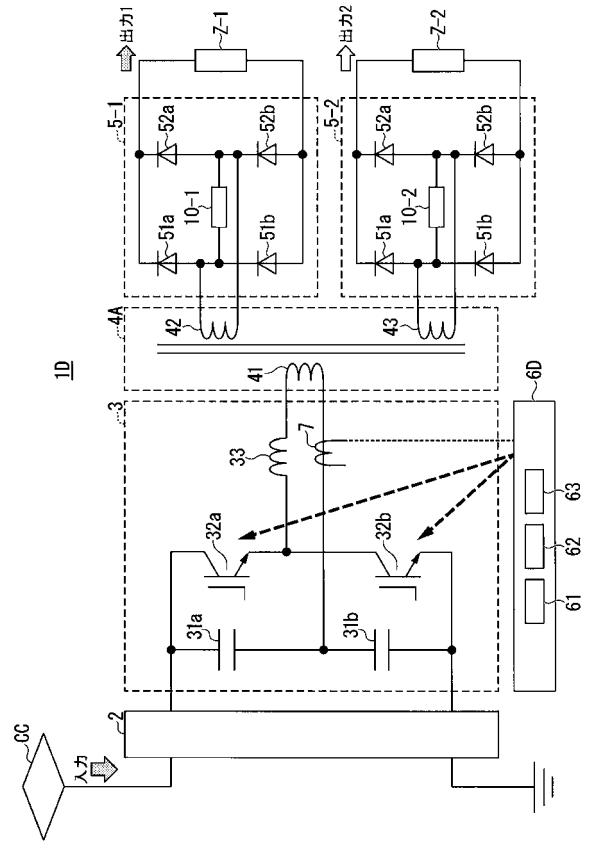
【図 4 A】



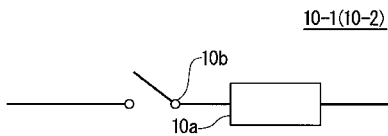
【図4B】



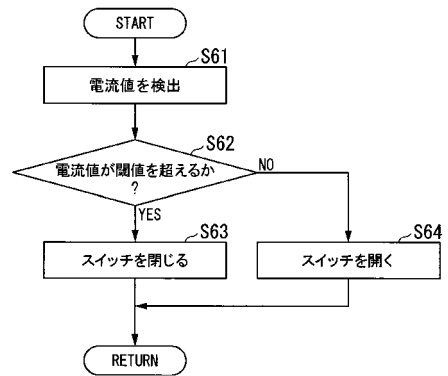
【図5A】



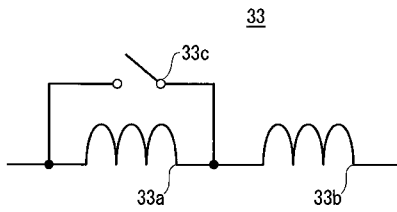
【図5B】



【図6B】



【図6A】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5H125 AA05 AC02 BB07 BB09 CD04 DD10 EE12 FF03
5H730 AA14 AS13 BB26 BB27 BB66 CC01 DD03 EE04 EE73 FD31
FD51 FF09 FG09 FG12
5H770 AA02 AA05 BA03 CA02 DA01 DA09 DA11 DA18 DA20 DA41
DA44 EA02 HA02Y HA02Z JA17X JA19X KA01Z LB02