

(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2015-73389

(P2015-73389A)

(43) 公開日 平成27年4月16日(2015.4.16)

(51) Int.Cl.  
H02M 7/48 (2007.01)

F I  
H02M 7/48

テーマコード(参考)  
5H007

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2013-208372 (P2013-208372)  
(22) 出願日 平成25年10月3日(2013.10.3)

(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  
(74) 代理人 100089118  
弁理士 酒井 宏明  
(74) 代理人 100112656  
弁理士 宮田 英毅  
(72) 発明者 高木 隆志  
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内  
Fターム(参考) 5H007 AA06 BB06 CA01 CB05 CC05  
CC23 DA05 DB03 DC02 DC04  
EA14

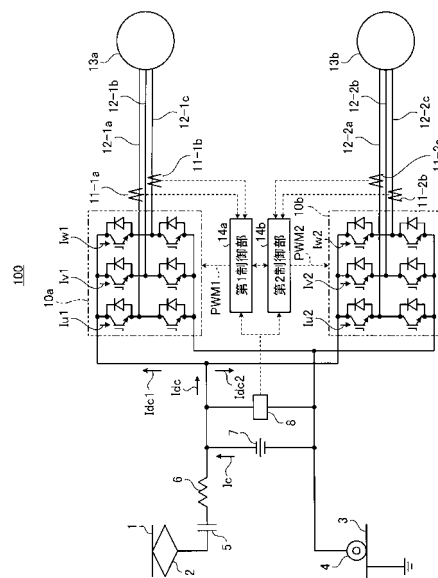
(54) 【発明の名称】 電力変換装置

(57) 【要約】

【課題】複数系統の電力変換回路を備えた電力変換装置において、直流脈動成分を抑制する。

【解決手段】実施形態の電力変換装置は、入力された制御信号に基づいて、供給された直流電力を三相交流電力に変換し、それぞれ対応する負荷に供給する複数系統の電力変換回路を備えている。制御部は、三相交流電力の同一相における電流供給状態と電流非供給状態との間の遷移タイミングが、複数系統の電力変換回路同士において互いに異なるように、複数系統の電力変換回路のそれぞれに対応させて互いに位相を異ならせた搬送波及び同一の信号波に基づいて、制御信号を複数系統の電力変換回路のそれぞれに出力する。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

入力された制御信号に基づいて、供給された直流電力を三相交流電力に変換し、それぞれ対応する負荷に供給する複数系統の電力変換回路と、

前記三相交流電力の同一相における電流供給状態と電流非供給状態との間の遷移タイミングが、複数系統の前記電力変換回路同士において互いに異なるように、前記複数系統の電力変換回路のそれぞれに対応させて互いに位相を異ならせた搬送波及び同一の信号波に基づいて、前記制御信号を出力する制御部と、

を備えた電力変換装置。

## 【請求項 2】

前記電力変換回路は、複数のスイッチング素子を備え、

前記制御信号は、前記スイッチング素子のオン/オフを切り替えるスイッチング制御信号とされている、

請求項 1 記載の電力変換装置。

## 【請求項 3】

前記制御部は、前記搬送波の位相を互いに異ならせるに際し、前記搬送波の位相を所定角度ずつずらして設定する、

請求項 1 又は請求項 2 記載の電力変換装置。

## 【請求項 4】

前記系統の数を  $n$  ( $n$  は、2 以上の整数) とした場合に、いずれか一つの電力変換回路に用いる前記搬送波の位相に対し、第 2 の電力変換回路、第 3 の電力変換回路、...、第  $n$  の電力変換回路に用いる前記搬送波の位相を、 $(180/n)^\circ$ 、 $2 \times (180/n)^\circ$ 、...、 $\{(n-1) \times (180/n)\}^\circ$  とする、

請求項 3 記載の電力変換装置。

## 【請求項 5】

前記所定角度は、前記系統の数を  $n$  ( $n$  は、2 以上の整数) とした場合に、

$$180/n^\circ$$

に設定する、

請求項 3 記載の電力変換装置。

## 【請求項 6】

前記電力変換回路は、前記搬送波及び前記信号波の振幅を比較して振幅の等しい交点を検出して、前記スイッチング素子のオン/オフを行うことにより PWM 制御がなされるインバータとして構成されている、

請求項 1 乃至請求項 5 のいずれかに記載の電力変換装置。

## 【請求項 7】

前記制御部は、互いに同期して動作するとともに、前記複数系統の電力変換回路のそれぞれを制御する複数の個別制御部を備えている、

請求項 1 乃至請求項 6 のいずれかに記載の電力変換装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明の実施形態は、電力変換装置に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

近年、社会を取り巻く環境の変化から省エネへの関心が高まっている。鉄道車両用の駆動システムに目を向ければ、従来の誘導電動機(以下、IM)に代わり、原理的に高効率な永久磁石同期電動機(以下、PMSM)を用いた駆動システムへの転換が始まりつつある(例えば、特許文献 1 参照)。

## 【0003】

PMSM 駆動システムの特徴として、従来用いられてきた IM 駆動システムとは異なり

10

20

30

40

50

、複数のPMSMを駆動する際に必ずPMSMと同数の電力変換回路が必要となることが挙げられる。これは、IMがすべりを制御することで複数のIMを一括で駆動制御できるのに対し、PMSMは個々について電機子磁束と界磁磁束が同期していなければ制御が成立しないことによる。これは鉄道車両向けPMSM駆動システムのデメリットと言える。

【0004】

また、PMSMとIMで同一トルクを出力しようとする場合、PMSMはIMに比べより大きなモータ電流が必要となる傾向がある。これより、IMに比べてPMSMはより大容量の電力変換装置が必要になる。さらに、1つの直流電源から複数の電力変換装置を並列接続してPMSMを駆動するような回路構成の場合、半導体素子のスイッチング動作に伴う電力変換器の直流側に発生する電流リップルも増加するため、直流電圧を安定化させるフィルタコンデンサの容量も多く必要となる。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特許第4382571号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ところで、従来の1系統の直流電源から複数の電力変換回路を用いて複数のPMSMを駆動するシステムにおいては、PMSM制御の安定性を高めるために直流電源部にコンデンサを接続して直流電圧の安定化を図ってきた。しかし、PMSM出力を増大しようとする場合、電動機電流が大きくなり、電力変換装置の直流側、即ち直流電源側により大きな脈動電流が流れることになる。

20

【0007】

これに対応するために、従来の技術においては、フィルタコンデンサ容量の増加を図ることが必要であった。しかし、機器の小型化、低廉化要求が高まる中、フィルタコンデンサ容量の増加は望ましいことではなかった。

【0008】

本発明は、上記のような課題を解決するためのものであり、複数の電力変換回路を並列接続するような駆動システム構成において、出力の増大時等に各電力変換回路が内蔵する半導体素子のスイッチングにより生じる直流脈波成分(直流電流のリップル成分)を抑制することを目的としている。

30

【課題を解決するための手段】

【0009】

実施形態の電力変換装置は、入力された制御信号に基づいて、供給された直流電力を三相交流電力に変換し、それぞれ対応する負荷に供給する複数系統の電力変換回路を備えている。制御部は、三相交流電力の同一相における電流供給状態と電流非供給状態との間の遷移タイミングが、複数系統の電力変換回路同士において互いに異なるように、複数系統の電力変換回路のそれぞれに対応させて互いに位相を異ならせた搬送波及び同一の信号波に基づいて、制御信号を複数系統の電力変換回路のそれぞれに出力する。

40

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】図1は、実施形態の鉄道車両用駆動制御装置の概要構成ブロック図である。

【図2】図2は、第1制御部及び第2制御部のそれぞれが生成する搬送波の位相の説明図である。

【図3】図3は、同一期間において第1電力変換回路及び第2電力変換回路へ流れ込む各部の電流波形の説明図である。

【図4】図4は、第1電力変換回路及び第2電力変換回路における1周期分のU相電流波形の説明図である。

【図5】図5は、第1電力変換回路及び第2電力変換回路における1周期分のV相電流波

50

形の説明図である。

【図6】図6は、第1電力変換回路及び第2電力変換回路における1周期分のW相電流波形の説明図である。

【図7】図7は、フィルタコンデンサの充放電電流の実効値の説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、実施形態について図面を参照して説明する。

図1は、実施形態の鉄道車両用駆動制御装置の概要構成ブロック図である。

鉄道車両用駆動制御装置100は、図1に示すように、直流き電線1から直流電力が供給されるパンタグラフ2と、線路3を介して接地（低電位側電源）された車輪4と、の間に、遮断器5、フィルタリアクトル6及びフィルタコンデンサ7が直列に接続されている。さらにフィルタコンデンサ7と並列に接続され、直流電圧を検出する直流電圧検出器8が設けられている。

10

【0012】

また、鉄道車両用駆動制御装置100は、フィルタコンデンサ7と並列に接続されるとともに、インバータとして構成され、直流き電線1から供給された直流電力を三相交流電力（U相、V相、W相）に変換する第1電力変換回路10aと、第1電力変換回路10aから供給されるU相電流IU1を検出する第1U相電流検出器11-1aと、第1電力変換回路10aから供給されるW相電流IW1を検出する第1W相電流検出器11-1bと、U相電流IU1を供給するU相電流供給ライン12-1aと、V相電流IV1を供給するV相電流供給ライン12-1bと、W相電流IW1を供給するW相電流供給ライン12-1cと、供給されたU相電流IU1、V相電流IV1及びW相電流IW1により駆動される第1永久磁石同期電動機（PMSM）13aと、を備えている。

20

【0013】

さらに、鉄道車両用駆動制御装置100は、フィルタコンデンサ7と並列に接続されるとともに、インバータとして構成され、直流き電線1から供給された直流電力を三相交流電力（U相、V相、W相）に変換する第2電力変換回路10bと、第2電力変換回路10bから供給されるU相電流IU2を検出する第2U相電流検出器11-2aと、第2電力変換回路10bから供給されるW相電流IW2を検出する第2W相電流検出器11-2bと、U相電流IU2を供給するU相電流供給ライン12-2aと、V相電流IV2を供給するV相電流供給ライン12-2bと、W相電流IW2を供給するW相電流供給ライン12-2cと、供給されたU相電流IU2、V相電流IV2及びW相電流IW2により駆動される第2永久磁石同期電動機（PMSM）13bと、を備えている。

30

【0014】

さらにまた、鉄道車両用駆動制御装置100は、直流電圧検出器8が検出した直流電圧、第1U相電流検出器11-1aが検出したU相電流IU1及び第1W相電流検出器11-1bが検出したW相電流IW1に基づいて、第1U相電流検出器11-1aを制御する第1制御部14aと、第1制御部14aと同期動作するとともに、直流電圧検出器8が検出した直流電圧、第2U相電流検出器11-2aが検出したU相電流IU2及び第2W相電流検出器11-2bが検出したW相電流IW2に基づいて、第2U相電流検出器11-2aを制御する第2制御部14bと、を備えている。

40

【0015】

ここで、第1制御部14a及び第2制御部14bは、それぞれ個別制御部として機能し、連携して制御部として機能している。すなわち、第1制御部14a及び第2制御部14bは、互いに通信を行っており、第1制御部14aが第1電力変換回路10aを制御し、第2制御部14bが第2電力変換回路10bを制御するに際して、同期して動作を行うようになっている。

【0016】

より詳細には、第1制御部14a及び第2制御部14bは、三相交流電力の同一相における電流供給状態と電流非供給状態との間の遷移タイミングが、第1制御部14a及び第

50

2 制御部 1 4 b (複数系統の電力変換回路) 同士において互いに異なるように、第 1 制御部 1 4 a 及び第 2 制御部 1 4 b のそれぞれに対応させて互いに位相を異ならせた搬送波 (後述の図 2 (a) 参照) 及び同一の信号波に基づいて、第 1 制御部 1 4 a は第 1 電力変換回路 1 0 a に第 1 PWM 制御信号 PWM 1 (制御信号) を出力し、第 2 制御部 1 4 b は、第 2 電力変換回路 1 0 b に第 2 PWM 制御信号 PWM 2 を出力している。

【0017】

なお、第 1 PWM 信号 PWM 1 及び第 2 PWM 信号 PWM 2 は、それぞれ、第 1 電力変換回路 1 0 a あるいは第 2 電力変換回路 1 0 b を構成している半導体素子 (たとえば、IGBT のゲート) に入力される複数のスイッチング制御信号の束として構成されている。

【0018】

次に実施形態の動作を説明する。

まず、直流電線 1 からパンタグラフ 2 及び遮断器 5 を介して、直流電力が供給されると、供給された直流電力は、フィルタリアクトル 6 及びフィルタコンデンサ 7 で構成されるロウパスフィルタにより電圧平滑化及び電圧安定化がなされて直流電流  $I_{dc}$  として供給され、第 1 電力変換回路 1 0 a 及び第 2 電力変換回路 1 0 b に供給される。

【0019】

このとき、直流電流  $I_{dc}$  は、直流電流  $I_{dc1}$  及び直流電流  $I_{dc2}$  に分流され、直流電流  $I_{dc1}$  が第 1 電力変換回路 1 0 a に流れ込み、直流電流  $I_{dc2}$  が第 2 電力変換回路 1 0 b に流れ込むこととなる。

また、直流電流  $I_{dc}$  の電圧 (直流電圧) が直流電圧検出器 8 により検出され、検出結果は、第 1 制御部 1 4 a 及び第 2 制御部 1 4 b に通知される。

【0020】

第 1 制御部 1 4 a 及び第 2 制御部 1 4 b は、第 1 永久磁石同期電動機 1 3 a 及び第 2 永久磁石同期電動機 1 3 b のトルク制御及び回転数制御を行うため、PWM 制御信号を第 1 電力変換回路 1 0 a 及び第 2 電力変換回路 1 0 b にそれぞれ出力する。

【0021】

これにより、第 1 電力変換回路 1 0 a 及び第 2 電力変換回路 1 0 b をそれぞれ構成している IGBT 等の半導体素子のオン・オフ制御がなされて、第 1 電力変換回路 1 0 a 及び第 2 電力変換回路 1 0 b は、入力された直流電力を所望の周波数及び電圧を有する三相交流電力に変換して、第 1 永久磁石同期電動機 1 3 a あるいは第 2 永久磁石同期電動機 1 3 b に出力する。

【0022】

このとき、第 1 電力変換回路 1 0 a および第 2 電力変換回路 1 0 b の出力する三相交流電力は、各相の位相のずれが同一である対称三相交流であり、互いに同一位相となるように制御されている。

さらに、第 1 電力変換回路 1 0 a の U 相用半導体素子を流れる U 相電流  $I_{U1}$  は、第 1 U 相電流検出器 1 1 - 1 a により検出され、W 相用半導体素子を流れる W 相電流  $I_{W1}$  は、第 1 W 相電流検出器 1 1 - 1 b により検出され、第 1 制御部 1 4 a に取り込まれる。

【0023】

同様に、第 2 電力変換回路 1 0 b の U 相用半導体素子を流れる U 相電流  $I_{U2}$  は、第 2 U 相電流検出器 1 1 - 2 a により検出され、W 相用半導体素子を流れる W 相電流  $I_{W2}$  は、第 2 W 相電流検出器 1 1 - 2 b により検出され、第 2 制御部 1 4 b に取り込まれる。

【0024】

図 2 は、第 1 制御部及び第 2 制御部のそれぞれが生成する搬送波の位相の説明図である。

本実施形態においては、図 2 (a) に示すように、第 1 制御部 1 4 a と、第 2 制御部 1 4 b とで、生成する搬送波の位相差を  $90^\circ$  としている。なお、図 2 (b) は、参考のため、位相差が  $0^\circ$  の場合を示している。

【0025】

これは、第 1 電力変換回路 1 0 a を構成している半導体素子 (スイッチング素子) のス

10

20

30

40

50

スイッチングタイミングと、第2電力変換回路10bを構成している半導体素子（スイッチング素子）のスイッチングタイミングと、をずらすためである。

【0026】

これにより複数系統の電力変換回路としての第1電力変換回路10aと第2電力変換回路10b同士において互いに電流供給状態（スイッチング素子オン状態）と電流非供給状態（スイッチング素子オフ状態）との間の遷移タイミングが異なるようにしており、半導体素子のスイッチングに起因する突入電流を抑制、あるいは、相殺し、フィルタコンデンサ7における充放電電流を抑制することができるようになっている。

【0027】

ここで、より具体的に説明する。

10

図3は、同一期間において第1電力変換回路及び第2電力変換回路へ流れ込む各部の電流波形の説明図である。

ここで、図3(a)は、第1電力変換回路10aに流れ込む電流 $I_{dc1}$ の電流波形であり、図3(b)は、第2電力変換回路10bに流れ込む電流 $I_{dc2}$ の電流波形であり、図3(c)は、それらの合計電流である電流 $I_{dc}$ の電流波形である。

【0028】

図3(a)及び図3(b)に示すように、電流 $I_{dc1}$ の電流ピークと電流 $I_{dc2}$ の電流ピークとは、ずれたタイミングとなっているため、それらの合計電流である電流 $I_{dc}$ は、図3(c)に示すように、単純に倍増することではなく、全体としての電流ピークが抑制されており、フィルタコンデンサ7を流れる充放電電流が抑制されることが容易に想像できる。

20

【0029】

この点について、より詳細に検討する。

図4は、第1電力変換回路及び第2電力変換回路における1周期分のU相電流波形の説明図である。

図5は、第1電力変換回路及び第2電力変換回路における1周期分のV相電流波形の説明図である。

図6は、第1電力変換回路及び第2電力変換回路における1周期分のW相電流波形の説明図である。

【0030】

30

図4～図6に示すように、第1電力変換回路10aと第2電力変換回路10bにおいて、U相電流 $I_{U1}$ とU相電流 $I_{U2}$ との組み合わせ、V相電流 $I_{V1}$ とV相電流 $I_{V2}$ との組み合わせ、あるいは、W相電流 $I_{W1}$ とW相電流 $I_{W2}$ との組み合わせのいずれにおいても、多くの電流波形立ち上がりタイミング及び電流波形立ち下がりタイミングが互いにずれることとなっている。

したがって、スイッチとしての半導体素子のオン/オフ切替時の直流脈動成分（リップル成分、突入電流）が抑制されていることがわかる。

【0031】

図7は、フィルタコンデンサの充放電電流の実効値の説明図である。

40

この結果、例えば、図7(a)に示すように、フィルタコンデンサ7の充放電電流の実効値が118.7Aとなっており、第1制御部14aと、第2制御部14bとで、用いる搬送波の位相差を $0^\circ$ とした場合（従来技術に相当：図2(b)参照）のフィルタコンデンサ7の充放電電流の実効値である199.6A（図7(b)参照）と比較して大きく減少していることがわかる。

【0032】

したがって、本実施形態によれば、負荷を増大させるに伴って増加する直流脈動成分の増加に対応するためのフィルタコンデンサの容量増大を抑制や、脈動電流によるフィルタコンデンサの発熱の抑制に効果を発揮し、機器の小型化や低廉化に寄与することができる。

【0033】

50

次に実施形態の変形例について説明する。

以上の説明は、二つの電力変換回路を連携させる場合であって、二つの電力変換回路に用いる搬送波の位相を $90^\circ$ ずらす場合のものであったが、三つの電力変換回路を用いる場合には、第1の電力変換回路に用いる搬送波の位相に対し、第2の電力変換回路に用いる搬送波の位相を $60^\circ$ ずらし、第3の電力変換回路に用いる搬送波の位相を $120^\circ$ ずらすようにすれば実施形態と同様の効果が得られる。

【0034】

さらに四つの電力変換回路を用いる場合には、第1の電力変換回路に用いる搬送波の位相に対し、第2の電力変換回路に用いる搬送波の位相を $45^\circ$ ずらし、第3の電力変換回路に用いる搬送波の位相を $90^\circ$ ずらし、第4の電力変換回路に用いる搬送波の位相を $135^\circ$ ずらすようにすれば実施形態と同様の効果が得られる。

10

【0035】

以上の観点から、一般化すれば、 $n$ 個 ( $n$ は、2以上の整数)の電力変換回路を用いる場合には、第1の電力変換回路に用いる搬送波の位相に対し、第2の電力変換回路、第3の電力変換回路、……、第 $n$ の電力変換回路に用いる搬送波の位相を、それぞれ、 $(180/n)^\circ$ ずつずらし、 $(180/n)^\circ$ 、 $2 \times (180/n)^\circ$ 、……、 $\{(n-1) \times (180/n)\}^\circ$ ずらすようにすれば実施形態と同様の効果が得られる。

【0036】

以上の説明は、電力変換回路の数(電力変換回路の系統数)に応じて最も効率よく直流脈動成分を抑制する構成であるが、三相交流電力の同一相における電流供給状態(スイッチング素子オン状態)と電流非供給状態(スイッチング素子オフ状態)との間の遷移タイミングが、複数系統の電力変換回路同士において互いに異なるように、複数系統の電力変換回路のそれぞれに対応させて互いに位相を異ならせた搬送波及び同一の信号波に基づいて、制御信号を複数系統の電力変換回路のそれぞれに出力するようにすれば、必ずしも上記一般化の条件を満たす位相としなくても(例えば、 $\{(180/n) + \quad\}^\circ$  ( $\quad$ は微小角:数度程度)、同様の効果が得られる。

20

【0037】

以上、本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、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、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、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。

30

【符号の説明】

【0038】

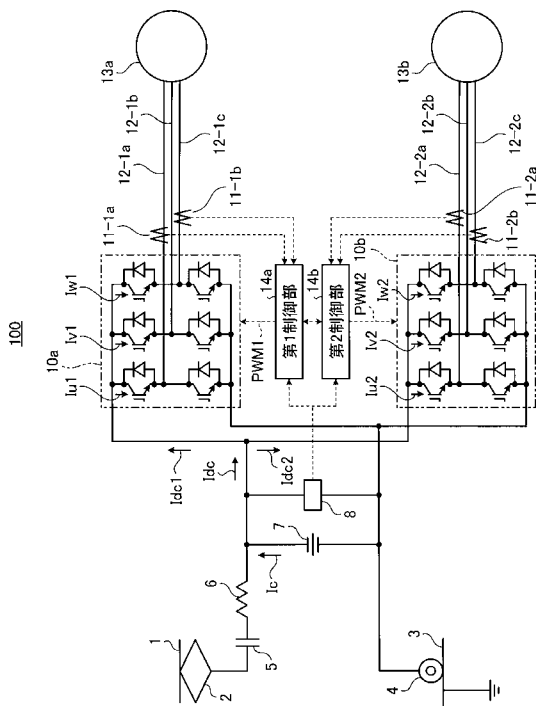
- 1 直流き電線
- 2 パンタグラフ
- 3 線路
- 4 車輪
- 5 遮断器
- 6 フィルタリアクトル
- 7 フィルタコンデンサ
- 8 直流電圧検出器
- 10 a 第1電力変換回路
- 10 b 第2電力変換回路
- 11 - 1 a 第1U相電流検出器
- 11 - 1 b 第1W相電流検出器
- 11 - 2 a 第2U相電流検出器
- 11 - 2 b 第2W相電流検出器
- 12 - 1 a U相電流供給ライン

40

50

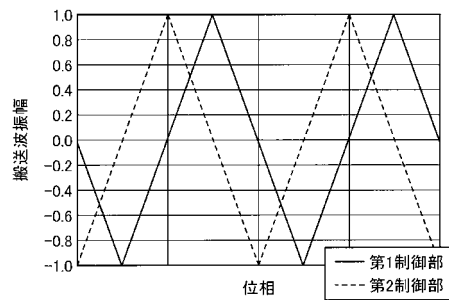
- 1 2 - 1 b V相電流供給ライン
- 1 2 - 1 c W相電流供給ライン
- 1 3 a 第1永久磁石同期電動機
- 1 3 b 第2永久磁石同期電動機
- 1 4 a 第1制御部(制御部、個別制御部)
- 1 4 b 第2制御部(制御部、個別制御部)
- 1 0 0 鉄道車両用駆動制御装置
- I U 1、I U 2 U相電流
- I V 1、I V 2 V相電流
- I W 1、I W 2 W相電流
- I d c、I d c 1、I d c 2 直流電流

【 図 1 】

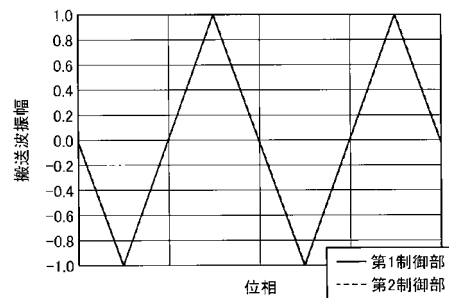


【 図 2 】

(a) 位相差90°

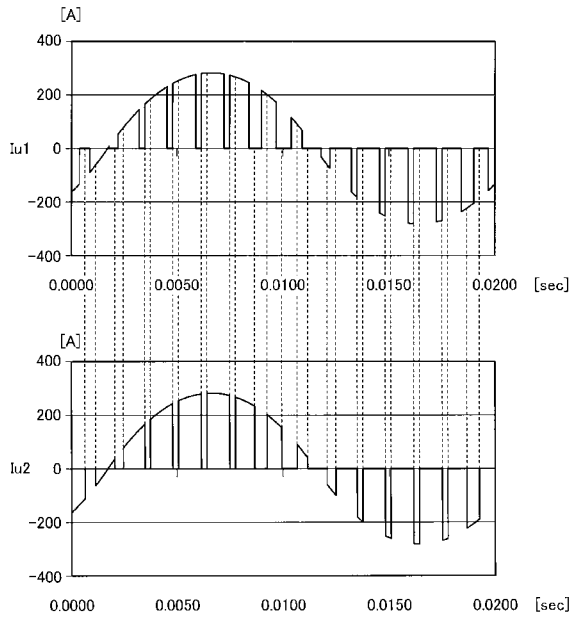


(b) 位相差0° (従来技術相当)

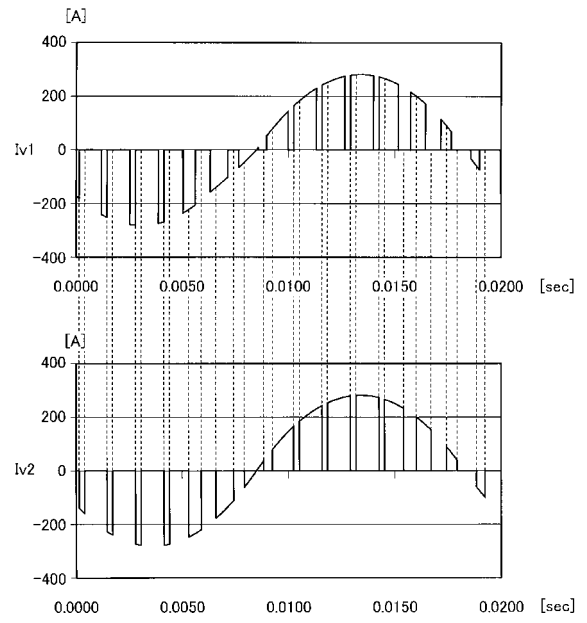




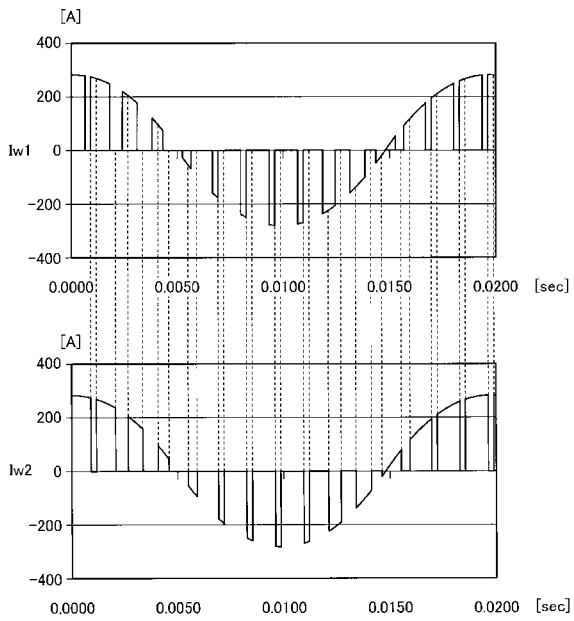
【 図 4 】



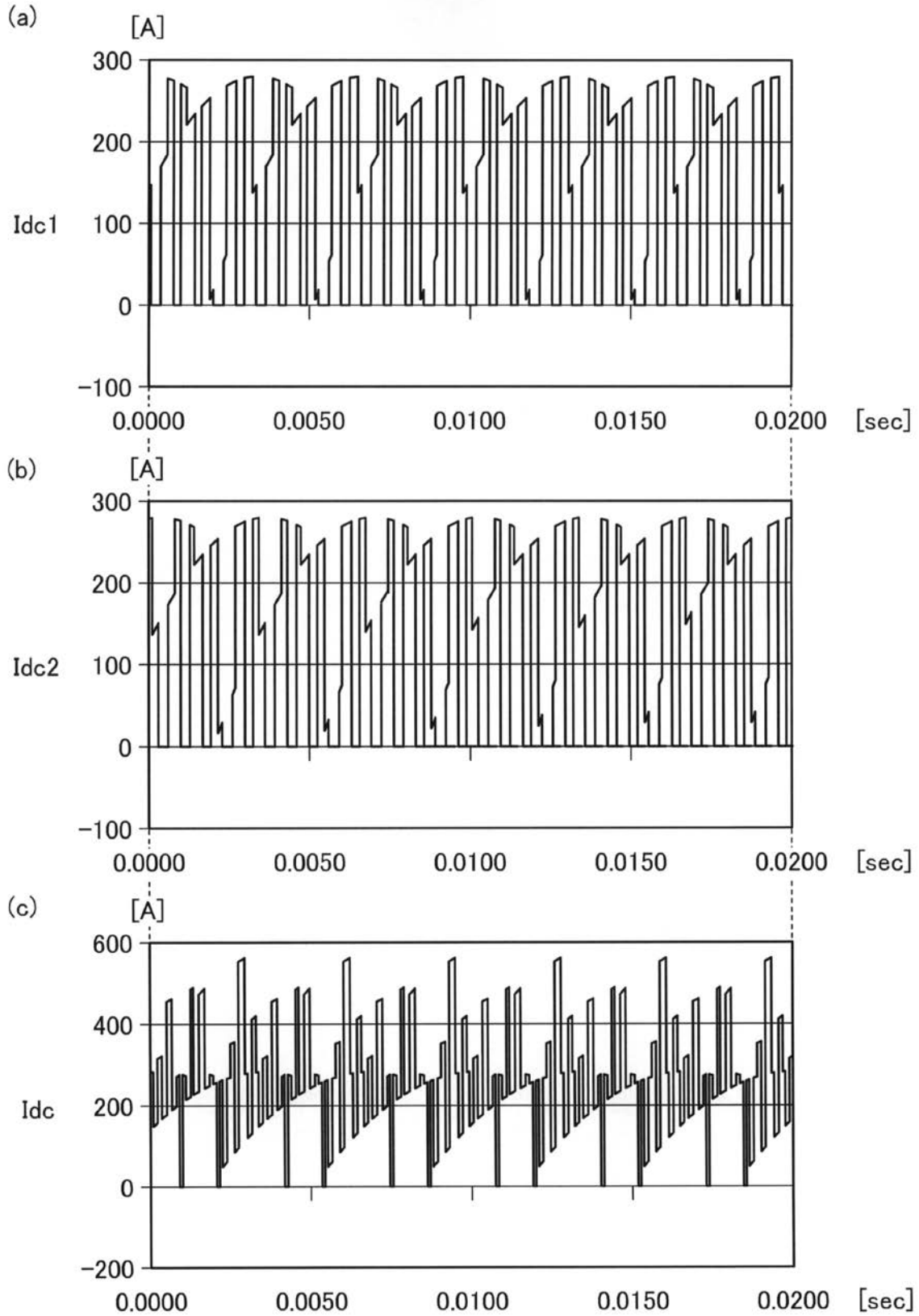
【 図 5 】



【 図 6 】

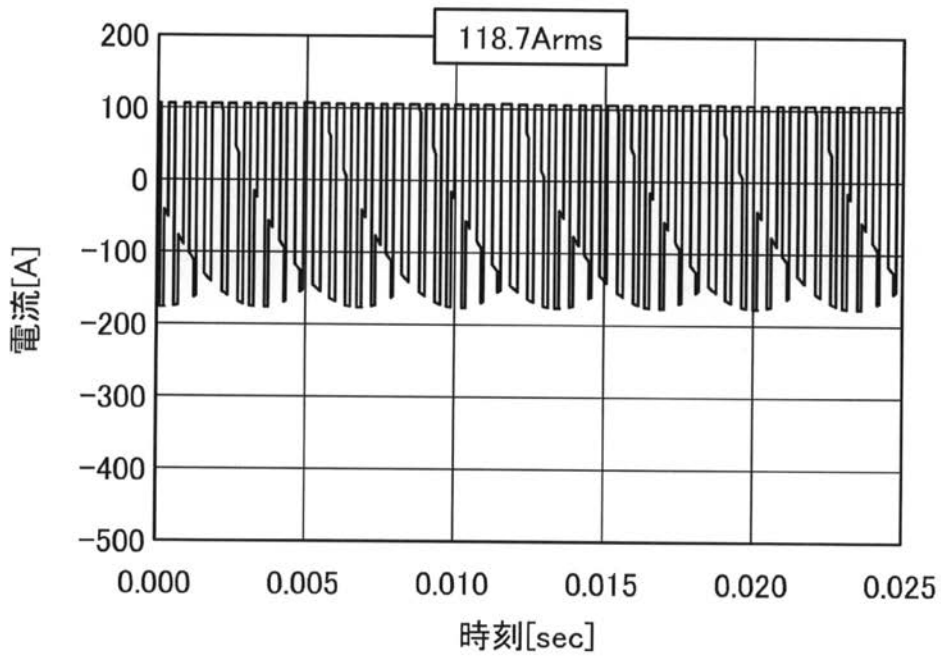


【 図 3 】



【图 7】

(a) 位相差 $90^\circ$



(b) 位相差 $0^\circ$

