

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4924711号
(P4924711)

(45) 発行日 平成24年4月25日(2012.4.25)

(24) 登録日 平成24年2月17日(2012.2.17)

(51) Int.Cl.	F I	
HO2P 3/18 (2006.01)	HO2P 3/18	1 O 1 B
HO2P 27/06 (2006.01)	HO2P 7/63	3 O 2 R
HO2M 7/12 (2006.01)	HO2M 7/12	H
HO2M 7/797 (2006.01)	HO2M 7/12	6 O 1 A
HO2M 7/219 (2006.01)	HO2M 7/797	

請求項の数 10 (全 16 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2009-510661 (P2009-510661)
 (86) (22) 出願日 平成19年4月10日(2007.4.10)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2007/057860
 (87) 国際公開番号 W02008/129623
 (87) 国際公開日 平成20年10月30日(2008.10.30)
 審査請求日 平成21年5月20日(2009.5.20)

(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
 (74) 代理人 100113077
 弁理士 高橋 省吾
 (74) 代理人 100112210
 弁理士 稲葉 忠彦
 (74) 代理人 100108431
 弁理士 村上 加奈子
 (74) 代理人 100128060
 弁理士 中鶴 一隆
 (72) 発明者 林 良知
 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三
 菱電機株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電源回生コンバータ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

三相誘導電動機で発生する誘導起電力を蓄積する平滑コンデンサと、前記平滑コンデンサの端子電圧をスイッチングして三相交流電源に電力回生動作を行う回生トランジスタと、前記三相交流電源の線間電圧を検出する線間電圧検出部と、前記線間電圧検出部の出力信号である線間電圧波形の歪成分を除去し、前記線間電圧波形から歪成分を除去した波形の振幅及び位相の少なくとも一方を、前記線間電圧波形に基づき補正して基本波形を生成する基本波形生成部と、前記基本波形生成部の出力信号に基づいて回生トランジスタのオン/オフ制御に用いるベース駆動信号を作成するベース駆動信号作成部と、前記ベース駆動信号を出力するベース駆動信号出力部と、を備えたことを特徴とする電源回生コンバータ。

【請求項2】

前記基本波形生成部の出力信号から前記三相交流電源の電源電圧を検出する基準電圧検出部と、前記平滑コンデンサの端子電圧を検出するPN母線電圧検出部と、を備え、前記ベース駆動信号出力部は、前記ベース駆動信号作成部の出力信号と前記基準電圧検出部からの出力信号と前記PN母線電圧検出部からの出力信号とをを入力し、前記基準電圧検出部からの出力信号と前記PN母線電圧検出部からの出力信号との差分値に基づき、前記ベース駆動信号出力のオン/オフを行うことを特徴とする請求項1に記載の電源回生コンバータ。

【請求項3】

前記基本波形生成部は、前記線間電圧検出部の出力信号から歪成分を除去する高周波成分除去フィルタ部と、前記高周波成分除去フィルタ部の出力信号の周波数を算出する周波数算出部と、前記高周波成分除去フィルタ部の出力信号の振幅及び位相のうち少なくとも一方を補正する補正部と、を備えたことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の電源回生コンバータ。

【請求項 4】

三相誘導電動機で発生する誘導起電力を蓄積する平滑コンデンサと、前記平滑コンデンサの端子電圧をスイッチングして三相交流電源に電力回生動作を行う回生トランジスタと、前記三相交流電源の線間電圧を検出する線間電圧検出部と、前記線間電圧検出部の出力信号から、電源電圧歪成分が混在していない前記三相交流電源の線間電圧波形と定義する基本波形を生成する基本波形生成部と、前記基本波形生成部の出力信号に基づいて回生トランジスタのオン/オフ制御に用いるベース駆動信号を作成するベース駆動信号作成部と、前記ベース駆動信号を出力するベース駆動信号出力部と、前記線間電圧検出部の出力信号と前記基本波形生成部の出力信号に基づき、前記三相交流電源に混在する電源電圧歪成分を抽出する歪成分抽出部と、を備え、前記歪成分抽出部の出力信号から電源電圧歪成分の電圧振幅を算出する歪電圧算出部と、前記歪成分抽出部の出力信号から電源電圧歪成分の周波数成分を算出する歪成分周波数算出部と、前記歪電圧算出部の出力信号と前記基準電圧検出部の出力信号とから電源電圧歪の歪率を算出する歪率算出部のうち、少なくとも 1 つをさらに備えたことを特徴とする電源回生コンバータ。

10

20

【請求項 5】

前記基本波形生成部は、前記線間電圧検出部の出力信号から歪成分を除去する高周波成分除去フィルタ部と、前記高周波成分除去フィルタ部の出力信号の周波数を算出する周波数算出部と、前記高周波成分除去フィルタ部の出力信号の振幅及び位相のうち少なくとも一方を補正する補正部と、を備えたことを特徴とする請求項 4 に記載の電源回生コンバータ。

【請求項 6】

前記歪成分抽出部は前記線間電圧検出部の出力信号と前記基本波形生成部の出力信号の差分をとる減算部を備えたことを特徴とする請求項 4 または 5 に記載の電源回生コンバータ。

30

【請求項 7】

三相誘導電動機で発生する誘導起電力を蓄積する平滑コンデンサと、前記平滑コンデンサの端子電圧をスイッチングして三相交流電源に電力回生動作を行う回生トランジスタと、前記三相交流電源の線間電圧を検出する線間電圧検出部と、前記線間電圧検出部の出力信号から、電源電圧歪成分が混在していない前記三相交流電源の線間電圧波形と定義する基本波形を生成する基本波形生成部と、前記基本波形生成部の出力信号に基づいて回生トランジスタのオン/オフ制御に用いるベース駆動信号を作成するベース駆動信号作成部と、前記ベース駆動信号を出力するベース駆動信号出力部と、前記線間電圧検出部の出力信号と前記基本波形生成部の出力信号に基づき、前記三相交流電源に混在する電源電圧歪成分を抽出する歪成分抽出部と、前記基本波形生成部の出力信号から前記三相交流電源の電源電圧を検出する基準電圧検出部と、前記平滑コンデンサの端子電圧を検出する P N 母線電圧検出部と、を備え、前記ベース駆動信号出力部は、前記歪成分抽出部の出力信号について補正を行う歪成分補正部と、電源電圧歪が混在しない場合の回生動作を開始するためのしきい値となる回生開始電圧と前記歪成分補正部の出力信号とを加算する加算器と、前記 P N 母線電圧検出部の出力信号と前記基準電圧検出部の出力信号とを入力し減算を行う減算器と、前記加算器の出力信号と前記減算器の出力信号を入力し比較を行う比較器と、前記比較器の出力信号に基づき、前記ベース駆動信号作成部の出力信号を回生トランジスタへ出力するスイッチ部を備えたことを特徴とする電源回生コンバータ。

40

【請求項 8】

50

前記歪成分補正部は、前記歪成分抽出部の出力信号について、その周期は維持し周期以外の補正を行うことを特徴とする請求項 7 に記載の電源回生コンバータ。

【請求項 9】

前記基本波形生成部は、前記線間電圧検出部の出力信号から歪成分を除去する高周波成分除去フィルタ部と、前記高周波成分除去フィルタ部の出力信号の周波数を算出する周波数算出部と、前記高周波成分除去フィルタ部の出力信号の振幅及び位相のうち少なくとも一方を補正する補正部と、を備えたことを特徴とする請求項 7 または 8 に記載の電源回生コンバータ。

【請求項 10】

前記歪成分抽出部は前記線間電圧検出部の出力信号と前記基本波形生成部の出力信号の差分をとる減算部を備えたことを特徴とする請求項 7 または 8 に記載の電源回生コンバータ。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電源回生コンバータに関するものである。

【背景技術】

【0002】

電源回生コンバータは、三相誘導電動機を可変速制御するインバータ装置と三相交流電源との間に配置され、三相交流電源と電源回生コンバータの間にはリアクトルが配置される。電源回生コンバータは、三相誘導電動機(以下モータ)の減速時に発生する誘導起電力を三相交流電源に回生する。モータが減速すると、それによって発生した誘導起電力による電流が、電源回生コンバータ内の平滑コンデンサの両端に流れ込み、電源回生コンバータの回生トランジスタがオンすると平滑コンデンサから電源へ回生電流が流れる。

20

【0003】

このように、電源回生コンバータの平滑コンデンサの電圧と、電源電圧の電圧差を利用し、リアクトルにより電流制限で電流を流すため、オンする回生トランジスタの位相を誤ると電圧差が大きくなり、急激に大電流が流れて装置の停止や破損を招く恐れがある。そのため、直流母線電圧値と回生開始電圧値を比較し、直流母線電圧値が回生開始電圧より高くなったとき回生動作を開始している。また、回生動作中の各回生トランジスタへの指令は、検出した三相線間電圧の位相をもとに生成した回生トランジスタのオン/オフ信号を使用し電源回生動作を行っている。(例えば特許文献 1 参照)

30

【0004】

【特許文献 1】特開 2000 - 253686 号公報(段落 0018 ~ 0021、図 1)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、従来の電源回生コンバータは、線間電圧のゼロクロス点監視により線間電圧位相検出を行っているために、三相交流電源に電源電圧歪が混在した場合、線間電圧位相検出が狂う場合があった。また、回生トランジスタのオン/オフ制御信号を位相検出信号から作成するため、スイッチングのオン/オフのタイミングが狂い、過大な電流が流れる場合があった。そして、電源や装置の破損によりシステム停止になる可能性があった。

40

【0006】

本発明は、上記課題を解決するためになされたものであり、三相交流電源に電源電圧歪が混在した場合でも安定した回生動作を行える電源回生コンバータを得ることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

この発明にかかる電源回生コンバータは、三相誘導電動機で発生する誘導起電力を蓄積

50

する平滑コンデンサと、前記平滑コンデンサの端子電圧をスイッチングして三相交流電源に電力回生動作を行う回生トランジスタと、前記三相交流電源の線間電圧を検出する線間電圧検出部と、前記線間電圧検出部の出力信号である線間電圧波形の歪成分を除去し、前記線間電圧波形から歪成分を除去した波形の振幅及び位相の少なくとも一方を、前記線間電圧波形に基づき補正して基本波形を生成する基本波形生成部と、前記基本波形生成部の出力信号に基づいて回生トランジスタのオン/オフ制御に用いるベース駆動信号を作成するベース駆動信号作成部と、前記ベース駆動信号を出力するベース駆動信号出力部と、を備えたことを特徴とする。

【発明の効果】

【0008】

この発明によれば、電源電圧の基本波形から正確な電圧位相検出を実施できるため、歪成分の影響を受けることなく回生トランジスタのオン/オフ制御信号を生成できる。これにより、過電圧や過電流による装置や電源の破損を防ぎ、システム停止しない電源回生コンバータを実現できる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】電源回生コンバータの構成を示すブロック図である。

【図2】線間電圧検出部からベース駆動信号作成部までのブロック図である。

【図3】基本波形生成部の内部構成を示すブロック図である。

【図4】線間電圧検出部の出力波形と基本波形生成部の出力波形を示す図である。

【図5】ローパスフィルタのボード線図である。

【図6】回生動作時のタイムチャートである。

【図7】ベース駆動信号出力部の内部構成を示すブロック図である。

【図8】電源回生コンバータの構成を示すブロック図である。

【図9】歪成分抽出部の内部構造を示す図である。

【図10】電源回生コンバータの構成を示すブロック図である。

【図11】ベース駆動信号出力部の内部構成を示すブロック図である。

【図12】回生動作時のタイムチャートである。

【符号の説明】

【0010】

1、1A、1B 電源回生コンバータ、3 三相交流電源、5 三相誘導電動機、6 線間電圧検出部、7 ベース駆動信号作成部、8 PN母線電圧検出部、9、9A ベース駆動信号出力部、10 基本波形生成部、11 歪成分抽出部、12 基準電圧検出部、21 高周波成分除去フィルタ、22 周波数算出部、23 補正部、24 歪成分周波数検出部、25 歪電圧検出部、26 歪率算出部、27、28、29、41 減算器、40 歪成分補正部、42 加算器、43 比較器、44 スイッチ、70 回生部、71 平滑コンデンサ、81、82、83、84、85、86 回生トランジスタ。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

実施の形態1.

図1は、本実施の形態の電源回生コンバータの構成を示すブロック図である。以下にその構成について説明する。電源回生コンバータ1は、三相(R相、S相、T相)の交流電源を発生する三相交流電源3と、モータ5を可変速制御するインバータ装置4との間に配置される。ここで、電源回生コンバータ1は、交流電源端子51、52、53、54、55、56を備えている。交流電源端子51、52、53は、リアクトル2を介して三相交流電源3の各電源端子に接続され、交流電源端子54、55、56は、リアクトル2を介さずに三相交流電源3の各電源端子と接続する。また、電源回生コンバータ1の直流電源端子57、58はインバータ装置4内の直流母線に接続される。電源回生コンバータ1内には、直流電源端子57、58に接続される直流母線59、60が配置され、直流母線59、60間には、平滑コンデンサ71が接続される。平滑コンデンサ71の両端は、平滑

10

20

30

40

50

コンデンサ 71 の両端電圧を検出する P N 母線電圧検出部 8 に接続される。

電源回生コンバータ 1 内の直流母線 59、60 間には、回生トランジスタ 81、82、83、84、85、86 とダイオード 91、92、93、94、95、96 を備える回生部 70 が配設され、直流母線 59、60 間に、直列接続した回生トランジスタ 81、82、回生トランジスタ 83、84、および回生トランジスタ 85、86 の 3 組が並列に接続される。すなわち、直流母線 59 には、上アームを構成する回生トランジスタ 81、83、85 のコレクタ端子が接続され、直流母線 60 には、下アームを構成する回生トランジスタ 82、84、86 のエミッタ端子が接続される。そして、回生トランジスタ 81 のエミッタ端子と回生トランジスタ 82 のコレクタ端子とは、共通に交流電源端子 51 に接続される。同様に、回生トランジスタ 83 のエミッタ端子と回生トランジスタ 84 のコレクタ端子とは、交流電源端子 52 に接続され、回生トランジスタ 85 のエミッタ端子と回生トランジスタ 86 のコレクタ端子とは、交流電源端子 53 に接続される。なお、これらの回生トランジスタ 81、82、83、84、85、86 には、ダイオード 91、92、93、94、95、96 がそれぞれ並列に接続される。すなわち、ダイオードのアノード端子は回生トランジスタのエミッタ端子に接続され、ダイオードのカソード端子は回生トランジスタのコレクタ端子に接続される。

交流電源端子 54、55、56 は、三相交流電源 3 の三相間の電源電圧波形を検出する線間電圧検出部 6 に接続され、線間電圧検出部 6 の出力端は、歪成分が混在していない三相交流電源の線間電圧波形と定義する基本波形を生成する基本波形生成部 10 に接続される。基本波形生成部 10 の出力端子は、三相交流電源 3 の電圧位相に基づき回生トランジスタのオン/オフ制御を行うベース駆動信号を作成するベース駆動信号作成部 7 と、基本波形生成部 10 の出力に基づいて三相交流電源 3 の電圧値を算出する基準電圧検出部 12 とに接続される。ベース駆動信号作成部 7、基準電圧検出部 12、P N 母線電圧検出部 8 の出力端は、三相交流電源 3 の電圧値と平滑コンデンサ 71 の両端電圧値に基づき、回生トランジスタのオン/オフ制御を行うベース駆動信号を出力するベース駆動信号出力部 9 に接続され、ベース駆動信号出力部 9 の出力端はそれぞれ回生トランジスタ 81、82、83、84、85、86 の対応するベース端子に接続される。

図 1 では、線間電圧検出部 6 の入力信号は、リアクトル 2 を介さない三相交流電源 3 の各相の電圧としたが、リアクトル 2 を介した三相交流電源 3 の各相の電圧としてもよい。

【 0012 】

次に、図 1 に示す電源回生コンバータの回生電流の流れについて説明する。まず、モータが減速することによって発生した誘導起電力による電流が平滑コンデンサ 71 の両端に流れ込むため、平滑コンデンサ 71 の電圧が上昇する。このため、電源から供給される三相電源電圧のうち最大電位を示す - 相の電位が平滑コンデンサ 71 の + 極よりも低くなり、三相の電源電圧のうち最小電位を示す - 相の電位が平滑コンデンサ 71 の - 極の電位よりも高くなる。したがって、供給される三相の電源電圧と平滑コンデンサ 71 との間に電位差が生ずるため、回生トランジスタをオンすることにより平滑コンデンサ 71 から電源へ回生電流が流れる。

【 0013 】

このように、電源回生コンバータの平滑コンデンサ電圧と電源電圧の電圧差を利用し、リアクトルによる電流制限で電流を流すため、オンする回生トランジスタの位相を誤ると、電圧差が大きくなり、急激に大電流が流れて装置の停止や破損を招く恐れがある。そのため、電源位相の検出、回生トランジスタのオン/オフ制御が重要となる。

【 0014 】

以下、ベース駆動信号を用いた回生トランジスタのオン/オフ制御について説明する。図 2 は、線間電圧検出部 6 からベース駆動信号作成部 7 までのブロック図である。図 3 は、基本波形生成部 10 の内部構成を示すブロック図である。図 4 は、線間電圧検出部 6 の出力波形と基本波形生成部 10 の出力波形を示す図である。図 5 は、1 次ローパスフィルタ $I(s)$ および 4 次ローパスフィルタ $H(s)$ のボード線図を示す図である。

【 0015 】

図 2 に示す通り、線間電圧検出部 6 は、三相交流電源 3 の三相それぞれの電圧波形 VR、VS、VT を入力し、三相それぞれの線間電圧波形 VR-S、VS-T、VT-R を検出して、それらを入力する。基本波形生成部 10 は、線間電圧検出部 6 から出力された線間電圧波形 VR-S、VS-T、VT-R を入力し、線間電圧波形から基本波形 V'R-S、V'S-T、V'T-R を生成し、ベース駆動信号作成部 7 へ出力する。ベース駆動信号作成部 7 は、基本波形 V'R-S、V'S-T、V'T-R を用いて、回生トランジスタのオン/オフ制御に用いるベース駆動信号（この実施の形態では各回生トランジスタに対応した 6 つの信号）を作成する。

【 0 0 1 6 】

次に、線間電圧検出部 6 について説明する。

線間電圧検出部 6 では、三相交流電源 3 より R - S 線間、S - T 線間、T - R 線間の線間電圧波形 VR-S、VS-T、VT-R を検出する。ここで、S - R 線間電圧波形は R - S 線間電圧波形の位相を 180° 進めたあるいは遅らせたものであり、T - S 線間電圧波形は S - T 線間電圧波形の位相を、R - T 線間電圧波形は T - R 線間電圧波形の位相を、それぞれ 180° 進めたあるいは遅らせたものである。よって、S - R 線間、T - S 線間、R - T 線間の線間電圧波形は、線間電圧検出部 6 で検出する R - S 線間、S - T 線間、T - R 線間の線間電圧波形から算出可能なので、上記 3 つの線間電圧波形 VR-S、VS-T、VT-R だけ検出すればよい。

【 0 0 1 7 】

次に、基本波形生成部 10 について説明する。

三相交流電源 3 の歪成分の影響を受けることなく回生トランジスタのオン/オフ制御に用いるベース駆動信号を作成するために、基本波形生成部 10 を以下のように構成する。図 3 に示す通り、基本波形生成部 10 は、三相交流電源 3 の線間電圧波形 VR-S、VS-T、VT-R から歪成分を除去する高周波成分除去フィルタ 21 と、高周波成分除去フィルタ 21 の出力から三相交流電源 3 の線間電圧波形の基本周波数を算出する周波数算出部 22 と、高周波成分除去フィルタ 21 からの出力の補正を行う補正部 23 とを備える。図 4 に示す通り、高周波成分除去フィルタ 21 では、線間電圧波形に混在する歪成分を除去するが、除去後の波形は位相と振幅が変化してしまう。そこで補正部 23 において、周波数算出部 22 で算出された三相交流電源 3 の線間電圧波形の基本周波数を用いて、高周波成分除去フィルタ 21 で歪成分を除去することにより変化した位相と振幅を、歪成分を含まない場合の三相交流電源 3 の線間電圧波形の位相、振幅と同じにする補正を行う。よって、基本波形生成部 10 は、三相交流電源 3 の線間電圧波形 VR-S、VS-T、VT-R を入力し、歪成分を含まない三相交流電源 3 の線間電圧波形となる基本波形 V'R-S、V'S-T、V'T-R を出力する。

【 0 0 1 8 】

次に、基本波形生成部 10 内の高周波成分除去フィルタ 21 とその出力波形信号および補正部 23 について、詳細に説明する。

高周波成分除去フィルタ 21 は、FFT アナライザ機能を有するシステムで実現する他に、ローパスフィルタやバンドパスフィルタなど様々なフィルタでその機能を実現できるが、ここでは、2 次ローパスフィルタを 2 段使用する 4 次ローパスフィルタの場合について説明する。このローパスフィルタにより、高周波である歪成分が除去され、その周波数は、歪成分がない三相交流電源 3 の周波数と同じなる。

【 0 0 1 9 】

まず、2 次ローパスフィルタについて述べる。n を折点周波数、s をラプラス演算子とすると、2 次ローパスフィルタの伝達関数 G(s) は、(1) 式のように表される。

【 0 0 2 0 】

【 数 1 】

$$G(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\omega_n s + \omega_n^2} \quad \dots \quad (1)$$

(1) 式で表される 2 次ローパスフィルタの伝達関数 G(s) を書き直すと (2) 式のよ

10

20

30

40

50

うになる。

【 0 0 2 1 】

【 数 2 】

$$G(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\omega_n s + \omega_n^2} = \left(\frac{\omega_n}{s + \omega_n} \right)^2 \dots (2)$$

(2) 式は、折点周波数 n [rad/sec] の 1 次ローパスフィルタが 2 段あるものと同等であることを示している。 10

【 0 0 2 2 】

次に、2 次ローパスフィルタを 2 段使用する 4 次ローパスフィルタの場合について考える。その場合の 4 次ローパスフィルタ伝達関数 $H(s)$ は、(3) 式ようになる。

【 0 0 2 3 】

【 数 3 】

$$H(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\omega_n s + \omega_n^2} \times \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\omega_n s + \omega_n^2} = \left(\frac{\omega_n}{s + \omega_n} \right)^4 \dots (3) \quad 20$$

(3) 式は、折点周波数 n [rad/sec] の 1 次ローパスフィルタが 4 段あるものと同等であることを示している。

【 0 0 2 4 】

ここで、前記 1 次ローパスフィルタの伝達関数を $I(s)$ とすると、 $I(s)$ 通過後のゲイン減衰量 g 、位相遅れ量 ϕ は (4) 式、(5) 式ようになる。(ω は任意の周波数)

【 0 0 2 5 】

【 数 4 】

$$g = 20 \log |I(j\omega)| = 20 \log \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega/\omega_n)^2}} \dots (4) \quad 30$$

【 0 0 2 6 】

【 数 5 】

$$\phi = \angle I(j\omega) = -\tan^{-1} \left(\frac{\omega}{\omega_n} \right) \dots (5)$$

2 次ローパスフィルタを 2 段使用する 4 次ローパスフィルタ $H(s)$ は、1 次ローパスフィルタ $I(s)$ が 4 段あるものと同等なので、高周波成分除去フィルタ 2 1 のゲイン減衰量 g_h 、位相遅れ量 ϕ_h は (6) 式、(7) 式ようになる。 40

【 0 0 2 7 】

【 数 6 】

$$g_h = 4 \times g = 80 \log \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega/\omega_n)^2}} \dots (6)$$

【 0 0 2 8 】

【 数 7 】

$$\phi_h = 4 \times \phi = -4 \tan^{-1} \left(\frac{\omega}{\omega_n} \right) \dots (7)$$

【 0 0 2 9 】

よって、高周波成分除去フィルタ 2 1 が 2 次ローパスフィルタを 2 段使用する 4 次ローパスフィルタ $H(s)$ の場合、(6) 式、(7) 式から、高周波成分除去フィルタ 2 1 のゲイン減衰量 g_h と位相遅れ量 θ は、1 次ローパスフィルタ $I(s)$ のゲイン減衰量 g および位相遅れ量 ϕ のそれぞれ 4 倍となることが分かる。

また、図 5 に、1 次ローパスフィルタ $I(s)$ と 4 次ローパスフィルタ $H(s)$ について、ゲイン対周波数の関係と位相對周波数の関係をそれぞれ直交座標上に表し一組としたボード線図を示す。これからも、4 次ローパスフィルタ $H(s)$ のゲイン減衰量 g_h と位相遅れ量 θ は、1 次ローパスフィルタ $I(s)$ のゲイン減衰量 g および位相遅れ量 ϕ のそれぞれ 4 倍となっていることが分かる。

10

【 0 0 3 0 】

ここで、図 4 に示す通り、高周波成分除去フィルタ 2 1 の出力波形の周波数は、三相交流電源 3 の線間電圧波形の周波数と同じであるため、周波数算出部 2 2 において三相交流電源 3 の線間電圧波形の基本周波数を算出後、高周波成分除去フィルタ 2 1 の折点周波数 ω_n を基本周波数に変更する。そして、歪なしの三相交流電源 3 の線間電圧波形信号に対する、(3) 式で表されるフィルタが出力する波形信号の位相遅れ量 θ は、(7) 式から算出され、1 8 0 度 ($= \pi$) となる。また、線間電圧の位相検出には影響ないが、(3) 式で表されるフィルタが出力する波形信号の振幅は、(6) 式を用いて算出され、歪なしの三相交流電源 3 の線間電圧波形の振幅の 1 / 4 となる。従って、高周波除去フィルタ 2 1 の出力は、歪なしの三相交流電源 3 の線間電圧波形と比較して振幅 1 / 4、位相が 1 8 0 度遅れた波形信号となる。

20

【 0 0 3 1 】

以下では、具体的な線間電圧波形を用いて、基本波形生成部 1 0 の動作を説明する。三相交流電源 3 の、ある 2 相間の線間電圧波形を \sin 波形とすると、高周波成分除去フィルタ 2 1 へ入力前の信号である線間電圧波形 $y_1(t)$ を (8) 式で表すことができる。ここで、 A は振幅、 t は時間である。なお、歪成分は一切混在していないものとする。

【 0 0 3 2 】

【 数 8 】

$$y_1(t) = A \sin(\omega_n t) \quad \dots \quad (8)$$

30

(8) 式で表される線間電圧を入力したときの高周波成分除去フィルタ 2 1 の出力波形信号 $y_2(t)$ は、上述の通り、歪無しの線間電圧波形に対して振幅が 1 / 4 となり位相が 1 8 0 度 ($= \pi$) 遅れるため、(9) 式となる。

【 0 0 3 3 】

【 数 9 】

$$\begin{aligned} y_2(t) &= \frac{A}{4} \sin(\omega_n t - \pi) \\ &= -\frac{A}{4} \sin(\omega_n t) \quad \dots \quad (9) \end{aligned}$$

40

【 0 0 3 4 】

(9) 式に示される高周波成分除去フィルタ 2 1 の出力波形信号 $y_2(t)$ を、(8) 式で表される三相交流電源 3 の線間電圧波形 $y_1(t)$ と同じとするために、補正部 2 3 でその位相遅れ、振幅減衰分を補正する。この場合では、補正部 2 3 を、振幅を定数倍するフィルタで構成する。高周波成分除去フィルタ 2 1 の出力信号 $y_2(t)$ を - 4 倍すれば、振幅が補正され、位相の遅れも補正される。これにより、前記 2 相間の線間電圧波形に対応する擬似的な基本波形を生成できる。

ここで、補正部 2 3 は、定数倍するフィルタに限らず、位相遅れ量およびゲイン減衰量を計算する機能を有し、様々な手法でこれらの機能を実現可能である。例えば、振幅の減衰

50

はゼロで位相のみ操作することができるオールパスフィルタによって位相遅れを補正する方法が考えられる。

【 0 0 3 5 】

以上のように、基本波形生成部 10 は、三相交流電源 3 の線間電圧波形 V_{R-S} 、 V_{S-T} 、 V_{T-R} を入力し、高周波成分除去フィルタ 21 で三相交流電源 3 の線間電圧波形の歪成分を除去し、補正部 23 でその波形の振幅と位相を三相交流電源 3 の線間電圧波形の振幅と位相に等しくなるように補正して、歪成分を含まない三相交流電源 3 の線間電圧波形となる基本波形 V'_{R-S} 、 V'_{S-T} 、 V'_{T-R} を生成し、これを出力する。

【 0 0 3 6 】

以下に、ベース駆動信号作成部 7 について説明する。

図 6 は、電源回生コンバータの回生動作中のタイムチャートであって、基本波形の電圧変化に対応する位相検出信号、回生トランジスタ、回生電流の時間的変化を示したものである。

図 1 に示すベース駆動信号作成部 7 は、基本波形生成部 10 で生成した基本波形 V'_{R-S} 、 V'_{S-T} 、 V'_{T-R} を入力する。入力した基本波形 V'_{R-S} 、 V'_{S-T} 、 V'_{T-R} の位相を 180 度進めるあるいは遅らせることで、基本波形 V'_{S-R} 、 V'_{T-S} 、 V'_{R-T} を算出する。具体的には、基本波形 V'_{R-S} 、 V'_{S-T} 、 V'_{T-R} に -1 を掛ければよい。そして、各基本波形のゼロクロスを検出し、例えば図 6 に示すように、基本波形 V'_{R-S} 、 V'_{S-T} 、 V'_{T-R} 、 V'_{S-R} 、 V'_{T-S} 、 V'_{R-T} の振幅が正の位相間ではオン、負の位相間ではオフとなるように、各基本波形に対する位相検出信号を作成する。歪成分が混在しない三相交流電源の線間電圧波形は、ほぼ \sin 波形のため基本波形も \sin 波形となり、位相検出信号のオンの位相区間の中央で基本波形の電位は最大となり、位相検出信号のオフの位相区間の中央で基本波形の電位は最小となる。よって、各位相検出信号より、基本波形の最大電位を示す相と最小電位を示す相を把握することができる。そして、回生トランジスタ 81、83、85 のうち、三相交流電源電圧の最大電位を示す相と接続した回生トランジスタをオンし、かつ、回生トランジスタ 82、84、86 のうち、三相交流電源電圧の最小電位を示す相と接続した回生トランジスタをオンし、その他の回生トランジスタはオフする、回生トランジスタ 81 ~ 86 のオン/オフ制御を行うベース駆動信号を各回生トランジスタ毎に作成する。作成されたベース駆動信号はベース駆動信号出力部 9 へ出力される。

【 0 0 3 7 】

次に、回生動作について説明する。

図 1 に示す P-N 母線電圧検出部 8 では、直流母線電圧として平滑コンデンサ 71 の両端電圧を検出してベース駆動信号出力部 9 へ出力する。基準電圧検出部 12 では、移動平均フィルタなどを用いて、基本波形 V'_{R-S} 、 V'_{S-T} 、 V'_{T-R} の絶対値を取った波形を基本波形の 1 周期（周波数の逆数）だけ積分して電圧振幅を検出する。この検出した電圧振幅値を歪成分が混在しない場合の三相交流電源 3 の線間電圧値として、ベース駆動信号出力部 9 へ出力する。図 7 は、ベース駆動信号出力部 9 の内部構成を示すブロック図である。ベース駆動信号出力部 9 では、基準電圧検出部 12 の出力信号および P-N 母線電圧検出部 8 の出力信号を減算器 41 に入力させ、三相交流電源 3 の電圧値と直流母線電圧値との電圧差を算出する。そして、回生動作を開始するためのしきい値として予め設定した回生開始電圧値 V_{on} と、減算器 41 の出力である三相交流電源 3 の電圧値と直流母線電圧値との電圧差と、を比較器 43 に入力して比較し、三相交流電源 3 の電圧値と直流母線電圧値との電圧差が回生開始電圧より高くなったとき、ベース駆動信号作成部 7 で作成した回生トランジスタのオン/オフ制御を行うベース駆動信号を回生トランジスタ 81 ~ 86 に出力する回生動作を行う。

【 0 0 3 8 】

図 6 の電源回生コンバータ 1 の回生動作中のタイムチャートで示す通り、基本波形 V'_{R-S} の電位が最大の場合は、回生トランジスタ 81 と 84 をオンさせる。基本波形 V'_{R-T} の電位が最大の場合は、回生トランジスタ 81 と 86 をオンさせる。基本波形 V'_{S-T} の電位が最大の場合は、回生トランジスタ 83 と 86 をオンさせる。基本波形 V'_{S-R} の電位が最大

10

20

30

40

50

の場合は、回生トランジスタ 8 2 と 8 3 をオンさせる。基本波形 $V'T-R$ の電位が最大の場合は、回生トランジスタ 8 5 と 8 2 をオンさせる。基本波形 $V'T-S$ の電位が最大の場合は、回生トランジスタ 8 4 と 8 5 をオンさせる。

具体的には、時間 $t 20 \sim t 40$ で基本波形 $V'R-S$ の電位が最大となるため、回生トランジスタ 8 1 と 8 4 をオンさせ、他の回生トランジスタはオフする。そうすれば、平滑コンデンサ 7 1 と三相交流電源の $S-R$ 相間は、リアクトルと電源インピーダンスを介して接続した状態となり、回生電流が R 相から S 相に流れる。同様に、時間 $t 40 \sim t 60$ では基本波形 $V'R-T$ の電位が最大となるため、回生トランジスタ 8 1 と 8 6 をオンさせ、他の回生トランジスタをオフする。そうすれば、回生電流が R 相から T 相に流れる。

【 0 0 3 9 】

以上のように、三相交流電源 3 の線間電圧の基本波形を生成すれば、三相交流電源 3 に歪成分が混在した場合でも、歪成分の影響を受けず、三相交流電源の線間電圧波形の基本周波数が検出でき、基本波形から正確な三相交流電源の電圧位相を検出できる。また、ベース駆動信号作成において、この歪成分を含まない三相交流電源 3 の線間電圧波形となる基本波形を用いれば、各線間電圧のうち最大となる線間電圧の 2 つの相を接続させる回生トランジスタのみオンさせて、他の回生トランジスタをオフするような回生トランジスタオン/オフ制御を行うベース駆動信号を、三相交流電源の電圧位相に対して正確に作成することができる。従って、回生動作時に電源や回生コンバータに過電圧や過電流がかかることが無くなるので、これらが原因の電源や回生コンバータの破損によるシステム停止を防ぐことができる。

【 0 0 4 0 】

実施の形態 2 .

以下では、三相交流電源に歪成分が混在する場合にその歪成分を把握するため、実施の形態 1 に三相交流電源の歪成分を抽出し、歪成分の歪周波数、歪振幅、歪率を求める機能を付加した実施の形態について説明する。

図 8 は、本実施の形態の電源回生コンバータの構成を示すブロック図である。図 9 は、歪成分抽出部の内部構造を示す図である。図 8 に示す本実施の形態の電源回生コンバータ 1 A は、実施の形態 1 の電源回生コンバータ 1 内の基本波形生成部 1 0 の後に三相交流電源 3 の線間電圧波形に混在する歪成分を抽出する歪成分抽出部 1 1 を設け、さらに、歪成分抽出部 1 1 の後に、抽出した歪成分の周波数を検出する歪成分周波数検出部 2 4 と、抽出した歪成分の電圧振幅を検出する歪電圧検出部 2 5 と、電源電圧歪の歪率（歪成分の電圧振幅 / 電源電圧の振幅）を算出する歪率算出部 2 6 を設けている。

【 0 0 4 1 】

図 9 に示す通り、歪成分抽出部 1 1 は、線間電圧検出部 6 からの出力で三相交流電源 3 の歪成分を含む線間電圧波形 V_R-S 、 V_S-T 、 V_T-R と、基本波形生成部 1 0 からの出力で歪を含まず線間電圧波形と同じ周波数で振幅もほぼ等しい基本波形 $V'R-S$ 、 $V'S-T$ 、 $V'T-R$ とを入力する。歪成分抽出部 1 1 では、減算器 2 7 で線間電圧波形 V_R-S から基本波形 $V'R-S$ が減算される。同様に、減算器 2 8 で線間電圧波形 V_S-T から基本波形 $V'S-T$ が、また減算器 2 9 で線間電圧波形 V_T-R から基本波形 $V'T-R$ がそれぞれ減算される。従って、減算器 2 7、2 8、2 9 により、三相交流電源 3 の線間電圧波形の歪成分 $VfR-S$ 、 $VfS-T$ 、 $VfT-R$ が抽出され、それぞれ歪成分抽出部 1 1 から出力される。歪成分抽出部 1 1 から出力された歪成分 $VfR-S$ 、 $VfS-T$ 、 $VfT-R$ は、歪成分周波数検出部 2 4 と歪電圧検出部 2 5 に入力される。

【 0 0 4 2 】

図 8 に示す通り、歪成分周波数検出部 2 4 は歪成分抽出部 1 1 から歪成分 $VfR-S$ 、 $VfS-T$ 、 $VfT-R$ を入力して、歪成分の周波数を検出する。また、歪電圧検出部 2 5 は歪成分抽出部 1 1 から歪成分 $VfR-S$ 、 $VfS-T$ 、 $VfT-R$ を入力して、移動平均フィルタなどを用いて、歪成分 $VfR-S$ 、 $VfS-T$ 、 $VfT-R$ の絶対値を取った波形を各歪成分の 1 周期（周波数の逆数）だけ積分して歪成分の電圧振幅を検出する。さらに、歪率算出部 2 6 は基準電圧検出部 1 2 の出力（電源電圧）と歪電圧検出部 2 5 の出力（歪成分電圧）を入力して、それらを

10

20

30

40

50

除算することにより歪率（歪成分の電圧振幅 / 電源電圧の振幅）を算出する。

【 0 0 4 3 】

このように、歪成分抽出部 1 1、歪成分周波数検出部 2 4、歪電圧検出部 2 5、歪率算出部 2 6 を設けることで、特別な測定器を使用することなく、三相交流電源 3 の線間電圧波形の歪成分の歪周波数、歪振幅、歪率を求めることができる。そして、三相交流電源 3 の線間電圧波形の歪成分の歪周波数、歪振幅、歪率を表示したり、これらの値が予め定められていた範囲を逸脱した場合にアラーム等により警告を行うことで、電源状態を監視することができる。

【 0 0 4 4 】

また、このような表示、警告等により電源状態を監視することで、回生動作を行う前に電源状態を把握することができるので、電源に歪成分が混在し、それが回生動作に与える影響が大きい場合には、ベース駆動信号を出力しないなどして、回生動作を行わないようにすることができる。よって、回生動作により過電流が電源及び回生コンバータに流れることによる、これらの破壊を防ぐことができる。

【 0 0 4 5 】

実施の形態 3 .

以下では、三相交流電源に歪成分が混在する場合に、その歪成分の状態に応じて回生トランジスタのオン / オフ制御を行う機能を、実施の形態 1 に付加した実施の形態について説明する。

図 1 0 は、本実施の形態の電源回生コンバータの構成を示すブロック図である。図 1 1 は、本実施の形態におけるベース駆動信号出力部 9 A の内部構成を示すブロック図である。図 1 2 は、電源回生コンバータ 1 B が回生動作中のタイムチャートであって、歪成分が混在した三相交流電源 3 の線間電圧波形および基本波形に対応する回生トランジスタおよび回生電流の時間的変化を示したものである。

図 1 0 に示す本実施の形態の電源回生コンバータ 1 B は、実施の形態 1 の電源回生コンバータの基本波形生成部 1 0 の後に三相交流電源 3 の三相間の電源電圧波形に混在する歪成分を抽出する歪成分抽出部 1 1 を設け、実施の形態 1 のベース駆動信号出力部 9 の代わりにベース駆動信号出力部 9 A を設けている。ここで、歪成分抽出部 1 1 の出力はベース駆動信号出力部 9 A に入力される。

【 0 0 4 6 】

図 1 1 を用いてベース駆動信号出力部 9 A 内の動作について説明する。ベース駆動信号出力部 9 A は、歪成分抽出部 1 1 の出力信号、ベース駆動信号作成部 7 の出力信号、基準電圧検出部 1 2 の出力信号、PN 母線電圧検出部 8 の出力信号をそれぞれ入力し、6 つの回生トランジスタのオン / オフ制御に用いるベース駆動信号を出力する。ベース駆動信号出力部 9 A では、三相交流電源 3 の電圧値と直流母線電圧値の差分値があるしきい値以上になったら、ベース駆動信号を出力し回生動作を開始するように構成する。

【 0 0 4 7 】

基準電圧検出部 1 2 から出力される、歪成分が混在しない場合の三相交流電源 3 の線間電圧値と、PN 母線電圧検出部 8 から出力される直流母線電圧値をベース駆動信号出力部 9 A 内の減算器 4 1 に入力させ、歪成分が混在しない場合の三相交流電源 3 の線間電圧値と直流母線電圧値との電圧差を算出する。一方、三相交流電源 3 の線間電圧値が直流母線電圧より大きいときに回生動作を起こすことを防ぐため、歪成分が混在しない場合の回生開始電圧 V_{on} と歪成分抽出部 1 1 を用いて、歪成分による電源電圧の低下上昇に対応した回生動作を開始するための電圧しきい値を生成する。まず、歪成分抽出部 1 1 の出力信号を歪成分補正部 4 0 に入力して補正を行い出力する。歪成分補正部 4 0 での補正は、歪成分の周期は維持し、周期以外（例えば振幅）の補正を行う。よって、歪成分補正部 4 0 は、歪成分抽出部 1 1 の出力信号に対して、例えば定数を掛けるものでも良い。そして、歪成分補正部 4 0 の出力信号と、回生開始電圧 V_{on} とを加算器 4 2 に入力する。回生開始電圧 V_{on} は回生動作を開始するためのしきい値として予め定めた定数なので、加算器 4

10

20

30

40

50

2の出力信号は、歪成分により生じる電源の電圧低下、電圧上昇の周期に同期する。従って、加算器42の出力信号を、歪成分による電源電圧の低下上昇に対応した、回生動作を開始するための電圧しきい値とすることができる。

【0048】

加算器42の出力と減算器41の出力を比較器43に入力し、減算器41の出力信号と加算器42の出力信号を比較する。また、スイッチ44のコレクタ部にベース駆動信号作成部7の出力信号を入力し、比較器43の出力信号はスイッチ44のゲート部に接続する。スイッチ44のエミッタ部はそれぞれの回生トランジスタ81~86のゲート部に接続する。ここで、減算器41の出力信号が加算器42の出力信号よりも大きい場合にスイッチ44をオンさせる。スイッチ44がオンすると、ベース駆動信号作成部7で作成された

10

【0049】

以上のことから、三相交流電源3の歪成分を抽出して、その歪成分に対応して回生開始の電圧しきい値を変化させることで、回生トランジスタのオン/オフ制御を正確なタイミングで行うことができる。従って、従来では、その歪成分が回生動作に与える影響が大きい場合でも、安定した回生動作が実施できる。これにより、電源や回生コンバータに回生動作による過電圧、過電流がかかることがなくなるため、回生動作による電源や回生コンバータの破損を防ぐことができ、結果としてシステム停止を防ぐことができる。

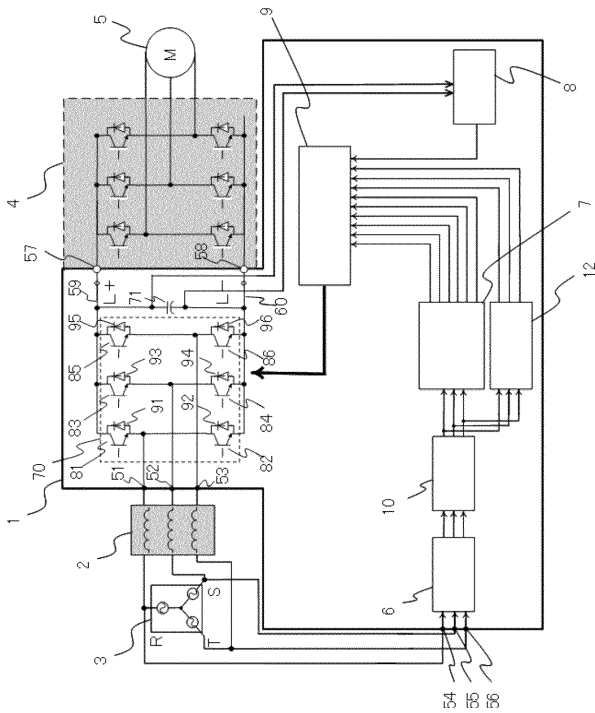
【産業上の利用可能性】

20

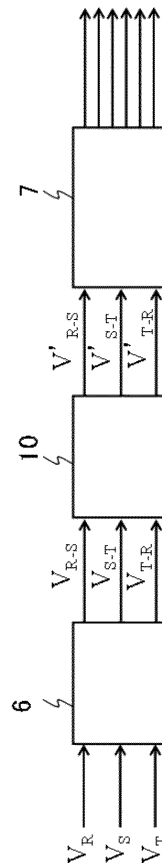
【0050】

この発明に係る電源回生コンバータは、電源電圧歪が混在する三相交流電源において安定した回生動作を得る場合に適している。

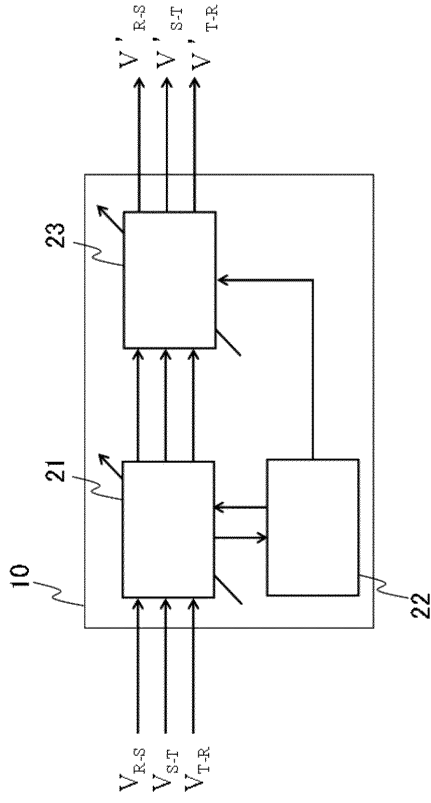
【図1】



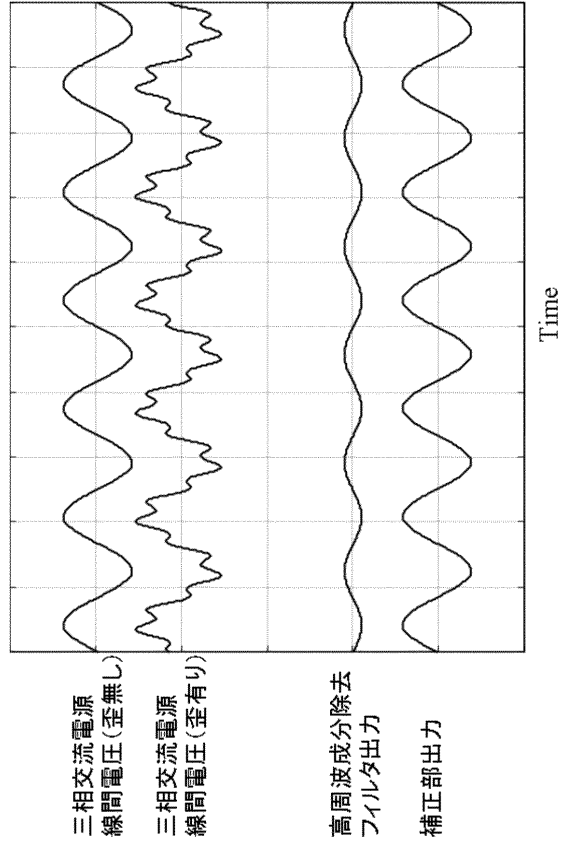
【図2】



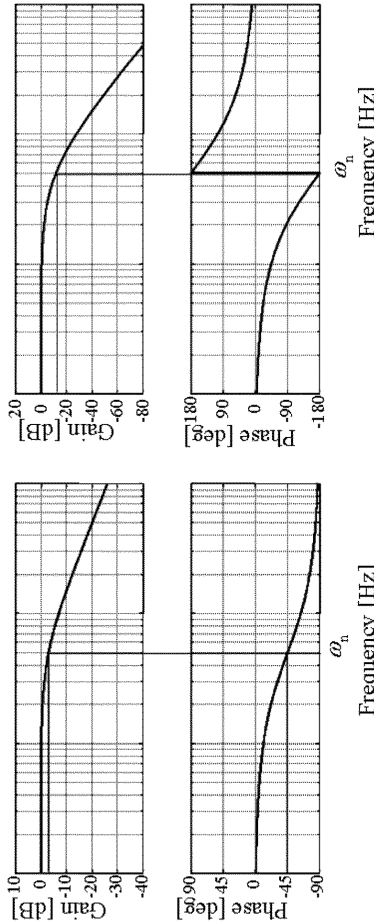
【図3】



【図4】

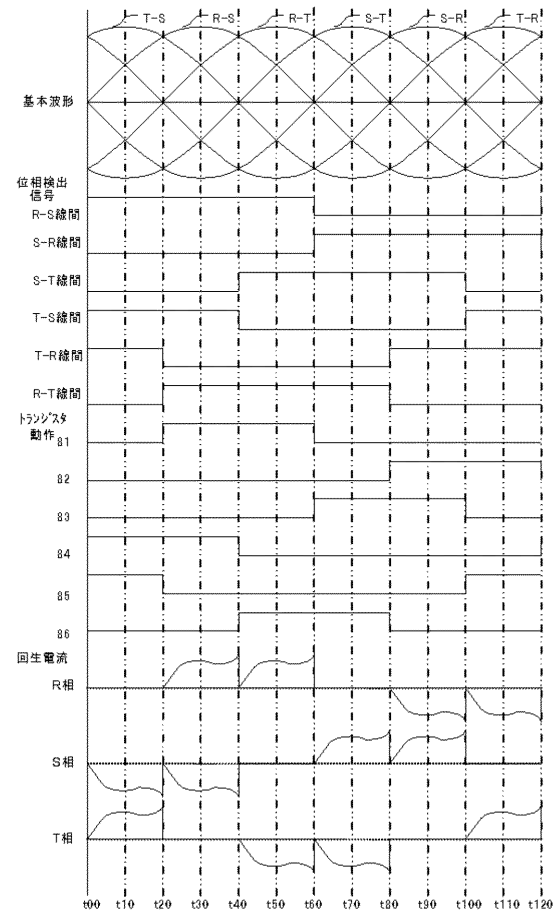


【図5】



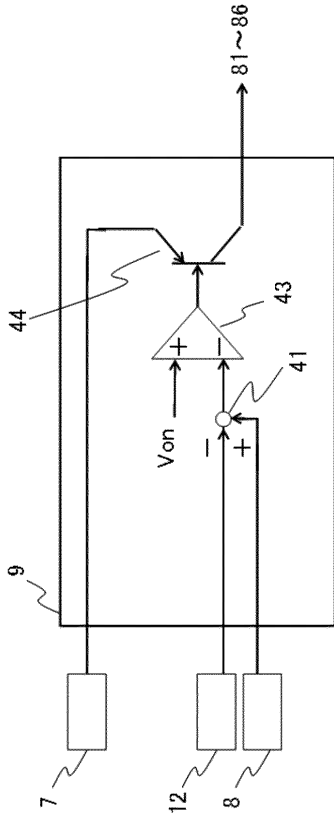
(b) $H(s)$ のボード線図

【図6】

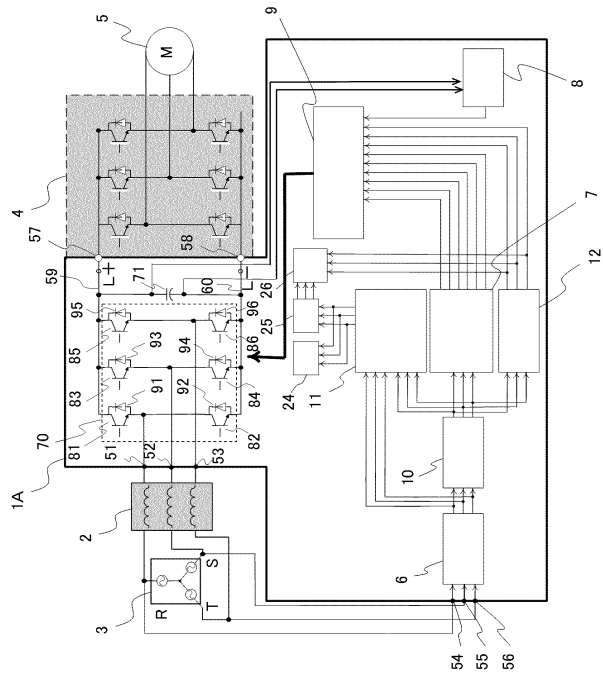


(a) $I(s)$ のボード線図

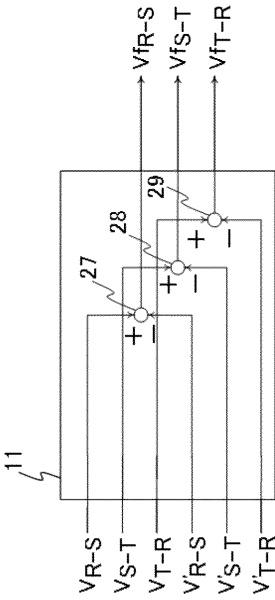
【 図 7 】



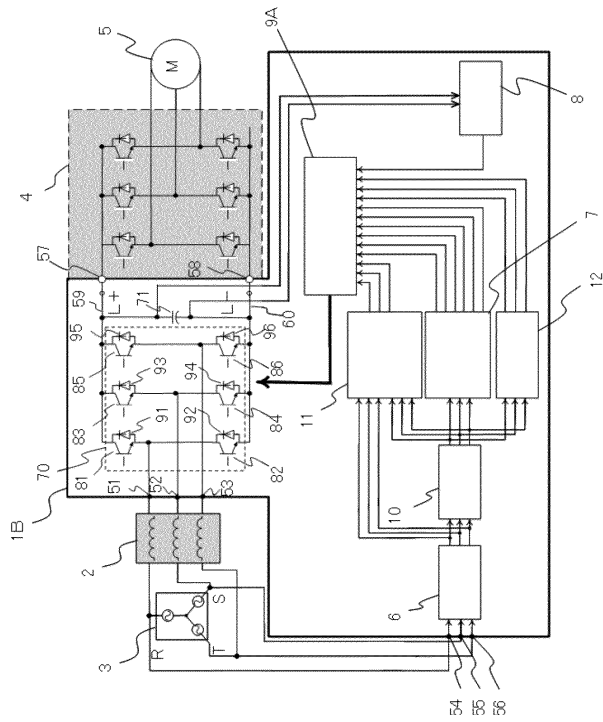
【 図 8 】



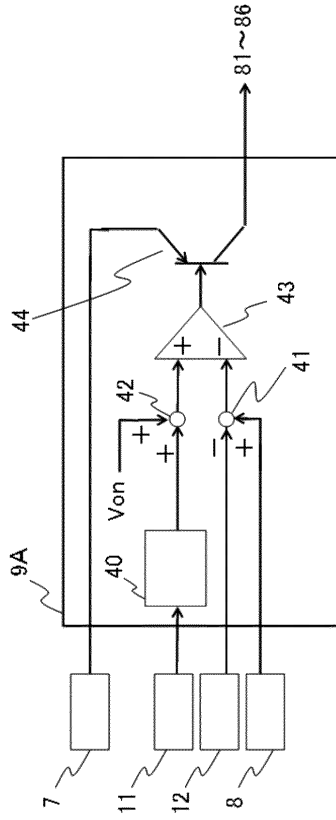
【 図 9 】



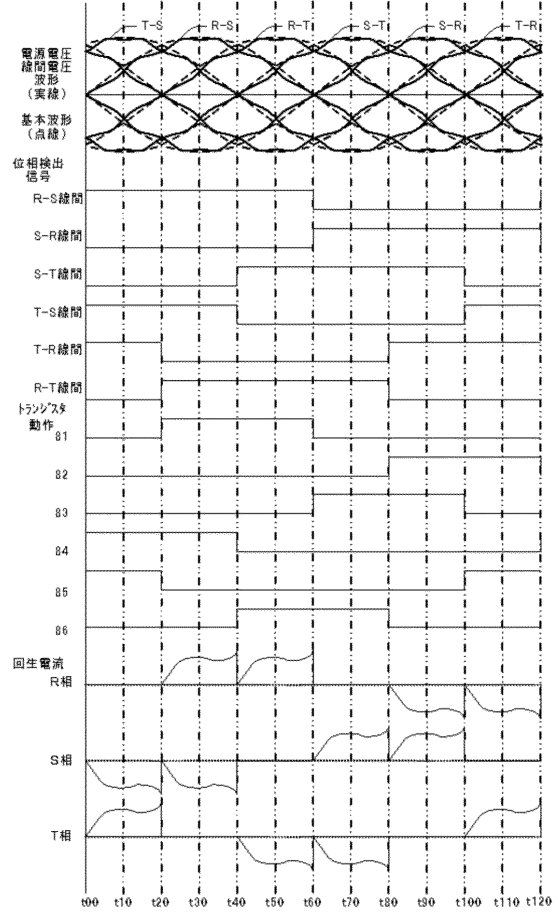
【 図 10 】



【図 1 1】



【図 1 2】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 2 M 7/219

(72)発明者 岩田 明彦
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

審査官 松本 泰典

(56)参考文献 特開2004-180427(JP,A)
特開平07-107747(JP,A)
特開平07-218557(JP,A)
特開平10-127056(JP,A)
特開2000-059995(JP,A)
特開2000-253686(JP,A)
国際公開第2007/122701(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02P 3/18
H02M 7/12
H02M 7/219
H02M 7/797
H02P 27/06