

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7111901号
(P7111901)

(45)発行日 令和4年8月2日(2022.8.2)

(24)登録日 令和4年7月25日(2022.7.25)

(51)国際特許分類	F I
B 6 0 L 9/18 (2006.01)	B 6 0 L 9/18 A
H 0 2 P 27/06 (2006.01)	H 0 2 P 27/06
H 0 2 P 25/16 (2006.01)	H 0 2 P 25/16
H 0 2 M 7/48 (2007.01)	H 0 2 M 7/48 M

請求項の数 13 (全17頁)

(21)出願番号	特願2021-525924(P2021-525924)	(73)特許権者	000005108 株式会社日立製作所 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(86)(22)出願日	令和2年4月10日(2020.4.10)	(74)代理人	110002365 特許業務法人サンネクスト国際特許事務所
(86)国際出願番号	PCT/JP2020/016158	(72)発明者	篠宮 健志 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
(87)国際公開番号	WO2020/250561	(72)発明者	國廣 直希 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
(87)国際公開日	令和2年12月17日(2020.12.17)	(72)発明者	小川 和俊 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
審査請求日	令和3年12月8日(2021.12.8)		
(31)優先権主張番号	特願2019-111338(P2019-111338)		
(32)優先日	令和1年6月14日(2019.6.14)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 三相交流電動機用駆動装置、それを備えた鉄道車両、及び三相交流電動機の駆動方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

負荷を駆動する三相交流電動機用駆動装置であって、

一方向に流れる電流を導通又は遮断する電流制御素子と該電流制御素子に対し並列接続されており当該電流制御素子と逆方向に電流を導通させる整流素子とを組み合わせた電流制御部を複数個有し、電源から供給される直流電力を三相交流電力に変換して前記負荷を駆動するインバータ装置と、

前記インバータ装置と前記負荷を電氣的に接続するか又は切り離しを行う電動機開放用開閉器と、

三相の相間の電圧を検出するために少なくとも二相の回路に各端子が接続された電圧検出器と、

三相の相電流を検出する電流検出器と、

を備え、

前記インバータ装置から前記負荷までの接続において、前記インバータ装置、前記電動機開放用開閉器、前記電圧検出器、前記電流検出器、及び前記負荷、の順に並んでいる、

三相交流電動機用駆動装置。

【請求項2】

前記電動機開放用開閉器は、前記インバータ装置と前記電圧検出器との接続点の間に接続されている、

請求項1に記載の三相交流電動機用駆動装置。

【請求項 3】

前記電圧検出器を接続する二相の回路のうち一方の相の回路では、前記電圧検出器の接続点と前記電流検出器とに前記電動機開放用開閉器が接続されており、他方の相の回路では、前記インバータ装置と前記電圧検出器の接続点とに前記電動機開放用開閉器が接続されている、

請求項 1 に記載の三相交流電動機用駆動装置。

【請求項 4】

前記インバータ装置と前記電圧検出器の接続点との間に第 1 の電動機開放用開閉器を備えた相において、前記電圧検出器の接続点と前記電流検出器とに第 2 の電動機開放用開閉器が接続されている、

請求項 3 に記載の三相交流電動機用駆動装置。

【請求項 5】

前記電流検出器と前記負荷との間に、第 2 の電動機開放用開閉器を備えた、

請求項 1 に記載の三相交流電動機用駆動装置。

【請求項 6】

前記インバータ装置と前記電流検出器の間で、各相に第 1 の電動機開放用開閉器と、第 2 の電動機開放用開閉器と、による直列二段の開閉器をそれぞれ備え、前記電圧検出器が接続された二相のうち一方の相の回路は、前記第 1 の電動機開放用開閉器と前記第 2 の電動機開放用開閉器との間で接続し、他方の相の回路は、前記第 2 の電動機開放用開閉器と前記電流検出器の間に接続した、

請求項 1 に記載の三相交流電動機用駆動装置。

【請求項 7】

請求項 1 ~ 6 の何れか 1 項に記載の三相交流電動機用駆動装置を備えた鉄道車両。

【請求項 8】

電源から供給される直流電力を三相交流電力に変換するインバータ装置が三相交流電動機を負荷として駆動する方法であって、

前記インバータ装置は、一方向に流れる電流を導通又は遮断する電流制御素子及び該電流制御素子と並列に接続して当該電流制御素子と逆方向に電流を導通させる整流素子とを組み合わせた電流制御部を複数個有し、

前記インバータ装置から前記負荷まで、前記インバータ装置、電動機開放用開閉器、電圧検出器、電流検出器、及び前記負荷の順序で接続されている回路構成のうちの、少なくとも二相の回路に各端子が接続された前記電圧検出器が、三相の相間電圧を検出し、

前記電流検出器が三相の相電流を検出し、

前記検出された前記相間電圧又は前記相電流に基づいて、前記インバータ装置と前記負荷との間に接続された電動機開放用開閉器により前記インバータ装置と前記負荷とを電氣的に接続するか又は切り離す、

三相交流電動機の駆動方法。

【請求項 9】

前記電動機開放用開閉器は、前記インバータ装置と前記電圧検出器との接続点の間に接続されている、

請求項 8 に記載の三相交流電動機の駆動方法。

【請求項 10】

前記電圧検出器を接続する二相の回路のうち一方の相の回路では、前記電圧検出器の接続点と前記電流検出器とに前記電動機開放用開閉器が接続されており、他方の相の回路では、前記インバータ装置と前記電圧検出器の接続点とに前記電動機開放用開閉器が接続されている、

請求項 8 に記載の三相交流電動機の駆動方法。

【請求項 11】

前記インバータ装置と前記電圧検出器の接続点との間に第 1 の電動機開放用開閉器を備えた相において、前記電圧検出器の接続点と前記電流検出器とに第 2 の電動機開放用開閉

10

20

30

40

50

器が接続されている、

請求項 10 に記載の三相交流電動機の駆動方法。

【請求項 12】

前記電流検出器と前記負荷との間に、第 2 の電動機開放用開閉器が配設されている、

請求項 8 に記載の三相交流電動機の駆動方法。

【請求項 13】

前記インバータ装置と前記電流検出器の間で、各相に第 1 の電動機開放用開閉器と、第 2 の電動機開放用開閉器と、による直列二段の開閉器がそれぞれ配設されており、前記電圧検出器が接続された二相のうち一方の相の回路は、前記第 1 の電動機開放用開閉器と前記第 2 の電動機開放用開閉器との間に接続されており、他方の相の回路は、前記第 2 の電動機開放用開閉器と前記電流検出器の間に接続されている、

10

請求項 8 に記載の三相交流電動機の駆動方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、三相交流電動機用駆動装置、それを備えた鉄道車両、及び三相交流電動機の駆動方法に関する。

【背景技術】

【0002】

鉄道車両用の電動機の駆動装置では、三相交流電動機が広く使用されており、近年では、鉄道車両用の駆動システムの小型化、高効率化を目的に、三相交流電動機として永久磁石型同期電動機（Permanent Magnet Synchronous Motor：以下、「PMSM」の略称も用いる）の適用が進んでいる。

20

【0003】

PMSMは、回転すると永久磁石磁束によって電動機の端子間に誘起電圧が発生する。このため、PMSMを駆動するためのインバータ装置に短絡故障等が生じた状態で運転を継続した場合、PMSMの誘起電圧によってインバータ装置に短絡電流が流れ続けるとともに、PMSMにブレーキ力が発生する。

【0004】

1台のインバータ装置でもこのような状態になると、列車の加速性能の低下や、短絡事故電流が連続的に通流することになり機器の焼損等の可能性がある。このため、1台のインバータ装置の故障により、列車の正常運転ができなくなることから、PMSMを駆動させるPMSMの駆動装置では、インバータ装置の故障時にPMSMとインバータ装置とを電氣的に切り離す電動機開放用開閉器（Motor Cutout Contacts：以下、「MCOK」の略称も用いる）を設けることがある。

30

【0005】

また、PMSM等の三相交流電動機を駆動するインバータ装置は、三相の相電流を検出する電流検出器の相電流情報や、三相の相間の電圧を検出する電圧検出器の線間電圧情報を制御装置に入力し、この相電流や線間電圧の情報を使って三相交流電動機をインバータ駆動するための制御演算に使用したり、保護検知用の情報に使用して、インバータ装置等を停止させ、安全を担保したり、装置の故障を防止するために使用する。この構成の例として、特許文献1及び特許文献2には、装置の故障時にPMSMとインバータ装置を切り離す回路構成例が示されている。これらに関連した技術を、図9に比較例1、図10に比較例2として最後に説明する。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【文献】特開2011-78254号公報
特開2013-192300号公報

【発明の概要】

50

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

特許文献1及び特許文献2に示される回路構成では、例えば次の2つの課題がある。

第1に、電圧検出器（Alternating Current Potential Transformer：以下、「ACPT」の略称も用いる）が相間で短絡故障した場合に、電動機開放用開閉器（MCOK）が釈放（すなわち開放）した状態にあると、電流検出器で電圧検出器の相間短絡電流を検出できないといった課題がある。なお、これに対し、インバータ装置と電動機、なかでもPMSMの場合は特に、その電動機との接続が切断された場合であっても、インバータ装置側に付設又は内蔵された電流計で、電動機が発生する回生電流を検出したいという要望があった。

10

【0008】

第2に、鉄道車両の用途では、インバータ装置を車両の床下に艦装する場合が多く、その場合、インバータ装置から見て、MCOKよりも後段（すなわち、電動機に近づけた位置）に、電流検出器とACPTを艦装する配置の方が望ましいことがあるという課題がある。その理由は、例えば以下の2点である。1つは、インバータ装置等の駆動装置の寸法制約により、電流検出器やACPTをインバータ装置内に艦装できない場合があるためである。もう1つは、インバータ装置内にMCOKを後付けで艦装する場合等に、既存のインバータ装置の電流検出器の艦装位置の観点から、MCOKの後段に電流検出器及びACPTを艦装する構成の方が望ましい場合があるためである。

【0009】

上述した課題は、例えば、三相交流電動機に誘導電動機を用いた駆動システムと、PMSMを用いた駆動システムで互換性を確保し省力化と簡素化を図る場合にもあり得る。実際の鉄道車両において、既存の誘導電動機をPMSMに換装することが順次進められている。

20

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記課題を解決する本発明は、負荷を駆動する三相交流電動機用駆動装置であって、一方向に流れる電流を導通又は遮断する電流制御素子と該電流制御素子に対し並列接続されており当該電流制御素子と逆方向に電流を導通させる整流素子とを組み合わせた電流制御部を複数個有し、電源から供給される直流電力を三相交流電力に変換して前記負荷を駆動するインバータ装置と、前記インバータ装置と前記負荷を電氣的に接続するか又は切り離しを行う電動機開放用開閉器と、三相の相間の電圧を検出するために少なくとも二相の回路に各端子が接続された電圧検出器と、三相の相電流を検出する電流検出器と、を備え、前記インバータ装置から前記負荷までの接続において、前記インバータ装置から前記負荷までの接続において、前記インバータ装置、前記電動機開放用開閉器、前記電圧検出器、前記電流検出器、及び前記負荷、の順に並んでいる、ものである。

30

【発明の効果】

【0011】

本発明の三相交流電動機用駆動装置は、電圧検出器が短絡故障したような場合に、電動機開放用開閉器が釈放される。この電動機開放用開閉器の釈放により、インバータ装置と交流電動機が電氣的に切り離される。そのような状態であっても、負荷と電圧検出器の経路を流れる短絡電流を電流検出器で検出することが可能となる。

40

【0012】

電動機開放用開閉器が釈放される場合として、例えば、鉄道車両に適用された三相交流電動機用駆動装置の負荷が永久磁石型同期電動機であり、しかも、電圧検出器の短絡故障のほか、インバータ装置の出力低下等の故障の場合が該当する。その場合、永久磁石型同期電動機の回生制動作用を無くして、他の残存動力で運行継続するような運転士等による最適な保安対応もあり得る。

【0013】

また、負荷が誘導電動機から永久磁石型同期電動機に換装される場合、上述の故障時に

50

生じる回生制動作用を避けるために必要となる電動機開放用開閉器、及び電圧検出器を、インバータ装置の直近に、この順序で配置するように基本設計しておけば良い。電動機開放用開閉器のスペースを確保するため、そのスペースを避けるように電流検出器は負荷の直近に配置している。換言すれば、当初設計のインバータ装置内に、電動機開放用開閉器が不要であったとしても、該当スペースを確保しておけば、後付けする必要に迫られても困らない。つまり、電動機開放用開閉器の有無にかかわらず、インバータ装置の機装上の構成や機器配置の互換性を確保することが容易となる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本発明の実施形態に係る三相交流電動機用駆動装置（本装置）の一例を示す構成図である。 10

【図2】電圧検出器の接続形態の変形例を示す構成図である。

【図3】図3（a）は、インバータユニット構成の一例を示す構成図である。図3（b）は、インバータユニット構成の別の一例を示す構成図である。

【図4】図4（a）は、インバータユニット配置の第1の比較例を示す構成図である。図4（b）は、インバータユニット配置の第2の比較例（比較装置61b）を示す構成図である。図4（c）は、実施例1に係る（本装置61c）インバータユニット配置を示す構成図である。

【図5】実施例2に係る本装置の構成図である。

【図6】実施例3に係る本装置の構成図である。 20

【図7】実施例4に係る本装置の構成図である。

【図8】実施例5に係る本装置の構成図である。

【図9】比較例1に係る三相交流電動機用駆動装置（比較装置71）の構成図である。

【図10】比較装置72の構成図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下、本発明を実施する形態として、実施例1について図面を用いて説明する。なお、三相交流電動機用駆動装置のうち、本発明の実施形態に係るものを本装置と略称し、比較例に係るものを比較装置と略称している。

【実施例1】 30

【0016】

図1は、実施例1に係る本装置61の一例を示す構成図である。インバータ装置1は、高圧側から低圧側に流れる電流を導通又は遮断できる電流制御素子と、電流制御素子と逆方向に電流を導通できるダイオードにより構成される。

【0017】

一般的に電流制御素子としては、IGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor；絶縁ゲート型バイポーラトランジスタ）やパワーMOSFET（Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor；金属酸化物半導体電界効果トランジスタ）等のパワー半導体素子が用いられる。

【0018】 40

これらのパワー半導体素子は、材料としてシリコンを用いているものが多いが、近年になってSiC（炭化珪素）やGaN（窒化ガリウム）を用いたものも増えており、システムの低損失化に貢献している。そのため、本発明に係るインバータ装置1に使用する電流制御素子についても、SiCやGaNを用いたものでも良い。

【0019】

インバータ装置1は、図示しない直流電源から出力される直流電力を三相交流電力に変換して、交流電動機2を駆動する。インバータ装置1に入力する直流電源は、インバータ装置の直流電源入力部で、平滑コンデンサ3をインバータ装置1と並列接続し、前記平滑コンデンサ3を介して上位の直流電源と接続される。なお、交流電動機2を負荷として説明することもある。 50

【 0 0 2 0 】

交流電動機 2 は、誘導電動機や P M S M _ 2 ' 等が用いられる。図 1 では、インバータ装置 1 が 1 台の交流電動機 2 を駆動する構成を示しているが、インバータ装置 1 が複数台の交流電動機 2 を駆動する構成であっても良い。なお、図において、P M S M _ 2 ' には、符号 2 ' を付して区別している。

【 0 0 2 1 】

インバータ装置 1 の交流出力側には、各相の電流値を検出する A C P T _ 1 1 a ~ 1 1 c と、M C O K _ A _ 4 a ~ 4 c が設けられている。なお、M C O K _ A _ 4 a ~ 4 c をまとめて M C O K _ A _ 4 とし、A C P T _ 1 1 a ~ 1 1 c をまとめて A C P T _ 1 1 とする。制御装置 3 1 は、この A C P T _ 1 1 の検出出力を取り込み、それに基づいて交流電動機 2 を所望のトルク出力となるように、インバータ装置 1 の各電流制御素子のスイッチング動作を操作する。

10

【 0 0 2 2 】

また、A C P T _ 1 1 で検出した電流値が異常に高くなった場合等には、機器保護や安全のために、インバータ装置 1 を停止させたり、M C O K _ A _ 4 を釈放動作し、インバータ装置 1 と交流電動機 2 を電氣的に切り離したりする。

【 0 0 2 3 】

M C O K _ A _ 4 は、制御装置 3 1 から出力される釈放指令に従い、インバータ装置 1 と交流電動機 2 との三相各相を電氣的に接続する主回路接点の接続及び切り離しを行う。また、各相個別に投入と釈放する構成でも、複数相を連動させて投入と釈放する構成とする構成でも良い。

20

【 0 0 2 4 】

また、A C P T _ 1 1 は、例えば A C P T _ 1 1 a , 1 1 c の二相にのみ備え付けた構成でも足りる。すなわち、必ずしも三相全ての電流を検出する必要はなく、三相の内の何れか二相を検出し、残る一相は三相電流が平衡状態であると仮定して演算により求める構成としても良い。

【 0 0 2 5 】

インバータ装置 1 の交流出力側には、さらに、交流電動機 2 側に相間の A C P T _ 2 1 a を設け（図 1 の例では U 相と V 相の間）、相間の電圧、すなわち交流電動機の端子間電圧を検出する。制御装置 3 1 等は、この A C P T _ 2 1 a の検出値を取り込み、交流電動機 2 が P M S M _ 2 ' 等の場合に、その端子電圧を確認した後に、インバータ装置 1 の出力を制御することで、安定してインバータとしての動作を開始させることができる。

30

【 0 0 2 6 】

ここで、インバータ装置 1、交流電動機 2、M C O K _ A _ 4、電流検出器 1 1、A C P T _ 2 1 a の各機器の接続順序は、インバータ装置 1、M C O K _ A _ 4、A C P T _ 2 1 a、電流検出器 1 1 a ~ 1 1 c、交流電動機 2 の順に接続構成されている。

【 0 0 2 7 】

本装置 6 1 は、以上のような接続構成とすることで、M C O K _ A _ 4 が釈放され、インバータ装置 1 と交流電動機 2 が電氣的に切り離された状態であっても、A C P T _ 2 1 a が短絡故障（図 1 の場合、U 相と V 相で短絡）した場合に、交流電動機 2 から A C P T _ 2 1 a の経路を流れる短絡電流を電流検出器 1 1 a、1 1 b で検出することが可能となる。

40

【 0 0 2 8 】

また、本装置 6 1 は、A C P T _ 2 1 a の短絡故障だけでなく、交流電動機 2 や配線のコイル焼損や絶縁劣化による相間短絡が発生しても運転士当が検知可能となる。本装置 6 1 は、例えば、鉄道車両用の駆動装置等の用途に好適である。その用途において、このような短絡電流を検出した場合、M C O K _ A _ 4 の全てが釈放されていても、短絡電流が流れていることを運転台等の上位装置に情報を届けることが可能である。運転台に情報が届いたならば、運転士等がその情報に基づいて保安対応できる。具体的には、該当する車両の運転を中止して、機器故障の被害拡大を防ぐことも可能となる。

50

【 0 0 2 9 】

図 2 は、図 1 の本装置 6 1 に対し、A C P T _ 2 1 a の接続形態が異なる変形例による本装置 6 2 を示す構成図である。なお、図 1 では、A C P T _ 2 1 a が U 相と V 相の間の一か所に接続した例を示しているが、図 2 (制御装置 3 1 は図示しない) に示すように、U 相と V 相の間 (A C P T _ 2 1 a) に、V 相と W 相の間 (A C P T _ 2 1 b) を加えた 2 か所以上の相間に電圧検出器を接続した構成であっても良い。

【 0 0 3 0 】

図 3 は、実施例 1 に係る本装置 6 1 を説明するために、異なるインバータユニット 6 を例示した構成図であり、図 3 (a) は各相に電流検出器 1 1 のみを介挿 (接続) したものの、図 3 (b) は各相に電流検出器 1 1 及び M C O K を介挿したほか、相間に A C P T _ 2 1 a も配設したものである。また、図 3 (a) は鉄道車両の一般的な駆動装置のユニット構成例を示しており、平滑コンデンサ 3 とインバータ装置 1 と電流検出器 1 1 は、筐体等によりインバータユニット 6 内に内蔵された構成である。従来の鉄道車両の駆動装置では、交流電動機 2 に三相誘導電動機を用いているため、主に図 3 (a) の点線枠で囲った部分でインバータユニット 6 を構成する。なお、介挿とは回路に接続されていることをいう。

10

【 0 0 3 1 】

近年、上述した駆動システムの小型化、高効率化のために交流電動機 2 に P M S M _ 2 ' を用いた鉄道車両がある。この場合は、図 3 (b) に示すように、インバータユニット 6 内に、平滑コンデンサ 3 と、インバータ装置 1 と、電流検出器 1 1 c と A C P T _ 2 1 a とを備えた構成とする。

20

【 0 0 3 2 】

特に、従来の交流電動機 2 に誘導電動機を用いた車両を、インバータユニット 6 の筐体寸法や形状をそのままにして互換性を保ちながら交流電動機 2 を P M S M _ 2 ' に換装する場合がある。例えば、鉄道車両の駆動装置を装置更新等する場合は、M C O K _ A _ 4、及び A C P T _ 2 1 a が、インバータユニット 6 内の内蔵機器として増加することになる。この場合、以下に示す艦装上の課題がある。

【 0 0 3 3 】

図 4 は、鉄道車両へのインバータユニット配置の概略説明図であり、図 4 (a) は比較例、図 4 (b) は (a) に M C O K を追加した比較装置 6 1 b、図 4 (c) は、図 1、図 2 及び図 3 (b) の本装置 6 1 により艦装を簡易化したものである。図 4 (a) には、インバータユニット 6 を鉄道車両に艦装する概略の一例を示しており、従来のインバータユニット 6 内部の機器配置の例を示す。

30

【 0 0 3 4 】

従来の車両で図 4 (a) の下方に示すように、インバータユニット 6 内の機器実装スペースの制約のため、インバータユニット 6 において、外部出力用の端子付近に電流検出器 1 1 を配置する場合がある。上述したように、交流電動機 2 を P M S M _ 2 ' に換装した場合、M O C K _ 4、及び電圧検出器 2 1 a が増える。このとき、機器の接続順序が、従来と同じ図 1 0 に示される順序であれば、インバータ装置 1、電流検出器 1 1、M O C K _ 4 の順序となる。その結果、図 4 (b) の比較装置 6 1 b に示すように、インバータユニット 6 内の艦装が複雑化する。

40

【 0 0 3 5 】

一方、図 1 に示す実施例 1 の本装置 6 1 のように、インバータ装置 1、M O C K _ 4、電流検出器 1 1 の順序とすれば、図 4 (c) の本装置 6 1 c に示すように、インバータユニット 6 内の艦装を簡易にすることができる。これにより、従来の交流電動機 2 に誘導電動機を用いた車両を、インバータユニット 6 の筐体寸法や形状をそのままにして互換性を保ちながら交流電動機 2 を P M S M _ 2 ' に換装することが簡略化でき、省力化できる効果がある。

【 実施例 2 】

【 0 0 3 6 】

次に、図 5 を用いて本発明に係る実施例 2 について説明する。図 5 は、実施例 2 に係る

50

本装置 6 2 の構成図である。図 5 に示す実施例 2 の本装置 6 2 は、実施例 1 の本装置 6 1 に対し、U 相回路において、A C P T _ 2 1 a の一方の接続端子がインバータ装置 1 と M C O K _ A _ 4 a との間に接続されている点が異なる。

【 0 0 3 7 】

このような構成により、図 5 に示す実施例 2 の本装置 6 2 は、前記短絡電流を遮断することが可能となる。これについて、本装置 6 2 は、M C O K _ A が各相に 1 つずつ全相に介挿された構成であっても、A C P T _ 2 1 a が短絡故障した場合、A C P T _ 2 1 a と交流電動機 2 との間で短絡電流が流れる。この短絡電流は電流検出器 1 1 a , 1 1 b で検出されて制御装置 3 1 に入力される。

【 0 0 3 8 】

短絡電流が制御装置 3 1 に入力されたならば、例えば、電気車の運転台で運転員が手動による保安対応するか、制御装置 3 1 が自動的に保安対応することも可能である。すなわち、制御装置 3 1 は、この短絡電流が所定の電流値以上となった場合に、M C O K _ A _ 4 a ~ 4 c (図 5 の場合は特に 4 a , 4 b) に対し釈放指令を出力する。これにより、M C O K _ A _ 4 a ~ 4 c (図 5 の場合は特に 4 a , 4 b) が釈放動作することで、前記短絡電流を遮断することが可能となる。

【 0 0 3 9 】

なお、図 5 は、本装置 6 2 の構成について、一例を示したものに過ぎない。すなわち、電圧検出器 2 1 の一方の接続点 (端子) は、U 相回路のインバータ装置 1 と M C O K _ A _ 4 a との間に接続されている。また、A C P T _ 2 1 a の他方の接続点 (端子) は、V 相の回路の M C O K _ A _ 4 b と電流検出器 1 1 b との間に接続されている。

【 0 0 4 0 】

この構成例に対し、U 相と V 相の接続関係を逆にしても良い。すなわち、三相のうち二相に接続する A C P T _ 2 1 a の接続点について、一方をインバータ装置 1 と M C O K _ A との間に接続し、他方を M C O K _ A と電流検出器の間に接続されていれば良い。

【 実施例 3 】

【 0 0 4 1 】

次に、図 6 を用いて本発明に係る実施例 3 について説明する。図 6 は、実施例 3 に係る本装置 6 3 の構成図である。図 6 に示す実施例 3 の本装置 6 3 は、図 5 で示した実施例 2 の本装置 6 2 に対し、V 相のみに、第 1 の M C O K _ A _ 4 b と、第 2 の M C O K _ B _ 5 b と、を備えて直列二段開閉の構成にした点が異なる。

【 0 0 4 2 】

第 2 の M C O K _ B _ 5 b は、A C P T _ 2 1 a の接続点と電流検出器 1 1 b との間に介挿されている。すなわち、A C P T _ 2 1 a の V 相側の接続点は、第 1 の M C O K _ A _ 4 b と、第 2 の M C O K _ B _ 5 b と、の接続点に一致するように接続されている。

【 0 0 4 3 】

図 6 に示す実施例 3 の本装置 6 3 は、さらに、電圧検出器 2 1 b を V 相と W 相との相間にも配設した例を示している。本装置 6 3 において、電圧検出器 2 1 b の V 相側の接続点は、第 1 の M C O K _ A _ 4 b と、第 2 の M C O K _ B _ 5 b と、の接続点に一致するように接続されている。

【 0 0 4 4 】

本装置 6 3 は、地絡回路 (すなわち地絡電流) を遮断することができる。本装置 6 3 において、例えば、A C P T _ 2 1 a が V 相と接続する側で地絡した場合、電流検出器 1 1 b によって、地絡電流を検出し、これを制御装置 3 1 に入力される。

【 0 0 4 5 】

制御装置 3 1 で検出された地絡電流が所定の値以上になったら、制御装置 3 1 は、第 2 の M C O K _ B _ 5 b に釈放指令を出力する。これにより、第 2 の M C O K _ B _ 5 b が釈放され、地絡回路 (すなわち地絡電流) を遮断することができる。

【 実施例 4 】

【 0 0 4 6 】

10

20

30

40

50

次に、図7を用いて本発明に係る実施例4について説明する。図7は、実施例4に係る本装置64の構成図である。図7に示す実施例4の本装置64は、実施例1の本装置61に対し、電流検出器11a~11cと交流電動機2の間に、第2のMCOK__B__5a~5cが介挿されて、U、V、Wの三相全部を直列二段開閉の構成にした点異なる。

【0047】

図7に示す実施例4の本装置64を適用された鉄道車両等では、上述の短絡電流を遮断することにより、運転を継続させる作用効果がより確実である。ここで、図1、図2、及び図3(b)に示す実施例1の本装置61、62と対比説明する。本装置61、62では、ACPT__21aが短絡故障すると、ACPT__21aと交流電動機2との間で短絡電流が流れ、電流検出器11a、11bが検出した短絡電流を制御装置31に入力させる。

10

【0048】

上述の短絡電流を遮断することができれば、本装置64を適用された鉄道車両等では、運転を継続させることができる。つまり、鉄道車両用の駆動装置等では、同一の回路を複数構成しているため、故障した駆動装置のみを切り離すことで、他に残された駆動装置で運転継続可能である。

【0049】

制御装置31は、第2のMCOK__B__5a~5cに対し、釈放指令を出力する。なお、図7の本装置64では、特に5a、5bを釈放動作させることで、ACPT__21aの短絡故障による短絡電流を遮断する効果が高い。

【0050】

図7の本装置64では、ACPT__21a等の故障時における、このような対応により、ACPT__21aと交流電動機2(特に、交流電動機がPMSM__2'の場合)による回生電力による短絡電流が流れ続けて交流電動機2に制動力が発生することを防止できる。

20

【0051】

また、図7のように電動機開放用開閉器を各相2台とすることで、インバータ装置1の起動時において、交流電動機2(PMSM__2')の側に設けられた第2のMCOK__B__5を投入(閉路)させた後に、第1のMCOK__A__4を投入する。

【0052】

さらに詳細には、先に第2のMCOK__B__5を投入させ、ACPT__21aで交流電動機2の相間電圧(端子間電圧)を検出して、電動機の回転子位置や速度を推定する。

30

【0053】

その後、推定した位置、速度情報に基づき、制御装置31でインバータ装置1を起動した状態で、第1のMCOK__A__4を投入させる。これにより、過電流やトルク振動等の動作を防ぎ、安定してインバータとしての動作を開始させることができる。

【実施例5】

【0054】

図8は、実施例5に係る本装置65の構成図である。図8に示す実施例5本装置65は、図7に示す実施例4の本装置64に対し、次の相違点がある。すなわち、本装置65は、電流検出器11a~11cが第2のMCOK__B__5a~5cより交流電動機2'の側に設けられている。

40

【0055】

また、本装置65は、ACPT__21aを接続する二相のうち、片側一相(図8ではU相側)を第1のMCOK__A__4aと第2のMCOK__B__5aの間に接続されている。また、本装置65は、もう片側の一相(図8ではV相)を第2のMCOK__B__5bと電流検出器11bとの間に接続されている。

【0056】

このような構成の本装置65は、図7に示す実施例4の本装置64のように、安定してインバータとしての動作を開始することができるとともに、安全性が向上する。すなわち、本装置65は、第1のMCOK__A__4a~4cと、第2のMCOK__B__5a~5cの投入順序により、過電流やトルク振動等の動作を防ぐことができる。

50

【 0 0 5 7 】

その結果、安定してインバータとしての動作を開始することができる。また、本装置 6 5 は、電流検出器 1 1 a ~ 1 1 c が交流電動機 2 (2 ') の直近に配置されるため、より交流電動機側での短絡故障による短絡電流を検知できるようになり、安全性が向上する。

【 0 0 5 8 】

以下、図 9 の比較装置 7 1 と、図 1 0 の比較装置 7 2 と、において、故障時に永久磁石型同期電動機 (P M S M _ 2 ') 2 ' が回生動作することの不具合を説明する。なお、図 1 ~ 図 8 に示した本装置 6 1 ~ 6 5 の交流電動機 2 は、誘導電動機又は P M S M _ 2 ' の何れかであったところ、図 9、図 1 0 の比較装置 7 1 , 7 2 では、P M S M _ 2 ' に限定して説明しているので、電動機の符号を 2 ' として区別している。

10

【 0 0 5 9 】

[比較例 1]

図 9 は、比較例 1 に係る三相交流電動機用駆動装置 (比較装置 7 1) の構成図である。図 9 に比較例 1 として示す比較装置 7 1 は、インバータ装置 1 と P M S M _ 2 ' との接続配線に、相別の電流検出器 1 1 a , 1 1 b と、M C O K _ A _ 4 a ~ 4 c と、が介挿されている。そのほか、比較装置 7 1 は、相間に A C P T _ 2 1 a が配設されている。

【 0 0 6 0 】

これらの機器の接続順序は、インバータ装置 1 から P M S M _ 2 ' に至るまでの間において、M C O K _ 4 _ 4 a ~ 4 c を境界にして、電流検出器 1 1 a , 1 1 b は、インバータ装置 1 に近い側に介挿されているので P M S M _ 2 ' からは遠い。したがって、M C O K _ A _ 4 a ~ 4 c が釈放状態において、P M S M _ 2 ' の回生電流を計測することはできない。

20

【 0 0 6 1 】

なお、A C P T _ 2 1 a は、M C O K _ A _ 4 a ~ 4 c を境界にして、P M S M _ 2 ' に近い側に配設されている。したがって、M C O K _ A _ 4 a ~ 4 c が釈放状態において、P M S M _ 2 ' の回生電圧を計測することはできるが、A C P T _ 2 1 a が短絡故障した場合、運転台からの操作だけでは、その故障箇所を切り離すことが困難である。その結果、他の健全な動力による電車の運転継続は断念せざるを得ない。

【 0 0 6 2 】

[比較例 2]

図 1 0 は、比較装置 7 2 の構成図である。図 1 0 に比較例 2 として示す比較装置 7 2 は、一般的な直流電気車としての鉄道車両の用途を例示している。比較装置 7 2 が直流電気車ならば、一方は直流電車線に接続され、他方は、車輪等の接地をとる部分と接続される構成である。直流電車線に対し、平滑コンデンサ 3 の直流電源上位側が、平滑リアクトル 5 1 と集電装置であるパンタグラフ 5 2 を介して接続される。

30

【 0 0 6 3 】

その他、交流架線による交流電力を整流して直流電力を得る構成、又は、第三軌条方式により直流電力を得る構成が知られている。さらに、非接触電力伝送により交流電力を得て整流器により直流電力に変換する構成等も用いられる。

【 0 0 6 4 】

図 1 0 の比較装置 7 2 は、インバータ装置 1 と P M S M _ 2 ' との接続配線に、相別の電流検出器 1 1 a , 1 1 b と、M C O K _ A _ 4 a , 4 c と、が介挿されているほか、相間に A C P T _ 2 1 a が配設されている。

40

【 0 0 6 5 】

図 1 0 の比較装置 7 2 と、図 9 の比較装置 7 1 と、の両者は、電流検出器 1 1 a , 1 1 b が、インバータ装置 1 と、M C O K _ A _ 4 a , 4 c、又は A C P T _ 2 1 a と、の間に設けられている点で共通する。したがって、M C O K _ A _ 4 a ~ 4 c が釈放状態において、電流検出器 1 1 a , 1 1 b により、P M S M _ 2 ' の回生電流を計測することはできない点も同様である。

【 0 0 6 6 】

50

一方、図10の比較装置72と、図9の比較装置71と、の両者は、以下の点で異なる。すなわち、比較装置72に3つあるMCOK__A__4 a~4 cのうち、ただ1つのMCOK__A__4 bだけが、がACPT__21 aとPMSM__2'との間に介挿された回路構成である。また、MCOK__A__4 bを境界にして、電流検出器11 a, 11 bは、インバータ装置1に近い側に配設され、PMSM__2'からは遠い。

【0067】

図10の比較装置72は、上述の開路構成により、MCOK__A__4 a~4 cが釈放状態において、PMSM__2'の回生電圧及び回生電流の両方ともに計測することができなくなる。しかし、ACPT__21 aが短絡故障した場合、運転台からの操作だけで、その故障箇所を切り離すことが可能である。その結果、他の健全な動力による電車の運転継続も可能である。

10

【0068】

本装置61~65は、以下のように総括できる。特に図1, 2、図3(b)に示す実施例1の本装置61, 62は、代表例である。

[1]本装置61, 62は、負荷としての三相交流電動機2をインバータ装置1で駆動する三相交流電動機用駆動装置である。これに用いるインバータ装置1は、電流制御部を複数個有し、電源から供給される直流電力をU, V, W相三相交流電力に変換して負荷を駆動する。

【0069】

電流制御部は、電流制御素子と、整流素子と、を組み合わせたものである。電流制御素子は、一方向に流れる電流を導通又は遮断する。整流素子は、その電流制御素子に対し並列接続されて電流制御素子と逆方向に電流を導通させる。

20

【0070】

本装置61, 62は、インバータ装置1と負荷との間に電動機開放用開閉器MCOK__A__4を接続し、このMCOK__A__4により、インバータ装置1と、負荷と、を電氣的に接続するか又は切り離れた状態にするかの区別ができる。

【0071】

また、インバータ装置1により生成されたU, V, W相の三相交流電力は、負荷へと供給される。これに対し、一对2端子を有する電圧検出器ACPT__21 aの各端子が、例えばU相とV相といった、少なくとも二相の回路に接続されている。U, V, W相の相間の電圧を検出するために、図1に示す1つのACPT__21 a、又は、図2に示す2つのACPT__21 a, 21 bがあれば足りる。

30

【0072】

また、インバータ装置1から負荷へと供給される三相の相電流を検出する電流検出器11が、U, V, W相のそれぞれ各相に1つずつ接続されている。ここで、インバータ装置1から負荷までの回路構成は、次のとおりである。すなわち、インバータ装置1、負荷、MCOK__A__4、電流検出器11、及びACPT__21 aの各機器の接続順序は、インバータ装置1の直近にMCOK__A__4、その次にACPT__21 a、その次に電流検出器11、その次に負荷、といった順に接続されている。

【0073】

このような接続構成の本装置61, 62は、ACPT__21 aが短絡故障(例えば、図1のU相とV相で短絡)したような場合に、MCOK__A__4が釈放される。このMCOK__A__4の釈放により、インバータ装置1と交流電動機2が電氣的に切り離される。そのような状態であっても、交流電動機2とACPT__21 aの経路を流れる短絡電流を電流検出器11 a, 11 bで検出することが可能となる。その情報は、運転台等にリアルタイムで届けることも可能である。その結果、運転士等が最適な保安対応することが容易である。

40

【0074】

MCOK__A__4が釈放される場合として、本装置61, 62の負荷がPMSM__2'であり、例えば鉄道車両に適用され、しかも、ACPT__21 aの短絡故障のほか、インバ

50

ータ装置 1 の出力低下等の故障の場合が該当する。その場合、PMSM_2' の回生制動作用を無くして、他の残存動力で運行継続するような運転士等による最適な保安対応もあり得る。

【0075】

本装置 61, 62 の構成により、次の利便性も得られる。すなわち、設計当初の負荷が誘導電動機であれば、回生制動作用も少ないため MCOK が不要で、インバータ装置 1 内に既設されてなかったところ、負荷を誘導電動機から PMSM_2' に換装することに伴って必要となる MCOK、及び ACPT_21a を、インバータ装置 1 の直近にこの順序で配置するように、基本設計しておけば良い。

【0076】

すなわち、MCOK、及び ACPT_21a のスペースを確保するため、そのスペースを避けるように電流検出器 11 は負荷の直近に配置している。換言すれば、当初設計のインバータ装置 1 内に、MCOK、及び ACPT_21a が不要であったとしても、該当スペースを確保しておけば、後付けする必要に迫られても困らない。つまり、MCOK、及び ACPT_21a の有無にかかわらず、インバータ装置 1 の機装上の構成や機器配置の互換性を確保することが容易となる。

【0077】

[2] 図 1, 2、図 3 (b) に示す実施例 1 の本装置 61, 62 は、MCOK_A_4 が、インバータ装置 1 と電圧検出器 ACPT_21a との接続点の間に接続されていることが好ましい。このように、MCOK_A_4 が、インバータ装置 1 の直近に配置されることの優位性について、上述したとおりである。

【0078】

[3] 図 5 に示す実施例 2 の本装置 62 は、ACPT_21a を接続する二相の回路の接続形態は次のとおりである。二相の回路のうち、一方の相 (例えば U 相) の回路は、ACPT_21a の接続点と電流検出器 11a との間に MCOK_A_4a が接続されている。また、他方の相 (例えば V 相) の回路は、インバータ装置 1 と ACPT_21a の接続点の間に MCOK_A_4b が接続されている。

【0079】

図 5 に示す制御装置 31 は、相間電圧の検出について、ACPT_21a が故障したとしても、電流検出器 11a ~ 11c による各相電流値を検出できる状態が維持されるので、相当の保安対応することも容易である。

【0080】

[4] 図 6 に示す実施例 3 の本装置 63 は、V 相において、インバータ装置 1 と、ACPT_21a の接続点と、の間には、第 1 の電動機開放用開閉器として、MCOK_A_4b が接続されている。この V 相において、ACPT_21a の接続点と、電流検出器 11b と、の間には、第 2 の電動機開放用開閉器として、MCOK_B_5b が接続されている。

【0081】

図 6 に示す制御装置 31 によれば、例えば、ACPT_21a の地絡による V 相地絡事故が発生しても、電流検出器 11b によって、V 相地絡電流を検出できる状態が維持されるので、相当の保安対応することも容易である。

【0082】

[5] 図 7 に示す実施例 4 の本装置 64 は、電流検出器 11 と負荷との間に、第 2 の電動機開放用開閉器として、MCOK_B_5 を備えている。これによれば、第 1 の電動機開放用開閉器としての MCOK_A_4 に対し、第 2 の電動機開放用開閉器としての MCOK_B_5 が、直列二段の開閉器を構成することになる。

【0083】

図 7 に示す制御装置 31 は、例えば、PMSM_2' を装備した車両において、ACPT_21a の短絡故障により、回生制動状態が発生しても、電流検出器 11a, 11b によって、回生電流を検出できる状態が維持される。そのとき、制御装置 31 が MCOK_B

10

20

30

40

50

__5 を釈放すれば、相当の保安対応することも容易である。

【 0 0 8 4 】

また、インバータ装置 1 の起動時に、PMSM__2' の側に設けられた第 2 の M C O K __ B __ 5 のみを投入（閉路）させることにより、A C P T __ 2 1 a で PMSM__2' の相間電圧（端子間電圧）を検出すれば、電動機の回転子位置や速度を推定する。その後、推定した位置、速度情報に基づき、制御装置 3 1 でインバータ装置 1 を起動した状態で、第 1 の M C O K __ A を投入させる。これにより、過電流やトルク振動等の動作を防ぎ、安定してインバータとしての動作を開始させることができる。

【 0 0 8 5 】

[6] 図 8 に示す実施例 5 の本装置 6 5 は、インバータ装置 1 と電流検出器 1 1 a ~ 1 1 c の間で、各相に第 1 の M C O K __ A __ 4 と、第 2 の M C O K __ B __ 5 と、による直列二段の開閉器をそれぞれ備えている。また、電圧検出器 A C P T __ 2 1 a が接続された二相のうち一方の U 相の回路は、第 1 の M C O K __ A __ 4 a と第 2 の M C O K __ B __ 5 a との間で接続されている。また、他方の V 相の回路は、第 2 の M C O K __ B __ 5 b と電流検出器 1 1 b の間に接続されている。

10

【 0 0 8 6 】

このような構成の本装置 6 5 は、図 7 に示す実施例 4 の本装置 6 4 を、より高度に安定してインバータとしての動作を開始することができるとともに、安全性が向上する。すなわち、本装置 6 5 は、第 1 の M C O K __ A __ 4 a ~ 4 c と、第 2 の M C O K __ B __ 5 a ~ 5 c の投入順序により、過電流やトルク振動等の動作を防ぐことができる。また、本装置 6 5 は、電流検出器 1 1 a ~ 1 1 c が交流電動機 2 の直近に配置されるため、より交流電動機側での短絡故障による短絡電流を検知できるようになり、安全性が向上する。

20

【符号の説明】

【 0 0 8 7 】

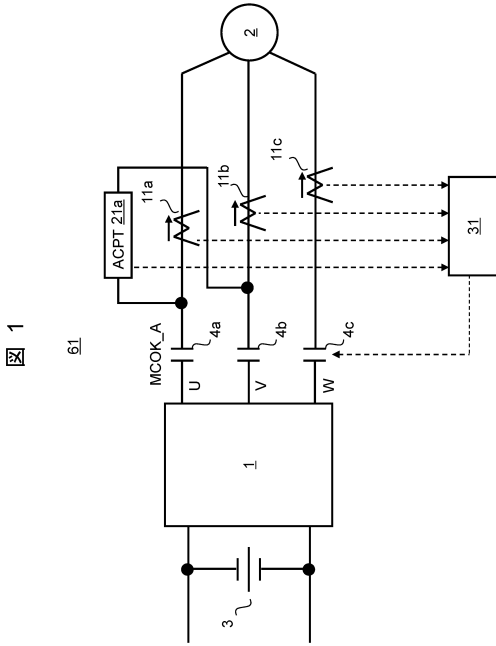
1 インバータ装置、2（負荷としての）三相交流電動機、2'（負荷としての PMSM）永久磁石型同期電動機、4, 4 a ~ 4 c 第 1 の電動機開放用開閉器（M C O K __ A）、5, 5 a ~ 5 c 第 2 の電動機開放用開閉器（M C O K __ B）、1 1, 1 1 a ~ 1 1 c 電流検出器、2 1 a, 2 1 b 電圧検出器（A C P T）、3 1 制御装置、6 1 ~ 6 5 三相交流電動機用駆動装置（本装置）

30

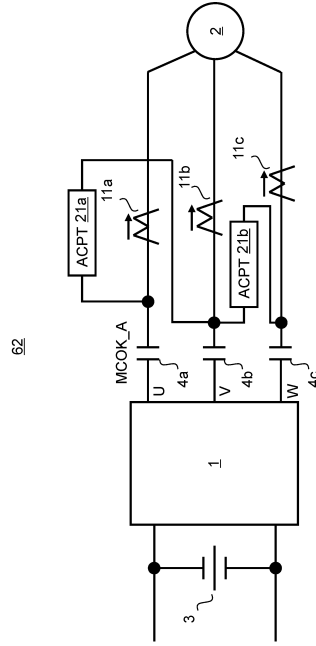
40

50

【 図面 】
【 図 1 】



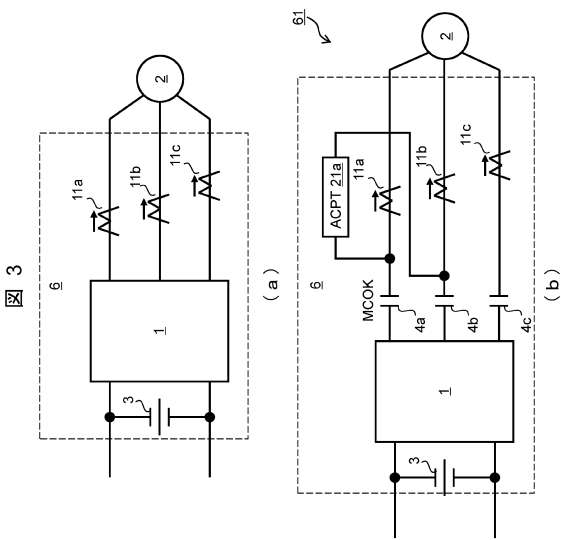
【 図 2 】



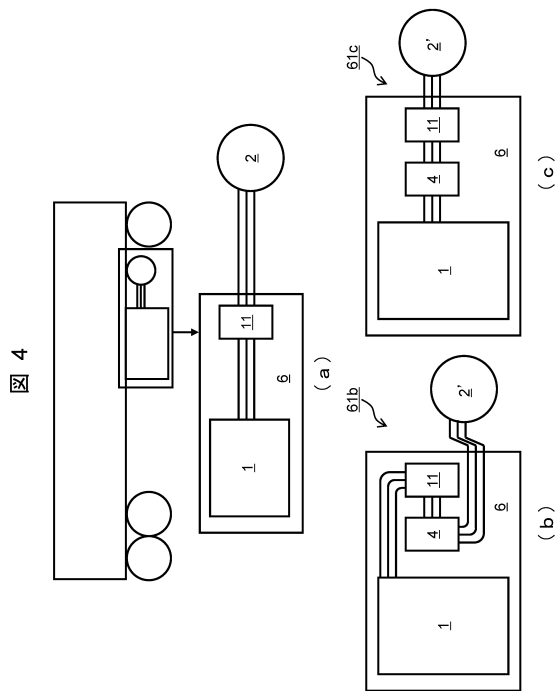
10

20

【 図 3 】



【 図 4 】

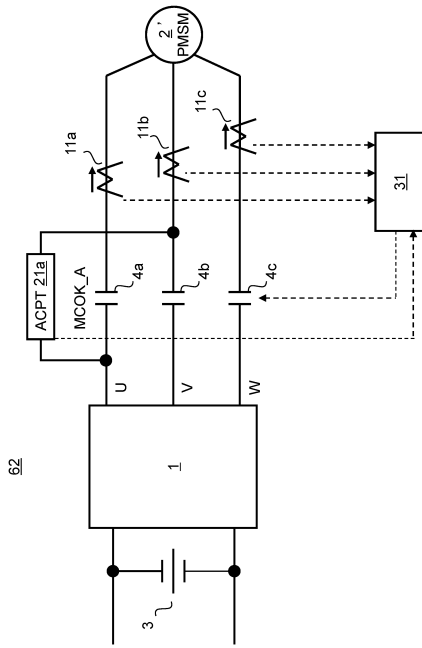


30

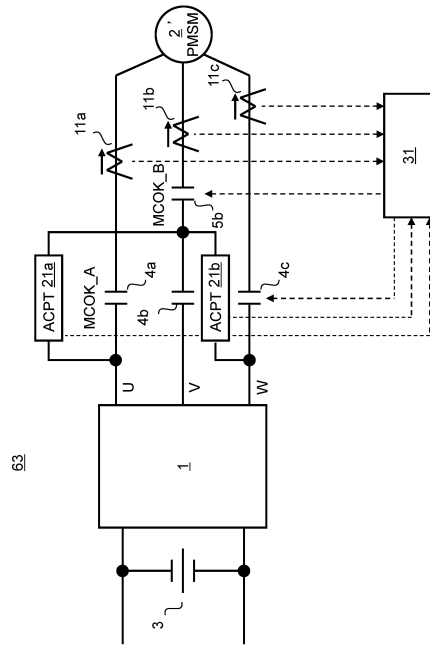
40

50

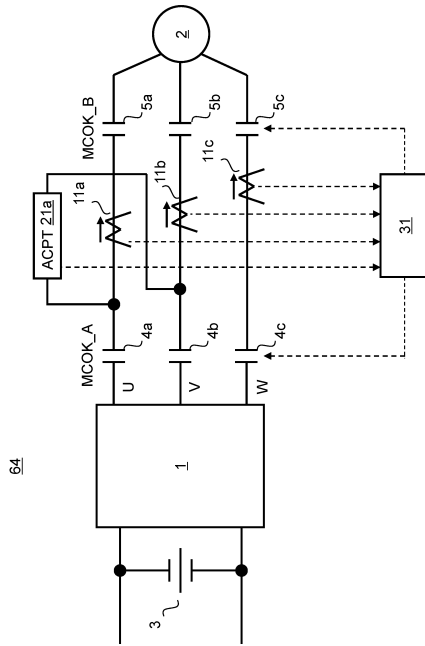
【図 5】



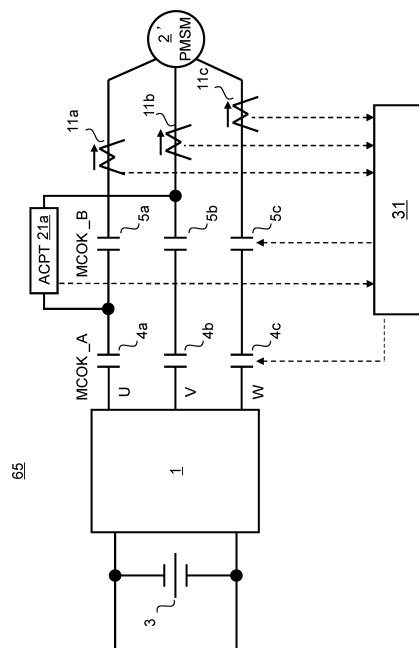
【図 6】



【図 7】



【図 8】



10

20

30

40

50

【 図 9 】

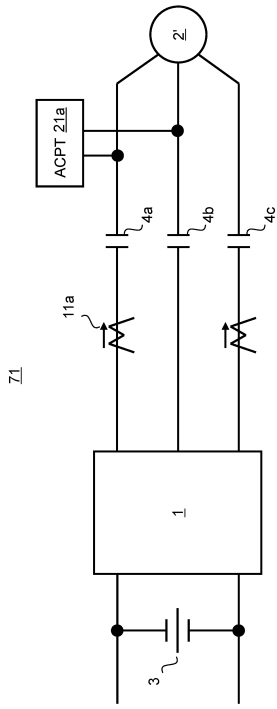


図 9

71

【 図 10 】

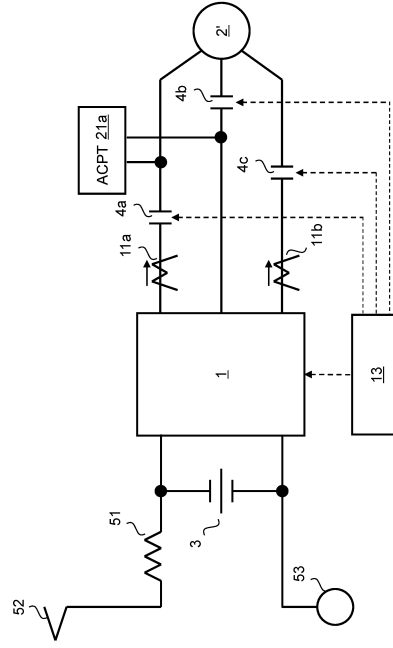


図 10

72

10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (72)発明者 石川 勝美
東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
- (72)発明者 大塚 邦晃
東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
- (72)発明者 白田 弘行
東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
- (72)発明者 金沢 友美
東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
- (72)発明者 高木 健雄
東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
- (72)発明者 寺門 秀一
東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
- (72)発明者 仲田 清
東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
- 審査官 岩田 健一
- (56)参考文献 特開2016-178735(JP,A)
特開2007-318969(JP,A)
特開2013-192300(JP,A)
特開2007-318968(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
B60L 9/18
H02P 27/06
H02P 25/16
H02M 7/48