

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5387989号  
(P5387989)

(45) 発行日 平成26年1月15日 (2014. 1. 15)

(24) 登録日 平成25年10月18日 (2013. 10. 18)

(51) Int. Cl. F I  
H O 2 P 6/12 (2006. 01) H O 2 P 6/02 3 7 1 P  
B 6 2 D 6/00 (2006. 01) B 6 2 D 6/00  
B 6 2 D 5/04 (2006. 01) B 6 2 D 5/04

請求項の数 7 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2010-277966 (P2010-277966)  
(22) 出願日 平成22年12月14日 (2010. 12. 14)  
(65) 公開番号 特開2012-111474 (P2012-111474A)  
(43) 公開日 平成24年6月14日 (2012. 6. 14)  
審査請求日 平成23年4月6日 (2011. 4. 6)  
(31) 優先権主張番号 特願2009-295534 (P2009-295534)  
(32) 優先日 平成21年12月25日 (2009. 12. 25)  
(33) 優先権主張国 日本国 (JP)  
(31) 優先権主張番号 特願2010-248185 (P2010-248185)  
(32) 優先日 平成22年11月5日 (2010. 11. 5)  
(33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000004260  
株式会社デンソー  
愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地  
(74) 代理人 100093779  
弁理士 服部 雅紀  
(72) 発明者 瓜生 信彦  
愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会  
社デンソー内  
(72) 発明者 向井 靖彦  
愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会  
社デンソー内  
(72) 発明者 中村 功一  
愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会  
社デンソー内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電動機駆動装置、および、これを用いた電動パワーステアリング装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

直流電源の電力を交流電力に変換する 1 個のインバータとそのインバータが電力を供給する 1 個の巻線群の組合せを 1 系統とすると、

直流電源と、

複数の系統を構成する複数のインバータと、

いずれかの系統にてインバータまたは巻線群のいずれかが故障したことを判定する故障判定手段と、

前記故障判定手段による故障判定に基づき、前記直流電源から故障系統のインバータへの電力供給を遮断する電力供給遮断手段と、

正常動作時は入力された電流指令値に基づき前記インバータへ電力を出力し、前記電力供給遮断手段が故障系統のインバータへの電力供給を遮断したとき、故障系統のインバータが供給していた電力を正常系統のインバータが補うように制御する電力制御手段と、

を備え、

前記電力制御手段は、

前記故障判定手段による故障判定後、当該電力制御手段への入力値を、正常動作時に用いていた値から変更することにより、故障系統のインバータが供給していた電力を正常系統のインバータが補うように制御し、

前記故障判定から一定時間経過後、正常系統のインバータが補う電力を徐々に小さくするように制御することを特徴とする電動機駆動装置。

## 【請求項 2】

N 個の系統を有する電動機駆動装置であって、  
前記電力制御手段は、  
前記インバータが前記巻線群に供給する各相の相電流を検出する相電流検出手段と、  
前記相電流検出手段により検出した各相の前記相電流検出値を故障判定の結果に基づき  
相電流変換値に変換する故障時相電流検出手段と、  
前記相電流変換値を d 軸電流および q 軸電流に変換し、その変換値と入力された電流指  
令値とに基づき、前記インバータへの出力を制御する電流制御手段と、  
を備え、

前記故障判定手段が前記 N 個の系統のうちいずれか M 個の系統が故障したことの故障判  
定をし、前記電力供給遮断手段が故障系統への電力供給を遮断したとき、前記電流制御手  
段の制御により、故障系統のインバータが供給していた電力を補うための電流を正常系統  
のインバータに通電させるように制御することを特徴とする請求項 1 に記載の電動機駆動  
装置。

10

## 【請求項 3】

前記電力制御手段は、前記電流制御手段を N 個備え、  
前記故障判定がされたとき、正常系統の前記相電流検出値に対する前記相電流変換値の  
比率であるゲインを  $(N - M) / N$  とすることにより、故障系統のインバータが供給してい  
た電力を補うための電流を正常系統のインバータに通電させるように制御し、  
前記故障判定から一定時間経過後、前記ゲインを徐々に大きくすることにより、正常系  
統のインバータが補う電力を徐々に小さくするように制御することを特徴とする請求項 2  
に記載の電動機駆動装置。

20

## 【請求項 4】

前記電力制御手段は、前記電流制御手段を N 個備え、  
前記故障判定がされたとき、前記電流指令値を  $N / (N - M)$  倍にして正常系統のインバ  
ータへ出力することにより、故障系統のインバータが供給していた電力を補うための電流  
を正常系統のインバータに通電させるように制御し、  
前記故障判定から一定時間経過後、正常系統のインバータへ出力する前記電流指令値を  
徐々に小さくすることにより、正常系統のインバータが補う電力を徐々に小さくするよう  
に制御することを特徴とする請求項 2 に記載の電動機駆動装置。

30

## 【請求項 5】

前記電力制御手段は、前記電流制御手段を 1 個備え、  
前記故障判定がされたとき、故障系統に電流が流れていないと認識し、前記電流指令値  
を  $N / (N - M)$  倍にして出力することにより、故障系統のインバータが供給していた電力  
を補うための電流を正常系統のインバータに通電させるように制御し、  
前記故障判定から一定時間経過後、正常系統のインバータへ出力する前記電流指令値を  
徐々に小さくすることにより、正常系統のインバータが補う電力を徐々に小さくするよう  
に制御することを特徴とする請求項 2 に記載の電動機駆動装置。

## 【請求項 6】

前記電力制御手段は、前記故障判定がされたとき、前記電流指令値の出力可能な上限値  
として設定される電流制限値を徐々に小さくするように制御することを特徴とする請求項  
1 ~ 5 のいずれか一項に記載の電動機駆動装置。

40

## 【請求項 7】

請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の電動機駆動装置を用いて、操舵アシストトルクを  
発生する電動機を駆動することを特徴とする電動パワーステアリング装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、複数の巻線群に電力を供給する複数のインバータを有する電動機駆動装置、  
および、これを用いた電動パワーステアリング装置に関する。

50

## 【背景技術】

## 【0002】

インバータなどの複数の電力供給源を有する電動機駆動装置として、特許文献1に記載された電動機駆動装置は、複数のインバータの一部が異常となった場合、異常インバータから複数の巻線群への電力供給を停止し、異常インバータ以外の正常なインバータから、対応する巻線群への電力供給を行う。一部のインバータが故障しても正常なインバータだけで駆動することにより、電動機を継続して運転できるようにしたものである。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0003】

10

【特許文献1】特開2005-304119号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

特許文献1の従来技術では、故障検出時に故障系統への電力供給を停止すると、故障と同時に故障系統分の出力が低下するため、故障直後で急な動作変動が生じるという課題がある。これは、電動機駆動装置を、例えば自動車の電動パワーステアリング装置に適用した場合、急な出力の変動が生じると運転者の意図せぬ動作が起こるおそれがある。

また、急な動作変動を起こさないために、出力低下分を他の正常な系統で補い続ける方法をとると、正常系統のインバータに過剰な負荷がかかって異常発熱するおそれがある。

20

これに対応するためにインバータの電力容量を増やすと、インバータが大型もしくは高価になり、小型かつ低コストな電動機駆動装置を実現できないという課題がある。

## 【0005】

本発明は上記事情に基づいて成されたものであり、その目的は、いずれかの系統が故障した際、異常系統の駆動を停止することによって生ずる動作変動を抑制する電動機駆動装置を提供することである。

また別の目的は、正常系統のインバータが補う電力を徐々に変化させることで過剰な負荷がかかる時間を短くし、異常発熱を防ぐことができ、また、小型かつ低コストな電動機駆動装置を提供することである。

## 【課題を解決するための手段】

30

## 【0006】

最初に、「1系統」とは直流電源の電力を交流電力に変換する1個のインバータとそのインバータが電力を供給する1個の巻線群の組合せの単位である。

請求項1に記載の電動機駆動装置は、直流電源と、複数の系統を構成する複数のインバータとを有する多系統の電動機駆動装置であり、(ア)~(ウ)の構成を採用する。ここで、「:」以下は、その構成を説明する。

(ア)故障判定手段:いずれかの系統にてインバータまたは巻線群のいずれかが故障したことを判定する。

(イ)電力供給遮断手段:(ア)故障判定手段による故障判定に基づき、直流電源から故障系統のインバータへの電力供給を遮断する。具体的には、電源リレーである。

40

## 【0007】

(ウ)電力制御手段:正常動作時は入力された電流指令値に基づきインバータへ電力を出力し、(イ)電力供給遮断手段が故障系統のインバータへの電力供給を遮断したとき、故障系統のインバータが供給していた電力を正常系統のインバータが補うように制御する。

故障系統のインバータが供給していた電力を正常系統のインバータが補って電動機の駆動を継続することにより、故障時の急な動作変動を無くすることができる。

## 【0008】

電力制御手段は、故障判定手段による故障判定後、当該電力制御手段への入力値を、正常動作時に用いていた値から変更することにより故障系統のインバータが供給していた電

50

力を正常系統のインバータが補うように制御する。すなわち、故障判定後に故障用の電力制御手段を新たに用いるのではなく、正常動作時に用いていた入力値を変更することだけで、電力制御手段は、故障系統のインバータが供給していた電力を正常系統のインバータが補うように制御する。

電力制御手段そのものを変更すると、正常動作時と故障時で2種類の電力制御手段を持つことになり、制御が複雑になる。そのため高性能なマイコンが必要となり、低コストな電動機駆動装置を実現できない。

それに対し本発明では、電力制御手段への入力値を、正常動作時に用いていた値から変更するだけなので、2種類の電力制御手段を持つ必要がない。よって、制御を複雑にすることなく、低コストなマイコンを用いて電動機駆動装置を提供することができる。

10

ここで「入力値の変更」は、具体的には、電力制御手段においてフィードバック制御がされることにより得られる。例えば、インバータの出力電流検出値に基づく演算結果としてフィードバックされる。

#### 【0009】

また、電力制御手段は、故障判定から一定時間経過後、正常系統のインバータが補う電力を徐々に小さくするように制御する。

これにより、正常系統のインバータには、故障判定から一定時間だけ正常動作時より大きな電流が通電された後、補う電力を徐々に小さくするため、過剰な負荷がかかる時間を制限することができる。したがって、電動機駆動装置を異常発熱から守ることができる。また、電力容量の大きい大型のインバータを用いる必要がないため、電動機駆動装置を小型かつ低コストな構成にすることができる。

20

#### 【0010】

請求項2に係る発明では、請求項1に記載された「N個の系統を有する電動機駆動装置」（以下、「N系統の電動機駆動装置」という。）において、電力制御手段の構成が具現化される。Nは2以上の整数である。

請求項2に記載の電動機駆動装置では、請求項1に記載の（ウ）電力制御手段は、相電流検出手段、故障時相電流変換手段、及び、電流制御手段を備える。

相電流検出手段は、インバータが巻線群に供給する各相の相電流を検出する。

故障時相電流変換手段は、相電流検出手段により検出した各相の相電流検出値を故障判定の結果に基づき相電流変換値に変換する。

30

電流制御手段は相電流変換値をd軸電流およびq軸電流に変換し、その変換値と電流指令値とに基づき複数のインバータへの出力を制御する。このように、電流制御手段がフィードバック制御を実行する。

#### 【0011】

以上の構成のもと、故障判定手段がN系統のうちいずれかM系統の「インバータまたは巻線群のいずれか」が故障したことの故障判定をすると、電力供給遮断手段が故障系統への電力供給を遮断する。そして、電力制御手段は、3相2相変換手段の制御により、故障系統のインバータが供給していた電力を補うための電流を正常系統のインバータに通電させるように制御する

ここで、Mは0以上N未満の整数である。ただし、Mが0のときは全系統正常であるため、以下、故障時の説明ではMを1以上として扱う。

40

請求項2に記載の電動機駆動装置において、請求項3～5に係る発明では、さらに、「故障系統のインバータが供給していた電力を補うための電流を正常系統のインバータに通電させる」ための構成を具現化する。

#### 【0012】

請求項3に記載の電動機駆動装置では、電力制御手段は、電流制御手段をN個備え、正常系統の前記相電流検出値に対する相電流変換値の比率であるゲインを $(N - M) / N$ とすることにより、故障系統のインバータが供給していた電力を補うための電流を正常系統のインバータに通電させるように制御する。

正常系統のゲインを $(N - M) / N$ 、すなわち、1より小さくすることにより、正常系統

50

の電流制御手段は、他の系統の中に電流が流れていない系統があることを認識して、不足分の電力を補うため、その系統にゲインの逆数倍、すなわち  $N / (N - M)$  倍の電流を流すよう指令する。正常系統は  $(N - M)$  個あるので、全体として正常動作時の  $N$  系統分の電流が流れ、インバータ出力の合計を故障の前後で一定に維持することができる。

そして、電力制御手段は、故障判定から一定時間経過後、ゲインを徐々に大きくすることにより、正常系統のインバータが補う電力を徐々に小さくするように制御する。

#### 【 0 0 1 3 】

請求項 4 に記載の電動機駆動装置では、電力制御手段は、電流制御手段を  $N$  個備え、正常系統のインバータへの電流指令値を  $N / (N - M)$  倍にすることにより、故障系統のインバータが供給していた電力を補うための電流を正常系統のインバータに通電させるように制御する。

10

電流指令値を  $N / (N - M)$  倍にして正常系統のインバータへ出力することにより、各正常系統に、正常動作時の  $N / (N - M)$  倍の電流が流れる。正常系統は  $(N - M)$  個あるので、全体として正常動作時の  $N$  系統分の電流が流れ、インバータ出力の合計を故障の前後で一定に維持することができる。

そして、電力制御手段は、故障判定から一定時間経過後、正常系統のインバータへ出力する電流指令値を徐々に小さくすることにより、正常系統のインバータが補う電力を徐々に小さくするように制御する。

#### 【 0 0 1 4 】

請求項 5 に記載の電動機駆動装置では、電力制御手段は、電流制御手段を 1 個備え、故障系統に電流が流れていないと認識し、電流指令値を  $N / (N - M)$  倍にして出力することにより、故障系統のインバータが供給していた電力を補うための電流を正常系統のインバータに通電させるように制御する。

20

$N$  系統のうち  $M$  系統が故障のとき、3 相 2 相変換手段に入力される相電流変換値の和は、正常動作時の  $(N - M) / N$  となる。電流制御手段は、全系統の合計電流が不足していることを認識して、不足分の電力を補うため、電流指令値を  $N / (N - M)$  倍にするよう指令する。正常系統は  $(N - M)$  個あるので、全体として正常動作時の  $N$  系統分の電流が流れ、インバータ出力の合計を故障の前後で一定に維持することができる。

そして、電力制御手段は、故障判定から一定時間経過後、正常系統のインバータへ出力する電流指令値を徐々に小さくすることにより、正常系統のインバータが補う電力を徐々に小さくするように制御する。

30

#### 【 0 0 1 5 】

特に請求項 5 の構成では、「故障系統のインバータが供給していた電力を補うための電流を正常系統のインバータに通電させるように制御する」ことを 1 個の電流制御手段で具現化できるため、電動機駆動装置を簡素化し、コスト低減に有利である。

#### 【 0 0 1 6 】

請求項 6 に記載の電動機駆動装置では、電力制御手段は、故障判定がされたとき、電流指令値の出力可能な上限値として設定される電流制限値を徐々に小さくするように制御する。電流制限値を徐変することで、電流指令値を徐変するのと同様の効果が得られる。

#### 【 0 0 1 9 】

40

請求項 7 に記載の電動パワーステアリング装置は、請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の電動機駆動装置を用いて、操舵アシストトルクを発生する電動機を駆動するものである。

電動パワーステアリング装置は、自動車運転者の操舵をアシストする装置である。したがって、電動パワーステアリング装置において故障により動作変動が起こることは、旋回中に操舵力が変動し、ハンドルが重くなる、あるいは動かなくなるといった状況が発生させる。よって、故障したインバータへの電力供給が遮断されたとき、故障系統のインバータが供給していた電力を正常系統のインバータが補い、かつ、その後、その正常系統のインバータが補う電力を徐々に変化させるように制御することは、電動パワーステアリング装置においてより大きな効果を奏する。

50

## 【図面の簡単な説明】

## 【 0 0 2 0 】

【図 1】本発明の第 1 ～ 第 3 実施形態の電動機駆動装置が適用される電動パワーステアリング装置の構成図

【図 2】本発明の第 1 ～ 第 3 実施形態の電動機駆動装置が適用される電動パワーステアリング装置の制御ブロック図

【図 3】本発明の第 1 ～ 第 3 実施形態の 2 系統電動機駆動装置の基本回路図

【図 4】本発明の第 1 および第 2 実施形態の電動機駆動装置の模式図

【図 5】本発明の第 1 実施形態の電動機駆動装置で実行される故障時相電流変換手段フローチャート

10

【図 6】本発明の第 1 実施形態の電動機駆動装置で実行される故障時のタイミングチャート

【図 7】本発明の第 2 実施形態の電動機駆動装置で実行される故障時電流指令値演算フローチャート

【図 8】本発明の第 2 実施形態の電動機駆動装置で実行される故障時のタイミングチャート

【図 9】本発明の第 1 実施形態の電動機駆動装置で実行される故障時漸減処理フローチャート

【図 10】本発明の第 2 および第 3 実施形態の電動機駆動装置で実行される故障時漸減処理フローチャート

20

【図 11】本発明の第 3 実施形態の電動機駆動装置の模式図

【図 12】本発明の第 3 実施形態の電動機駆動装置で実行される故障時相電流変換手段フローチャート

【図 13】本発明の第 3 実施形態の電動機駆動装置で実行される故障時のタイミングチャート

## 【発明を実施するための形態】

## 【 0 0 2 1 】

以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。車両のステアリング操作をアシストするための電動パワーステアリング装置に本発明を適用した実施形態を図 1 から図 13 に示す。

30

## ( 共通の構成 )

最初に、本発明の第 1 実施形態から第 3 実施形態に共通の構成を説明する。

図 1 は、電動パワーステアリング装置を備えたステアリングシステムの全体構成を示す。ステアリングシステム 90 に備えられる電動パワーステアリング装置 1 は、ハンドル 91 に接続されたステアリングシャフト 92 に操舵トルクを検出するためのトルクセンサ 94 を設置している。ステアリングシャフト 92 の先端にはピニオンギア 96 が設けられており、ピニオンギア 96 はラック軸 97 に噛み合っている。ラック軸 97 の両端には、タイロッド等を介して一对の車輪 98 が回転可能に連結されている。ステアリングシャフト 92 の回転運動は、ピニオンギア 96 によってラック軸 97 の直線運動に変換され、ラック軸 97 の直線運動変位に応じた角度について一对の車輪 98 が操舵される。

40

## 【 0 0 2 2 】

電動パワーステアリング装置 1 は、操舵アシストトルクを発生するモータ 80、モータ 80 の回転角度を検出する回転角センサ 85、モータ 80 の回転を減速してステアリングシャフト 92 に伝える減速ギア 89、及び、ECU 5 を備える。ECU 5 は、モータの駆動を制御する電動機駆動装置 2 を含む。モータ 80 は 3 相ブラシレスモータであり、減速ギア 89 を正逆回転させる。

この構成により、電動パワーステアリング装置 1 は、ハンドル 91 の操舵を補助するための操舵アシストトルクを発生し、ステアリングシャフト 92 に伝達する。

## 【 0 0 2 3 】

図 2 は、電動パワーステアリング装置 1 の制御ブロック図である。本図は、正常動作の

50

ための構成のみを示し、後述の故障判定に関する構成は除外している。トルクセンサ 9 4 による操舵トルク検出値、及び、車速センサ 9 5 による車速検出値は、電流指令値演算 1 5 に入力される。電流指令値演算 1 5 は、電流制御手段 2 0 に指令値を出力する。電流制御手段 2 0 は、例えば、d q 制御手段である。

#### 【0024】

電流制御手段 2 0 は、3 相 2 相変換手段 2 5、電流制御演算 3 0、及び、2 相 3 相変換手段 3 5 から構成される。3 相 2 相変換手段 2 5 は、例えば、d q 軸電流変換手段であり、電流制御演算 3 0 は、例えば、P 制御演算、P I 制御演算、P I D 制御演算等である。

#### 【0025】

3 相 2 相変換手段 2 5 は、電流検出器 7 5 が検出した相電流検出値  $I_u$ 、 $I_v$ 、 $I_w$  を、回転角センサ 8 5 が検出しフィードバックされたモータ電気角  $\theta$  に基づき、磁束の向きに平行な d 軸電流と、磁束の向きに直交する q 軸電流とに座標変換する。なお、d 軸電流は励磁電流または界磁電流、q 軸電流はトルク電流ともいう。3 相 2 相変換手段 2 5 が出力する d 軸電流、q 軸電流は、電流指令値演算 1 5 の指令値にフィードバックされ、指令値と検出値との差に基づき、電流制御演算 3 0 が比例積分制御によって出力値を演算する。

10

電流制御演算 3 0 の出力した 2 相電圧指令値は、2 相 3 相変換手段 3 5 によって U 相、V 相、W 相の 3 相電圧指令値に変換されてインバータ 6 0 に出力される。回転角センサ 8 5 が検出したモータ電気角  $\theta$  は、2 相 3 相変換手段 3 5 にもフィードバックされる。

なお、電流制御手段 2 0 は、具体的にはマイコンに相当する。

20

#### 【0026】

インバータ 6 0 が生成した交流電力はモータ巻線 8 0 0 に供給され、モータ 8 0 を駆動する。電流検出器 7 5 は、インバータ 6 0 の出力電流を各相毎に検出する。回転角センサ 8 5 は、モータ電気角  $\theta$  を検出する。

#### 【0027】

図 3 は、2 系統電動機駆動装置の基本回路図を示す。直流電源 5 0 は、図の上側に示される第 1 系統と、図の下側に示される第 2 系統に並列に電力を供給する。

各系統は、電源リレー 5 5 1、5 5 2、インバータ 6 0 1、6 0 2、モータ巻線 8 0 1、8 0 2 から構成される。電源リレー 5 5 1、5 5 2 は、インバータ 6 0 1、6 0 2 への電力供給を導通または遮断する。電源リレー 5 5 1、5 5 2 は、特許請求の範囲に記載の「電力供給遮断手段」を具現化したものである。

30

インバータ 6 0 1、6 0 2 は直流電力から 3 相交流電力を生成する。モータ巻線 8 0 1、8 0 2 は、回転軸に対称に配置されてモータ 8 0 を構成し、モータ 8 0 はインバータ 6 0 1、6 0 2 から 3 相交流電力を供給されて駆動される。なお、モータ巻線 8 0 1、8 0 2 は  $\Delta$  結線で図示されているが、Y 結線であってもよい。電流検出器 7 5 1、7 5 2 はインバータ 6 0 1、6 0 2 の出力電流を各相毎に検出する。

#### 【0028】

インバータ 6 0 1、6 0 2 は、それぞれ 6 個のスイッチング素子から構成される。ここで、スイッチング素子として用いられる MOS 電解効果トランジスタを、単に「MOS」という。また、電源電圧側の MOS を「上 MOS」、グランド側の MOS を「下 MOS」という。6 個のスイッチング素子は、U 相上 MOS 6 1 1、6 1 2、V 相上 MOS 6 2 1、6 2 2、W 相上 MOS 6 3 1、6 3 2、U 相下 MOS 6 4 1、6 4 2、V 相下 MOS 6 5 1、6 5 2、W 相下 MOS 6 6 1、6 6 2 である。

40

#### 【0029】

なお、3 系統以上の多系統の場合は、同様の系統が並列に追加される。電動機駆動装置を多系統にすることにより、一部の系統が故障してもモータ 8 0 の動作を継続させることができ、モータ 8 0 が適用される製品の信頼性を高めることができる。

#### 【0030】

(第 1 実施形態)

本発明の第 1 実施形態の電動機駆動装置を、図 4、5、6 に基づいて説明する。

50

図4はN系統電動機駆動装置の制御ブロックを示す模式図であり、代表として第1系統と第2系統を示している。ここで、Nは2以上の整数である。第1系統のモータ巻線801、第2系統のモータ巻線802に電力を供給するための電力制御手段101、102は、各系統に設けられる。電力制御手段101、102は、それぞれ、電流制御手段201、202、故障時相電流変換手段401、402を含む。

Nが3以上の場合、第3系統以下は、図の下部に矢印で示すように同様のブロックが並列に追加される。すなわち、N系統では、N個のモータ巻線群800に電力を供給するための電力制御手段10、電流制御手段20、インバータ60を、それぞれN個有する。

#### 【0031】

次に、代表して第1系統について詳しい構成を説明する。各構成要素の機能は、概ね図2の制御ブロック図で説明したとおりである。電流指令値演算15は、d軸電流指令値 $I_{Dref}$ およびq軸電流指令値 $I_{Qref}$ を出力する。電流制御演算301は、d軸電流指令値 $I_{Dref}$ およびq軸電流指令値 $I_{Qref}$ と、3相2相変換手段251が出力するd軸電流 $I_d$ 、q軸電流 $I_q$ とに基づき、代表の2相電圧指令値 $V_d$ 、 $V_q$ を生成する。2相3相変換手段351は、2相電圧指令値 $V_d$ 、 $V_q$ から3相電圧指令値を生成し、インバータ601に出力する。インバータ601は、3相交流電圧 $V_{u1}$ 、 $V_{v1}$ 、 $V_{w1}$ をモータ巻線801に供給する。

#### 【0032】

電流検出器751は、インバータ601の出力電流を検出し、相電流検出値 $I_{u1i}$ 、 $I_{v1i}$ 、 $I_{w1i}$ を故障時相電流変換手段401に出力する。

故障判定手段451は、インバータ601または巻線801のいずれかが故障したことを検知すると、電源リレー551（図3参照）をOFFして電源供給を遮断するとともに、故障フラグ $err\_1$ をONする。一方、故障を検知しないとき、すなわち正常時には故障フラグ $err\_1$ をOFFする。また、故障フラグ $err\_1$ のON/OFF、すなわち故障判定信号を故障時相電流変換手段401に送る。

#### 【0033】

故障時相電流変換手段401は、故障判定信号に基づき、入力した相電流検出値 $I_{u1i}$ 、 $I_{v1i}$ 、 $I_{w1i}$ を相電流変換値 $I_{u1o}$ 、 $I_{v1o}$ 、 $I_{w1o}$ に変換して3相2相変換手段251に出力する。このときの変換係数、すなわち、相電流検出値に対する相電流交換値の比率を「ゲイン」という。

3相2相変換手段251は、相電流変換値 $I_{u1o}$ 、 $I_{v1o}$ 、 $I_{w1o}$ を座標変換して、d軸電流 $I_d1$ 、q軸電流 $I_q1$ を出力する。

#### 【0034】

図5は、2系統電動機駆動装置において電流制御手段が2個の場合の故障時相電流変換手段フローチャートである。フローチャートの説明で、記号Sは「ステップ」を示す。

S11では、「第1系統が正常、第2系統が正常」であるか否かを判断する。YESの場合、S12にて第1系統、第2系統ともにゲインGを1とし、相電流検出値に等しい相電流変換値を出力する。NOの場合、S13へ移行する。

S13では、「第1系統が故障、第2系統が正常」であるか否かを判断する。YESの場合、S14にて第1系統のゲインG1を0とし、相電流変換値を0とする。一方、第2系統のゲインG2を1/2とし、相電流検出値の1/2の相電流変換値を出力する。NOの場合、S15へ移行する。

S15では、「第1系統が正常、第2系統が故障」であるか否かを判断する。YESの場合、S16にて、第1系統のゲインG1を1/2とし、相電流検出値の1/2の相電流変換値を出力する。一方、第2系統のゲインG2を0とし、相電流変換値を0とする。

NOの場合は、「第1系統が故障、第2系統が故障」であると判断し、S17にて第1系統、第2系統ともにゲインを0とし、相電流変換値を0とする。

このように2系統の場合、他の系統が故障のとき、正常系統の相電流検出値をそのまま用いるのではなく、ゲインGを1/2として相電流変換値に変換する。

#### 【0035】

図 6 は、2 系統電動機駆動装置において電流制御手段が 2 個の場合の、故障時の各パラメータの変化を示すタイミングチャートである。ここでは第 1 系統の U 相で故障が検知された場合を例示する。故障判定手段 4 5 1 により故障判定された時刻を  $t_0$  とし、まず、時刻  $t_0$  から時刻  $t_X$  までの制御について説明する。時刻  $t_X$  から時刻  $t_Z$  までの制御については、第 2 実施形態の説明のあとで述べる。

#### 【0036】

(a)、(b)、(c) は、それぞれ、故障系統である第 1 系統の相電流検出値  $I_{u1}$ 、ゲイン  $G_1$ 、q 軸電流  $I_{q1}$  を示す。時刻  $t_0$  で故障判定手段 4 5 1 がインバータ 6 0 1 または巻線 8 0 1 の故障を検知すると、電源リレー 5 5 1 が電力供給を遮断し、(a) の相電流検出値  $I_{u1}$  は 0 となる。(相電流検出値が 0 だからゲイン  $G_1$  が 0 なのではない。図 5 : S 1 4 に記載の通り故障確定でゲイン 0 とする。ゲイン 0 とするのは故障による影響が他に及ばないようにするため)(b) のゲイン  $G_1$  を 0 として扱い、(c) の q 軸電流  $I_{q1}$  は 0 となる。

#### 【0037】

(d)、(e)、(f) は、それぞれ、正常系統である第 2 系統の相電流検出値  $I_{u2}$ 、ゲイン  $G_2$ 、q 軸電流  $I_{q2}$  を示す。故障判定されると、故障時相電流変換手段 4 0 2 が正常系統の (e) のゲイン  $G_2$  を  $1/2$  とすることにより、3 相 2 相変換手段 2 5 2 は、相電流検出値  $I_{u2}$  の  $1/2$  を相電流変換値  $I_{u2o}$  として認識し、電流制御演算 3 0 2 に「第 2 系統に正常動作時の半分しか電流が流れていない」とフィードバックする。これを受けて電流制御演算 3 0 2 は、不足分の電力を補うための電流を流すよう指令する。この結果、第 2 系統には、(d) に示すように正常動作時の 2 倍の相電流  $I_{u2}$  が流れる。また、(d) の相電流検出値  $I_{u2}$  が 2 倍になり、(e) のゲイン  $G_2$  が  $1/2$  になるため、それらの積である  $I_{u2o}$  が故障前と変わらないため、(f) の q 軸電流  $I_{q2}$  は変化しない。

#### 【0038】

なお、(g) の q 軸電流指令値  $I_{Qref}$  は変化しない。また、「故障した第 1 系統のインバータ 6 0 1 が供給していた電力を正常な第 2 系統のインバータ 6 0 2 が補う」ことにより、(h) に示す「インバータ出力の合計」を故障の前後で一定に維持することができる。これにより、故障時の動作変動を抑制することができる。

また、故障時のために別個の電力制御手段を必要とせず、電力制御手段への入力値を、正常動作時に用いていた値から変更するだけなので、制御を複雑にすることなく、低コストなマイコンを用いて電動機駆動装置を提供することができる。

#### 【0039】

以上は 2 系統電動機駆動装置での説明であり、2 系統のうち 1 系統が故障のとき、正常系統のゲイン  $G$  を  $1/2$  として相電流検出値を変換することが要点であった。

次に、N 系統のうち M 系統が故障した場合について説明する。N は 2 以上の整数、M は 0 以上 N 未満の整数である。M が 0 のとき全系統正常である。N 系統のうち M 系統が故障のとき、正常系統のゲイン  $G$  を  $(N - M) / N$  とする。M が 0 の場合を除き、正常系統のゲイン  $G$  は 1 より小さくなる。そうすることにより、正常系統の 3 相 2 相変換手段 2 5 は、他の系統の中に電流が流れていない系統があることを認識して、電流制御演算 3 0 にフィードバックする。フィードバックを受けた電流制御演算 3 0 は、不足分の電力を補うため、その系統にゲイン  $G$  の逆数倍、すなわち  $N / (N - M)$  倍の電流を流すよう指令する。正常系統は  $(N - M)$  個あるので、全体として正常動作時の N 系統分の電流が流れ、「インバータ出力の合計」を故障の前後で一定に維持することができる。

#### 【0040】

##### (第 2 実施形態)

本発明の第 2 実施形態の電動機駆動装置を、図 4、7、8 に基づいて説明する。

図 4 については、第 1 実施形態と同じである。すなわち、第 1 実施形態と同様、第 2 実施形態の N 系統電動機駆動装置は、電流制御手段 2 0 を N 個有する。

#### 【0041】

図 7 は、2 系統電動機駆動装置において電流制御手段が 2 個の場合の故障時電流指令値演算フローチャートである。

S 2 1 では、「第 1 系統が正常、第 2 系統が正常」であるか否かを判断する。Y E S の場合、S 2 2 にて q 軸電流指令値  $I_{Qref}$  をそのままとする。N O の場合、S 2 3 へ移行する。

S 2 3 では、「第 1 系統が故障、第 2 系統が正常」であるか否かを判断する。Y E S の場合、S 2 4 にて q 軸電流指令値  $I_{Qref}$  を 2 倍にする。N O の場合、S 2 5 へ移行する。

S 2 5 では、「第 1 系統が正常、第 2 系統が故障」であるか否かを判断する。Y E S の場合、S 2 6 にて S 2 4 と同様に、q 軸電流指令値  $I_{Qref}$  を 2 倍にする。

N O の場合は、「第 1 系統が故障、第 2 系統が故障」であると判断し、S 2 7 にて q 軸電流指令値  $I_{Qref}$  を 0 とする。

このように 2 系統のうち 1 系統が故障のとき、故障系統の相電流検出値を用いず、q 軸電流指令値  $I_{Qref}$  を 2 倍にする。

#### 【 0 0 4 2 】

図 8 は、2 系統電動機駆動装置において電流制御手段が 2 個の場合の、故障時の各パラメータの変化を示すタイミングチャートである。図 6 に対応して第 1 系統の U 相で故障が検知された場合を例示する。故障判定手段 4 5 1 により故障判定された時刻を  $t_0$  とし、まず、時刻  $t_0$  から時刻  $t_X$  までの制御について説明する。時刻  $t_X$  から時刻  $t_Z$  までの制御については後述する。

#### 【 0 0 4 3 】

( a )、( b )、( c ) は、それぞれ、故障系統である第 1 系統の相電流検出値  $I_{u1}$ 、ゲイン  $G1$ 、q 軸電流  $I_{q1}$  を示す。時刻  $t_0$  で故障判定手段 4 5 1 がインバータ 6 0 1 または巻線 8 0 1 の故障を検知すると、電源リレー 5 5 1 が電力供給を遮断し、( a ) の相電流検出値  $I_{u1}$  は 0 となる。( 上と同様 ) ( b ) のゲイン  $G1$  を 0 とし扱い、( c ) の q 軸電流  $I_{q1}$  は 0 となる。ここまでは、図 6 と同じである。

#### 【 0 0 4 4 】

( d )、( e )、( f ) は、それぞれ、正常系統である第 2 系統の相電流検出値  $I_{u2}$ 、ゲイン  $G2$ 、q 軸電流  $I_{q2}$  を示す。故障判定手段 4 5 1 により故障判定されると、第 2 系統の電流制御演算 3 0 2 は、( g ) の q 軸電流指令値  $I_{Qref}$  を 2 倍にする。この結果、第 2 系統には、( d ) に示すように正常動作時の 2 倍の相電流  $I_{u2}$  が流れる。また、( d ) の相電流検出値  $I_{u2}$  が 2 倍になり、( e ) のゲイン  $G2$  は 1 のままであるため、 $I_{u2o}$  が 2 倍となるため、( f ) の q 軸電流  $I_{q2}$  は 2 倍になる。

#### 【 0 0 4 5 】

第 2 実施形態でも第 1 実施形態同様、「故障した第 1 系統のインバータ 6 0 1 が供給していた電力を正常な第 2 系統のインバータ 6 0 2 が補う」ことにより、( h ) に示す「インバータ出力の合計」を故障の前後で一定に維持することができる。これにより、故障時の動作変動を抑制することができる。

また、故障時のために別個の電力制御手段を必要とせず、電力制御手段への入力値を、正常動作時に用いていた値から変更するだけなので、制御を複雑にすることなく、低コストなマイコンを用いて電動機駆動装置を提供することができる。

#### 【 0 0 4 6 】

以上は 2 系統電動機駆動装置での説明であり、2 系統のうち 1 系統が故障のとき、q 軸電流指令値  $I_{Qref}$  を 2 倍にすることが要点であった。

次に、N 系統のうち M 系統が故障した場合について説明する。N は 2 以上の整数、M は 1 以上 N 未満の整数である。M が 0 のとき全系統正常である。N 系統のうち M 系統が故障のとき、q 軸電流指令値  $I_{Qref}$  を  $N / (N - M)$  倍にする。よって、各正常系統に、正常動作時の  $N / (N - M)$  倍の電流が流れる。正常系統は  $(N - M)$  個あるので、全体として正常動作時の N 系統分の電流が流れ、「インバータ出力の合計」を故障の前後で一定に維持することができる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 4 7 】

( 第 1、第 2 実施形態の故障時漸減処理 )

図 9 に第 1 実施形態の、図 1 0 に第 2 実施形態の故障時漸減処理フローチャートを示す。  
S 4 1 から S 4 5 までは共通である。なお、以下の説明では、第 1 系統が故障した場合  
を例として符号を記す。

S 4 1 で故障判定手段 4 5 1 により故障判定されると、S 4 2 で、故障した系統の電源  
リレー 5 5 1 を O F F し、S 4 3 で、故障系統の出力分を正常系統が補う。

## 【 0 0 4 8 】

続いて、S 4 4 および S 4 5 では故障判定の時刻  $t_0$  からの経過時間をカウントするた  
め、経過時間  $T i m e$  の現在値が所定の継続時間  $X$  に達するまで、経過時間  $T i m e$  の加  
算処理を繰り返す。例えば、継続時間  $X$  を  $5 s e c$ 、一処理のサイクルを  $5 m s e c$  とす  
ると、処理を 1 0 0 0 回繰り返すことになる。

図 6、図 8 において、時刻  $t_0$  から時刻  $t_X$  までの時間が継続時間  $X$  であり、この間、  
( d ) に示すように正常系統のインバータは正常動作時の 2 倍の相電流を出力する。

## 【 0 0 4 9 】

次に、漸減処理を行う。漸減処理とは、正常系統のインバータが補う電力を徐々に小さ  
くする処理である。漸減処理の具体的なステップは、第 1 実施形態と第 2 実施形態とで異  
なる。漸減処理は、図 6、図 8 において、時刻  $t_X$  から時刻  $t_Z$  までの間に実行される。

## 【 0 0 5 0 】

図 9 に示す第 1 実施形態の漸減処理ステップ S 4 6 および S 4 7 では、ゲイン  $G$  の現在  
値が最終ゲイン  $G_Z$  をわずかに上回るまで、ゲイン  $G$  に乗率  $\alpha$  の乗算を繰り返す。最終ゲ  
イン  $G_Z$  は、例えば 1、すなわち、正常動作時の値とすればよい。したがって、2 系統の  
うち 1 系統が故障した場合は、ゲイン  $G$  を  $1 / 2$  から 1 まで、2 倍に漸増させることにな  
る。例えば乗率を  $1.001$  とすると、約 690 回の乗算を繰り返すことによりゲイン  $G$   
を 2 倍にできる。

あるいは、一処理毎に一定値を加算することにより、直線的に増加させてもよい。例え  
ば、1 サイクルごとにゲイン  $G$  の初期値の  $1 / 500$  ずつ加算を繰り返すことにより、5  
00 サイクルでゲイン  $G$  を 0.5 から 1 まで漸増させることができる。

## 【 0 0 5 1 】

図 1 0 に示す第 2 実施形態の漸減処理ステップ S 5 6 および S 5 7 では、q 軸電流指令  
値  $I Q r e f$  の現在値が q 軸電流最終指令値  $I Q r e f_Z$  をわずかに下回るまで、q 軸電  
流指令値  $I Q r e f$  に乗率  $\beta$  の乗算を繰り返す。q 軸電流最終指令値  $I Q r e f_Z$  は、例  
えば正常動作時の値とすればよい。したがって、2 系統のうち 1 系統が故障した場合は、  
q 軸電流最終指令値  $I Q r e f_Z$  は、図 8 ( g ) に示すように、正常動作時の 2 倍になっ  
ているから、これを  $1 / 2$  に漸減させることになる。例えば乗率  $\beta$  を  $0.999$  とすると  
、約 690 回の乗算を繰り返すことにより q 軸電流指令値  $I Q r e f$  を  $1 / 2$  にできる。

あるいは、一処理毎に一定値を減算することにより、直線的に減少させてもよい。例え  
ば、1 サイクルごとに q 軸電流指令値  $I Q r e f$  の初期値の  $1 / 1000$  ずつ減算を繰り  
返すことにより、500 サイクルで q 軸電流指令値  $I Q r e f$  を 1 から 0.5 まで漸減さ  
せることができる。

## 【 0 0 5 2 】

以上の漸減処理により、図 6、図 8 の ( d ) に示すように、正常系統のインバータの出  
力電流  $I u 2 i$  は、徐々に小さくなり、例えば、正常動作時の値に戻る。また、( h ) に  
示す「インバータ出力の合計」も徐々に小さくなる。よって、時刻  $t_X$  後の急な動作変動  
を抑制できる。

また、正常系統のインバータに過剰な負荷がかかる時間を短くし、異常発熱を防ぐこと  
ができる。さらに、電力容量の大きい大型のインバータを用いる必要がないため、電動機  
駆動装置を小型かつ低コストな構成にすることができる。

## 【 0 0 5 3 】

なお、継続時間  $X$  は  $5 s e c$  に限らず、もっと短い時間としてもよい。また、上記の実

10

20

30

40

50

施形態では故障判定時を時刻  $t_0$  としているが、これに限らず、「故障し、かつ実際に操舵が行われているとき」、もしくは、「故障し、かつ実際に操舵が行われていないとき」を時刻  $t_0$  としてもよい。車両の状況に応じて時刻  $t_0$  の設定を変更することにより、運転者の違和感をより低減することができる。

#### 【0054】

(第3実施形態)

本発明の第3実施形態の電動機駆動装置を、図11、12、13に基づいて説明する。

図11は2系統電動機駆動装置の制御ブロックを示す模式図である。第1系統のモータ巻線801、第2系統のモータ巻線802に電力を供給するための電力制御手段10は、1個に集約されている。1個の電力制御手段10は、1個の電流制御手段20と、2個の故障時相電流変換手段401、402を含む。

10

Nが3以上の場合のN系統では、N個のモータ巻線群800に電力を供給するために、1個の電力制御手段10、1個の電流制御手段20、及び、N個のインバータ601、602・・・を有する。

#### 【0055】

各構成要素の機能は、概ね図2の制御ブロック図で説明したとおりである。電流指令値演算15は、d軸電流指令値  $I_{dref}$  およびq軸電流指令値  $I_{qref}$  を出力する。電流制御演算30は、d軸電流指令値  $I_{dref}$  およびq軸電流指令値  $I_{qref}$  と、3相2相変換手段25が出力するd軸電流  $I_d$ 、q軸電流  $I_q$  とに基づき、代表の2相電圧指令値  $V_d$ 、 $V_q$  を生成する。2相3相変換手段35は、2相電圧指令値  $V_d$ 、 $V_q$  から3相電圧指令値を生成し、インバータ601、602に出力する。インバータ601は、3相交流電圧  $V_{u1}$ 、 $V_{v1}$ 、 $V_{w1}$  をモータ巻線801に供給する。インバータ602は、3相交流電圧  $V_{u2}$ 、 $V_{v2}$ 、 $V_{w2}$  をモータ巻線802に供給する。

20

#### 【0056】

電流検出器751は、インバータ601の出力電流を検出し、相電流検出値  $I_{u1i}$ 、 $I_{v1i}$ 、 $I_{w1i}$  を故障時相電流変換手段401に出力する。電流検出器752は、インバータ602の出力電流を検出し、相電流検出値  $I_{u2i}$ 、 $I_{v2i}$ 、 $I_{w2i}$  を故障時相電流変換手段402に出力する。

#### 【0057】

故障判定手段45は、第1系統のインバータ601または巻線801のいずれかが故障したことを検知すると、第1系統の電源リレー551(図3参照)をOFFして電源供給を遮断するとともに、故障フラグ  $err\_1$  をONする。一方、故障を検知しないとき、すなわち正常時には故障フラグ  $err\_1$  をOFFする。また、故障フラグ  $err\_1$  のON/OFF、すなわち故障判定信号を故障時相電流変換手段401に送る。

30

同様に、故障判定手段45は、第2系統のインバータ602または巻線802のいずれかが故障したことを検知すると、第2系統の電源リレー552(図3参照)をOFFして電源供給を遮断するとともに、故障フラグ  $err\_2$  をONする。一方、故障を検知しないとき、すなわち正常時には故障フラグ  $err\_2$  をOFFする。また、故障フラグ  $err\_2$  のON/OFF、すなわち故障判定信号を故障時相電流変換手段402に送る。

#### 【0058】

40

故障時相電流変換手段401は、故障判定信号に基づき、入力した相電流検出値  $I_{u1i}$ 、 $I_{v1i}$ 、 $I_{w1i}$  を相電流変換値  $I_{u1o}$ 、 $I_{v1o}$ 、 $I_{w1o}$  に変換する。同様に、故障時相電流変換手段402は、故障判定信号に基づき、入力した相電流検出値  $I_{u2i}$ 、 $I_{v2i}$ 、 $I_{w2i}$  を相電流変換値  $I_{u2o}$ 、 $I_{v2o}$ 、 $I_{w2o}$  に変換する。このときの変換係数、すなわち相電流検出値に対する相電流変換値の比率を「ゲイン」という。

これらの相電流変換値は、各相毎に加算され、出力電流の和が3相2相変換手段25に入力され、座標変換される。

#### 【0059】

図12は、2系統電動機駆動装置において電流制御手段が1個の場合の故障時相電流変

50

換手段フローチャートである。

S 3 1では、「第1系統が正常、第2系統が正常」であるか否かを判断する。YESの場合、S 3 2にて第1系統、第2系統ともにゲインGを1とし、相電流検出値に等しい相電流変換値を出力する。NOの場合、S 3 3へ移行する。

S 3 3では、「第1系統が故障、第2系統が正常」であるか否かを判断する。YESの場合、S 3 4にて第1系統のゲインG1を0とし、相電流変換値を0とする。一方、第2系統のゲインG2を1とし、相電流検出値に等しい相電流変換値を出力する。これにより、3相2相変換手段25に inputsされる相電流変換値の和は、正常動作時の1/2となる。NOの場合、S 3 5へ移行する。

S 3 5では、「第1系統が正常、第2系統が故障」であるか否かを判断する。YESの場合、S 3 6にて第1系統のゲインG1を1とし、相電流検出値に等しい相電流変換値を出力する。一方、第2系統のゲインG2を0とし、相電流変換値を0とする。これにより、3相2相変換手段25に inputsされる相電流変換値の和は、正常動作時の1/2となる。

NOの場合は、「第1系統が故障、第2系統が故障」であると判断し、S 3 7にて第1系統、第2系統ともにゲインGを0とし、相電流変換値を0とする。

このように2系統のうち1系統が故障のとき、3相2相変換手段25に inputsされる相電流変換値の和は、正常動作時の1/2となる。

#### 【0060】

図13は、2系統電動機駆動装置において電流制御手段が1個の場合の、故障時の各パラメータの変化を示すタイミングチャートである。図6、図8に対応して第1系統のU相で故障が検知された場合を例示する。故障判定手段45により故障判定された時刻を $t_0$ とし、まず、時刻 $t_0$ から時刻 $t_X$ までの制御について説明する。

#### 【0061】

(a)は、故障系統である第1系統の相電流検出値 $I_{u1i}$ を示す。時刻 $t_0$ で故障判定手段45がインバータ601または巻線801の故障を検知すると、電源リレー551が電力供給を遮断し、(a)の相電流検出値 $I_{u1i}$ は0となる。第3実施形態では、故障系統の相電流検出値を用いない。すなわち、(b)のゲインG1を0として扱う。

#### 【0062】

図12で説明したように、3相2相変換手段25に inputsされる相電流変換値の和は、正常動作時の1/2となる。そのため、3相2相変換手段25は、「故障系統に電流が流れていない」ことを認識し、電流制御演算30に「正常動作時の半分しか電流が流れていない」とフィードバックする。これを受けて電流制御演算30は、不足分の電力を補うための電流を流すよう指令する。このとき、故障系統である第1系統への電流供給は電源リレー551により遮断されているため、このとき、2相3相変換手段35の出力はすべて正常系統である第2系統に供給される。この結果、(c)に示すように、第2系統には、正常動作時の2倍の相電流 $I_{u2i}$ が流れる。(d)のゲインG2は変化しない。

#### 【0063】

また、(e)のd軸電流 $I_q$ 、(f)の電流指令値は一定である。さらに、第1、第2実施形態と同様、「故障した第1系統のインバータ601が供給していた電力を正常な第2系統のインバータ602が補う」ことにより、(g)に示す「インバータ出力の合計」を故障の前後で一定に維持することができる。これにより、故障時の動作変動を抑制することができる。

また、故障時のために別個の電力制御手段を必要とせず、電力制御手段への入力値を、正常動作時に用いていた値から変更するだけなので、制御を複雑にすることなく、低コストなマイコンを用いて電動機駆動装置を提供することができる。

このように、2系統の場合にd軸制御手段を2個必要とする第1、第2実施形態に対し、第3実施形態では、d軸制御手段が1個でも、同様の効果を奏することができる。

#### 【0064】

以上は2系統電動機駆動装置での説明であり、2系統のうち1系統が故障のとき、3相2相変換手段25に inputsされる相電流変換値の和は、正常動作時の1/2となることが要

10

20

30

40

50

点であった。

次に、N系統のうちM系統が故障した場合について説明する。Nは2以上の整数、Mは0以上N未満の整数である。Mが0のとき全系統正常である。N系統のうちM系統が故障のとき、3相2相変換手段25に入力される相電流変換値の和は、正常動作時の $(N - M) / N$ となる。Mが0の場合を除き、3相2相変換手段25は、全系統の合計電流が不足していることを認識して、電流制御演算30にフィードバックする。フィードバックを受けた電流制御演算30は、不足分の電力を補うための電流を流すように指令する。このとき、故障系統である第M系統への電流供給は電源リレー551により遮断されているため、このとき、2相3相変換手段35の出力はすべて正常系統である $(N - M)$ 系統に供給される。この結果、正常な系統には正常動作時の $N / (N - M)$ 倍の相電流が流れ、「インバータ出力の合計」を故障の前後で一定に維持することができる。

10

このように、N系統の場合にd軸制御手段をN個必要とする第1、第2実施形態に対し、第3実施形態では、d軸制御手段が1個でも、同様の効果を奏することができる。

#### 【0065】

(第3実施形態の故障時漸減処理)

第3実施形態の漸減処理は、第2実施形態と類似しており、図10に示す漸減処理ステップS56およびS57において、q軸電流指令値 $I_{Qref}$ の現在値がq軸電流最終指令値 $I_{QrefZ}$ をわずかに下回るまで、q軸電流指令値 $I_{Qref}$ に乗率 $\beta$ の乗算を繰り返す。第2実施形態と異なる点は、2系統のうち1系統が故障した場合、q軸電流指令値 $I_{Qref}$ は、図13(f)に示すように、正常動作時の値のままであるので、q軸電流最終指令値 $I_{QrefZ}$ を、例えば正常動作時の $1/2$ に設定するという点である。

20

図13(f)において、q軸電流指令値 $I_{Qref}$ を現在値から所定のq軸電流最終指令値 $I_{QrefZ}$ まで徐々に小さくすることにより、図13(e)のd軸電流 $I_q$ 、及び、(g)の「インバータ出力の合計」も漸減する。

これにより、第1、第2実施形態と同様、漸減処理により急な動作変動を抑制できる。また、正常系統のインバータに過剰な負荷がかかる時間を短くし、異常発熱を防ぐことができる。さらに、電力容量の大きい大型のインバータを用いる必要がないため、電動機駆動装置を小型かつ低コストな構成にすることができる。

#### 【0066】

以上、本発明はこのような実施形態に限定されるものではなく、発明の趣旨を逸脱しない範囲において、種々の形態で実施することができる。

30

#### 【符号の説明】

#### 【0067】

1：電動パワーステアリング装置、2：電動機駆動装置、5：ECU、10、101、102：電力制御手段、15：電流指令値演算、20、201、202：電流制御手段、25、251、252：3相2相変換手段、30、301、302：電流制御演算、35、351、352：2相3相変換手段、401、402：故障時相電流変換手段、45、451、452：故障判定手段、50：直流電源、551、552：電源リレー（電力供給遮断手段）、60、601、602：インバータ、611～662：スイッチング素子、75、751、752：電流検出器、80：モータ、800：モータ巻線群、801、802：モータ巻線、85：回転角センサ、90：ステアリングシステム、94：トルクセンサ、95：車速センサ、

40

$I_d$ 、 $I_{d1}$ 、 $I_{d2}$ ：d軸電流、 $I_{Dref}$ ：d軸電流指令値、

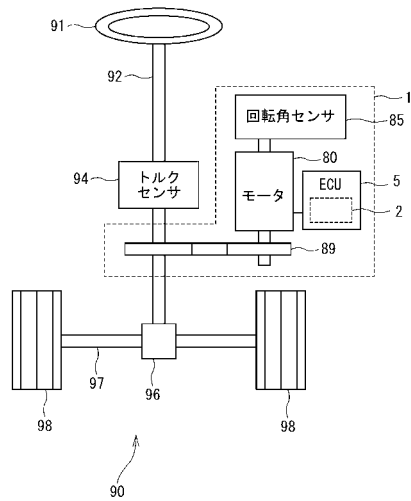
$I_q$ 、 $I_{q1}$ 、 $I_{q2}$ ：q軸電流、 $I_{Qref}$ ：q軸電流指令値、

$I_{u1i}$ 、 $I_{v1i}$ 、 $I_{w1i}$ 、 $I_{u2i}$ 、 $I_{v2i}$ 、 $I_{w2i}$ ：相電流検出値、

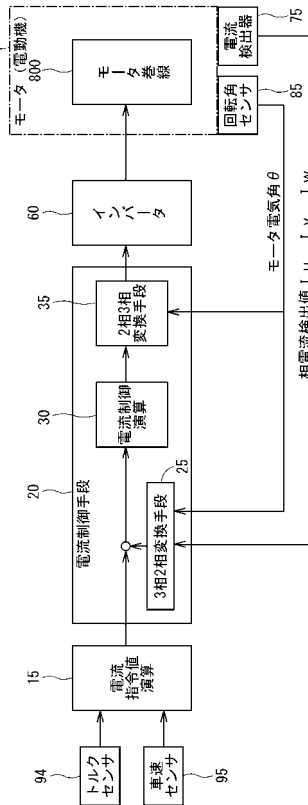
$I_{u1o}$ 、 $I_{v1o}$ 、 $I_{w1o}$ 、 $I_{u2o}$ 、 $I_{v2o}$ 、 $I_{w2o}$ ：相電流変換値、

$err\_1$ 、 $err\_2$ ：故障フラグ、G1、G2：ゲイン

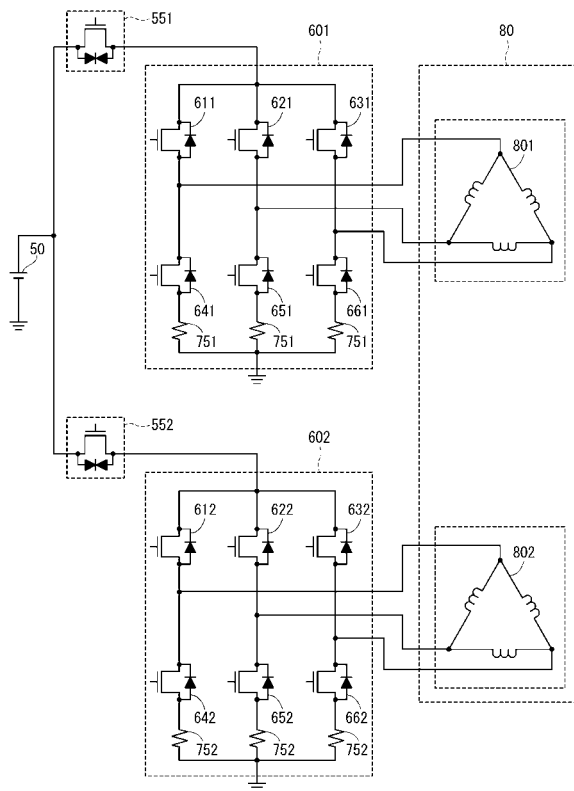
【図 1】



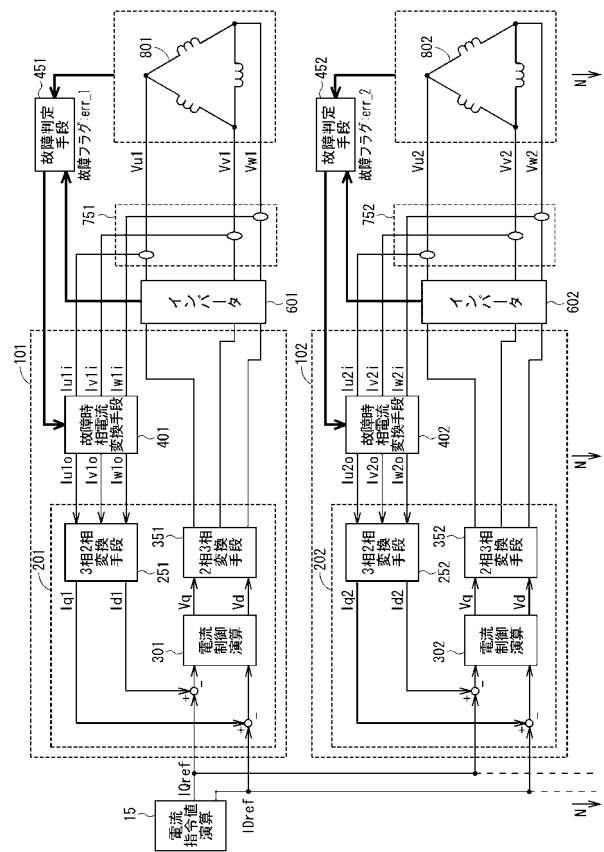
【図 2】



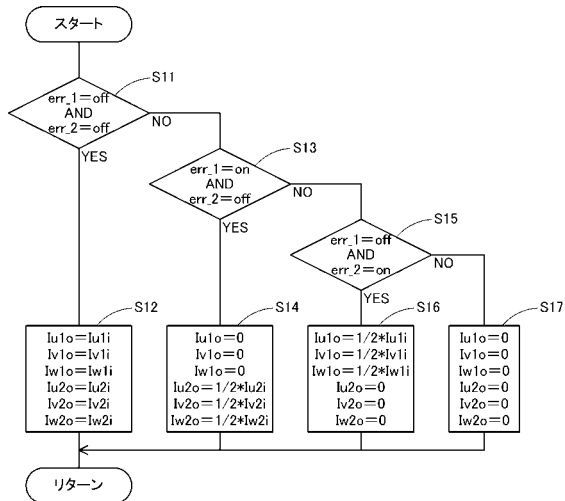
【図 3】



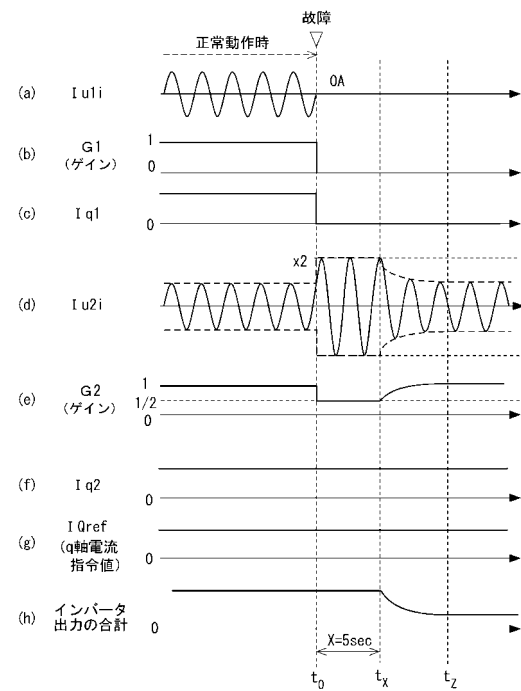
【図 4】



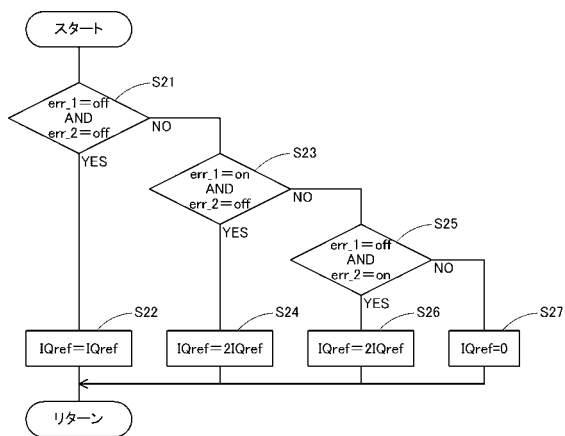
【図 5】



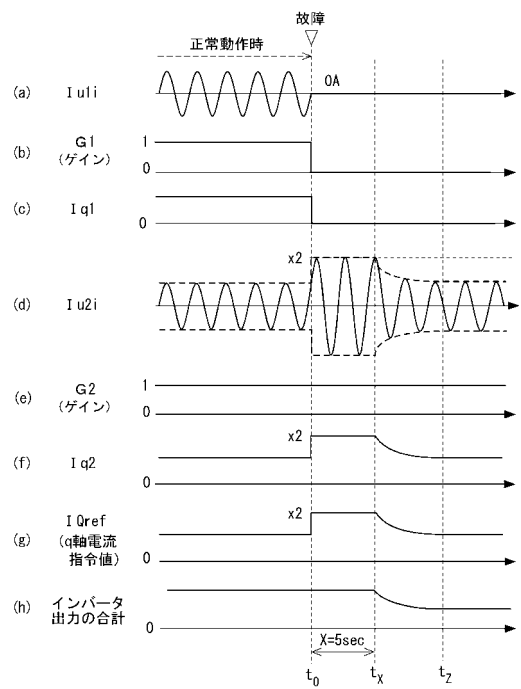
【図 6】



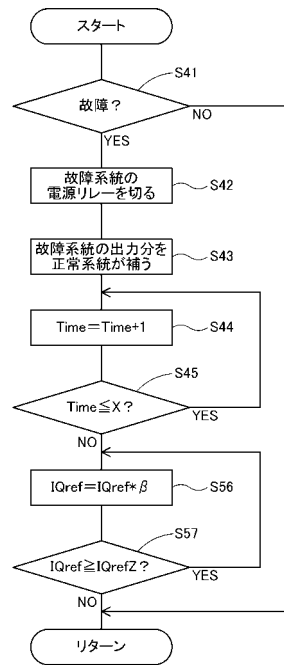
【図 7】



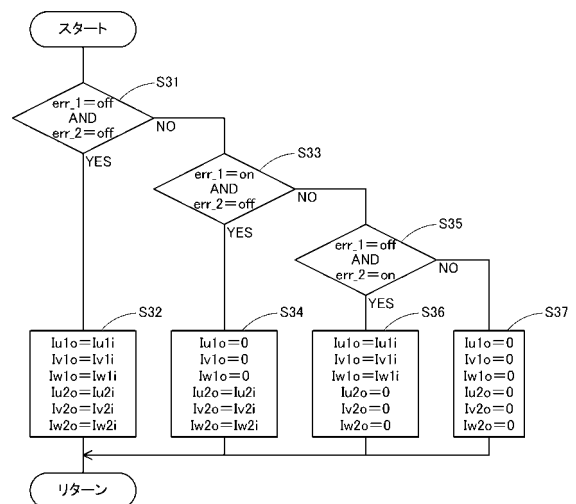
【図 8】



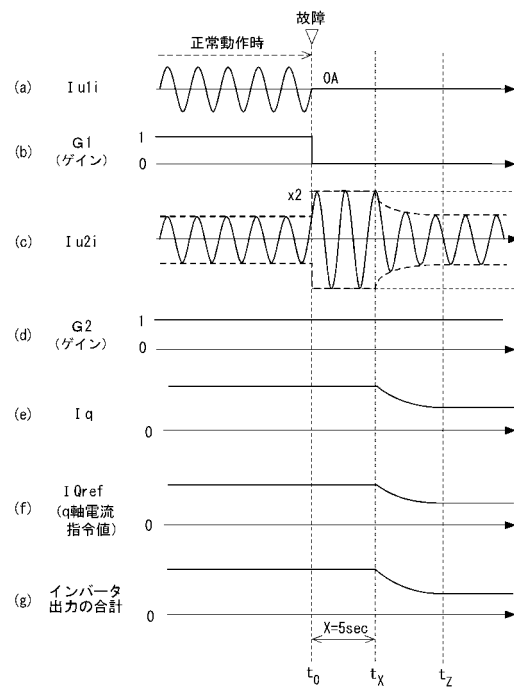
【 図 1 0 】



【 図 1 2 】



【図 13】



---

フロントページの続き

審査官 森山 拓哉

(56)参考文献 特開 2 0 0 5 - 3 1 2 2 3 4 ( J P , A )  
特開 2 0 0 0 - 0 0 4 6 0 0 ( J P , A )  
特開 2 0 0 5 - 2 1 8 1 9 7 ( J P , A )  
特開平 1 0 - 1 9 1 6 7 7 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

|         |                   |
|---------|-------------------|
| H 0 2 P | 6 / 0 0 - 6 / 2 4 |
| B 6 2 D | 5 / 0 4           |
| B 6 2 D | 6 / 0 0           |