(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2018年8月30日(30.08.2018)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2018/155510 A1

(51) 国際特許分類:
G05B 9/02 (2006.01) *H02P 29/024* (2016.01)
G05D 3/12 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2018/006290

(22) 国際出願日： 2018年2月21日(21.02.2018)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

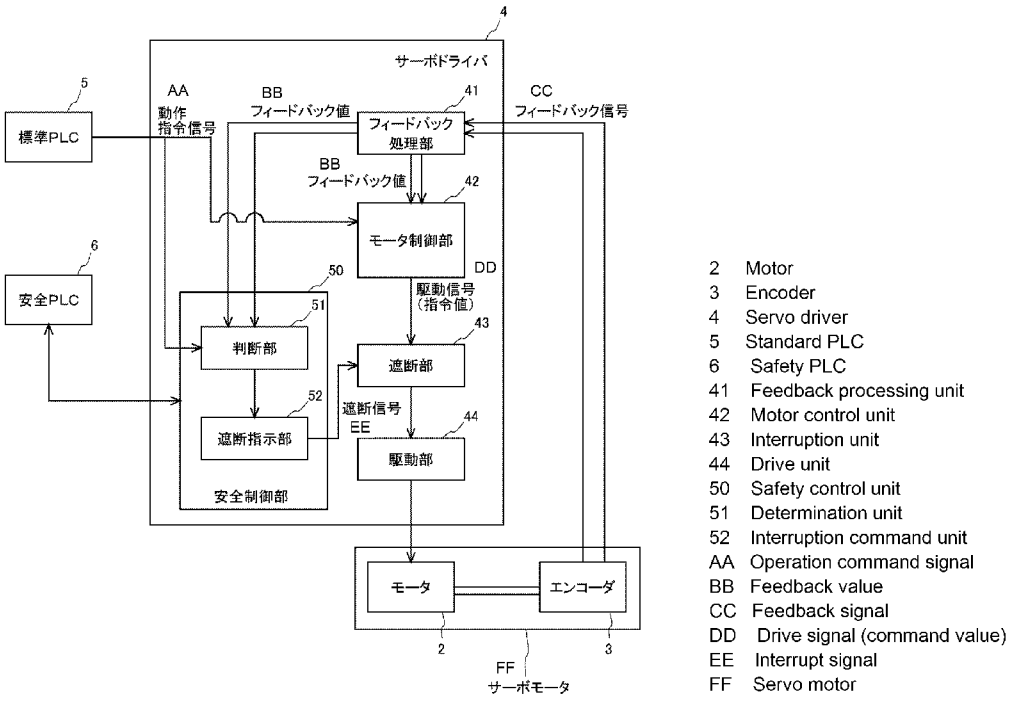
(30) 優先権データ：
特願 2017-030334 2017年2月21日(21.02.2017) JP

(71) 出願人: オムロン株式会社 (OMRON CORPORATION) [JP/JP]; 〒6008530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町８０１番地 Kyoto (JP).

(72) 発明者: 橋本 実 (HASHIMOTO, Minoru); 〒6008530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町８０１番地 オムロン株式会社内 Kyoto (JP). 赤木 哲也 (AKAGI, Tetsuya); 〒6008530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町８０１番地 オムロン株式会社内 Kyoto (JP). 神保 隆一 (JIMBO, Ryuichi); 〒6008530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町８０１番地 オムロン株式会社内 Kyoto (JP).

(54) **Title:** MOTOR CONTROL DEVICE

(54) 発明の名称： モータ制御装置



2 Motor
3 Encoder
4 Servo driver
5 Standard PLC
6 Safety PLC
41 Feedback processing unit
42 Motor control unit
43 Interruption unit
44 Drive unit
50 Safety control unit
51 Determination unit
52 Interruption command unit
AA Operation command signal
BB Feedback value
CC Feedback signal
DD Drive signal (command value)
EE Interrupt signal
FF Servo motor

(57) **Abstract:** This motor control device is provided with a motor control unit which, on the basis of an operation command signal for driving the motor and a feedback signal from the encoder corresponding to motor operation, generates a command value relating to operation of the motor in accordance with a prescribed feedback method such that operation of the motor follows the operation command signal. The occurrence of an error is determined on the basis of the result of comparing a prescribed feedback value, which is calculated from the feedback signal from the encoder, and an operation

WO 2018/155510 A1

[続葉有]

(74) 代理人:関根 武彦，外(**SEKINE, Takehiko** et al.);
〒1030004 東京都中央区東日本橋三丁目４番１０号 アクロポリス２１ビル８階 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

一　国際調査報告（条約第21条(3)）

command value, which is calculated from the operation command signal, and, on the basis of this determination result, interruption processing of the drive signal is performed. By means of this configuration, it is possible to improve safety performance of the motor control device without hampering the safety performance of the encoder.

(57) 要約：モータを駆動するための動作指令信号と、エンコーダからの、モータの動作に対応するフィードバック信号とに基づいて、該モータの動作が該動作指令信号に追従するように所定のフィードバック方式に従い該モータの動作に関する指令値を生成するモータ制御部を備えるモータ制御装置であって、エンコーダからのフィードバック信号により算出される所定のフィードバック値と、動作指令信号により算出される動作指令値とに関する両者の比較結果に基づいて故障発生を判断し、その判断結果に基づいて駆動信号の遮断処理を実行する。このような構成により、エンコーダの安全性能に縛られることなくモータ制御装置の安全性能を高めることができる。

明　細　書

発明の名称 ： モータ制御装置

技術分野

[0001] 本発明は、モータを駆動制御するモータ制御装置に関する。

背景技術

[0002] 近年、製造現場では、サーボシステムが、各種機械における稼動部の位置決め制御などに用いられている。このようなサーボシステムとして、各種の機械装置を稼動するためのサーボモータと、このサーボモータに取り付けられたエンコーダと、サーボモータを駆動するためのサーボドライバと、サーボドライバに対して位置指令情報等を出力するための制御装置とを備えるシステムがある。そして、製造現場では、コスト削減、生産性の向上とともに、作業者に対する安全性確保の取り組みが重要な要件となっている。このため、サーボシステムについても、相応の安全規格に適合させることが要求されつつある。

[0003] ここで、特許文献１では、故障発生時にサーボドライバに対してサーボモータを停止させるための停止信号を出力するセーフティユニットが開示されている。具体的には、セーフティユニットが、制御装置からサーボモータへの動作指令信号の値と、エンコーダからのフィードバック信号の値と、両値から算出される判断値とに基づいて何れかの値が異常であると判断したときに停止信号を出力するように構成されている。このような構成により、サーボシステムの安全化が図られる。また、特許文献２では、エンコーダを含む指令ユニットの交換のためにサーボシステムの電源をＯＦＦからＯＮにする際に、システム内のエンコーダによる位置情報が電源ＯＮの前後でずれた場合に警報を出力するシステム構成が開示されている。この構成により、適切な指令ユニットの交換作業が担保される。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特許第５３６７６２３号公報

特許文献2：特許第４２６１３２０号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 従来は、モータを駆動制御するモータ制御装置について、その安全性能を高めるためには、モータ制御装置への入力情報を生成する当該モータの動きを検出するエンコーダの安全性能を高める必要があると考えられていた。そのため、エンコーダの設計において所定の安全規格の要件を満たす必要がある。例えば、このような安全規格としてＩＥＣ６１５０８が規定されている。ＩＥＣ６１５０８は、電気・電子・プログラマブル電子式安全関連の機能安全に関する国際規格である。ＩＥＣ６１５０８では、システムの故障確率を、以下の表１に示すようにＳＩＬ（Safety Integrity Level:安全度水準）と呼ばれる尺度で規定している。

[表1]

安全側故障割合 (SFF: Safe Failure Fraction)	ハードウェアフォールトトレランス (HFT: Hardware Fault Tolerance)		
	0	1	2
< 60%	許容されず	SIL1	SIL2
60% - < 90%	SIL1	SIL2	SIL3
90% - < 99%	SIL2	SIL3	SIL4
≧ 99%	SIL3	SIL4	SIL4

[0006] そして、ＩＥＣ６１５０８は、表中のＳＩＬごとに満足すべき要求事項を定義しており、構築する安全制御システムが達成すべき取り組みが明確化されている。ＳＩＬはＳＩＬ１からＳＩＬ４の４段階に分かれており、ＳＩＬの数値が大きくなるほど、安全性能が高いことを意味する。そして、モータ制御装置に関するＳＩＬの値を高めようとすると、必然的に採用するエンコーダのＳＩＬも高める必要があり、エンコーダの高コスト化を招いたり、特別なインターフェースを採用する必要性等からエンコーダの大型化を招いたりし、モータ制御装置の設計面からの利便性を損なうこととなっていた。

[0007] 本発明は、このような問題に鑑みてなされたものであり、エンコーダの安全性能に縛られることなくモータ制御装置の安全性能を高める技術を提供す

ることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明においては、上記課題を解決するために、モータ制御装置が、モータに対応するエンコーダからのフィードバック信号により算出されるフィードバック値とモータを駆動するための動作指令信号との比較結果を利用することで、エンコーダからのフィードバック信号の信頼性を向上させる。このような構成により、エンコーダの安全性能に縛られることなくモータ制御装置の安全性能を高めることができる。

[0009] 詳細には、本発明は、モータの動作を検出するエンコーダを有する該モータを駆動するモータ制御装置であって、モータを駆動するための動作指令信号と、前記エンコーダからの、前記モータの動作に対応するフィードバック信号とに基づいて、該モータの動作が該動作指令信号に追従するように該モータの動作に関する指令値を生成するモータ制御部と、前記モータ制御部からの前記指令値に応じて、前記モータを駆動するための駆動電流を該モータに供給する駆動部と、前記指令値を伴う、前記モータ制御部から前記駆動部への駆動信号の伝達を遮断する遮断部と、前記エンコーダの動作に関し故障が発生したと判断されたときに、前記遮断部を介して前記駆動信号の遮断処理を実行する安全制御部と、を備える。そして、前記安全制御部は、前記エンコーダからの前記フィードバック信号により算出される所定のフィードバック値と、前記動作指令信号により算出される動作指令値とに関する両者の比較結果に基づいて該エンコーダに関する故障発生を判断し、その判断結果に基づいて前記遮断部による前記駆動信号の遮断処理を実行する。

[0010] 本発明に係るモータ制御装置は、動作指令信号に基づいてモータを駆動する装置であり、当該モータ制御装置としてはサーボドライバやインバータ等が例示できる。なお、動作指令信号は、モータ制御装置の外部に位置する他の制御装置（ＰＬＣ等）で生成されモータ制御装置に提供されてもよく、又は、モータ制御装置の内部で生成されてもよい。具体的には、モータ制御部により、動作指令信号とエンコーダからのフィードバック信号とから、モー

タを駆動するための指令値が生成される。この指令値を伴った駆動信号がモータ制御部から駆動部に伝えられることで、駆動部が当該指令値に応じた駆動電流をモータに供給し、モータが動作指令信号に追従するように駆動されることになる。なお、指令値の生成においては、上記モータの動作指令信号への追従駆動を可能とするために、任意のフィードバック方式、例えば、位置情報、速度情報等に関するフィードバック方式に従って、当該指令値の生成を行うことができる。

[0011] ここで、モータ制御装置には、モータ制御部から駆動部への駆動信号の伝達を遮断する遮断部が備えられ、遮断部による駆動信号の遮断処理は安全制御部によって制御される。そしてエンコーダの動作に関し故障が発生したと判断される場合には、安全制御部によって遮断処理が実行されることで、モータ制御装置の安全性能が実現されることになる。安全制御部により実行される遮断処理として、動作指令信号により算出される動作指令値と、エンコーダからのフィードバック値との比較結果に基づいてエンコーダの故障発生の有無が判断され、その判断結果に応じて実行される遮断処理が含まれる。

[0012] このような動作指令値とフィードバック値との比較結果を利用することで、エンコーダの動作に関する追加の故障判断を実現することが可能となり、これにより、フィードバック値の信頼性を、もともとエンコーダが有していたそのフィードバック信号に関する信頼性よりも向上させることができる。このことを上記の安全規格ＩＥＣ６１５０８に基づいて説明すると、動作指令値とフィードバック値との比較結果を利用して上記遮断処理を行う構成を採用することは、エンコーダの安全側故障割合（ＳＦＦ）を高めることになる。その結果、上記表１から理解できるように、ハードウェアフォールトトレランス（ＨＦＴ）の数値を維持したままＳＦＦの値が上昇することで、モータ制御装置の安全性能に関するＳＩＬの値を、エンコーダの安全性能に関するＳＩＬの値よりも高めることが可能となる（上記表１を参照すると、ＨＦＴを維持したままＳＦＦが大きくなるとＳＩＬの値が高くなることが理解できる。）。以上より、本発明のモータ制御装置によれば、エンコーダの安

全性能に縛られることなく該モータ制御装置の安全性能を高めることができる。

[0013] なお、安全制御部は、更に他の遮断処理として、エンコーダからのフィードバック値を利用し、モータの速度や位置の制限に関する故障判断を行い、その判断結果に応じて駆動信号の遮断を行ってもよい。

[0014] ここで、上記のモータ制御装置において、前記エンコーダは、前記モータの動作に対応して、互いに独立した２つのフィードバック信号を生成するように構成され、前記安全制御部は、前記遮断処理において、前記２つのフィードバック信号のそれぞれより算出される２つの前記所定のフィードバック値の少なくとも一方と、前記動作指令値とを比較して、前記駆動信号の遮断処理を実行してもよい。このようにフィードバック信号が二重化されているエンコーダからのフィードバック信号を利用するモータ制御装置であっても、その安全性能をより効果的に上昇させることができる。すなわち、モータ制御装置の安全性能に関するＳＩＬの値を、エンコーダの安全性能に関するＳＩＬの値よりも高めることが可能となる。

[0015] ここで、上述までのモータ制御装置における、安全制御部による遮断処理の具体例について開示する。第１には、前記安全制御部は、前記遮断処理において、前記所定のフィードバック値と前記動作指令値との差分に基づいて、該遮断処理の実行の可否を判断してもよい。また、第２には、前記安全制御部は、前記遮断処理において、前記所定のフィードバック値の変化率と前記動作指令値の変化率とを比較し、その比較結果に基づいて該遮断処理の実行の可否を判断してもよい。また、第３には、前記安全制御部は、前記遮断処理において、前記所定のフィードバック値の変化率と前記動作指令値の変化率との差分の変化率に基づいて、該遮断処理の実行の可否を判断してもよい。また、安全制御部による遮断処理として、これらの一部又は全部を組合わせた処理を採用してもよく、別法として、上述の処理以外の処理を採用しても構わない。

[0016] また、上述までのモータ制御装置において、前記安全制御部が形成される

安全用回路基板は、前記モータ制御部と前記駆動部と前記遮断部が形成される前記モータ制御装置の本体側に対して取り外し可能とされ、前記モータ制御装置から前記安全用回路基板が取り外され、該安全用回路基板の代わりに、前記安全制御部とは異なる、前記モータの駆動に関し故障が発生したと判断されたときに、前記遮断部を介して前記駆動信号の遮断処理を実行する別の安全制御部が形成された別の回路基板が該モータ制御装置に組み込み可能とされてもよい。安全制御部を形成する安全用回路基板がモータ制御装置の本体側に対して取り外し可能となるように構成されることで、必要に応じて、モータ制御装置に対して上述までの安全制御部に代えて、別の安全制御部を形成する別の回路基板をモータ制御装置に対して組み込み可能となる。これにより、需要に応じた安全性能を有するモータ制御装置を、好適にユーザに提供することが可能となる。

発明の効果

[0017] エンコーダの安全性能に縛られることなくモータ制御装置の安全性能を高めることが可能となる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]本発明に係るサーボドライバが組み込まれるサーボシステムの概略構成を示す第１の図である。

[図2]本発明に係るサーボドライバのサブシステムにおける安全性能を概略的に説明するための図である。

[図3]本発明に係るサーボドライバの第１の機能ブロック図である。

[図4]本発明に係るサーボドライバで実行される遮断処理のフローチャートである。

[図5]本発明に係るサーボドライバの第２の機能ブロック図である。

[図6]本発明に係るインバータの機能ブロック図である。

発明を実施するための形態

[0019] ＜実施例１＞

図１は、本発明のモータ制御装置に相当するサーボドライバが組み込まれ

るサーボシステムの概略構成図である。サーボシステムは、ネットワーク１と、モータ２と、エンコーダ３と、サーボドライバ４と、標準ＰＬＣ(Programmable Logic Controller)５と、安全ＰＬＣ６とを備える。モータ２とエンコーダ３によりサーボモータが形成される。当該サーボシステムは、モータ２を駆動するためのシステムであり、そのモータ２は、図示しない各種の機械装置（例えば、産業用ロボットのアームや搬送装置）のアクチュエータとして当該装置内に組み込まれている。例えば、モータ２は、ＡＣモータである。そして、エンコーダ３は、モータ２の動作を検出するためにモータ２に取り付けられる。エンコーダ３は、検出されたモータ２の動作を示すフィードバック信号を生成するとともに、そのフィードバック信号をサーボドライバ４に送信する。フィードバック信号は、たとえばモータ２の回転軸の回転位置（角度）についての位置情報、その回転軸の回転速度の情報等を含む。エンコーダ３には一般的なインクリメンタル型エンコーダ、アブソリュート型エンコーダを適用することができる。

[0020] サーボドライバ４は、ネットワーク１を介して標準ＰＬＣ５からモータ２の動作（モーション）に関する動作指令信号を受けるとともに、エンコーダ３から出力されたフィードバック信号を受ける。サーボドライバ４は、標準ＰＬＣ５からの動作指令信号およびエンコーダ３からのフィードバック信号に基づいて、モータ２の駆動に関するサーボ制御を実行する。また、サーボドライバ４はネットワーク１を介して安全ＰＬＣ６と接続されている。これにより、サーボドライバ４は、安全ＰＬＣ６から受ける監視指令信号に基づいて、モータ２やサーボドライバ４に関する故障発生の監視を行い、その結果を安全ＰＬＣ６に返す。

[0021] また、サーボドライバ４は、標準ＰＬＣ５からの動作指令信号とエンコーダ３からのフィードバック信号とに基づいて、モータ２の動作に関する指令値を算出する。さらにサーボドライバ４は、モータ２の動作がその指令値に追従するように、モータ２に駆動電流を供給する。なお、この供給電流は、交流電源１１からサーボドライバ４に対して送られる交流電力が利用される

。本実施例では、サーボドライバ４は三相交流を受けるタイプのものであるが、単相交流を受けるタイプのものでもよい。

[0022] ここで、図２は、サーボドライバ４を１つのシステムとしたときに、それを構成する３つのサブシステムである入力構成、演算構成、出力構成における安全機能をブロック図化したものである。入力構成は、サーボドライバ４への入力に関するサブシステムであり、その安全性能はエンコーダ３の安全性能に大きく依拠する。具体的には、エンコーダ３は、後述するようにその内部で同時にスキャニングを行なうことにより独立したパルスの出力が可能となるように二重化された回路を有しており、その二重化されたフィードバック信号が、独立した配線を経てサーボドライバ４へ入力される。したがって、入力構成は、エンコーダ３により安全機能ＩｎＳ０１、ＩｎＳ０２を有し、その場合のハードウェアフォールトトレランス（ＨＦＴ）は１となる。また、入力構成のＨＦＴを１とする別法として、入力構成に関する通信を二重化してもよい。なお、一般的に、エンコーダの安全側故障割合（ＳＦＦ）は、エンコーダの容積（大きさ）や価格の観点から高くすることは容易ではなく、そのためエンコーダ３のＳＦＦは比較的低く６０％以上９０％未満の範囲に属するものとする。仮に、入力構成において、その安全性能がエンコーダ３のみに依拠する場合には、入力構成の安全度水準（ＳＩＬ）は２となる。

[0023] また、演算構成は、サーボドライバ４内での入力から出力を算出するための演算に関するサブシステムであり、例えば、マイクロプロセッサ（ＭＰＵ）を用いた演算回路が独立して二重化された構成とされることで、安全機能ＣｔＳ０１、ＣｔＳ０２を有し、その場合のＨＦＴは１となる。また、演算構成のＳＦＦは一般に比較的高くすることが容易であり、そのため演算構成のＳＦＦは比較的高く９０％以上９９％未満の範囲に属するものとする。したがって、演算構成のＳＩＬは３となる。更に、出力構成は、サーボドライバ４からの出力に関するサブシステムであり、後述するようにモータ制御部４２から駆動部４４への駆動信号の伝達を遮断する遮断部４３の安全性能に

依拠する。具体的には、出力構成は、遮断部４３を形成する電気回路が独立して二重化された構成とされることで、安全機能ＯｔＳ０１、ＯｔＳ０２を有し、その場合のＨＦＴは１となる。また、出力構成のＳＦＦは一般に比較的高くすることが容易であり、そのため演算構成のＳＦＦは比較的高く９０％以上９９％未満の範囲に属するものとする。したがって、出力構成のＳＩＬも３となる。

[0024] このようにサーボドライバ４において、仮にその入力構成の安全性能がエンコーダ３のみに依拠する場合、その安全度水準が低いこと（ＳＩＬが２であること）によりシステム全体としての安全性能もその影響を受けて低くなり、具体的にはサーボドライバ４のＳＩＬも２となる。そこで、サーボドライバ４では、エンコーダ３の構成は同じままで、エンコーダ３からのフィードバック信号の信頼性を向上させる、すなわち入力構成に関連するＳＦＦを上昇させる判断構成を追加する。仮に、この判断構成が追加されても入力構成のＨＦＴがそのまま１であれば、図２の白抜き矢印で示すように、入力構成のＳＩＬは３となる。そして、その結果、演算構成及び出力構成のＳＩＬが３であることを踏まえると、サーボドライバ４のＳＩＬを３とすることが可能となり、サーボドライバ４の安全性能を高めることが可能となる。すなわち、エンコーダ３自体の安全性能に縛られることなくサーボドライバ４の安全性能を高めることができ、換言すれば、エンコーダ３自体の安全性能はそのままに、安価にサーボドライバ４の安全性能を高めることができる。

[0025] 以下、サーボドライバ４のより具体的な構成について説明する。図３は、サーボドライバ４の機能ブロック図である。図３に示すように、サーボドライバ４は、フィードバック処理部４１、モータ制御部４２、遮断部４３、駆動部４４、安全制御部５０を有している。先ず、フィードバック処理部４１は、エンコーダ３からのフィードバック信号に基づいてフィードバック値を生成する。たとえばエンコーダ３からパルスが出力される場合、フィードバック処理部４１は、そのパルスをカウントすることによりモータ２の回転軸の回転位置や回転速度を算出するとともに、その位置や速度を示す値を含む

フィードバック値を生成する。

[0026] なお、エンコーダ３は、その内部で同時にスキャニングを行なうことにより独立したパルスの出力が可能となるように二重化された回路を有しており、二重化されたフィードバック信号を出力する。そのため、フィードバック処理部４１は、エンコーダ３から二重化されたフィードバック信号を受けるとともに、それらのフィードバック信号に基づいて二重化されたフィードバック値を生成する。そして、フィードバック処理部４１は、その生成された二重化されたフィードバック値をモータ制御部４２に送るとともに、安全制御部５０にも送る。

[0027] 次に、モータ制御部４２は、標準ＰＬＣ５から動作指令信号を受けるとともに、フィードバック処理部４１からフィードバック値を受ける。モータ制御部４２は、動作指令信号およびフィードバック値に基づいて、位置フィードバック制御、速度フィードバック制御を実行するための指令値を生成する。例えば、モータ制御部４２は、動作指令信号およびフィードバック値に基づくフィードバック制御により、位置指令値及び速度指令値を生成する。なお、当該フィードバック制御で採用されるフィードバック方式は、モータ２が組み込まれる機械装置（搬送装置等）の所定の目的（例えば、荷物の搬送）に好適なサーボループが形成される方式であり、適宜設計することができる。そして、モータ制御部４２で生成されたこれらの指令値は、駆動信号として遮断部４３に送られる。

[0028] 次に、遮断部４３は、後述する安全制御部５０から遮断信号を受けた場合において、後述する駆動部４４にモータ制御部４２からの駆動信号を電気的に通過させないことで、駆動部４４を停止させる。これによりモータ制御部４２が駆動信号を送出したとしても、モータ２によるトルクの出力が停止することになる。一方、遮断部４３に遮断信号が入力されない場合には、遮断部４３はモータ制御部４２から出力された指令値を伴う駆動信号をそのまま駆動部４４に通過させる。

[0029] ここで駆動部４４は、遮断部４３を介して、モータ制御部４２からの駆動

信号を受ける。駆動部４４は、例えば、ＩＧＢＴ（Insulated Gate Bipolar Transistor）等の半導体スイッチング素子で構成される回路を有しており、モータ制御部４２からの駆動信号に基づいて、スイッチング素子をＰＷＭ方式に従ってオン・オフさせるための信号を生成するとともに、その信号に従ってスイッチング素子をオン・オフさせる。これによりモータ２に交流電力が供給されるとともに、駆動信号に従ってモータ２が駆動される。一方、遮断部４３が作動し駆動信号の駆動部４４への伝達が遮断されると、駆動部４４からの出力がオフに固定される。これによりモータ２への電力供給が停止されるので、モータ２からのトルクの出力が停止することになる。

[0030] このようにフィードバック処理部４１、モータ制御部４２、遮断部４３、駆動部４４は、いわばモータ２の駆動制御に直接関連する機能部である。一方で、安全制御部５０は、エンコーダ３の動作の故障の発生を判断し、故障が発生していると判断される場合には、モータ２の動作を停止させ当該動作に対する安全を確保する機能部である。具体的には、安全制御部５０は、更に詳しくは判断部５１と遮断指示部５２を有している。安全制御部５０による故障判断を含む安全確保に関する制御は、安全ＰＬＣ６からの監視指令に基づいて実行される。

[0031] 判断部５１は、エンコーダ３の動作に関連する故障が発生していないかを判断する機能部であり、当該判断は、モータ２の動作に連動するフィードバック値やモータ２への動作指令信号の値に基づいて行われる。具体的には、判断部５１は、フィードバック処理部４１から二重化されたフィードバック値を受け取るとともに、標準ＰＬＣ５から動作指令信号を受け、その信号に対応する動作指令値Ｐ１（図３ではＰ１は不図示）を生成する。なお、当該動作指令信号は、モータ制御部４２が受け取る動作指令信号と同一である。

[0032] ここで、一般に、製品（例えば、エンコーダ）の故障率λは、安全側故障率λｓと危険側故障率λｄに大別でき、更に危険側故障率λｄは、検出可能な危険側故障率λｄｄと検出不可能な危険側故障率λｄｕに区分することができる。そして、上記ＳＦＦは、下記の式１で定義される。

ＳＦＦ　＝　（λｓ＋λｄｄ）／（λｓ＋λｄ）　・・・（式１）

そして、ＳＦＦを大きくするためには、危険側故障のうち検出可能となる故障の割合を大きくすることが肝要である。

[0033] そこで、判断部５１は、動作指令値Ｐ１とフィードバック値とを比較し、両者の差分が許容範囲内であるか否かを判断する。モータ２が動作指令値Ｐ１に追従して駆動されていることを前提とすると、動作指令値Ｐ１とフィードバック値との差分は、エンコーダ３による検出対象であるモータ２の動きと、エンコーダ３の検出結果とのずれを意味する。したがって、その差分を利用することで危険側故障の発生を検出することが可能となる。

[0034] このように判断部５１が動作指令値Ｐ１とフィードバック値との差分を利用することで、サーボドライブ４においてエンコーダ３の動作に関する故障発生の判断をより詳細に行うことが可能となる。この結果、上記判断部５１が存在しない従来のサーボドライブと比べると、本発明のサーボドライブ４の入力構成のＳＦＦは向上し、そのＳＩＬの値を高めることが可能となる。なお、動作指令値Ｐ１と比較されるフィードバック値は、上記二重化されたフィードバック値のうち何れか一方の値でもよく、両方の値でもよい。また、合理的な故障判断の別法としては、動作指令値Ｐ１の変化率とフィードバック値の変化率とを比較し、両者の差分を利用してエンコーダ３の故障判断を行ってもよく、また、両変化率の差分を利用してエンコーダ３の故障判断を行ってもよく、これらの故障判断の態様の任意の組合せを採用してもよい。

[0035] このように判断部５１は、フィードバック値と動作指令値Ｐ１を利用してエンコーダ３の故障判断を行う。そして、判断部５１によって故障が発生していると判断された場合には、遮断指示部５２により遮断信号が生成され、生成された遮断信号は遮断部４３に対して送られる。当該遮断信号を受け取った遮断部４３は、上記の通りモータ制御部４２からの駆動信号の駆動部４４への伝達を遮断することで、モータ２によるトルク出力を停止させる。なお、このような安全制御部５０による制御状態（故障の有無）は、安全ＰＬ

Ｃ６からの監視指令に対する回答の形で安全ＰＬＣ６に通知される。

[0036] ここで、上記判断部５１及び遮断指示部５２を有する安全制御部５０による遮断処理について、図４に基づいて説明する。図４に示す遮断処理は、安全制御部５０を形成する演算装置（ＭＰＵ等）により、例えば、指令値が生成される制御周期（例えば、２ｍｓｅｃ）で繰り返して実行される。Ｓ１０１では、標準ＰＬＣ５からの動作指令信号を受けて、その信号に対応する動作指令値Ｐ１を生成する。その後、Ｓ１０２で、生成された動作指令値Ｐ１とフィードバック処理部４１から取得されたフィードバック値との差分に基づいて、エンコーダ３の故障判断が行われる。当該判断は、判断部５１によって行われる。

[0037] そして、Ｓ１０２で肯定判定されＳ１０３へ進んだ場合、Ｓ１０３では、遮断指示部５２により遮断信号が生成され、生成された遮断信号は遮断部４３に対して送られる。これにより、モータ２によるトルク出力を停止させる。また、Ｓ１０２で否定判定された場合には、遮断指示部５２による遮断信号の生成は行われず、遮断処理を終了する。

[0038] このようにサーボドライバ４では、判断部５１により動作指令値を利用したエンコーダ３の故障判断が行われ、故障と判断された場合には、遮断部４３の働きによりモータ２によるトルク出力が停止させられる。これにより、エンコーダ３の故障判断の精度向上が図られ、サーボドライバ４の入力構成のＳＦＦが向上し、入力構成のＳＩＬも２から３へと上昇することになる（図２を参照）。

[0039] また、判断部５１は、上述のエンコーダ３の故障判断以外の故障判断を行うこともできる。例えば、フィードバック処理部４１から受け取る２つのフィードバック値のそれぞれと、予め安全制御部５０内に設定、記憶されているその上限値とを比較する。フィードバック値が当該上限値を超えている場合には、実際のサーボモータの動作状態が、本来あるべきサーボモータの動作状態と乖離していることを意味し、故に何らかの故障が生じていると合理的に判断し得る。なお、当該上限値は、公知の故障判断である速度制限（Ｓ

ＬＳ）や位置制限（ＳＬＰ）等に対応する値である。

[0040] ＜実施例２＞

図５に基づいて、本発明のサーボドライバ４の機能構成について説明する。図５に示す機能部のうち図３に示す機能部と実質的に同一のものについては、同一の参照番号を付してその詳細な説明を省略する。本実施例では、モータ２の駆動制御に直接関連する機能部であるフィードバック処理部４１、モータ制御部４２、遮断部４３、駆動部４４は、サーボドライバ４の本体側に配置されている。その配置に際して駆動部４４は、他の機能部よりも高電圧環境下に置かれるため、駆動部４４と他の機能部との間には公知の適切な絶縁処理が施されている。一方で、安全制御部５０は、安全回路基板４Ａ上に形成されている。

[0041] そして、この回路基板４Ａは、サーボドライバ４の本体側に設けられたスロット４ａを介して当該本体に対して取り外し可能となるように構成されている。そのため、回路基板４Ａがスロット４ａを通ってサーボドライバ４の本体内に組み込まれたときに、安全ＰＬＣ６と安全制御部５０との間の信号のやり取りが可能となるように、また、判断部５１がフィードバック処理部４１からのフィードバック値、及び標準ＰＬＣ５からの動作指令信号を受け取れるように、また、遮断部４３が遮断指示部５２から遮断信号を受け取れるように、回路基板４Ａとサーボドライバ４の本体側との電気的接点が設計されている。

[0042] 更に、サーボドライバ４においては、回路基板４Ａを取り外した状態で、安全制御部５０とは異なる、モータ２の駆動に関し故障が発生したと判断されたときに、遮断部４３を介して駆動信号の遮断処理を実行する別の安全制御部が形成された別の回路基板がサーボドライバ４に組み込み可能とされてもよい。例えば、上述のエンコーダ３の故障判断は行わずに、速度制限（ＳＬＳ）や位置制限（ＳＬＰ）等に関する故障判断のみが実行可能な安全制御部が形成された別の回路基板を、サーボドライバ４の本体に組み込んでもよい。このように構成されることで、サーボドライバのＳＩＬを３とする必要

のないユーザに対しても、モータ２の駆動制御に直接関連する共通の機能部を利用することで必要な安全性能を有するサーボドライバを容易に提供することができる。

[0043] ＜変形例１＞

上述までの実施例では、サブシステムとしての入力構成のＳＩＬが２、演算構成及び出力構成のＳＩＬが３の形態を例示したが、それ以外の形態でも当然に本発明を適用可能である。例えば、フィードバック信号が二重化されていない、比較的安全性能が低いエンコーダを利用する入力構成のＳＩＬが１、演算構成及び出力構成のＳＩＬが２の形態において、入力構成において本発明による、エンコーダ３の故障判断及び遮断に関する処理を適用することで、その形態によるサーボドライバのＳＩＬを、エンコーダの安全性能に縛られずに２とすることが可能となる。

[0044] ＜変形例２＞

上述までの例では、本発明のモータ制御装置としてのサーボドライバ４が例示されているが、その態様に代えて、当該モータ制御装置として、図６に示すインバータ４０を採用することもできる。なお、インバータ４０により駆動制御されるモータ２としては、誘導モータ等が例示できる。図６は、インバータ４０の機能ブロックをイメージ化した図である。図６に示すように、インバータ４０は、複数の機能部を有しており、それらの機能部のうち実質的に図３に示すサーボドライバ４が有する機能部と同等のものは、同一の参照番号を付してその詳細な説明は省略する。具体的には、インバータ４０は、フィードバック処理部４１、モータ制御部４２、遮断部４３、駆動部４４、安全制御部５０を有しており、その他に動作指示部６０も有している。

[0045] 動作指示部６０は、図示しない入力装置を介して予めユーザにより与えられた要求動作に基づき、モータ２を駆動するための動作指令信号を生成する。したがって、インバータ４０は、外部装置（上記の標準ＰＬＣ５等）からは動作指令信号は提供されず、エンコーダ３からのフィードバック信号と、動作指示部６０からの動作指令信号とに基づいて、所定のフィードバック方

式に従いモータ２を駆動制御する。別法として、外部装置からインバータ４０に対して動作指令信号が提供されてもよい。このように構成されるインバータ４０においても、上述までのサーボドライバ４と同様に、安全制御部５０の有する判断部５１により、動作指令値を利用したエンコーダ３の故障判断が行われ、故障と判断された場合には、遮断部４３の働きによりモータ２によるトルク出力が停止させられる。この結果、エンコーダ３の故障判断の精度向上が図られ、インバータ４０の入力構成のＳＦＦが向上し、以て、入力構成のＳＩＬも上昇することになる。

符号の説明

[0046] １・・・・ネットワーク

２・・・・モータ

３・・・・エンコーダ

４・・・・サーボドライバ

４Ａ・・・・安全用回路基板

４ａ・・・・スロット

５・・・・標準ＰＬＣ

６・・・・安全ＰＬＣ

４０・・・・インバータ

４１・・・・フィードバック処理部

４２・・・・モータ制御部

４３・・・・遮断部

４４・・・・駆動部

５０・・・・安全制御部

５１・・・・判断部

５２・・・・遮断指示部

請求の範囲

[請求項1] モータの動作を検出するエンコーダを有する該モータを駆動するモータ制御装置であって、

前記モータを駆動するための動作指令信号と、前記エンコーダからの、前記モータの動作に対応するフィードバック信号とに基づいて、該モータの動作が該動作指令信号に追従するように該モータの動作に関する指令値を生成するモータ制御部と、

前記モータ制御部からの前記指令値に応じて、前記モータを駆動するための駆動電流を該モータに供給する駆動部と、

前記指令値を伴う、前記モータ制御部から前記駆動部への駆動信号の伝達を遮断する遮断部と、

前記エンコーダの動作に関し故障が発生したと判断されたときに、前記遮断部を介して前記駆動信号の遮断処理を実行する安全制御部と、

を備え、

前記安全制御部は、

前記エンコーダからの前記フィードバック信号により算出される所定のフィードバック値と、前記動作指令信号により算出される動作指令値とに関する両者の比較結果に基づいて該エンコーダに関する故障発生を判断し、その判断結果に基づいて前記遮断部による前記駆動信号の遮断処理を実行する、

モータ制御装置。

[請求項2] 前記エンコーダは、前記モータの動作に対応して、互いに独立した２つのフィードバック信号を生成するように構成され、

前記安全制御部は、前記遮断処理において、前記２つのフィードバック信号のそれぞれより算出される２つの前記所定のフィードバック値の少なくとも一方と、前記動作指令値とを比較して、前記駆動信号の遮断処理を実行する、

請求項１に記載のモータ制御装置。

[請求項3] 前記安全制御部は、前記遮断処理において、前記所定のフィードバック値と前記動作指令値との差分に基づいて、該遮断処理の実行の可否を判断する、

請求項１又は請求項２に記載のモータ制御装置。

[請求項4] 前記安全制御部は、前記遮断処理において、前記所定のフィードバック値の変化率と前記動作指令値の変化率とを比較し、その比較結果に基づいて該遮断処理の実行の可否を判断する、

請求項１又は請求項２に記載のモータ制御装置。

[請求項5] 前記安全制御部は、前記遮断処理において、前記所定のフィードバック値の変化率と前記動作指令値の変化率との差分の変化率に基づいて、該遮断処理の実行の可否を判断する、

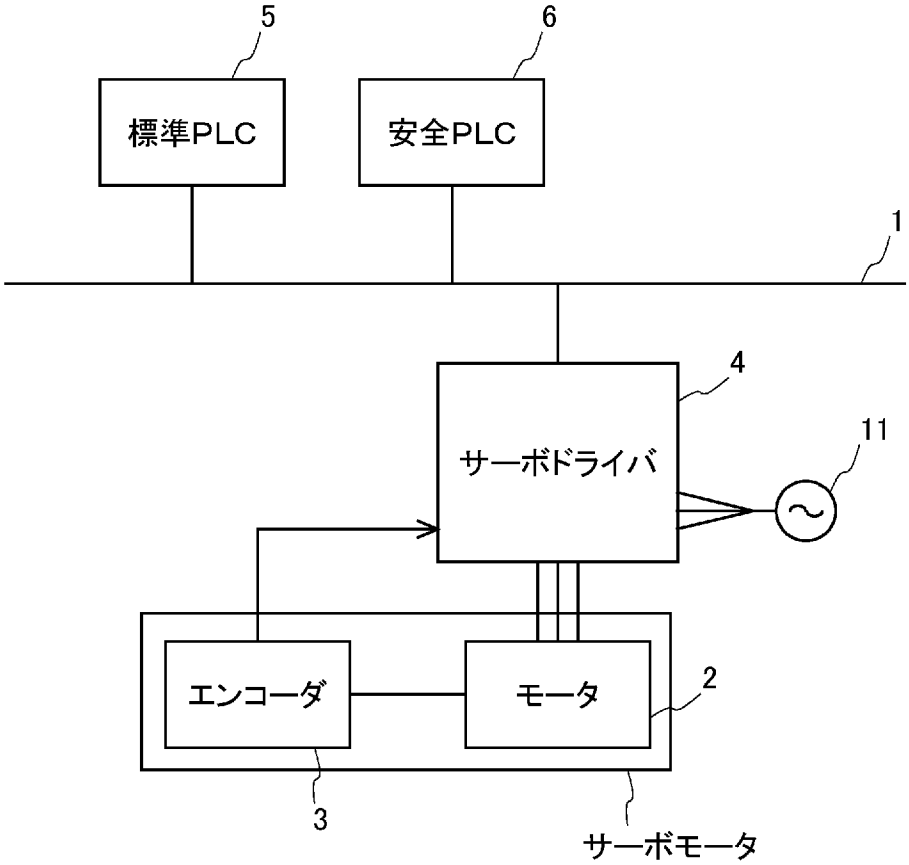
請求項１又は請求項２に記載のモータ制御装置。

[請求項6] 前記安全制御部が形成される安全用回路基板は、前記モータ制御部と前記駆動部と前記遮断部が形成される前記モータ制御装置の本体側に対して取り外し可能とされ、

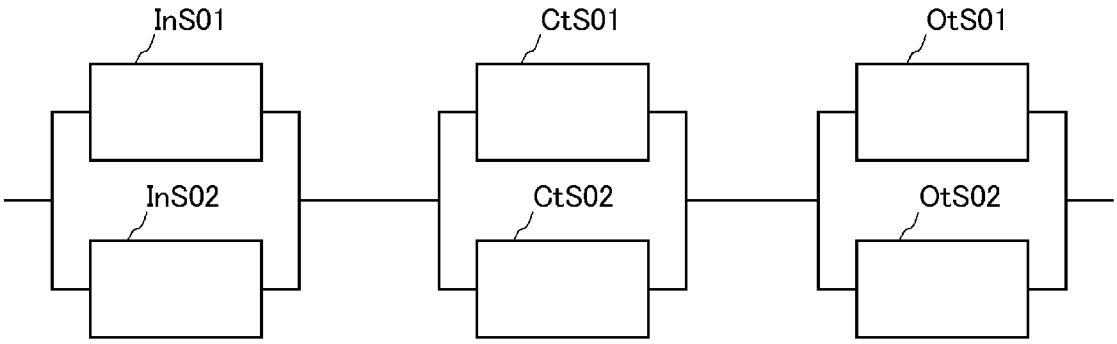
前記モータ制御装置から前記安全用回路基板が取り外され、該安全用回路基板の代わりに、前記安全制御部とは異なる、前記モータの駆動に関し故障が発生したと判断されたときに、前記遮断部を介して前記駆動信号の遮断処理を実行する別の安全制御部が形成された別の回路基板が該モータ制御装置に組み込み可能とされる、

請求項１から請求項５の何れか１項に記載のモータ制御装置。

[図1]



[図2]



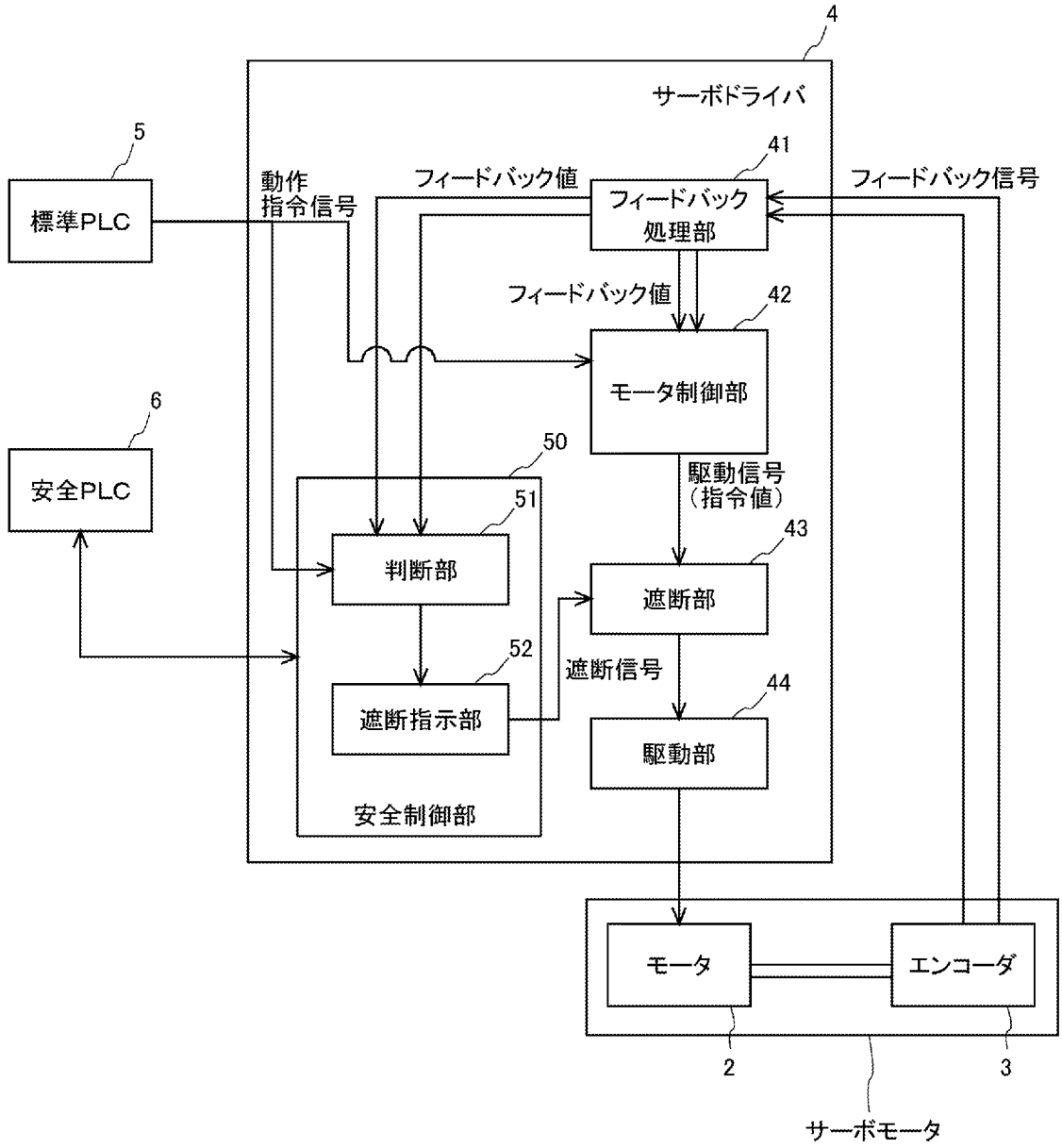
入力構成(HFT＝1)
(SIL2)

演算構成(HFT＝1)
(SIL3)

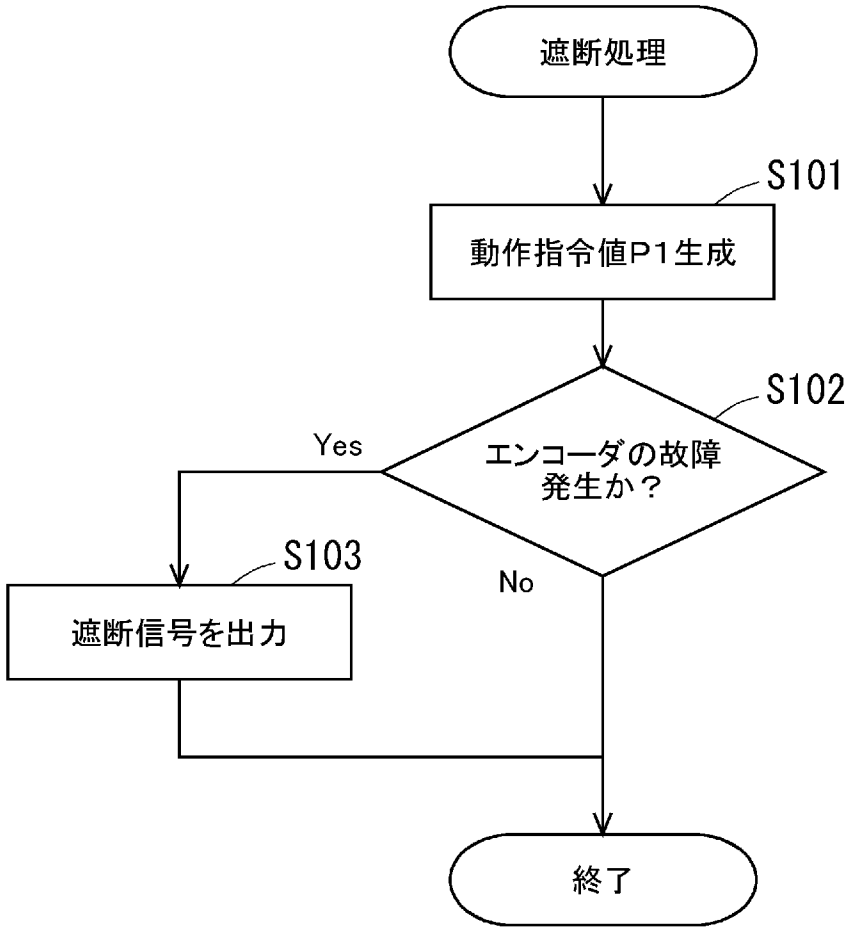
出力構成(HFT＝1)
(SIL3)

安全側故障割合	ハードウェアフォールトトレランス		
	0	1	2
＜ 60%	許容されず	SIL1	SIL2
60% － ＜ 90%	SIL1	SIL2	SIL3
90% － ＜ 99%	SIL2	SIL3	SIL4
≧ 99%	SIL3	SIL4	SIL4

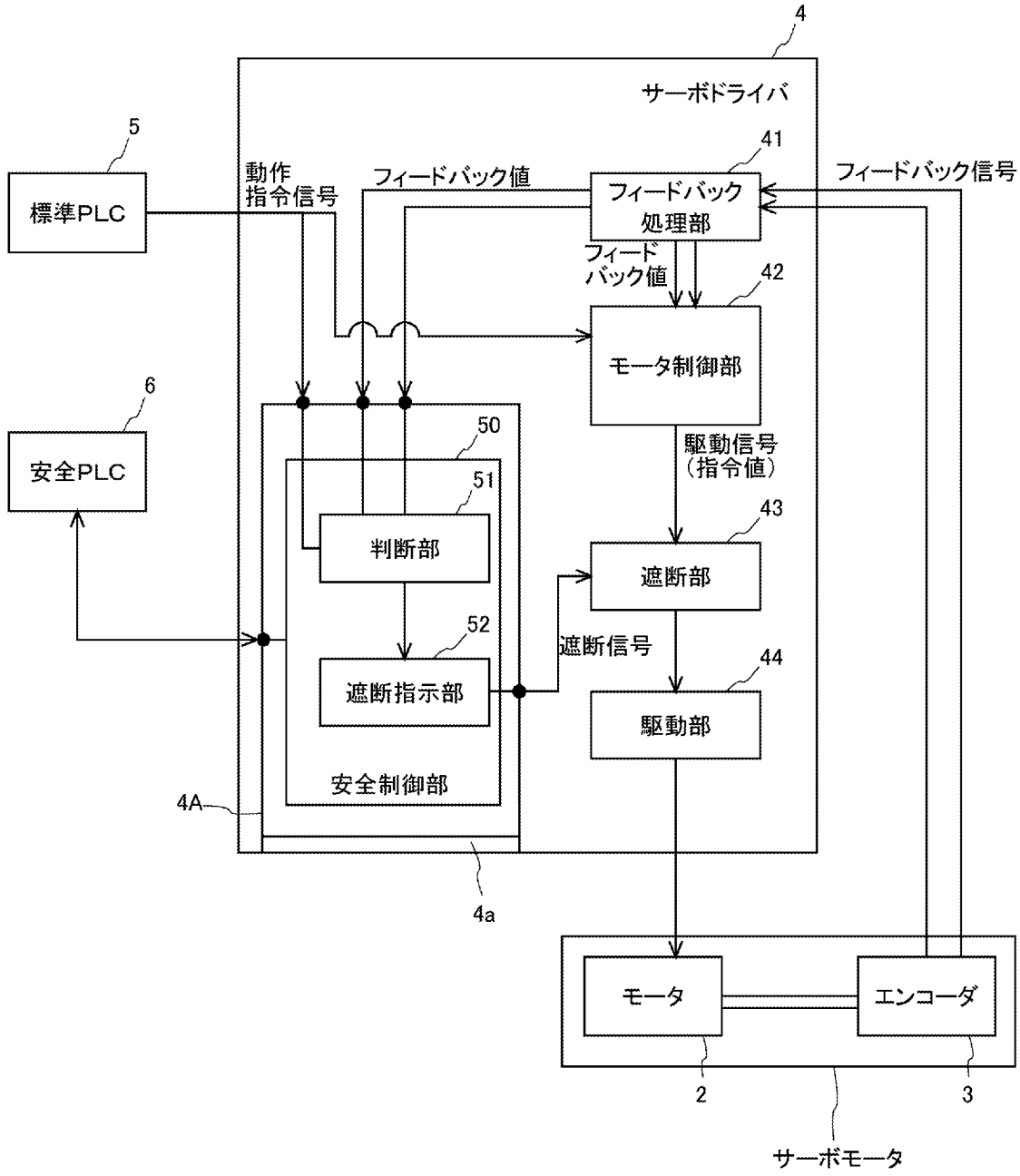
[図3]


4
サーボドライバ
5
標準PLC
動作
指令信号
フィードバック値
41
フィードバック
処理部
フィードバック信号
フィードバック値
42
モータ制御部
6
安全PLC
50
51
判断部
駆動信号
（指令値）
43
遮断部
52
遮断信号
44
遮断指示部
駆動部
安全制御部
モータ
エンコーダ
2
3
サーボモータ

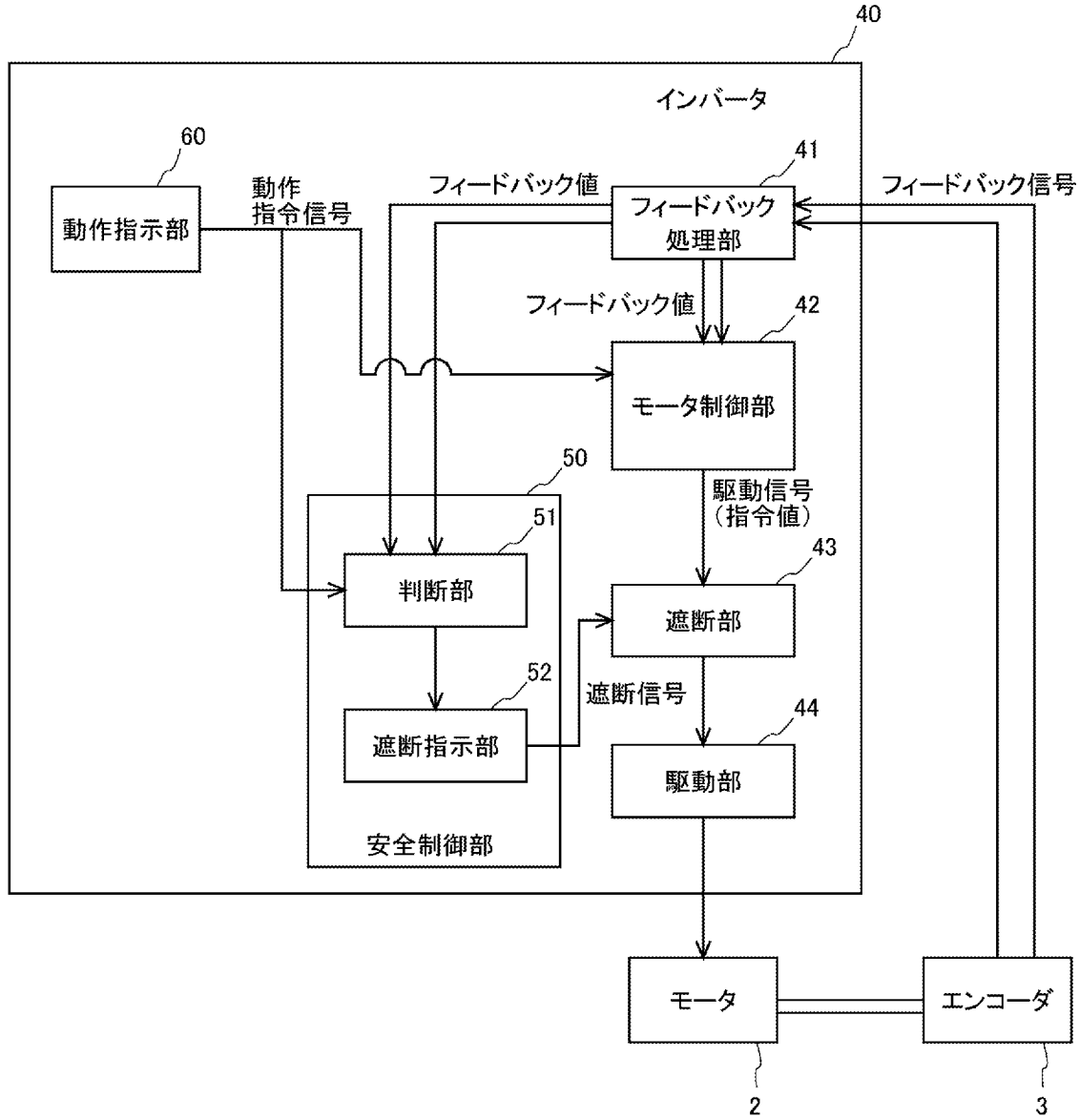
[図4]


遮断処理
S101
動作指令値P1生成
S102
エンコーダの故障
発生か？
Yes
No
S103
遮断信号を出力
終了

[図5]


4
サーボドライバ
5
標準PLC
動作
指令信号
フィードバック値
41
フィードバック
処理部
フィードバック信号
フィード
バック値
42
モータ制御部
6
安全PLC
50
51
判断部
駆動信号
(指令値)
43
遮断部
52
遮断信号
44
遮断指示部
駆動部
安全制御部
4A
4a
モータ
エンコーダ
2
3
サーボモータ

[図6]


40
インバータ
60
動作指示部
動作
指令信号
フィードバック値
41
フィードバック
処理部
フィードバック信号
フィードバック値
42
モータ制御部
50
駆動信号
（指令値）
51
判断部
43
遮断部
52
遮断信号
44
遮断指示部
駆動部
安全制御部
モータ
エンコーダ
2
3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2018/006290

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl. G05B9/02(2006.01)i, G05D3/12(2006.01)i, H02P29/024(2016.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl. G05B9/02, G05D3/12, H02P29/024

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 5367623 B2 (OMRON CORPORATION) 11 December 2013, paragraphs [0032]-[0081], fig. 1-3, 5 & US 2011/0221377 A1, paragraphs [0043]-[0092], fig. 1-3, 5 & EP 2367086 A2 & CN 102195555 A	1-6
Y	JP 6-259136 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 16 September 1994, abstract, paragraphs [0008]-[0011], fig. 1-4 (Family: none)	1-6

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 04.04.2018	Date of mailing of the international search report 17.04.2018
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2018/006290

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CD-ROM of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 83434/1991 (Laid-open No. 36509/1993) (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 18 May 1993, abstract, claims, fig. 1 (Family: none)	1-6
Y	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 061679/1979 (Laid-open No. 165303/1980) (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 27 November 1980, claims, fig. 2 (Family: none)	1-6
Y	JP 1-301093 A (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) 05 December 1989, page 2, upper left column, line 16 to upper right column, line 15, page 2, lower right column, line 12 to page 3, upper left column, line 11, fig. 1, 3, 5 (Family: none)	1-6
Y	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 173839/1978 (Laid-open No. 93003/1980) (HITACHI, LTD.) 27 June 1980, claims, fig. 1 (Family: none)	1-6
A	JP 2010-152595 A (OMRON CORPORATION) 08 July 2010, claim 4, fig. 1, 2 & US 2010/0164423 A1, claim 4, fig. 1, 2 & EP 2202593 A1 & CN 101764555 A	1-6
A	US 2015/0268133 A1 (STMICROELECTRONICS S. R. L.) 24 September 2015, abstract (Family: none)	1-6

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１８／００６２９０

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G05B9/02(2006.01)i, G05D3/12(2006.01)i, H02P29/024(2016.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G05B9/02, G05D3/12, H02P29/024

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１８年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１８年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１８年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	JP 5367623 B2（オムロン株式会社）2013.12.11, 段落[0032]-[0081],図1-3,5 & US 2011/0221377 A1,段落[0043]-[0092],図1-3,5 & EP 2367086 A2 & CN 102195555 A	1-6
Y	JP 6-259136 A（三菱電機株式会社）1994.09.16, [要約],段落[0008]-[0011],図1-4（ファミリーなし）	1-6

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。　　☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 ０４．０４．２０１８	国際調査報告の発送日 １７．０４．２０１８
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 郵便番号１００－８９１５ 東京都千代田区霞が関三丁目４番３号	特許庁審査官（権限のある職員）　３Ｕ　３７４４ 山村　秀政 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３６４

Ｃ（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	日本国実用新案登録出願 3-83434 号(日本国実用新案登録出願公開 5-36509 号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を記録した CD-ROM（三菱電機株式会社）1993.05.18, [要約],[実用新案登録請求の範囲],図 1（ファミリーなし）	1-6
Y	日本国実用新案登録出願 54-061679 号(日本国実用新案登録出願公開 55-165303 号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム（三菱電機株式会社）1980.11.27, [実用新案登録請求の範囲],第 2 図（ファミリーなし）	1-6
Y	JP 1-301093 A（松下電器産業株式会社）1989.12.05, 第 2 頁左上欄第 16 行-同頁右上欄第 15 行, 第 2 頁右下欄第 12 行-第 3 頁左上欄第 11 行, 第 1,3,5 図（ファミリーなし）	1-6
Y	日本国実用新案登録出願 53-173839 号(日本国実用新案登録出願公開 55-93003 号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム（株式会社日立製作所）1980.06.27, [実用新案登録請求の範囲],第 1 図（ファミリーなし）	1-6
A	JP 2010-152595 A（オムロン株式会社）2010.07.08, 請求項 4,図 1-2 & US 2010/0164423 A1,請求項 4,図 1-2 & EP 2202593 A1 & CN 101764555 A	1-6
A	US 2015/0268133 A1 (STMICROELECTRONICS S.R.L.) 2015.09.24, [要約]（ファミリーなし）	1-6