

(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  
2012年12月27日(27.12.2012)



(10) 国際公開番号  
WO 2012/176358 A1

- (51) 国際特許分類:  
G01L 3/10 (2006.01) B62D 5/04 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/001928
- (22) 国際出願日: 2012年3月21日(21.03.2012)
- (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 2011-137118 2011年6月21日(21.06.2011) JP  
特願 2011-137119 2011年6月21日(21.06.2011) JP  
特願 2011-137120 2011年6月21日(21.06.2011) JP  
特願 2011-201217 2011年9月14日(14.09.2011) JP  
特願 2012-005502 2012年1月13日(13.01.2012) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 日本精工株式会社(NSK LTD.) [JP/JP]; 〒1418560 東京都品川区大崎一丁目6番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 桑原 昌樹(KUWAHARA, Masaki) [JP/JP]; 〒2518501 神奈川県藤沢市鶴沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内 Kanagawa (JP). 小林 敬幸(KOBAYASHI, Takayuki) [JP/JP]; 〒2518501 神奈川県藤沢市鶴沼

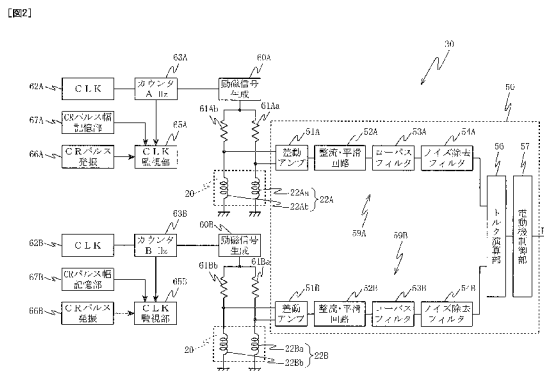
神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内 Kanagawa (JP). 吉田 一弘(YOSHIDA, Kazuhiro) [JP/JP]; 〒2518501 神奈川県藤沢市鶴沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内 Kanagawa (JP). 鬼塚 利行(ONIZUKA, Toshiyuki) [JP/JP]; 〒2518501 神奈川県藤沢市鶴沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内 Kanagawa (JP). 菅原孝義(SUGAWARA, Takayoshi) [JP/JP]; 〒2518501 神奈川県藤沢市鶴沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内 Kanagawa (JP). 安藤 信彦(ANDOU, Nobuhiko) [JP/JP]; 〒2518501 神奈川県藤沢市鶴沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内 Kanagawa (JP).

- (74) 代理人: 内藤 嘉昭(NAITOH, Yoshiaki); 〒1056032 東京都港区虎ノ門四丁目3番1号 城山トラストタワー32階 特許業務法人日栄国際特許事務所 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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX,

[続葉有]

(54) Title: TORQUE DETECTION DEVICE, AND ELECTRIC POWER STEERING DEVICE

(54) 発明の名称: トルク検出装置及び電動パワーステアリング装置



- 51A, 51B Differential amplifier
- 52A, 52B Rectifying and smoothing circuit
- 53A, 53B Low-pass filter
- 54A, 54B Noise removal filter
- 56 Torque computing unit
- 57 Electric motor control unit
- 60A, 60B Excitation signal generating unit
- 62A, 62B CLK
- 63A Counter Ahz
- 63B Counter Bhz
- 65A, 65B CLK monitoring unit
- 66A, 66B CR pulse oscillation
- 67A, 67B CR pulse width storing unit

(57) Abstract: Provided is a torque detection device wherein it is possible to obtain highly precise torque signals. Also provided is an electric power steering device using said torque detection device. A torque sensor (20) is provided with a pair of first coils (22A) and a pair of second coils (22B) which detect the relative displacement of an input shaft (2a) and an output shaft (2b) in accordance with the changes in impedance. Excitation currents having an excitation frequency (f1, f2) that is different from one another is supplied to the pair of first coils (22A) and the pair of second coils (22B) from the respective excitation signal generating unit (60A, 60B), and the excitation frequency difference is set to 3.5 kHz or higher. A low-pass filter (53A, 53B) for inhibiting the transmission of frequencies corresponding to the aforementioned excitation frequency difference is disposed on each signal processing circuit (59A, 59B).

(57) 要約: 高精度なトルク信号が得られるトルク検出装置、及びそのトルク検出装置を用いた電動パワーステアリング装置を提供する。トルクセンサ(20)は、入力軸(2a)と出力軸(2b)との相対的な変位をインピーダンスの変化に反映させて検出する第1コイル対(22A)及び第2コイル対(22B)を備える。第1コイル対(22A)と第2コイル対(22B)とは、それぞれ励磁信号生成部(60A, 60B)から、異なる励磁周波数(f1、

f2)の励磁電流を供給するものとし、その励磁周波数差を3.5kHz以上に設定する。また、信号処理回路(59A、59B)には、それぞれ上記励磁周波数差に相当する周波数の通過を阻害するローパスフィルタ(53A、53B)を設ける。



WO 2012/176358 A1



MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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.

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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨー

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

## 明 細 書

### 発明の名称：トルク検出装置及び電動パワーステアリング装置 技術分野

[0001] 本発明は、回転軸に作用するトルクを検出するトルク検出装置、及び電動パワーステアリング装置に関するものである。

#### 背景技術

[0002] 電動パワーステアリング装置は、トルクセンサで検出した操舵トルクに基づいてアシスト力を決定し、電動モータを駆動制御するのが一般的である。このトルクセンサの異常は操舵補助制御に大きな影響を与えるため、トルクセンサシステムを2重で構成し、1系統に異常が発生しても、もう1系統に切り替えることで、その機能を継続させるのが望ましい。

しかしながら、トルクを検出する部位はトーションバーの周囲が主であり、この部位はスペースが乏しい。そのため、上記2重系を構築するためには同軸上のほぼ隣り合った位置に2系統分を配置しなければならない。

[0003] ところで、従来のトルクセンサとしては、回転軸に作用しているトルクをコイルのインピーダンス変化に反映させ、そのインピーダンス変化を検出することにより前記トルクを検出するコイル式のものが広く用いられている。ところが、このようなコイル式のトルクセンサを、上述したように同軸上のほぼ隣り合った位置に2系統分配置した場合、2系統間で互いに干渉しあう磁気結合が発生してしまい、その結果、通常使用時にトルク信号が精度の悪いものになってしまう。

[0004] そこで、複数のコイル対を用いることにより発生する磁束の干渉による影響を低減するものとして、例えば特許文献1の技術がある。この技術は、2組のコイル対にそれぞれ供給する励磁電流の励磁周波数に差を設けると共に、当該励磁周波数差に相当する周波数の通過を阻害するローパスフィルタを備えることで、励磁周波数差に起因するビート（うなり）周波数で発振するAM変調ノイズを低減するものである。

## 先行技術文献

### 特許文献

[0005] 特許文献1：特開2010-190674号公報

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、上記特許文献1に記載の技術にあつては、励磁周波数差を適切に設定しないと、コイル間の干渉が大きくなってしまい、安定したトルク値を効果的に得ることができない。そのため、電動パワーステアリング装置において、安定した操舵補助制御を行うことが困難となる場合がある。

そこで、本発明は、安定したトルク信号が高精度で得られるトルク検出装置、及びそのトルク検出装置を用いた電動パワーステアリング装置を提供することを課題としている。

#### 課題を解決するための手段

[0007] 上記課題を解決するために、本発明に係るトルク検出装置の第1の態様は、トルクが入力されることでねじれが発生するトーションバーで連結された第1回転軸と第2回転軸との相対的な変位を、インピーダンスの変化に反映させて検出する少なくとも2組のコイル対と、それぞれの前記コイル対に対応して別個に設けられ、異なる励磁周波数でそれぞれの前記コイル対に励磁信号を供給する複数の発振部と、それぞれの前記コイル対に対応して別個に設けられ、それぞれの前記コイル対の出力信号を信号処理してトルク検出信号を出力するトルク検出機能を有する信号処理部と、を備え、前記励磁周波数の差である励磁周波数差が、3.5kHz以上に設定されていることを特徴としている。

[0008] また、第2の態様は、前記励磁周波数差が、検出されるトルク信号の周波数帯域における最大値よりも大きく設定されており、前記信号処理部は、前記励磁周波数差に相当する周波数の通過を阻害すると共に、前記最大値に相当する周波数を通過するローパスフィルタをそれぞれ含んで構成されている

ことを特徴としている。

さらに、第3の態様は、前記トルク検出機能の異常を定常的に監視する監視部と、前記トルク検出機能が作動する前に、前記監視部に対して診断用の信号を入力し、前記監視部が正常に動作していることを確認する初期診断部と、を備えることを特徴としている。

[0009] また、第4の態様は、前記初期診断部が、前記監視部に対し、前記診断用の信号として正常信号と異常信号とを交互に入力し、前記正常信号の入力時に、前記監視部が入力信号に対して正常診断し、前記異常信号の入力時に、前記監視部が入力信号に対して異常診断したとき、前記監視部が正常に動作していると判断することを特徴としている。

さらに、第5の態様は、前記初期診断部が、前記監視部に対し、前記診断用の信号を、前記正常信号、前記異常信号、前記正常信号の順に入力することを特徴としている。

[0010] また、第6の態様は、前記監視部が、前記励磁信号の波形を監視する励磁信号監視部であり、前記初期診断部は、前記励磁信号監視部の前記診断用の信号として、監視対象である前記励磁信号に代えて、前記励磁信号の理想波形を有する正常信号と、当該正常信号とは周波数の異なる異常信号とを入力することを特徴としている。

さらに、第7の態様は、前記初期診断部が、前記異常信号として、前記正常信号に対して周波数が $1/2$ となる信号を入力することを特徴としている。

[0011] また、第8の態様は、前記監視部が、前記トルク検出信号が前記励磁信号に対して移相しているか否かを監視する位相監視部であり、前記初期診断部は、前記位相監視部の前記診断用の信号として、監視対象である前記トルク検出信号に代えて、前記励磁信号と、移相回路を介して前記励磁信号を移相させた信号とを入力することを特徴としている。

[0012] さらにまた、第9の態様は、前記信号処理部が、前記トルク検出信号をA/D変換して出力するように構成されており、前記監視部が、監視対象の電圧

値をA/D変換した後の出力値を監視するADC監視部である。そして、前記初期診断部は、前記ADC監視部の前記診断用の信号として、前記監視対象の電圧値に代えて、前記トルク検出信号の電圧値の通常使用域において、当該通常使用域の中央電圧値を含む複数の正常電圧値と、前記正常電圧値とは異なる複数の異常電圧値とを入力することを特徴としている。

[0013] また、第10の態様は、前記発振部が、クロック信号を分周して前記励磁周波数のパルスを生成するカウンタを備えており、前記監視部が、CR発振器と、予め前記CR発振器の出力パルスの幅を前記クロック信号で計数し、記憶しておくパルス幅記憶部とを備え、前記CR発振器の出力パルスの幅を前記クロック信号で計数し、その計数値を前記パルス幅記憶部に記憶された出力パルスの幅と比較することで、前記クロック信号の異常を監視するクロック監視部であることを特徴としている。

[0014] さらに、第11の態様は、前記初期診断部が、前記クロック監視部の前記診断用の信号として、監視対象である前記クロック信号に代えて、前記カウンタが生成した前記励磁周波数のパルスを入力したときに、前記クロック監視部が、前記CR発振器の出力パルスの幅を前記カウンタが生成した前記励磁周波数のパルスで計数し、これを前記パルス幅記憶部に記憶された出力パルスの幅と比較した結果、異常診断したとき、当該クロック監視部が正常に動作していると判断することを特徴としている。

[0015] また、第12の態様は、前記発振部が、前記コイル対に対する正弦波の前記励磁信号をクロックパルスに基づいて生成するものであり、前記監視部が、前記発振部から出力される励磁信号を入力する監視用ローパスフィルタを備え、該監視用ローパスフィルタのフィルタ出力の振幅変動を前記クロックパルスの周波数変動として検出するクロック周波数変動監視部であることを特徴としている。

さらにまた、第13の態様は、前記クロック周波数変動監視部が、前記監視用ローパスフィルタのフィルタ出力の上側半波及び下側半波の少なくとも一方のピーク値が、正常振幅範囲内にあるか否かを検出する構成を有するこ

とを特徴としている。

[0016] また、第14の態様は、前記初期診断部が、通常クロック信号と当該通常クロック信号とは異なる励磁周波数の異常クロック信号とを選択して前記励磁信号生成部に供給するクロック周波数選択部を備え、前記クロック周波数選択部の前記診断用の信号として、前記通常クロック信号及び異常クロック信号を前記励磁信号生成部に供給したときの前記クロック周波数変動監視部の監視出力結果に基づいて当該クロック周波数変動監視部を診断することを特徴としている。

[0017] さらに、第15の態様は、前記異常クロック信号が、前記通常クロック信号の許容上限周波数より高い周波数の異常高周波数クロック信号と、前記通常クロック信号の許容下限周波数より低い周波数の異常低周波数クロック信号との2種類で構成されていることを特徴としている。

さらに、第16の態様は、前記信号処理部が、前記トルクに対応するアナログ信号をデジタル信号に変換するAD変換器と、前記AD変換器で変換されたデジタル信号のゲイン及びオフセット量を補正するためのゲイン補正值及びオフセット量補正值を予め記憶する記憶部と、前記AD変換器で変換されたデジタル信号を、前記記憶部に記憶されたゲイン補正值及びオフセット量補正值で補正し、前記トルク検出信号として出力する第1の補正演算部と、を備えることを特徴としている。

[0018] また、第17の態様は、前記信号処理部が、前記トルクに対応するアナログ信号をデジタル信号に変換するAD変換器と、前記AD変換器で変換されたデジタル信号のゲイン及びオフセット量を補正するためのゲイン補正值及びオフセット量補正值を予め記憶する記憶部と、前記AD変換器で変換されたデジタル信号を、前記記憶部に記憶されたゲイン補正值及びオフセット量補正值で補正し、前記トルク検出信号として出力する第1の補正演算部と、前記第1の補正演算部と同一の補正演算処理を行う第2の補正演算部を備える。そして、前記監視部が、前記第1の補正演算部と前記第2の補正演算部とに同一信号を入力し、両者の演算結果を比較して、前記第1の補正演算部

の演算ロジックが正常に機能しているか否かを監視する演算ロジック監視部であることを特徴としている。

[0019] また、第18の態様は、前記初期診断部が、前記演算ロジック監視部の前記診断用の信号として、前記第2の補正演算部に前記第1の補正演算部とは異なる信号を入力したときの両者の演算結果が異なることを確認することで、前記演算ロジック監視部が正常に機能していることを確認することを特徴としている。

さらに、第19の態様は、前記初期診断部が、前記第2の補正演算部に入力する前記第1の補正演算部とは異なる信号として、前記第1の補正演算部の入力信号の反転信号を用いることを特徴としている。

[0020] また、第20の態様は、前記監視部による異常診断結果を含む診断情報を出力する診断情報出力部を備えることを特徴としている。

さらにまた、第21の態様は、前記信号処理部が、2組の前記コイル対と、当該2組の前記コイル対のそれぞれに直列接続された抵抗体とで成る2つのブリッジ回路にそれぞれ交流信号を印加し、前記各ブリッジ回路の差分信号を検出して前記メイントルク信号及びサブトルク信号を演算し、前記メイントルク信号のみを出力するように構成されており、前記監視部は、前記メイントルク信号と前記サブトルク信号との比較によって、前記信号処理部の異常を監視するトルク信号監視部であることを特徴としている。

[0021] また、第22の態様は、前記診断情報出力部が、前記診断情報として、前記監視部による異常診断結果が正常であること、前記監視部による異常診断結果が異常であること、及び前記初期診断部による初期診断中であることの少なくとも3種の情報を出力することを特徴としている。

さらに、第23の態様は、前記診断情報出力部が、前記診断情報として、前記監視部による異常診断結果が正常である場合には一定周期のパルス信号、前記監視部による異常診断結果が異常である場合にはHレベルの信号、前記初期診断部による初期診断中である場合にはLレベルの信号を出力することを特徴としている。

[0022] また、本発明に係る電動パワーステアリング装置の第1の態様は、ステアリング機構に入力される操舵トルクを検出する前記第1の態様～第22の態様の何れかのトルク検出装置と、少なくとも前記トルク検出装置で検出した操舵トルクに基づいて、操舵系に運転者の操舵負担を軽減する操舵補助力を付与すべく、電動モータを駆動制御するモータ制御部と、を備えることを特徴としている。

### 発明の効果

[0023] 本発明のトルク検出装置では、コイル対、発振部及び信号処理部を2系統以上備え、励磁周波数差を3.5kHz以上に設定するので、それぞれのコイルが発生する磁束の干渉に起因するトルク信号の重畳成分を効果的に減衰することができる。そのため、高精度で安定したトルク信号が得られる。

したがって、上記トルク検出装置を備える電動パワーステアリング装置では、安定した操舵補助制御を行うことができる。

### 図面の簡単な説明

[0024] [図1]本実施形態の電動パワーステアリング装置を示す全体構成図である。

[図2]第1の実施形態のトルク検出装置の構成を示すブロック図である。

[図3]トルクセンサを構成するコイル周辺図である。

[図4]励磁周波数差と磁気干渉との関係を示す図である。

[図5]励磁周波数差の違いによるセンサ出力波形の違いを示す図である。

[図6]クロック監視部の構成を示すブロック図である。

[図7]±6%変動時の励磁周波数差を示す図である。

[図8]±10%変動時の励磁周波数差を示す図である。

[図9]第2の実施形態のトルク検出装置の構成を示すブロック図である。

[図10]初期診断方法の概念を説明するためのブロック図である。

[図11]初期診断処理手順を示すフローチャートである。

[図12]励磁信号監視部の構成を示す図である。

[図13]励磁信号監視部の初期診断用の信号波形例を示す図である。

[図14]位相監視部の構成を示す図である。

[図15]位相監視部の初期診断時の信号波形例を示す図である。

[図16]トルク信号監視部の構成を示す図である。

[図17]第3の実施形態のトルク検出装置の構成を示すブロック図である。

[図18]異常検出部の具体的構成を示すブロック図である。

[図19]ローパスフィルタのカットオフ周波数と9kHz時ピーク値との差電圧との関係を示す特性線図である。

[図20]ローパスフィルタのフィルタ出力の説明図である。

[図21]第4の実施形態における監視部診断部を示すブロック図である。

[図22]監視部診断部で実行する初期診断処理を示すフローチャートである。

[図23]第5の実施形態のトルク検出装置の構成を示すブロック図である。

[図24]ゲイン設定値及びオフセット設定値を示す図である。

[図25]トルク演算部の構成を示すブロック図である。

[図26]第6の実施形態のトルク検出装置の構成を示すブロック図である。

[図27]診断信号S1, S2を示す図である。

[図28]トルク信号Tm1, Tm2を示す図である。

### 発明を実施するための形態

[0025] 以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。

(第1の実施形態)

図1は、本実施形態に係る電動パワーステアリング装置を示す全体構成図である。

図中、符号1は、ステアリングホイールであり、このステアリングホイール1に運転者から作用される操舵力が入力軸2aと出力軸2bとを有するステアリングシャフト2に伝達される。このステアリングシャフト2は、入力軸2aの一端がステアリングホイール1に連結され、他端は後述するトルク検出装置30が備えるトルクセンサ20を介して出力軸2bの一端に連結されている。

[0026] そして、出力軸2bに伝達された操舵力は、ユニバーサルジョイント4を介して中間シャフト5に伝達され、さらに、ユニバーサルジョイント6を介

してピニオンシャフト7に伝達される。このピニオンシャフト7に伝達された操舵力はステアリングギヤ8を介してタイロッド9に伝達され、図示しない転舵輪を転舵させる。ここで、ステアリングギヤ8は、ピニオンシャフト7に連結されたピニオン8aとこのピニオン8aに噛合するラック8bとを有するラックアンドピニオン形式に構成され、ピニオン8aに伝達された回転運動をラック8bで直進運動に変換している。

[0027] ステアリングシャフト2の出力軸2bには、補助操舵力を出力軸2bに伝達する操舵補助機構10が連結されている。この操舵補助機構10は、出力軸2bに連結された減速ギヤ11と、減速ギヤ11に連結されて操舵系に対して補助操舵力を発生する電動モータ12とを備えている。

トルクセンサ20は、ステアリングホイール1に付与されて入力軸2aに伝達された操舵トルクを検出するためのもので、図示しないトーションバーで連結された入力軸2aと出力軸2bとの相対的な変位（回転変位）を、コイル対のインピーダンスの変化に対応させて検出するように構成されている。このトルクセンサ20から出力されるトルク検出値Tはコントローラ15に入力される。

[0028] コントローラ15は、車載のバッテリー17（例えば、定格電圧が12Vである）から電源供給されることによって作動する。バッテリー17の負極は接地され、その正極はエンジンを始動するイグニッションスイッチ18を介してコントローラ15に接続されると共に、イグニッションスイッチ18を介さず直接コントローラ15に接続されている。

コントローラ15には、トルク検出値Tの他に車速センサ16で検出した車速検出値Vが入力され、これらに応じた操舵補助力を操舵系に付与する操舵補助制御を行う。具体的には、上記操舵補助力を電動モータ12で発生するための操舵補助トルク指令値を公知の手順で算出し、算出した操舵補助トルク指令値とモータ電流検出値とにより、電動モータ12に供給する駆動電流をフィードバック制御する。

[0029] 次に、トルク検出装置30の構成について詳細に説明する。

図2は、トルク検出装置30の構成を示すブロック図である。トルク検出装置30は、上述したトルクセンサ20を備える。このトルクセンサ20は、2組のコイル対22A、22Bを備える。また、トルクセンサ20は、図3にそのコイル周辺図を示すように、第1ヨーク81Aと、第2ヨーク81Bと、円筒部材83と、円筒部材83の外周部にコイル対22A、22Bと対向するように設けられた複数の窓831と、トーシヨンバー84と、センサシャフト85とを含む。なお、トーシヨンバー84と、センサシャフト85と、ステアリングシャフト2の入力軸2a及び出力軸2bとは、同軸に配置される。

[0030] コイル対（第1コイル対）22Aは、同一規格の一对のコイル22Aa及び22Abが組み合わされてコイル対を構成しており、図3に示すように円筒形状の第1ヨーク81A内に配置される。同様に、コイル対（第2コイル対）22Bは、同一規格の一对のコイル22Ba及び22Bbが組み合わされてコイル対を構成しており、図3に示すように円筒形状の第2ヨーク81B内に配置される。

また、トルク検出装置30は、第1コイル対22A及び第2コイル対22Bにそれぞれ対応して設けられ、各コイル対の出力信号を信号処理する信号処理回路（信号処理部）59A及び59Bを備える。信号処理回路59A及び59Bは、コントローラ15内に設けられている。

[0031] 第1コイル対22Aには、励磁信号生成部60Aが接続され、励磁信号生成部60Aによって第1コイル対22Aを構成するコイル22Aa、22Abに励磁電流が供給される。また、第2コイル対22Bには、励磁信号生成部60Bが接続され、励磁信号生成部60Bによって第2コイル対22Bを構成するコイル22Ba、22Bbに励磁電流が供給される。このように、第1コイル対22Aと第2コイル対22Bとは、それぞれ異なる励磁信号生成部から励磁電流が供給される。

[0032] 励磁信号生成部60A及び60Bは、それぞれ異なる励磁周波数の交流電流を生成する。ここでは、励磁信号生成部60Aの励磁周波数（第1の励磁

周波数  $f_1$ ) を  $A$  [Hz]、励磁信号生成部 60B の励磁周波数 (第 2 の励磁周波数  $f_2$ ) を  $B$  [Hz] とする。また、本実施形態では、励磁信号の生成に際し、クロック周波数をカウントすることでクロック信号を分周し、上記励磁周波数に変換する手法を用いる。

[0033] すなわち、トルク検出装置 30 は、クロック信号を出力する CLK 62A、62B と、クロック周波数をカウントするカウンタ 63A、63B と、を備える。ここで、CLK 62A、62B としては、例えば水晶発振器などの市販のクロックを用いる。このような市販のクロックは、その周波数誤差が約 2% 程度と精度が高いため、センサシステムの性能安定化に大きな効果がある。

なお、この励磁信号生成部 60A、60B、CLK 62A、62B 及びカウンタ 63A、63B で発振回路 (発振部) を構成している。

[0034] 第 1 コイル対 22A を構成するコイル 22Aa、22Ab の一方の端子は、それぞれ電気抵抗 61Aa、61Ab を介して励磁信号生成部 60A に接続される。また、第 1 コイル対 22A を構成するコイル 22Aa、22Ab の他方の端子は接地される。同様に、第 2 コイル対 22B を構成するコイル 22Ba、22Bb の一方の端子は、それぞれ電気抵抗 61Ba、61Bb を介して励磁信号生成部 60B に接続される。また、第 2 コイル対 22B を構成するコイル 22Ba、22Bb の他方の端子は接地される。

[0035] 第 1 コイル対 22A の出力信号は、第 1 コイル対 22A を構成するコイル 22Aa、22Ab の端子電圧であり、第 2 コイル対 22B の出力信号は、第 2 コイル対 22B を構成するコイル 22Ba、22Bb の端子電圧である。これらの出力信号は、それぞれ信号処理回路 59A、59B に出力される。

信号処理回路 59A は、差動アンプ 51A、整流・平滑回路 52A、ローパスフィルタ 53A 及びノイズ除去フィルタ 54A を有する。また、信号処理回路 59B は、差動アンプ 51B、整流・平滑回路 52B、ローパスフィルタ 53B 及びノイズ除去フィルタ 54B を有する。なお、ローパスフィル

タ53A、53Bは、それぞれ整流・平滑回路52A、52Bに組み込んでよい。

[0036] 差動アンプ51Aは、第1コイル対22Aを構成するコイル22Aa、22Abの出力差、すなわち、コイル22Aa、22Abの端子電圧の差（端子電圧差）を増幅して出力する。整流・平滑回路52Aは、差動アンプ51Aの出力を整流、及び平滑して出力する。整流・平滑回路52Aの出力は、ローパスフィルタ53A及びノイズ除去フィルタ54Aを通過することでノイズが除去され、その結果がトルク演算部56に入力される。

[0037] ここで、ローパスフィルタ53Aのカットオフ周波数は、各コイル対に供給される励磁電流の励磁周波数の差（励磁周波数差）よりも小さく設定する。これにより、当該励磁周波数差に相当する周波数の通過を阻害する。さらに、ローパスフィルタ53Aのカットオフ周波数は、トルクセンサ20が検出するトルク信号の周波数帯域（トルク信号帯域）における最大値よりも大きく設定する。これにより、当該トルク信号帯域はローパスフィルタ53Aを通過する。

なお、信号処理回路59Bは信号処理回路59Aと同一構成を有するため、ここでは説明を省略する。

[0038] ところで、第1励磁周波数 $f_1$ と第2励磁周波数 $f_2$ とに差がある場合、第1コイル対22Aが発生する磁束と第2コイル対22Bが発生する磁束とが干渉し、干渉成分のリプルがトルク信号に重畳されてしまう。このリプルは、励磁周波数差（ $= |f_1 - f_2|$ ）が大きくなるにつれて小さくなる特性を有しており、図4に示すように、励磁周波数差が3.5kHz以上でほぼ減衰される。したがって、励磁周波数差が例えば2kHzである場合には、トルク信号に干渉成分が重畳するため、センサ出力波形は図5(a)に示すように周期的に変動したものとなるが、励磁周波数差が3.5kHz以上である場合のセンサ出力波形は、図5(b)に示すように変動が殆どなくなる。

[0039] そこで、本実施形態では、第1励磁周波数 $f_1$ と第2励磁周波数 $f_2$ との

差である励磁周波数差を3.5kHz以上に設定する。

本実施形態において、トルク信号帯域は80Hz程度である。したがって、ローパスフィルタ53A、53Bのカットオフ周波数を、例えば100Hzとすれば、3.5kHz以上の周波数の通過はローパスフィルタ53A、53Bによって確実に阻害される。

[0040] このように、励磁周波数差を、トルク信号帯域における最大値の10倍以上である3.5kHz以上に設定すると共に、ローパスフィルタ53A、53Bのカットオフ周波数を、トルク信号帯域における最大値と励磁周波数差との間に設定するので、磁気干渉に起因するトルク信号の重畳成分を効果的に低減することができ、トルク信号の精度を向上させることができる。

[0041] また、水晶発振器などの高精度な市販のクロックを用いて励磁信号を生成するので、励磁周波数を安定させることができる。第1励磁周波数 $f_1$ と第2励磁周波数 $f_2$ とがなんらかの不具合で変動した場合、互いに周波数が接近してしまうことが想定される。そして、このとき、励磁周波数差が上記の3.5kHzを下回ってしまうと、トルク信号には徐々に干渉成分が重畳し、トルク信号の精度が劣化してしまう。これに対して、本実施形態では、上述したように励磁周波数を安定させることができるため、トルク信号の精度が劣化してしまうのを抑制することができる。

[0042] 図2に戻って、トルク演算部56は、ノイズ除去フィルタ54A又はノイズ除去フィルタ54Bの出力（例えば、平均値）に基づいて、所定の演算を行って操舵系に発生している操舵トルクを求める。電動機制御部57は、トルク演算部56の演算結果に基づいて、運転者による操舵トルクを軽減する操舵補助トルクを発生できる駆動電流を電動モータ12に供給する。

[0043] トルク検出装置30は、第1コイル対22A及び信号処理回路59Aによる第1トルク検出システムと、第2コイル対22B及び信号処理回路59Bによる第2トルク検出システムとによって冗長化されている。図1に示す電動パワーステアリング装置では、通常は、第1トルク検出システム又は第2トルク検出システムで検出した操舵トルクに基づいて、操舵補助制御を行うべく電動モータ1

2を制御する。一方、第1トルク検出系統又は第2トルク検出系統に不具合が生じた場合には、不具合が生じていない方の系統に切り替えて操舵トルクの検出を継続し、操舵補助制御を継続する。

[0044] また、操舵トルクを検出する機能の異常は操舵補助制御に大きな影響を与えるため、コントローラ15による操舵補助制御の実施中は、定常的に当該トルク検出機能の異常を監視する。ここでは、クロック監視部65A、65Bを設け、励磁信号を生成するためのCLK62A、62Bが正常に動作しているか否かを監視する。

[0045] クロック監視部65A、65Bは、コンデンサ(C)と抵抗(R)とを用いて発振させるCR発振器66A、66Bの出力パルス(CR発振パルス)を、CLK62A、62Bが出力するクロック信号を用いて計数し、その結果をCRパルス幅記憶部(パルス幅記憶部)67A、67Bに記憶された初期値と比較することで、クロック周波数が正常であるか否かを判断する。上記初期値は、予め生産時に、初期のばらつきを含むCR発振器66A、66Bの出力パルスを、CLK62A、62Bが出力するクロック信号を用いて計数し、CRパルス幅記憶部67A、67Bに記憶しておく。

[0046] 図6は、クロック監視部65Aの構成を示すブロック図である。なお、クロック監視部65Bの構成は、クロック監視部65Aの構成と同一であるため、ここでは説明を省略する。

クロック監視部65Aは、CR発振パルスをクロックで計数するカウンタ65Aaと、カウンタ65Aaで計数したパルス計数値とCRパルス幅記憶部67Aに記憶されたCR発振器66Aのパルス計数値とを比較する比較回路65Ab、65Acと、比較回路65Ab、65Acの出力が入力されるOR回路65Adと、を備える。

[0047] このような構成により、OR回路65Adの出力信号は、カウンタ65Aaで計数したパルス計数値とCRパルス幅記憶部67Aに記憶されたCR発振器66Aのパルス計数値とが等しいときに、クロック周波数が正常であることを示す“0”となる。そして、カウンタ65Aaで計数したパルス計数

値とCRパルス幅記憶部67Aに記憶されたCR発振器66Aのパルス計数値とが異なるときに、クロック周波数が異常であることを示す“1”となる。

[0048] 一般に、クロック周波数の精度を監視するためには、監視用のクロックを別に設け、両者の差からクロック周波数の正しさを監視する手法が用いられる。ところが、この手法を用いた場合、CLK62Aのように予め精度の高いクロックを用いたセンサシステムでは、そのクロック周波数の精度を監視するために、同様に精度の高いクロックを監視用のクロックとして用意しなければならず、コストが嵩む。

[0049] これに対して、本実施形態では、安価なCR発振器66Aとの組合せで高精度なCLK62Aのクロック周波数の監視が可能である。そのため、監視用として高価なクロックを別に設ける必要がなくなり、その分のコストを削減することができる。

また、市販の抵抗は、高精度品であれば誤差は1%程度であるが、市販のコンデンサは高精度品を用いても誤差が5%程度ある。そのため、これらの誤差を含むことによるCR発振器のばらつきを勘案すると、CR発振器の出力パルスとクロック信号との単純な比較では、約2%以下等の高精度な監視は行えない。

[0050] これに対して、本実施形態では、ばらつきを含むCR発振器の出力パルスを、常時、クロックで計数し、生産時に同様の方法で予め計数しておいた値（初期値）と比較することで、クロック周波数を監視する。これにより、CRの温度特性分の変化を考慮した部分まで監視精度が上げられることになる。すなわち、監視精度は3%程度まで向上できる。なお、現実的には、2倍の6%程度が許容できれば良いと考えられる。

[0051] また、クロック監視部65Aは、クロック周波数の監視機能が正常に動作しているか否かを診断するための初期診断機能を有する。この初期診断は、電源が投入された直後（又はイグニッションスイッチ18をオンした直後）、コントローラ15側が操舵補助制御を開始する前に作動する。なお、初期

診断中は、初期診断中フラグを立てるなどにより、コントローラ15がトルクセンサ信号を使用できないようにする（操舵補助制御を実施できないようにする）。

[0052] クロック監視部65Aは、初期診断部として、カウンタ65Aaのクロック入力端子の前段にスイッチSW1及びSW2を備える。これらスイッチSW1及びSW2は、信号選択指令に従って何れか一方がオンされるように構成されており、通常のクロック周波数監視状態（定常診断モード）ではスイッチSW1がオン、初期診断モードではスイッチSW2がオンされるものとする。

[0053] すなわち、定常診断モードでは、カウンタ65Aaで用いるクロックとしてCLK62A、62Bが出力するクロックパルスが入力される。そして、トルク検出装置30によるトルク検出機能が作動する前（特に発振回路が作動する前）の初期診断モードでは、カウンタ65Aaで用いるクロックとして、CLK62A、62Bが出力するクロックパルスに代えて、カウンタ63Aが出力するカウンタパルスが入力される。

[0054] このように、初期診断モードでは、敢えて異常な信号を用いてCR発振器66Aのパルス計数値を求める。そして、この異常信号入力時に、OR回路65Adの出力信号が“1”となることを確認することで、クロック周波数の監視機能が正常に動作していることを確認する。

また、この初期診断モードでは、診断用の信号として、正常信号と異常信号とを交互に入力するようにしてもよい。正常信号とは、CLK62A、62Bが出力する理想的なクロックパルスである。異常信号とは、カウンタ63Aが出力するカウンタパルスである。更には、初期診断モードにおいて、正常信号、異常信号の後に、再度正常信号を入力するようにしてもよい。

[0055] この場合、正常信号の入力時にOR回路65Adの出力信号が“0”となり、異常信号の入力時にOR回路65Adの出力信号が“1”となることを確認することで、クロック周波数の監視機能が正常に動作していることを確認する。これにより、初期診断機能が正常に動作しているかを確認すること

ができる。また、診断用の信号が正常に入力できているかも確認することができる。

以上のように、励磁周波数そのものの監視機能を、安価に実現・付加したことにより、より信頼性の高い冗長型トルクセンサシステムが実現できる。

[0056] (実施例1)

次に、実施例により第1の実施形態の効果を説明する。

ここでは、第1励磁周波数  $f_1$  と第2励磁周波数  $f_2$  との差である励磁周波数差を4.5 kHz以上に設定した。

第1励磁周波数  $f_1$  及び第2励磁周波数  $f_2$  が、それぞれ6%ずつ互いに近寄る側に変動した場合を想定し、そのときの励磁周波数差の変化を調べた。その結果を表1に示す。なお、表1において、数値の単位は [kHz] である。

[0057] [表1]

励磁周波数差	第1励磁周波数 $f_1$		第2励磁周波数 $f_2$		±6%変動後の励磁周波数差
	設定	-6%時	設定	-6%時	
2	8	7.52	6	6.36	1.16
3	9	8.46			2.10
4	10	9.40			3.04
5	11	10.34			3.98
6	12	11.28			4.92

[0058] この表1では、第1励磁周波数  $f_1$  が8 kHz、9 kHz、10 kHz、11 kHz、12 kHz、第2励磁周波数  $f_2$  が6 kHzに設定されている場合に、第1励磁周波数  $f_1$  が-6%、第2励磁周波数  $f_2$  が+6%変動したとき（励磁周波数が±6%変動したとき）の励磁周波数差の変化を示している。

[0059] 表1を参照すると、励磁周波数差を4 kHz ( $f_1 = 10$  kHz、 $f_2 = 6$  kHz) に設定していても、±6%変動時には励磁周波数差は3.04 kHzまで縮まってしまうことがわかる。また、励磁周波数差を5 kHz ( $f_1 = 11$  kHz、 $f_2 = 6$  kHz) に設定していても、±6%変動時には励磁周波数差は2.10 kHzまで縮まってしまうことがわかる。

1 = 11 kHz、 $f_2 = 6$  kHz) に設定すれば、 $\pm 6\%$ 変動時の励磁周波数差は3.98 kHzに抑えられる。さらに、励磁周波数差を6 kHz ( $f_1 = 12$  kHz、 $f_2 = 6$  kHz) に設定すれば、 $\pm 6\%$ 変動時の励磁周波数差は4.92 kHzに抑えられる。

[0060] すなわち、予め設定された励磁周波数差と $\pm 6\%$ 変動時の励磁周波数差との関係は、図7に示すようになる。

上述したように、トルク信号の重畳成分を減衰させるためには、励磁周波数差は3.5 kHz以上で安定させる必要がある。そのため、 $\pm 6\%$ 変動時に励磁周波数差が3.5 kHzを下回らないようにするためには、図7からも明らかのように、予め励磁周波数差を4.5 kHz以上に設定すればよい。

このように、励磁周波数差を4.5 kHz以上に設定することで、クロック周波数の変動を最低6%まで許容することができる。これにより、トルク信号の重畳成分を安定して減衰させることができ、トルク信号の精度の劣化を抑制することができる。

[0061] (実施例2)

次に、別の実施例により第1の実施形態の効果を説明する。

ここでは、第1励磁周波数 $f_1$ と第2励磁周波数 $f_2$ との差である励磁周波数差を5.22 kHz以上に設定した。

第1励磁周波数 $f_1$ 及び第2励磁周波数 $f_2$ が、それぞれ10%ずつ互いに近寄る側に変動した場合を想定し、そのときの励磁周波数差の変化を調べた。その結果を表2に示す。なお、表2において、数値の単位は[kHz]である。

[0062]

[表2]

励磁周波数差	第1励磁周波数f1		第2励磁周波数f2		±10%変動後の 励磁周波数差
	設定	-10%時	設定	-10%時	
2	8	7.20	6	6.60	0.6
3	9	8.10			1.5
4	10	9.00			2.4
5	11	9.90			3.3
6	12	10.8			4.2

[0063] この表2では、第1励磁周波数  $f_1$  が 8 kHz、9 kHz、10 kHz、11 kHz、12 kHz、第2励磁周波数  $f_2$  が 6 kHz に設定されている場合に、第1励磁周波数  $f_1$  が -10%、第2励磁周波数  $f_2$  が +10% 変動したとき（励磁周波数が ±10% 変動したとき）の励磁周波数差の変化を示している。

[0064] 表2を参照すると、励磁周波数差を 4 kHz ( $f_1 = 10$  kHz、 $f_2 = 6$  kHz) に設定していても、±10%変動時には励磁周波数差は 2.4 kHz まで縮まってしまうことがわかる。また、励磁周波数差を 5 kHz ( $f_1 = 11$  kHz、 $f_2 = 6$  kHz) に設定していても、±10%変動時には励磁周波数差は 3.3 kHz まで縮まってしまう。そして、励磁周波数差を 6 kHz ( $f_1 = 12$  kHz、 $f_2 = 6$  kHz) に設定すれば、±10%変動時の励磁周波数差は 4.2 kHz に抑えられる。

[0065] すなわち、予め設定された励磁周波数差と ±10%変動時の励磁周波数差との関係は、図8に示すようになる。

上述したように、トルク信号の重畳成分を減衰させるためには、励磁周波数差は 3.5 kHz 以上で安定させる必要がある。そのため、±10%変動時に励磁周波数差が 3.5 kHz を下回らないようにするためには、図8からも明らかのように、予め励磁周波数差を 5.22 kHz 以上に設定すればよい。

[0066] このように、励磁周波数差を 5.22 kHz 以上に設定することで、クロ

ック周波数の変動を最低10%まで許容することができる。すなわち、比較的大きなばらつきを許容することができるため、CR発振器66A、66Bの精度の緩和が可能となり、部品単価を下げるすることができる。そして、これにより、トルク信号の重畳成分を安定して減衰させることができ、トルク信号の精度の劣化を抑制することができる。

[0067] (第2の実施形態)

次に、本発明の第2の実施形態について説明する。

この第2の実施形態は、上述した第1の実施形態において、トルク検出装置30の構成が異なるものである。

図9は、トルク検出装置30の構成を示すブロック図である。この図9では、トルクセンサ20を構成するコイル対の出力信号に対して信号処理を行ってトルク検出信号を出力する信号処理回路(信号処理部)140と、当該信号処理回路140の各ブロックにおける異常を監視する監視部を備える診断装置160とを示している。ここでは、説明を簡略化するために、第1トルク検出システムと第2トルク検出システムのうち、一方のトルク検出システムのみ信号処理回路140と診断装置160とを示す。

[0068] 信号処理回路140は、主にクロック部、励磁部、センサ部、信号処理部及び通信出力部で構成されている。

クロック部は、例えば市販のクロック(水晶発振器など)で構成されるCLK141を備える。またクロック部は、CLK141から出力されるクロック信号と、SEL142で選択された指定周波数(A[Hz]又はB[Hz])とをもとに、上記クロック信号を分周して上記指定周波数(励磁する周波数)へ変換するカウンタ143を備える。カウンタ143が出力した励磁パルスは、励磁部を構成する励磁波形生成部144に入力される。

[0069] 励磁波形生成部144は、カウンタ143から入力された励磁パルスに基づいて、A[Hz]とB[Hz]のうち選択された周波数の励磁信号を生成し、センサ部に出力する。ここで、生成した励磁信号は、センサ部を構成するメインブリッジ回路(ブリッジMAIN)145とサブブリッジ回路(ブ

リッジSUB) 149とに供給される。

[0070] メインブリッジ回路145は第1コイルと第2コイルとからなるコイル対を備え、当該コイル対に励磁信号が供給されると、メイン差動増幅器146は、第1コイルと第2コイルとの端子電圧の差（端子電圧差）を増幅して出力する。この出力信号はメイン整流平滑回路147に入力され、メイン整流平滑回路147はこれを整流及び平滑して出力する。ローパスフィルタ（LPF）148は、平滑化された出力からノイズを除去し、信号処理部を構成するトルク演算回路153に出力する。なお、サブブリッジ回路149、サブ差動増幅器150、サブ整流平滑回路151及びLPF152の動作は、メインブリッジ回路145～LPF148までの動作と同様であるため、ここでは説明を省略する。

[0071] トルク演算回路153は、マルチプレクサ（MUX）とAD変換器（ADC）とを備えており、LPF148及び152から出力された信号（MAINトルク値、SUBトルク値）に基づいてトルク検出信号を求め、これを、通信出力部を構成する通信出力回路154に出力する。通信出力回路154は、トルク演算回路153で求めたトルク検出信号をコントローラ（ECU）15に出力する。

[0072] また、診断装置160の監視部は、励磁パルスを監視する励磁パルス監視部161と、励磁信号の波形（周波数、DUTY、形状、オフセット、縮小、過大発振など）を監視する励磁信号監視部162と、励磁信号の位相を監視する位相監視部163と、差動増幅器150が出力する信号の振幅を監視する差動振幅監視部164と、トルク演算回路153のMUXとADCの異常を監視するMUX／ADC監視部165と、トルク演算回路153が出力するトルク検出信号を監視するトルク信号監視部166と、通信出力部154の異常を監視する通信監視部167とを備える。そして、操舵補助制御の実施中は、これらの監視部で定常的に各種監視処理が行われ、何らかの異常が検出されると直ちにこれがECU15に伝達される。

[0073] さらに、診断装置160は、上記各監視部そのものを診断するための初期

診断部 168 を備える。この初期診断部 168 は、電源が投入された直後（又はイグニッションスイッチ 18 をオンした直後）、ECU 15 側が操舵補助制御を開始する前に作動し、各監視部そのものが正常に動作しているか否かを初期診断する。この初期診断は、各監視部を順次診断対象として行う。また、初期診断中は、初期診断中フラグを立てるなどにより、ECU 15 がトルクセンサ信号を使用できないようにする（操舵補助制御を実施できないようにする）。

[0074] 初期診断部 168 は、初期診断を開始すると、初期診断用の信号として正常信号と異常信号とを、診断対象である監視部に対して交互に入力し、当該監視部が正常に動作していることを確認する。ここで、正常信号とは、当該信号を監視対象信号としたとき、正常に機能している監視ブロックによる診断結果が「正常」となる（正常診断される）信号であり、異常信号とは、当該信号を監視対象信号としたとき、正常に機能している監視ブロックによる診断結果が「異常」となる（異常診断される）信号である。

[0075] 通常の監視状態（定常診断モード）では、図 10 に示すように、スイッチ SW1 をオンして通常の監視対象信号（通常信号）を監視ブロックに入力し、当該通常信号を診断する。

一方、初期診断時には、切換信号によって各スイッチ SW1～SW3 のオンオフを切り換えることで、監視ブロックに初期診断用の信号を入力する。本実施形態では、初期診断用の信号として、正常信号→異常信号→正常信号を順に入力するものとする。正常信号を入力する場合にはスイッチ SW2 をオンし、異常信号を入力する場合にはスイッチ SW3 をオンする。

[0076] 監視ブロックの出力は、正常診断時に“0”、異常診断時に“1”となり、この監視ブロックの出力は AND 回路に入力される。AND 回路は、監視ブロックの出力とフラグマスク Mask との AND をとり、これを監視部の最終的な出力信号として出力する。ここで、フラグマスク Mask は、診断対象とする監視部を選定するためのものであり、定常診断モードでは全ての監視ブロックの Mask は“OFF（1）”となる。そして、初期診断モー

ドでは、診断対象とする監視ブロックのMaskのみが“OFF（1）”となり、それ以外の診断対象としない監視ブロックのMaskは“ON（0）”となる。

[0077] 図11は、初期診断部168が実行する初期診断処理手順を示すフローチャートである。この初期診断処理は、上述したように、電源が投入された直後、ECU15による操舵補助制御に先立って実行される。

先ずステップS1で、初期診断部168は、初期診断対象の監視ブロックのフラグマスクのみ“OFF（1）”し、他の監視ブロックのフラグマスクを“ON（0）”する。このように、対象監視ブロックのフラグマスクのみを“OFF（1）”することで、他の監視部の出力（図10のAND出力）を監視ブロックの出力にかかわらず“0”とする（監視ブロックの監視機能を無効にする）ことができる。なお、フラグマスクを必要とする監視ブロックは、励磁パルス監視部161、励磁信号監視部162、位相監視部163、差動振幅監視部164、及びトルク信号監視部166の監視ブロックとする。

[0078] 次にステップS2で、初期診断部168は、初期診断対象の監視ブロックに初期診断用の正常信号を入力（図10のスイッチSW2をオン）することで初期診断正常状態とし、ステップS3に移行する。

ステップS3では、初期診断部168は、初期診断正常状態が安定するまで待機してから、全監視部の出力を確認し、全出力が“0”であり、異常発生していないことを確認できたか否かを判定する。このとき、異常が発生していることを確認した場合には、その監視部の監視機能に異常があると判断してステップS4に移行し、所定の異常時処理（通信出力回路154による異常の通知など）を行ってから初期診断処理を終了する。

[0079] 一方、前記ステップS3で異常発生していないことが確認できた場合には、ステップS5に移行し、初期診断部168は、初期診断対象の監視ブロックに初期診断用の異常信号を入力（図10のスイッチSW3をオン）することで初期診断異常状態に切り替える。

次にステップS 6では、初期診断部168は、初期診断異常状態が安定するまで待機してから、全監視部の出力を確認し、診断対象の監視部のみの出力が“1”であり、異常発生していることを確認できたか否かを判定する。このとき、異常が発生していることを確認できない場合には、その監視部の監視機能に異常があると判断して前記ステップS 4に移行する。

[0080] 一方、前記ステップS 6で異常発生していることが確認できた場合には、ステップS 7に移行し、初期診断部168は、初期診断対象の監視ブロックに初期診断用の正常信号を入力（図10のスイッチSW2をオン）することで初期診断正常状態に切り替える。

次にステップS 8では、初期診断部168は、初期診断正常状態が安定するまで待機してから、全監視部の出力を確認し、全出力が“0”であり、異常発生していないことを確認できたか否かを判定する。そして、異常が発生していることを確認した場合には、その監視部の監視機能に異常があると判断して前記ステップS 4に移行する。一方、前記ステップS 8で異常発生していないことが確認できた場合には、ステップS 9に移行する。

[0081] ステップS 9では、初期診断部168は、全監視部の初期診断が終了したか否かを判定し、初期診断を実行していない監視部が存在する場合には、初期診断対象を切り替えるべく前記ステップS 1に移行し、全監視部の初期診断が終了している場合にはそのまま初期診断処理を終了する。

[0082] このように、監視部そのものを診断する初期診断機能を備えるため、監視部の監視機能の信頼性を向上させることができる。すなわち、信号処理回路140に異常が発生しているにもかかわらず、監視部で当該異常を検知できなかったり、信号処理回路140が正常であるにもかかわらず、監視部で異常が発生していると誤検知してしまったりするのを防止することができる。したがって、監視部の誤検知に伴う不具合の発生を防止することができる。

[0083] (励磁信号監視部162の初期診断)

次に、励磁信号監視部162の初期診断方法について、詳細に説明する。

図12は、励磁信号監視部162の構成を示す図である。ここでは、図1

0における監視ブロックとAND回路に対応する部分について示している。

励磁信号監視部162は励磁信号の波形を監視するものであり、定常診断モードでは、励磁波形生成部144が出力する励磁信号が、通常信号として入力端子162aに入力される。また、初期診断正常状態では、理想波形を有する励磁信号が、初期診断用の正常信号として入力端子162aに入力される。そして、初期診断異常状態では、上記正常信号とは周波数の異なる励磁信号（例えば、1/2周波数）が、初期診断用の異常信号として入力端子162aに入力される。

[0084] 図13は、初期診断用の信号波形を示す図であり、(a)は正常信号、(b)は異常信号を示している。この励磁信号監視部62では、監視対象信号が閾値V1以上となってから閾値V2以下となるまでの期間T1と、閾値V2以下となってから閾値V1以上となるまでの期間T2とをそれぞれカウントし、これらを正常値と比較することで診断する。ここでは、例えば、閾値V1を4.25V、閾値V2を0.75Vとする。

[0085] すなわち、図13に示すように、入力端子162aに入力された信号は、比較器162b及び162cに入力される。比較器162bは入力信号と閾値V1とを比較し、入力信号が閾値V1以上となるときにHレベルとなる信号を出力する。また、比較器162cは入力信号と閾値V2とを比較し、入力信号が閾値V2以下となるときにHレベルとなる信号を出力する。比較器162b、162cの出力信号は、それぞれカウンタ回路162d、162eに入力される。

[0086] カウンタ回路162dは、比較器162b、162cの出力信号をもとに、入力信号が閾値V1以上となってから閾値V2以下となるまでの期間T1をカウントし、その結果を比較回路162fに出力する。また、カウンタ回路162eは、比較器162b、162cの出力信号をもとに、入力信号が閾値V2以下となってから閾値V1以上となるまでの期間T2をカウントし、その結果を比較回路162gに出力する。

[0087] 比較回路162fは、期間T1と正常値T0とを比較し、カウントした期

間T1が正常値T0とは異なる場合に“1”となる信号を出力する。同様に、比較回路162gは、期間T2と正常値T0とを比較し、カウントした期間T2が正常値T0とは異なる場合に“1”となる信号を出力する。比較回路162f, 162gの出力信号はOR回路162hに入力される。OR回路162hの出力はラッチ回路162iでラッチされ、判定タイミング生成部162jによって指定されたタイミングでAND回路162kに入力される。

[0088] このような構成により、上述した図11の初期診断処理が実行され、励磁信号監視部162のAND回路162kにフラグマスク=OFF(1)が入力されると、先ず入力端子162aから図13(a)に示す正常信号が入力される。このとき、監視ブロックが正常に機能している場合には、閾値V1以上となってから閾値V2以下となるまでの期間T1と、閾値V2以下となってから閾値V1以上となるまでの期間T2とは、それぞれ正常値T0と等しくなる。したがって、ラッチ回路162iの出力は“0”となり、AND回路162kの出力も“0”となる。

[0089] 一方、監視ブロックが正常に機能していない場合には、閾値V1以上となってから閾値V2以下となるまでの期間T1と、閾値V2以下となってから閾値V1以上となるまでの期間T2とは、正常値T0とは異なる。したがって、ラッチ回路162iの出力は“1”となり、AND回路162kの出力も“1”になってしまう。

このように、はじめに初期診断正常状態での診断を行い、正常信号を入力したときに正しく正常診断されるか(AND回路162kの出力が“0”となるか)を確認する。その際、AND回路162kの出力が“0”でない場合には、励磁信号監視部162が正常に機能していないと判断する。

[0090] この正常信号入力時に、AND回路162kの出力が“0”であり、励磁信号監視部162が正常に機能していると判断されると、次に、初期診断異常状態で診断する。この場合には、入力端子162aから図13(b)に示す異常信号が入力される。このとき、監視ブロックが正常に機能している場

合には、閾値V<sub>1</sub>以上となってから閾値V<sub>2</sub>以下となるまでの期間T<sub>1</sub>と、閾値V<sub>2</sub>以下となってから閾値V<sub>1</sub>以上となるまでの期間T<sub>2</sub>とは、それぞれ正常値T<sub>0</sub>とは異なる値となる。したがって、ラッチ回路162iの出力は“1”となり、AND回路162kの出力も“1”となる。

[0091] 一方、監視ブロックが正常に機能していない場合には、閾値V<sub>1</sub>以上となってから閾値V<sub>2</sub>以下となるまでの期間T<sub>1</sub>と、閾値V<sub>2</sub>以下となってから閾値V<sub>1</sub>以上となるまでの期間T<sub>2</sub>とは、正常値と等しくなる場合がある。その場合、ラッチ回路162iの出力は“0”となり、AND回路162kの出力も“0”となってしまう。

このように、初期診断正常状態での診断に続いて初期診断異常状態での診断を行い、異常信号を入力したときに正しく異常診断されるか（AND回路162kの出力が“1”となるか）を確認する。その際、AND回路162kの出力が“1”でない場合に、励磁信号監視部162が正常に機能していないと判断する。

[0092] そして、この異常信号入力時に、AND回路162kの出力が“1”であり、励磁信号監視部162が正常に機能していると判断されると、再度、初期診断正常状態で診断する。すなわち、入力端子162aから再度図13（a）に示す正常信号を入力し、正しく正常診断されるか（AND回路162kの出力が“0”となるか）を確認する。このとき、初期診断用の信号の入力切替が正常に行われており励磁信号監視部162が正常に機能していれば、正しく正常診断されるが、初期診断用の信号の入力切替が正常に行われていないと、励磁信号監視部162が正常に機能していても正常診断されない。したがって、正常信号、異常信号の後に、再度正常信号を入力して初期診断することで、初期診断機能が正常に動作しているかを確認することができる。

[0093] 以上のように、励磁信号監視方法として、監視対象信号の最大値よりも小さい閾値V<sub>1</sub>と、監視対象信号の最小値よりも大きい閾値V<sub>2</sub>（<V<sub>1</sub>）とを用意し、閾値V<sub>1</sub>以上となってから閾値V<sub>2</sub>以下となるまでの期間T<sub>1</sub>と

、閾値V<sub>2</sub>以下となってから閾値V<sub>1</sub>以上となるまでの期間T<sub>2</sub>とが、それぞれ正常値と等しいか否かを判定する方法を用いる。そして、初期診断用の異常信号としては、正常信号とは周波数の異なる信号を用いる。このように、異常信号として正常信号とは周波数の異なる信号を用いることで、異常信号を監視対象信号とした場合の上記期間T<sub>1</sub>及びT<sub>2</sub>を正常値とは異なる値とすることができる。したがって、このような信号を用いることで、励磁信号監視部162が正常に機能しているか否かを適切に判別することができる。

また、初期診断用の異常信号は、励磁パルス生成機能の1/2周波数出力機能を使用して生成することができる。このように、比較的簡易に適切な異常信号を生成することができる。

[0094] (位相監視部163の初期診断)

次に、位相監視部163の初期診断方法について、詳細に説明する。

図14は、位相監視部163の構成を示す図である。ここでは、図10における監視ブロックに対応する部分についてのみ示している。

この位相監視部163では、定常診断モードでは、トルク検出信号と励磁信号との位相のズレを監視する。コイル式のトルクセンサでは特に、コイルセンサ部に異常が発生した場合、トルク検出信号が励磁信号に対して移相する可能性がある。そこで、励磁信号とトルク検出信号との位相がずれ、且つトルク検出信号にある一定以上の振幅が発生しているとき、トルク検出信号に異常が発生していると判断する。

[0095] すなわち、図14に示すように、当該監視ブロックは、3つの比較器163a~163cと、比較器163a~163cの出力が入力されるAND回路163dとを備える。比較器163aは、入力端子163eから入力される励磁信号と閾値V<sub>3</sub>とを比較し、励磁信号が閾値V<sub>3</sub>以上となるときにHレベルとなる信号を出力する。また、比較器163bは、入力端子163eから入力される励磁信号と閾値V<sub>4</sub>とを比較し、励磁信号が閾値V<sub>4</sub>以下となるときにHレベルとなる信号を出力する。

[0096] さらに、比較器 163c は、監視対象信号と閾値  $V_3$  とを比較し、監視対象信号が閾値  $V_3$  以下となるときに Hレベルとなる信号を出力する。定常診断モードでは、監視対象信号としてトルク検出信号を比較器 163c に入力する（スイッチ SW4 をオン）。また、初期診断正常状態では、初期診断用の正常信号が監視対象信号となり、当該正常信号として励磁信号を比較器 163c に入力する（スイッチ SW5 をオン）。そして、初期診断異常状態では、初期診断用の異常信号が監視対象信号となり、当該異常信号として、励磁信号を、移相回路 163f を介して移相させた信号を比較器 163c に入力する（スイッチ SW6 をオン）。移相回路 163f は、励磁信号の位相を 90度ずらす回路であり、例えばオペアンプで構成する。

[0097] なお、閾値  $V_3$  及び  $V_4$  は、それぞれ励磁信号の振幅の最小値から最大値までの間で設定し、 $V_3 < V_4$  とする。ここでは、例えば、閾値  $V_3$  を 1.75V、閾値  $V_4$  を 2.75V とする。

さらに、ここでは、正常信号（励磁信号）と異常信号との位相差を 90度とする場合について説明するが、位相差は 90度以外であってもよい。

[0098] また、AND回路 163d の出力は、Hレベルとなる期間がカウントされ、これが正常値と比較される。そして、Hレベルとなる期間が正常値以上であるとき、トルク検出信号に異常が発生していることを示す“1”となる信号が図 10 の AND回路に相当する回路に入力される。

このような構成により、定常診断モードでは、スイッチ SW4 がオンし、比較器 163c にトルク検出信号が入力される。このとき、トルク検出信号が励磁信号に対して移相していない正常時には、AND回路 163d の出力は“0”となる。以下、この正常時の動作について詳細に説明する。

[0099] 図 15 (a) に示すように、比較器 163a の出力（CP1 出力）は、励磁信号 a が閾値  $V_3$  以上となる期間のみ Hレベルとなる。また、比較器 163b の出力（CP2 出力）は、励磁信号 a が閾値  $V_4$  以下となる期間のみ Hレベルとなる。さらに、比較器 163c の出力（CP3 出力）は、監視対象信号（トルク検出信号 b）が閾値  $V_3$  以下となる期間のみ Hレベルとなる。

そのため、トルク検出信号  $b$  が励磁信号  $a$  に対して移相していない正常時には、図 15 (a) の最下段に示すように、3つの出力  $CP1 \sim CP3$  がすべて Hレベルとなる期間は存在しない。したがって、AND回路 163d の出力は常に“0”となり、トルク検出信号  $b$  が正常であると判断される。

[0100] 一方、トルク検出信号が励磁信号に対して移相している異常発生時には、AND回路 163d の出力が Hレベルとなる期間が存在する。図 15 (b) に示すように、監視対象信号 (トルク検出信号  $b'$ ) が励磁信号  $a$  に対して 90度移相している場合、比較器 163c の出力 ( $CP3$  出力) は正常時とは異なるタイミングで Hレベルとなる。この場合、3つの比較器 163a ~ 163c の出力  $CP1 \sim CP3$  がすべて Hレベルとなる期間が存在し、図 15 (b) の最下段の領域  $\alpha$  に示すように、AND回路 163d の出力が Hレベルとなる期間が発生する。そして、この期間が正常値以上であると、トルク検出信号  $b'$  に異常が発生していると判断される。

[0101] このように、AND回路 163d の出力を監視することで、監視対象信号が励磁信号に対して移相しているか否かを適切に判断することができる。

上述した図 11 の初期診断処理が実行され、位相監視部 163 にフラグマスク = OFF (1) が入力されると、先ず、図 14 のスイッチ SW5 がオンし、比較器 163c に初期診断用の正常信号として励磁信号が入力される。すなわち、励磁信号が監視対象信号となる。当然ながら、監視対象信号と励磁信号とは位相が等しいため、監視ブロックが正常に機能している場合には、AND回路 163d の出力は常に“0”となる。

[0102] 一方、監視ブロックが正常に機能していない場合には、監視対象信号が励磁信号に対して移相していると誤認識してしまい、AND回路 163d の出力に Hレベルとなる期間が存在する。

このように、はじめに初期診断正常状態での診断を行い、正常信号 (励磁信号) を入力したときに正しく正常診断されるか (AND回路 163d の出力が常に“0”となるか) を確認する。その際、AND回路 163d の出力が常に“0”でない場合に、位相監視部 163 が正常に機能していないと判

断する。

[0103] この正常信号入力時に、AND回路163dの出力が常に“0”であり、位相監視部163が正常に機能していると判断されると、次に、初期診断異常状態で診断する。この場合には、図14のスイッチSW6をオンし、比較器163cに初期診断用の異常信号として励磁信号を移相させた信号を入力する。このとき、監視対象信号と励磁信号とは位相が異なるため、監視ブロックが正常に機能している場合には、AND回路163dの出力にHレベルとなる期間が存在する。

[0104] 一方、監視ブロックが正常に機能していない場合には、監視対象信号と励磁信号の位相が等しいと誤認識し、AND回路163dの出力が常に“0”となる場合がある。

このように、初期診断正常状態での診断に続いて初期診断異常状態での診断を行い、異常信号を入力したときに正しく異常診断されるか（AND回路163dの出力がHレベルとなるか）を確認する。その際、AND回路163dの出力が常に“0”である場合に、位相監視部163が正常に機能していないと判断する。

[0105] そして、この異常信号入力時に、AND回路163dの出力にHレベルとなる期間が存在し、位相監視部163が正常に機能していると判断されると、再度、初期診断正常状態で診断する。すなわち、図14のスイッチSW5をオンし、比較器163cに再度初期診断用の正常信号として励磁信号を入力し、正しく正常診断されるか（AND回路163dの出力が常に“0”となるか）を確認する。

[0106] 以上のように、位相監視方法として、励磁信号が閾値V3以上となる期間、励磁信号が閾値V4以下となる期間、監視対象信号が閾値V3以下となる期間にそれぞれ出力がHレベルとなる3つの比較器163a~163cを用意し、3つの比較器163a~163cの出力が全てHレベルとなる期間が正常値以上であるか否かを判定する方法を用いる。そして、初期診断用の異常信号としては、正常信号とは位相の異なる信号を用いる。このように、異

常信号として正常信号とは位相の異なる信号を用いることで、異常信号を監視対象信号とした場合に、3つの比較器163a~163cの出力が全てHレベルとなる期間を発生させることができる。

[0107] このとき、正常信号と異常信号との位相差を例えば90度とすることで、異常信号を監視対象信号とした場合に、3つの比較器163a~163cの出力が全てHレベルとなる期間を確実に正常値以上とすることができる。したがって、このような信号を用いることで、位相監視部163が正常に機能しているか否かを適切に判別することができる。また、正常信号を、移相回路を介して移相させることで異常信号を生成するので、比較的簡易に適切な異常信号を得ることができる。

[0108] (MUX/ADC監視部165の初期診断)

次に、MUX/ADC監視部165の初期診断方法について、詳細に説明する。

図16は、MUX/ADC監視部165の構成を示す図である。ここでは、図10における監視ブロックに対応する部分についてのみ示している。

このMUX/ADC監視部165では、ADC出力値が期待値とは異なる場合に、MUX及びADCに異常が発生していると判断して“1”となる信号を出力する。ここでは、監視対象信号として、通常使用域(0~VCC)における複数の電圧値( $VCC * 1/2$ 、 $VCC * 1/3$ 、 $VCC * 2/3$ 、 $VCC * 3/3$ 、 $VCC * 0/3$ )を用い、これらのADC出力値をそれぞれの期待値と比較する。

[0109] すなわち、図16に示すように、当該監視ブロックは、MUX165aと、ADC165bとを備える。MUX165aには、メインルク値及びサブトルク値の他に、定常診断モードでは $VCC * 1/3$ 、 $VCC * 2/3$ 、 $VCC * 1/2$ 、 $VCC * 3/3$ 、 $VCC * 0/3$ が入力される。そして、MUX165aは、これらの信号をMUX選択信号にしたがって順次選択し、ADC165bに出力する。ADC165bは、MUX165aから入力された信号をAD変換し、入力信号に対応するラッチ回路165cに出力す

る。

[0110] ラッチ回路165cでラッチしたメイントルク値及びサブトルク値は、前述した通信出力回路154に出力する。一方、ラッチ回路165cでラッチした各電圧値のADC出力値は、比較回路165dに出力される。比較回路165dは、各ADC出力値と期待値とを比較し、その結果をOR回路165eに出力する。OR回路165eの出力は、各ADC出力値の少なくとも1つが“1”であるときに“1”となる。OR回路165eの出力はラッチ回路165fでラッチされ、判定タイミング生成部165gによって指定されたタイミングで図10のAND回路に相当する回路に入力される。

[0111] 初期診断正常状態では、初期診断用の正常信号として、MUX165aの各入力端子に定常診断モードと等しい電圧値 ( $VCC * 1 / 3$ 、 $VCC * 2 / 3$ 、 $VCC * 1 / 2$ 、 $VCC * 3 / 3$ 、 $VCC * 0 / 3$ ) を入力し、これらを監視対象信号としてADC出力値を監視する。

一方、初期診断異常状態では、初期診断用の異常信号として、MUX165aの各入力端子から定常診断モードとは異なる電圧値を入力し、これらを監視対象信号としてADC出力値を監視する。

[0112] すなわち、MUX165aの前段には、異常発生回路として、入力信号選択指令に応じてオンオフが切替可能なスイッチSW7～SW11が設けられている。ここで、上記入力信号選択指令は、定常診断モード及び初期診断正常状態では各スイッチの下段をオン、初期診断異常状態では各スイッチの上段をオンするような指令信号である。

[0113] このような構成により、初期診断異常状態では、MUX165aに $VCC * 1 / 3$ と $VCC * 2 / 3$ 、 $VCC * 3 / 3$ と $VCC * 0 / 3$ とが入れ替わって入力されると共に、 $VCC * 1 / 2$ の入力端子からは $VCC * 2 / 3$ が入力されることになる。したがって、この状態でADC出力値を監視すると、比較回路165dの出力値は異常を示す“1”となり、OR回路165eの出力も異常を示す“1”となる。

[0114] トルク出力がゼロのとき（中立時）、トルク出力値は $1 / 2 VCC$ と等し

い。また、MUX165aやADC165bに異常が発生していても、ADC出力値は中立時と同じになる。そのため、MUX165aやADC165bに異常が発生している場合、実際にはトルク出力がなされていても、中立状態であると誤検知されてしまうおそれがある。また、初期診断において、正常信号として $1/2VCC$ のみを使用した場合、MUX165aやADC165bに異常が発生していても、正常であると誤判断されてしまう。

[0115] そこで、本実施形態では、 $1/2VCC$ のみではなく、 $1/3VCC$ や $2/3VCC$ などの通常使用する領域での初期診断を実施する。これにより、MUX/ADC監視部165が正常に機能しているか否かを適切に診断することができる。そのため、実際にはトルク出力がなされているにもかかわらず、中立状態であると誤検知されてしまうのを防止することができる。

[0116] 以上のように、電源が投入された直後、ECU側が制御を開始する前に、信号処理回路140を監視する監視部そのものの初期診断を実施し、全ての監視部が正常に動作することを確認したことをECU側に通知したうえで、トルクセンサ20の機能とECU側の操舵補助制御とを開始する。これにより、監視部の信頼性を高め、監視部による誤検知を抑制することができる。したがって、信頼性の高いトルク検出装置30を用いた操舵補助制御を行うことができ、制御の安定性及び信頼性を向上させることができる。

[0117] また、監視部の初期診断方法として、正常信号と異常信号とを交互に入力し、正常信号入力時に正常診断され、異常信号入力時に異常診断されることを確認する方法を採用するので、当該監視部が正常に動作しているかを適切に確認することができる。さらに、正常信号、異常信号の入力の後に、再度正常信号を入力して初期診断するので、初期診断用の信号の入力切替が正常に行われているか等、初期診断機能が正常に動作しているかをも適切に確認することができる。

[0118] (第3の実施形態)

次に、本発明の第3の実施形態について説明する。

この第3の実施形態は、上述した第1の実施形態において、トルク検出装

置 30 の構成が異なるものである。

図 17 は、トルク検出装置 30 の構成を示すブロック図である。トルク検出装置 30 は、第 1 コイル対 22 A 及び第 2 コイル対 22 B にそれぞれ対応して設けられ、各コイル対の出力信号を信号処理する信号処理回路（信号処理部）59 A 及び 59 B を備える。信号処理回路 59 A 及び 59 B は、コントローラ 15 内に設けられている。

[0119] このトルク検出装置 30 は、第 1 コイル対 22 A 及び信号処理回路 59 A による第 1 トルク検出システムと、第 2 コイル対 22 B 及び信号処理回路 59 B による第 2 トルク検出システムとによって冗長化されている。この図 17 では、図 2 のトルク検出装置 30 と同一構成を有する部分には同一符号を付与し、構成の異なる部分を中心に説明する。

また、トルク検出装置 30 は、励磁信号生成部 60 A 及び 60 B で生成する正弦波の元となるクロック信号を出力するクロック信号発生回路（CLK）62 A 及び 62 B を備えている。このクロック信号発生回路 62 A 及び 62 B で発生するクロック信号が励磁信号生成部 60 A 及び 60 B に供給される。

[0120] ここで、クロック信号発生回路 62 A 及び 62 B としては、例えば CR 発振器のような安価なクロック発振器を適用する。この CR 発振器では、許容周波数範囲（例えば  $\pm 20\%$ ）を超える周波数変動を生じる場合がある。

このため、クロック信号発生回路 62 A 及び 62 B で発生するクロック信号の周波数変動が許容範囲内であるか否かを検出する異常検出部 64 A 及び 64 B が必要となる。

[0121] この異常検出部 64 A 及び 64 B のそれぞれは、図 18 に示すように、励磁信号生成部 60 A 及び 60 B から出力される正弦波信号が供給されるローパスフィルタ（監視用ローパスフィルタ）68 と、このローパスフィルタ 68 から出力されるフィルタ出力 V<sub>F</sub> の振幅変動を検出してクロック信号の周波数変動を検出するクロック周波数変動監視部 69 とを備えている。

[0122] ローパスフィルタ 68 は、抵抗 R1 及びコンデンサ C1 で構成されている

。このローパスフィルタ68のカットオフ周波数 $f_c$ は、例えば6kHz近傍の値に設定され、例えば9kHzの周波数に設定されたクロック信号に基づく正弦波信号を減衰させる。ここで、ローパスフィルタ68のカットオフ周波数 $f_c$ を6kHz近傍の値に設定する理由は、例えば9kHzの励磁信号に対して、±20パーセントの周波数変動幅を監視する場合、1次のローパスフィルタ68のカットオフ周波数 $f_c$ と9kHz時のピーク値との差電圧との関係は、図19に示すようになり、9kHzの−20%である7.2kHzから9kHzまでの範囲では、特性曲線L1で示すように5895Hzで差電圧がピークとなる。一方、9kHzから9kHzの+20%である10.8kHzまでの範囲では特性曲線L2で示すように6631Hzで差電圧がピークとなる。このため、±20%の周波数変動幅を監視する場合のローパスフィルタ68のカットオフ周波数 $f_c$ としては特性曲線L1及びL2のピークの略中間である6kHzを選択することにより、周波数変動を振幅変動に効率よく置き換えることができる。

[0123] このように、ローパスフィルタ68で高周波数の正弦波でなる励磁信号を減衰させることにより、図20(a)～(d)に示すように、ローパスフィルタ68のフィルタ出力 $V_F$ は、クロック信号の周波数変動が振幅変動として現れる。すなわち、クロック信号の周波数変動が±20%以内が許容範囲であるものと設定すると、クロック信号の周波数変動が±20%以内であるときには、図20(b)に示すように、フィルタ出力 $V_F$ の上側半波におけるピーク値が上限電圧設定値 $V_H$ (例えば3.87V)及び下限電圧設定値 $V_L$ (例えば3.55V)の範囲内に収まる。これに対して、クロック信号の周波数が基準周波数 $f_b$ に対して20%以上低い場合( $f_b - f_b \times 20\%$ )には、図20(c)に示すようにフィルタ出力 $V_F$ のピーク値が上限電圧設定値 $V_H$ を上回る上限異常となる。逆に、クロック信号の周波数が基準周波数 $f_b$ に対して20%以上高い場合( $f_b + f_b \times 20\%$ )には、図20(d)に示すようにフィルタ出力 $V_F$ のピーク値が下限電圧設定値 $V_L$ を下回る下限異常となる。

[0124] したがって、クロック周波数変動監視部 69 で、ローパスフィルタ 68 のフィルタ出力  $V_F$  のピーク電圧が上限電圧設定値  $V_H$  及び下限電圧設定値  $V_L$  の正常範囲内であるか否かを判定することにより、クロック信号の周波数変動が許容範囲内であるか否かを正確に検出することができる。

このため、クロック周波数変動監視部 69 は、図 18 に示すように、ウインドコンパレータ 69 a と、このウインドコンパレータ 69 a の出力側に接続されたロジック回路 69 b とで構成されている。

[0125] ウインドコンパレータ 69 a は、直流電源を分圧する分圧回路  $V_D$  と、2 つのコンパレータ  $CP_1$  及び  $CP_2$  とを有する。分圧回路  $V_D$  は、直流電源端子  $V_{DD}$  と接地との間に直列に接続された 3 つの抵抗  $R_1$ 、 $R_2$  及び  $R_3$  を有する。抵抗  $R_1$  及び  $R_2$  の接続点から前述した上限電圧設定値  $V_H$  が得られ、抵抗  $R_2$  及び  $R_3$  の接続点から前述した下限電圧設定値  $V_L$  が得られる。

[0126] コンパレータ  $CP_1$  は、非反転入力側にローパスフィルタ 68 のフィルタ出力  $V_F$  が入力され、反転入力側に分圧回路  $V_D$  から出力される上限電圧設定値  $V_H$  が入力されている。また、コンパレータ  $CP_2$  は、反転入力側にローパスフィルタ 68 のフィルタ出力  $V_F$  が入力され、非反転入力側に分圧回路  $V_D$  から出力される下限電圧設定値  $V_L$  が入力されている。

[0127] このため、ウインドコンパレータ 69 a からフィルタ出力  $V_F$  の上側半波のピーク値が上限電圧設定値  $V_H$  及び下限電圧設定値  $V_L$  間の正常電圧範囲内に入っているときには、図 20 (b) に示すように、コンパレータ  $CP_1$  の出力信号  $S_{cp1}$  が、フィルタ出力  $V_F$  が下限電圧設定値  $V_L$  を超えている間ローレベルとなり、コンパレータ  $CP_2$  の出力信号  $S_{cp2}$  が、上限電圧設定値  $V_H$  未満であるのでハイレベルとなる。

[0128] また、フィルタ出力  $V_F$  の上側半波のピーク値が上限電圧設定値  $V_H$  を超えている場合には、図 20 (c) に示すように、コンパレータ  $CP_1$  の出力信号  $S_{cp1}$  はフィルタ出力  $V_F$  が上限電圧設定値  $V_H$  を超えている間ハイレベルとなり、コンパレータ  $CP_2$  の出力信号  $S_{cp2}$  もフィルタ出力  $V_F$

が下限電圧設定値 $V_L$ を超えている間ハイレベルとなる。

[0129] さらに、フィルタ出力 $V_F$ の上側半波のピーク値が上限電圧設定値 $V_H$ を下回っている場合には、図20(d)に示すように、コンパレータ $CP_1$ の出力信号 $Scp_1$ 及びコンパレータ $CP_2$ の出力信号 $Scp_2$ がともにローレベルを維持する。

このように、クロック信号の周波数成分が正常範囲内にあるときは、コンパレータ $CP_1$ の出力信号 $Scp_1$ がローレベル、コンパレータ $CP_2$ の出力信号 $Scp_2$ がハイレベルとなる。

[0130] そして、ロジック回路69bは、コンパレータ $CP_1$ の出力信号 $Scp_1$ が2つの入力側に入力されるナンドゲート $NG_1$ と、ナンドゲート $NG_1$ の出力信号及びコンパレータ $CP_2$ の出力信号 $Scp_2$ が2つの入力側に入力されるナンドゲート $NG_2$ とで構成されている。

したがって、ロジック回路69bでは、クロック信号の周波数成分が正常範囲内であるときにはナンドゲート $NG_2$ からローレベルの検出信号を出力し、クロック信号の周波数成分が正常範囲を下回るか上回る周波数変動が大きい異常状態となったときに、ナンドゲート $NG_2$ からハイレベルの検出信号を出力する。

[0131] この異常検出部64A及び64Bでは、上述したように、ローパスフィルタ68及びウインドコンパレータ69aを有するクロック周波数変動監視部69とを備えている。そして、クロック周波数変動監視部69で、クロック信号の周波数変動をローパスフィルタ68のフィルタ出力 $V_F$ の振幅変動として検出する。クロック周波数が正常であるときには、クロック周波数変動監視部69から出力される出力信号がローレベルとなる。そして、クロック周波数が正常範囲を逸脱すると、クロック周波数変動監視部69から出力される出力信号がハイレベルとなる。

[0132] 一般に、クロック周波数の精度を監視するためには、監視用のクロック信号発生回路を別に設け、両者の差からクロック周波数の正しさを監視する手法が用いられる。ところが、この手法を用いた場合、クロック信号発生回路

62A及び62Bのクロック周波数の精度を監視するために、精度の高いクロックを監視用のクロックとして用意しなければならない、コストが嵩むとともに、高精度のクロック信号発生回路に異常が生じた場合に、この高精度のクロック信号発生回路の異常を検出することができない。

[0133] これに対して、本実施形態では、クロック信号発生回路62A及び62Bとして安価なCR発振器を適用することができ、この場合のクロック周波数の監視をローパスフィルタ68とウインドコンパレータ69aで構成されているクロック周波数変動監視部69とで行うことが可能である。そのため、監視用として高価なクロック信号発生回路を別に設ける必要がなくなり、その分のコストを削減することができる。

[0134] なお、上記第3の実施形態においては、ローパスフィルタ68として抵抗RO及びコンデンサCOによる一次のフィルタ構成を有する場合について説明したが、これに限定されるものではなく、二次以上のフィルタ次数を有するフィルタ構成とすることにより、図20(a)に示す減衰特性をさらに急峻な減衰特性とすることができ、周波数変動によるフィルタ出力VFの振幅変動幅やローパスフィルタを構成する素子精度の設計値の自由度をさらに向上させることができる。

[0135] (第4の実施形態)

次に、本発明の第4の実施形態について説明する。

この第4の実施形態は、上述した第3の実施形態において、クロック周波数変動監視部69が正常に動作しているか否かを診断するようにしたものである。

すなわち、第4の実施形態では、図21に示すように、異常検出部64A及び64Bにクロック周波数変動監視部69が正常に動作しているか否かを診断するための初期診断機能を有する監視部診断部71A及び71Bが設けられている。

[0136] この初期診断は、コントローラ15に電源が投入された直後（又はイグニッションスイッチ18をオンした直後）、コントローラ15側が操舵補助制

御を開始する前に作動する。なお、初期診断中は、初期診断中フラグを立てるなどにより、コントローラ15がトルクセンサ信号を使用できないようにする（操舵補助制御を実施できないようにする）。

[0137] 監視部診断部71A（又は71B）は、図21に示すように、クロック信号発生回路62A（又は62B）と励磁信号生成部60A（又は60B）との間にクロック周波数選択回路72A（又は72B）を有する。このクロック周波数選択回路72A（又は72B）は、並列接続されて一端がクロック信号発生回路62A（又は62B）に接続された3つのスイッチSWa、SWb及びSWcと、これらスイッチSWa、SWb及びSWcの他端に個別に接続された分周回路73a、73b及び73cとを備えている。そして、分周回路73a、73b及び73cから出力されるクロック信号が励磁信号生成部60A（又は60B）に入力されている。

[0138] ここで、分周回路73aは、通常時に使用する前述した9kHzの基準周波数fbの通常クロック信号CPuを形成する。また、分周回路73bは、通常クロック信号CPuより低い許容下限範囲（-20%）より低い周波数に設定された異常低周波数クロック信号CPaLを形成する。さらに、分周回路73cは、通常クロック信号CPuより周波数が許容上限範囲（+20%）より高い周波数に設定された異常高周波数クロック信号CPaHを形成する。

[0139] また、監視部診断部71A（又は71B）は、クロック周波数変動監視部69のウィンドコンパレータ69aのコンパレータCP1及びCP2を含んでいる。ここで、コンパレータCP1には、前述した異常低周波数クロック信号CPaLを励磁信号生成部60A、60Bで正弦波に変換した後に、ローパスフィルタ68から出力されるフィルタ出力VFの上側半波のピーク値（上限電圧設定値VHよりは低い）よりは低く下限電圧設定値VLよりは高い図20（b）に示す所定の高設定電圧V1が入力されている。また、コンパレータCP2には、前述した異常高周波数クロック信号CPaHを励磁信号生成部60A、60Bで正弦波に変換した後に、ローパスフィルタ68か

ら出力されるフィルタ出力V Fの下側半波のピーク値よりは高い図20 (b) に示す所定の低設定電圧V 2が入力されている。

[0140] そして、コンパレータC P 1の比較出力は、励磁信号の振幅の上側に基づいて診断する上側半波診断部7 4 Uに入力され、コンパレータC P 2の比較出力は、励磁信号の振幅の下側に基づいて診断する下側半波診断部7 4 Lに入力されている。

上側半波診断部7 4 Uは、コンパレータC P 1の比較出力が入力されてそのハイレベルの期間クロック信号をカウントするカウンタ7 5 Uを有する。このカウンタ7 5 Uのカウント値C Uが前述した異常低高周波数クロック信号C P a Lを励磁信号生成部6 0 A (又は6 0 B) で正弦波に変換した後に、ローパスフィルタ6 8から出力されるフィルタ出力V Fの上側半波が所定の高設定電圧V 1以上となっている期間に対応するカウント値C Uとなる異常クロック期間T 1が入力されたコンパレータC P U 1及びC P U 2に入力されている。

[0141] ここで、コンパレータC P U 1では、異常クロック期間T 1がカウント値C Uより大きいときにハイレベルの比較信号を出力する。コンパレータC P U 2では、正常クロック期間T 1がカウント値C Uより小さいときにハイレベルの比較信号を出力する。

コンパレータC P U 1及びC P U 2から出力される比較信号はラッチ回路7 7 Uに供給され、このラッチ回路7 7 Uで、比較信号が判定タイミング生成回路7 8 Uから供給されるタイミング信号に基づいてラッチされる。

[0142] このラッチ回路7 7 Uでラッチされたラッチ信号は初期診断時にのみハイレベルとなるマスク信号が入力されたアンドゲート7 9 Uに供給され、このアンドゲート7 9 Uの出力がローレベルであるときに正常フラグF n 1が異常を表す“0”にリセットされ、アンドゲート7 9 Uの出力がハイレベルであるときに正常フラグF n 1が正常を表す“1”にセットされる。

[0143] 下側半波診断部7 4 Lは、コンパレータC P 2の比較出力が入力されてそのハイレベルの期間クロック信号をカウントするカウンタ7 5 Lを有する。

このカウンタ 75 L のカウント値 CL が前述した異常高周波数クロック信号 CP a H を励磁信号生成部 60 A (又は 60 B) で正弦波に変換した後に、ローパスフィルタ 68 から出力されるフィルタ出力 VF の下側半波が所定の低設定電圧 V2 以下となっている期間に対応するカウント値 CL となる異常クロック期間 T2 が入力されたコンパレータ CPL 1 及び CPL 2 に入力されている。

[0144] ここで、コンパレータ CPL 1 では、異常クロック期間 T2 がカウント値 CL より大きいときにハイレベルの比較信号を出力する。コンパレータ CPL 2 では、異常クロック期間 T2 がカウント値 CL より小さいときにハイレベルの比較信号を出力する。

コンパレータ CPL 1 及び CPL 2 から出力される比較信号はラッチ回路 77 L に供給され、このラッチ回路 77 L で、比較信号が判定タイミング生成回路 78 L から供給されるタイミング信号に基づいてラッチされる。

[0145] このラッチ回路 77 L でラッチされたラッチ信号は初期診断時にのみハイレベルとなるマスク信号が入力されたアンドゲート 79 L に供給され、このアンドゲート 79 L の出力がローレベルであるときに正常フラグ Fn 2 が異常を表す “0” にリセットされ、アンドゲート 79 L の出力がハイレベルであるときに正常フラグ Fn 2 が正常を表す “1” にセットされる。

[0146] 通常の監視状態 (定常診断モード) では、図 21 に示すように、スイッチ SW a をオンして通常クロック信号を励磁信号生成部 60 A (又は 60 B) に入力して、クロック信号の周波数変動を監視する。

一方、初期診断時には、切換信号によって各スイッチ SW a ~ SW c のオンオフを切り換えることで、監視部診断部 71 A (又は 71 B) に初期診断用の信号を入力する。本実施形態では、初期診断用の信号として、正常信号 → 異常信号 → 正常信号を順に入力するものとする。正常信号を入力する場合にはスイッチ SW a をオンし、異常信号を入力する場合にはスイッチ SW b とスイッチ SW c とを順にオンする。

[0147] 図 22 は、監視部診断部 71 A 及び 71 B が実行する初期診断処理手順を

示すフローチャートである。この初期診断処理は、上述したように、電源が投入された直後、ECU 15による操舵補助制御に先立って実行される。

先ずステップS 11で、監視部診断部71A及び71Bは、フラグマスクを“OFF（ハイレベル）”とする。

[0148] 次にステップS 12で、監視部診断部71A及び71Bは、クロック信号選択部72A及び72Bで通常クロック信号CPUを選択（図21のスイッチSWaをオン）することで初期診断正常状態とし、ステップS 13に移行する。

ステップS 13では、監視部診断部71A及び71Bは、初期診断正常状態が安定するまで待機してから、正常フラグFn1及びFn1が共に“1”にセットされている正常状態であるか否かを判定する。

[0149] このとき、低周波数異常（又は高周波数異常）が発生しているときには、上側半波診断部74U（又は下側半波診断部74L）でカウンタ75U（又は75L）のカウント値CU（又はCL）とコンパレータCPU1及びCPU2（又はCPL1及びCPL2）に供給された異常クロック期間T1（又はT2）とが等しくなる。このため、コンパレータCPU1及びCPU2（又はCPL1及びCPL2）の比較出力がローレベルとなる。したがって、このローレベルの比較出力が判定タイミング生成回路78U（又は78L）からのタイミング信号によって、ラッチ回路77U（又は77L）にラッチされる。この結果、アンドゲート79U（又は79L）の出力がローレベルとなって正常フラグFn1（又はFn2）が異常を表す“0”にリセットされる。

[0150] 逆に、下側半波診断部74L（又は74U）では、カウンタ75L（又は75U）のカウント値CL（又はCU）がコンパレータCPL1及びCPL2（又はCPU1及びCPU2）に供給された異常クロック期間T2（又はT1）より大きな値（又は小さな値）となる。このため、コンパレータCPU1（又はCPL2）の比較出力がハイレベルとなる。したがって、このハイレベルの比較出力が判定タイミング生成回路78L（又は78U）からの

タイミング信号によって、ラッチ回路77L（又は77U）にラッチされる。この結果、アンドゲート79L（又は79U）の出力がハイレベルとなって正常フラグFn1（又はFn2）が正常を表す“1”にセットされる。

[0151] このため、正常フラグFn1（又はFn2）が“0”にリセットされ、正常フラグFn2（又はFn1）が“1”にセットされるので、クロック周波数変動監視部69の監視機能に高周波数異常（又は低周波数異常）があると判断してステップS14に移行し、所定の異常時処理（通信出力回路による異常の通知など）を行ってから初期診断処理を終了する。

[0152] 一方、上側半波診断部74U及び下側半波診断部74Lの正常フラグFn1及びFn2が共に“1”にセットされることにより、前記ステップS13で異常が発生していないことが確認できた場合には、ステップS15に移行し、監視部診断部71A及び71Bは、クロック信号選択回路72A及び72Bで初期診断用の異常低周波数クロック信号CPaLを選択（図21のスイッチSWbをオン）することで初期診断低周波数異常状態に切り替える。

[0153] 次にステップS16では、監視部診断部71A及び71Bは、初期診断低周波数異常状態が安定するまで待機してから、下側半波診断部74Hの正常フラグFn1を読み込み、この正常フラグFn1が“0”にリセットされていて、異常が発生していることを確認できたか否かを判定する。このとき、正常フラグFn1が“1”にセットされていて異常が発生していることを確認できない場合には、クロック周波数変動監視部69の監視機能に異常があると判断して前記ステップS14に移行する。

[0154] 一方、前記ステップS16で正常フラグFn1が“0”にリセットされていて、異常が発生していることが確認できた場合には、ステップS17に移行する。このステップS17では、監視部診断部71A及び71Bは、クロック信号選択回路72A及び72Bで初期診断用の異常高周波数クロック信号CPaHを選択（図21のスイッチSWcをオン）することで初期診断高周波数異常状態に切り替える。

[0155] 次にステップS18では、監視部診断部71A及び71Bは、初期診断高

周波数異常状態が安定するまで待機してから、上側半波診断部 74L の正常フラグ F<sub>n2</sub> を読み込み、この正常フラグ F<sub>QN2</sub> が “0” にリセットされていて、異常が発生していることを確認できたか否かを判定する。このとき、正常フラグ F<sub>n2</sub> が “1” にリセットされていて異常が発生していることを確認できない場合には、クロック周波数変動監視部 69 の監視機能に異常があると判断して前記ステップ S14 に移行する。

[0156] 一方、前記ステップ S18 で正常フラグ F<sub>n2</sub> が “0” にセットされていて、異常が発生していることが確認できた場合には、ステップ S19 に移行し、監視部診断部 71A 及び 71B は、クロック信号選択回路 72A 及び 72B で、通常クロック信号 CPU を選択（図 21 のスイッチ SWa をオン）することで初期診断正常状態に切り替える。

[0157] 次にステップ S20 では、監視部診断部 71A 及び 71B は、初期診断正常状態が安定するまで待機してから、前記ステップ S13 と同様に正常フラグ F<sub>n1</sub> 及び F<sub>n2</sub> が共に “1” にセットされており、異常が発生していないことを確認できたか否かを判定する。そして、正常フラグ F<sub>n1</sub>（又は F<sub>n2</sub>）が “0” にリセットされており、異常が発生していることを確認した場合には、クロック周波数変動監視部 69 の監視機能に異常があると判断して前記ステップ S14 に移行する。

[0158] 一方、前記ステップ S20 で正常フラグ F<sub>n1</sub> 及び F<sub>n2</sub> が共に “1” にセットされていて、異常が発生していないことが確認できた場合には、ステップ S21 に移行する。

ステップ S21 では、監視部診断部 71A 及び 71B は、全ての初期診断が終了したか否かを判定し、全ての初期診断が終了していない場合には、前記ステップ S11 に戻り、初期診断が終了している場合にはそのまま初期診断処理を終了する。

このように、クロック周波数変動監視部 69 そのものを診断する初期診断機能を備えているため、クロック周波数変動監視部 69 の監視機能の信頼性を向上させることができる。

[0159] また、初期診断正常状態での診断に続いて初期診断異常状態での診断を行い、異常クロック信号CPaL（又はCPaH）を入力したときに正しく異常診断されるか（アンドゲート79U（又は79L）の出力がローレベルとなるか）を確認する。その際、アンドゲート79U（又は79L）の出力がローレベルではなくハイレベルである場合に、クロック周波数変動監視部69が正常に機能していないと判断する。

[0160] そして、この異常クロック信号CPaL（又はCPaH）の入力時に、アンドゲート79U（又は79L）の出力がローレベルであり、クロック周波数変動監視部69が正常に機能していると判断されると、再度、初期診断正常状態で診断する。すなわち、クロック周波数選択回路72A及び72Bから再度通常クロック信号CPuを入力し、正しく正常診断されるか（アンドゲート79U及び79Lの出力がハイレベルとなるか）を確認する。このとき、初期診断用の信号の入力切替えが正常に行われておりクロック周波数変動監視部69が正常に機能していれば、正しく正常診断されるが、初期診断用の信号の選択が正常に行われていないと、クロック周波数変動監視部69が正常に機能していても正常診断されない。この場合には、通常クロック信号CPu、異常クロック信号CPaL及びCPaHの後に、再度通常クロック信号CPuを入力して初期診断することで、初期診断機能が正常に動作しているかを確認することができる。

[0161] 以上のように、クロック周波数変動監視部69の診断方法として、入力されるフィルタ出力VFの上側半波の正常範囲のピーク値よりも高目の設定電圧V1と、入力されるフィルタ出力VFの下側半波の異常時のピーク値よりも高い設定電圧V2とを用意するとともに、通常クロック信号CPu及び異常クロック信号CPaL、CPaHを用意する。

[0162] そして、通常クロック信号CPuを選択したときに、設定電圧V1以上となる期間が予め設定した異常クロック期間T1と一致せず、設定電圧V2以下となる期間が予め設定した異常クロック期間T2とも一致しない場合には、クロック周波数変動監視部69が正常であると判断する。また、異常低周

波数クロック信号C P a Lを選択したときには、設定電圧V 1以上となる期間が予め設定した異常クロック期間T 1と一致しない場合にはクロック周波数変動監視部6 9が正常であると判断する。また、異常高周波数クロック信号C P a Hを選択したときには、設定電圧V 2以下となる期間が予め設定した異常クロック期間T 2と一致しない場合にはクロック周波数監視部6 5が正常であると判断する。

[0163] この診断方法を適用することにより、クロック周波数変動監視部6 9が正常に機能しているか否かを適切に判別することができる。また、クロック周波数変動監視部6 9が異常であるときに、許容範囲を正側に超える高周波数異常であるか許容範囲を負側に超える低周波数異常であるかを適切に判別することができる。

[0164] (変形例)

なお、上記第4の実施形態においては、コンパレータC P U 1, C P U 2に互いに等しい正常クロック周期T 1を入力する場合について説明したが、これに限定されるものではなく、コンパレータC P U 1に入力する正常クロック周期を $T 1 + \alpha$  ( $\alpha$ は不感帯幅を決定する所定値)とし、コンパレータC P U 2に入力する正常クロック周期を $T 1 - \alpha$ として正常クロック周期に $\pm \alpha$ の不感帯を設けるようにしてもよい。同様に、コンパレータC P L 1, C P L 2についてもコンパレータC P L 1に異常クロック周期を $T 2 + \beta$  ( $\beta$ は不感帯幅を決定する所定値)とし、コンパレータC P L 2に入力する異常クロック周期を $T 2 - \beta$ として異常クロック周期に $\pm \beta$ の不感帯を設けるようにしてもよい。

[0165] また、上記第4の実施形態において、監視部診断部7 1 A及び7 1 Bで診断する場合に、異常低周波数クロック信号C P a L及び異常高周波数クロック信号C P a Hの2つの異常クロック信号を適用した場合について説明したが、これに限定されるものではなく、異常低周波数クロック信号C P a L及び異常高周波数クロック信号C P a Hの一方を省略するようにして、単に監視部診断部7 1 A及び7 1 Bが正常であるか異常であるかを判定するように

してもよい。

[0166] (第5の実施形態)

次に、本発明の第5の実施形態について説明する。

この第5の実施形態は、上述した第1の実施形態において、トルク検出装置30の構成が異なるものである。

図23は、トルク検出装置30の構成を示すブロック図である。ここでは、説明を簡略化するために、第1トルク検出システムと第2トルク検出システムとのうち、一方のトルク検出システムのみを示す。

トルク検出装置30は、コイル対22の出力信号を信号処理する信号処理回路59を備える。信号処理回路59は、コントローラ15内に設けられている。ここで、コイル対22の出力信号は、コイル対22を構成するコイル22a、22bの端子電圧である。

[0167] 信号処理回路59は、差動アンプ51、整流・平滑回路52、ローパスフィルタ53、ノイズ除去フィルタ54、AD変換部（AD変換器）55、補正值記憶部（記憶部）58、トルク演算部56及び電動機制御部57を有する。なお、ローパスフィルタ53は、整流・平滑回路52に組み込んでもよい。ここで、AD変換部55及び補正值記憶部58以外は、図2の信号処理回路59A、59Bと同一構成を有するため、説明を省略し、構成の異なる部分を中心に説明する。

[0168] AD変換部55は、ノイズ除去フィルタ54から出力されたアナログ信号をデジタル信号に変換し、その結果を後述するトルク演算部56に出力する。また、補正值記憶部58は、予めオフセット補正值及び傾き量補正值を記憶している。

ここで、オフセット補正值及び傾き量補正值は、アナログトルク信号をAD変換によりデジタル値に変換して得られるデジタルトルク波形を、所定のトルク波形に一致させるためのオフセット量及び傾き量である。

[0169] すなわち、図24(a)の実線cに示す補正前のデジタルトルク波形に対して、プラス側のオフセット量を与えると、補正後のデジタルトルク波形は

図 2 4 ( a ) の破線 c 1 に示すようになる。同様に、図 2 4 ( a ) の実線 c に示す補正前のデジタルトルク波形に対して、マイナス側のオフセット量を与えると、補正後のデジタルトルク波形は図 2 4 ( a ) の一点鎖線 c 2 に示すようになる。

[0170] また、図 2 4 ( b ) の実線 b に示す補正前のデジタルトルク波形に対して、プラス側の傾き量を与えると、補正後のデジタルトルク波形は図 2 4 ( b ) の破線 b 1 に示すようになる。同様に、図 2 4 ( b ) の実線 b に示す補正前のデジタルトルク波形に対して、マイナス側の傾き量を与えると、補正後のデジタルトルク波形は図 2 4 ( b ) の一点鎖線 b 2 に示すようになる。

[0171] なお、図 2 4 は、0 ~ 5 V 系で中点出力電圧が 2. 5 V の場合について示している。

本実施形態では、トルク検出装置 3 0 のトルク特性を均一に保つために、ノイズ除去フィルタ 5 4 から出力されるアナログトルク信号を A D 変換部 5 5 によってデジタルトルク信号に変換し、変換後のデジタルトルク信号のゲインとオフセットとをトルク演算部 5 6 で調整する。

[0172] 図 2 4 の縦軸 ( ) 内数値は、A D 変換部 5 5 によって変換された場合の変換値を 1 2 b i t で示したものである。

すなわち、予め生産工程等において、アナログトルク信号を A D 変換器によりデジタル値に変換してデジタルトルク波形を求め、この補正前のデジタルトルク波形から、所望のトルク波形に対するオフセット量と傾き量 (ゲイン) とを求める。次に、これらを補正するためのオフセット量補正值及び傾き量補正值を求め、補正值記憶部 5 8 に記憶しておく。

[0173] そして、トルク演算部 5 6 では、A D 変換部 5 5 の出力信号である A D 出力値を、補正值記憶部 5 8 に記憶されたオフセット量補正值及び傾き量補正值を用いて補正する。補正後の A D 出力値は、トルク検出信号として電動機制御部 5 7 に出力する。

図 2 5 は、トルク演算部 5 6 の構成を示すブロック図である。

この図 2 5 に示すように、トルク演算部 5 6 は演算器 (第 1 の補正演算部

) 56aを備える。演算器56aには、AD変換部55から出力されたAD出力値(AD値)と、補正值記憶部58に記憶された傾き量補正值(ゲイン設定値)及びオフセット量補正值(オフセット設定値)とが入力される。

[0174] そして、演算器56aで、補正前のAD値をゲイン設定値及びオフセット設定値で補正する補正演算を行う。具体的には、(補正前のAD値)×(ゲイン設定値)+(オフセット設定値)を補正後のAD出力値とする。このように、AD出力値のゲイン及びオフセット量を、予め記憶したゲイン設定値及びオフセット設定値で補正する補正演算ロジックを設けるので、トリマ調整することなくトルク特性を均一に保つことができる。

[0175] また、ここでは、より信頼性の高いシステムとするために、補正演算ロジックを2重で構成して逐次同じ演算を実施し、両者の演算結果を比較することで当該補正演算ロジックの異常を定常的に監視する監視機能(演算ロジック監視部)を設ける。そして、両者の演算結果が等しい(若しくは、両者の演算結果の差が所定範囲内である)場合には、補正演算ロジックが正常であると判断する。

[0176] すなわち、トルク演算部56は、演算器56aと同一演算処理を行う演算器(第2の補正演算部)56bを備える。演算器56bには、マルチプレクサ(MUX)56cの出力が補正前のAD値として入力される。MUX56cには、通常時は“1”となる選択信号(InItCalibSel)が入力されて、AD変換部55から出力されたAD出力値がそのまま補正前のAD値として入力される。

[0177] 演算器56aの演算結果と演算器56bの演算結果とは、比較器56dで比較され、その結果がラッチ回路56eでラッチされる。比較器56dからは、両者が等しい場合には“0”、異なる場合には“1”となる信号が出力される。ラッチ回路56eでラッチされた信号は、異常検知フラグ(CalibNGFlg)として所定のタイミングで出力される。

[0178] この異常検知フラグが“0”である場合には、補正演算ロジックが正常であるため、演算器56aで演算した補正後のAD出力値を採用するものとし

て、これを電動機制御部 57 に出力する。このようにして、トルク検出機能が継続される。一方、異常検知フラグが“1”である場合には、トルク検出機能を停止するなどの異常時処理を行う。これにより、トルク演算部 56 から信頼性の低いトルク検出信号が出力されるのを防止することができる。

[0179] さらに、トルク演算部 56 は、補正演算ロジックの監視機能そのものが正常に機能しているか否かを事前に確認する初期診断機能（初期診断部）を設ける。ここでは、演算器 56 a と演算器 56 b とで異なる信号を入力し、両者の比較結果が異なることを確認することで、補正演算ロジックの監視機能が正常に機能していると判断する。

具体的には、初期診断時には、MUX 56 c に“0”となる選択信号（InItCalibSel）が入力されて、AD変換部 55 から出力された AD 出力値の反転信号が補正前の AD 値として演算部 56 b に入力される。一方、演算部 56 a には、AD変換部 55 から出力された AD 出力値をそのまま入力する。

[0180] そして、このときの演算器 56 a の演算結果と演算器 56 b の演算結果とを比較器 56 d で比較した結果、“1”となる異常検知フラグ（CalibNGFlg）が出力されることを確認することで、補正演算ロジックの機能が正常に動作していることを確認する。この初期診断は、例えば、電源が投入された直後（又はイグニッションスイッチ 18 をオンした直後）、コントローラ 15 側が操舵補助制御を開始する前に作動する。

[0181] なお、ここでは、初期診断に際し、演算器 56 b に異常信号（演算器 57 a の入力信号の反転信号）を入力する場合について説明したが、演算器 56 b に上記異常信号と正常信号（演算器 57 a の入力信号）とを交互に入力するようにしてもよい。更には、正常信号、異常信号の後に、再度正常信号を入力するようにしてもよい。この場合、正常信号入力時に“0”となる異常検知フラグ（CalibNGFlg）が出力され、異常信号入力時に“1”となる異常検知フラグ（CalibNGFlg）が出力されることを確認することで、補正演算ロジックの機能が正常に動作していることを確認する。

[0182] 図 23 に戻って、電動機制御部 57 は、トルク演算部 56 の演算結果に基

づいて、運転者による操舵トルクを軽減する操舵補助トルクを発生できる駆動電流  $I_c$  を電動モータ 1 2 に供給する。

ところで、コイル式トルクセンサのトルク特性を均一に保つ手法としては、アナログ信号のゲイン調整及びオフセット調整を、トリマを用いて行う手法が一般的である。しかしながら、この場合、トリマ設置に伴い部品点数が増加すると共に、生産工程におけるトリマ調整に熟練した作業を要する。また、その温度特性は一般的に大きいため、信号処理回路の温度特性を大きく支配してしまう。

[0183] これに対して、本実施形態では、上述したように、トリマを用いることなくトルク特性を均一化することができる。そのため、トリマ廃止に伴う部品点数及びコストの削減と、信号処理回路の温度特性の向上化とを図ることができる。

また、ゲイン設定値及びオフセット設定値を予め記憶する記憶部を備えるので、簡易な演算でデジタルトルク信号のゲインとオフセット量とを調整することができる、適切なトルク特性を得ることができる。

[0184] さらに、演算ロジックを2重で構成し、両者の比較によって常時演算ロジックの異常を監視する監視機能を備える。これにより、演算ロジックに異常が発生している場合にはトルク検出機能を停止するなどの処置を行うことができる。したがって、信頼性のあるトルク検出信号のみを出力することができる。また、2つの演算ロジックに同一信号を入力し、両者の演算結果が等しいか否かを確認するので、比較的簡易な手法で、演算ロジックが正常に機能していることを適切に確認することができる。

[0185] また、事前に上記監視機能そのものが正常に機能しているか否かを判断する初期診断機能を備える。このとき、2重で構成した演算ロジックにそれぞれ異なる信号を入力したときの両者の比較結果が異なる場合に、監視機能が正常に機能していると判断する。このように、監視機能が正常に機能していることを適切に確認することができるので、より信頼性の高いトルク検出信号とすることができる。

さらにまた、初期診断に際し、一方の演算ロジックには他方の演算ロジックに入力する信号の反転信号を入力する。したがって、比較的容易に異常信号を生成することができ、簡易な構成で初期診断を実施することができる。

[0186] (第6の実施形態)

次に、本発明の第6の実施形態について説明する。

この第6の実施形態は、上述した第1の実施形態において、トルク検出装置30の構成が異なると共に、ECUへ診断情報を出力する機能を設けたものである。

図26は、トルク検出装置30の構成を示すブロック図である。

コイル対22Aの出力信号は、コイル22Aa、22Abの端子電圧であり、コイル対22Bの出力信号は、コイル22Ba、22Bbの端子電圧である。これらの出力信号は、それぞれ信号処理回路31A、31Bに出力される。

[0187] トルク検出装置30の第1トルク検出系統は、信号処理回路31Aと、監視部(トルク信号監視部)38Aと、診断出力部39Aと、初期診断部40Aと、ノイズフィルタ41Aと、コネクタ42Aとを備える。信号処理回路31Aは、メイン増幅・全波整流部32Aと、メイン平滑部33Aと、メイン出力部34Aと、サブ増幅・全波整流部35Aと、サブ平滑部36Aと、サブ出力部37Aと、を備える。

[0188] また、トルク検出装置30の第2トルク検出系統は、第1系統と同様に、信号処理回路31Bと、監視部(トルク信号監視部)38Bと、診断出力部39Bと、初期診断部40Bと、ノイズフィルタ41Bと、コネクタ42Bとを備える。信号処理回路31Bは、メイン増幅・全波整流部32Bと、メイン平滑部33Bと、メイン出力部34Bと、サブ増幅・全波整流部35Bと、サブ平滑部36Bと、サブ出力部37Bと、を備える。

[0189] このトルク検出装置30は、コネクタ42A、42Bを介してコントローラ(ECU)15に接続されている。

ECU15は、コネクタ42A、42B及びノイズフィルタ41A、41

Bを介してトルク検出装置30の各要素に電源電圧Vccを供給する。これに対して、トルク検出装置30は、コイル対22A、22Bの出力信号を処理し、後述するメイントルク信号Tm1、Tm2、及び診断信号S1、S2をECU15に出力する。ECU15は、入力された各種信号に基づいてトルク検出装置30の異常発生の有無を判定し、その判定結果に応じて操舵補助制御を実施する。

[0190] 以下、トルク検出装置30の具体的構成について説明する。トルク検出装置30の第1トルク検出システムと第2トルク検出システムとは同一構成を有するため、ここでは、第1トルク検出システムを例に挙げて説明する。

メイン増幅・全波整流部32Aは、コイル対22Aの出力信号（コイル22Aa、22Abの端子電圧）を入力し、これら2つの入力電圧の差分を増幅すると共に整流する。メイン平滑部33Aは、メイン増幅・全波整流部32Aの出力波形を平滑化し、メイン出力部34Aは、これをノイズフィルタ41A及びコネクタ42Aを介してメイントルク信号Tm1として、ECU15に出力する。

[0191] 同様に、サブ増幅・全波整流部35Aは、コイル対22Aの出力信号（コイル22Aa、22Abの端子電圧）を入力し、これら2つの入力電圧の差分を増幅すると共に整流する。サブ平滑部36Aは、サブ増幅・全波整流部35Aの出力波形を平滑化し、サブ出力部37Aは、これをノイズフィルタ41A及びコネクタ42Aを介してサブトルク信号Ts1とする。ただし、サブ出力部37Aは、ECU15に対してサブトルク信号Ts1は出力しない。また、サブ増幅・全波整流部35Aの出力波形は、後述する監視部38Aにも入力される。

[0192] 監視部38Aは、例えばコイル22Aa又は22Abと電気抵抗61Aa又は61Abとの接触不良等をブリッジ回路の差分電圧の変化で検出すると共に、ECU15から供給される図示しない基準電圧（正弦波）に対する位相ずれに基づいて回路系の異常を検出する。即ち、監視部38Aは印加した交流信号の波形と、ブリッジ回路の差分電圧の波形との位相差を検出し、位

相差が所定値を超えたときにコイル、電気抵抗若しくは回路が異常であると判定する。

[0193] また、監視部38Aは、信号処理回路31Aの異常検出処理に加えて、メイン平滑部33Aから出力されるメイントルク信号 $T_{m1}$ と、サブ平滑部36Aから出力されるサブトルク信号 $T_{s1}$ とを比較することで、信号処理回路31Aの異常を監視し、異常発生時には異常信号 $AB1$ をサブ出力部37Aに出力する。

このとき、サブ出力部37Aは、監視部38Aからの後述する異常信号 $AB1$ を受けて、サブトルク信号 $T_{s1}$ を0に設定する。

[0194] 診断出力部39Aは、監視部38Aの診断情報を示す診断信号 $S1$ を生成し、これをノイズフィルタ41A及びコネクタ42Aを介してECU15に出力する。

初期診断部40Aは、電源が投入された直後（又はイグニッションスイッチ18をオンした直後）、ECU15側が操舵補助制御を開始する前に作動し、監視部38Aそのものが正常に動作しているか否かを診断する初期診断を行う。

[0195] 初期診断部40Aは、初期診断を開始すると、初期診断用の信号として正常信号と異常信号とを監視部38Aに対して交互に入力し、監視部38Aが正常に動作していることを確認する。このとき、正常信号、異常信号の後に、再度正常信号を入力するようにしてもよい。ここで、正常信号とは、当該信号を用いて異常検出を行ったとき、正常に機能している監視部38Aによる異常検出結果が「正常」となる信号であり、異常信号とは、当該信号を用いて異常検出を行ったとき、正常に機能している監視部38Aによる異常検出結果が「異常」となる信号である。

[0196] すなわち、信号処理回路31AからECU15へは、メイントルク信号 $T_{m1}$ と診断信号 $S1$ とが出力され、信号処理回路31BからECU15へは、メイントルク信号 $T_{m2}$ と診断信号 $S2$ とが出力されることになる。

ここで、診断信号 $S1$ 及び $S2$ は、監視部38A、38Bが異常を検出し

ていない正常時には図27(a)に示すような一定周期のパルス信号となり、初期診断部40A、40Bによる監視部38A、38Bの初期診断中である場合には、図27(b)に示すようなLレベルで一定となる信号となり、監視部38A、38Bが異常を検出している異常検出時には図27(c)に示すようなHレベルで一定となる信号となる。また、メイントルク信号Tm1とメイントルク信号Tm2とは、図28(a)~(c)に示すように、トルクの作用によって一方が増加すると他方が減少する特性を持つ。

[0197] ECU15は、メイントルク信号Tm1とメイントルク信号Tm2とを比較し、正常なクロス特性から外れているか否かに応じてトルク検出装置30の異常発生の有無を判定する。

そして、ECU15は、メイントルク信号Tm1及びTm2に基づいてトルク検出装置30が正常であると判定し、診断信号S1及びS2が図27(a)に示すパルス信号であるとき、信号処理回路31Aから出力されたメイントルク信号Tm1を用いて通常の操舵補助制御を実施し、電動モータ12を駆動する。

[0198] 一方、ECU15は、診断信号S1及びS2が図27(b)に示すLレベルの信号であるときには、初期診断部40A及び40Bによる初期診断中であると判断し、操舵補助制御を実施しないようにする。

また、ECU15は、メイントルク信号Tm1及びTm2に基づいてトルク検出装置30に異常が発生していると判定し、且つ診断信号S1、S2の何れか一方が図27(c)に示すHレベルの信号であるときには、異常が発生していない方のトルク検出システムが出力したメイントルク信号を用いて通常の操舵補助制御を実施し、電動モータ12を駆動する。

[0199] なお、診断信号S1及びS2が共に図27(c)に示すHレベルの信号であるときには、正常な過去トルク値を使用して電動モータ12を駆動してアシスト漸減を行い、安全にアシストを停止させるフェールセーフモードに移行する。

ところで、トルク検出システムを2系統有するトルクセンサシステムの場合、

ECU側では2系統分の信号処理が必要となる。特に、処理回路を二重化し、メイントルク信号とサブトルク信号の2種の信号を出力すると、ECU側では合計4種類の信号を処理する必要があり、トルク検出システムを1系統のみ有する場合と比較して倍の処理量になる。また、信号出力をアナログ出力で実施する場合には、ECU側のADCに倍の処理を求める必要があり、処理能力によってはADCを2個用意する考慮を要する場合がある。このように、ECUでは信号処理のための制御回路に大きな負荷がかかり、処理能力に影響が出るうえにコストも嵩む。

[0200] これに対して、本実施形態では、2系統の各系統から各々1種のアナログ信号を出力するため、ECU15の処理は2つの信号で済み、2種のアナログ信号を出力するトルク検出システムを1系統のみ有するシステムと同等の処理量で済む。したがって、ADCの増設を必要としない。

また、各系統から1つのメイントルク信号を出力するので、系統間の異常は、各系統からのメイントルク信号 $T_{m1}$ 、 $T_{m2}$ を比較することで監視することができる。このように、信号処理を複雑化することなく、2つの信号の比較処理によってセンサの異常を検出可能となる。

[0201] さらに、上記比較の結果、異常が発生していると判断した場合には、各系統からの診断信号 $S1$ 、 $S2$ によって異常が発生した側の系統を判別することができる。したがって、何れか一方の系統に異常が発生した場合であっても、トルクセンサの機能を系統判別によって継続することが可能となり、より安定した冗長型トルクセンサシステムを構築することが可能となる。

さらに、各々の系統からは、診断信号 $S1$ 、 $S2$ を簡単な信号で出力することとしているため、ECU側に大きな負荷を与えることなく、簡素な方法で異常が発生している側の系統を検出することが可能となる。

[0202] (応用例)

なお、上記実施形態においては、コイル対を2組としているが、3組以上であってもよい。

また、上記各実施形態においては、コイル式のトルクセンサを用いる場合

について説明したが、2つのトルク信号を出力する例えば磁気感应式素子などを用いた構成を適用することもできる。

### 産業上の利用の可能性

[0203] 本発明に係るトルク検出装置によれば、コイル対、発振回路及び信号処理回路を2系統以上備え、励磁周波数差を3.5kHz以上に設定するので、それぞれのコイルが発生する磁束の干渉に起因するトルク信号の重畳成分を効果的に減衰し、高精度で安定したトルク信号を得ることができ、有用である。

そして、上記トルク検出装置を備える電動パワーステアリング装置では、安定した操舵補助制御を行うことができ、有用である。

### 符号の説明

[0204] 1…ステアリングホイール、2…ステアリングシャフト、10…操舵補助機構、11…減速ギヤ、12…電動モータ、15…コントローラ、16…車速センサ、17…バッテリー、18…イグニッションスイッチ、20…トルクセンサ、22A…第1コイル対、22Aa, 22Ab, 22Ba, 22Bb…コイル、22B…第2コイル対、30…トルク検出装置、32A, 32B…メイン増幅・全波整流部、33A, 33B…メイン平滑部、34A, 34B…メイン出力部、35A, 35B…サブ増幅・全波整流部、36A, 36B…サブ平滑部、37A, 37B…サブ出力部、38A, 38B…監視部、39A, 39B…診断出力部、40A, 40B…初期診断部、41A, 41B…ノイズフィルタ、42A, 42B…コネクタ、51A, 51B…差動アンプ、52A, 52B…整流・平滑回路、53A, 53B…ローパスフィルタ、54A, 54B…ノイズ除去フィルタ、55…AD変換部、56…トルク演算部、56a…演算器（第1の補正演算部）、56b…演算器（第2の補正演算部）、56c…MUX、56d…比較器、56e…ラッチ回路、57…電動機制御部、58…補正值補正部、59A, 59B…信号処理回路、60A, 60B…励磁信号生成部、61Aa, 61Ab, 61Ba, 61Bb…電気抵抗、62A, 62B…CLK、63A, 63B…カウンタ、64

A, 64 B…異常検出部、65 A, 65 B…クロック監視部、65 A a…カウンタ、65 A b, 65 A c…比較回路、65 A d…OR回路、66 A, 66 B…CR発振器、67 A, 67 B…CRパルス幅記憶部、68…ローパスフィルタ、69…クロック周波数変動監視部、69 a…分圧回路、69 b…ウインドコンパレータ、69 c…ロジック回路、71 A, 71 B…監視部診断部、72 A, 72 B…クロック信号選択回路、SW a~SW c…スイッチ、73 a~73 c…分周回路、75 U, 75 L…カウンタ、76 U, 76 L…オアゲート、77 U, 77 L…ラッチ回路、78 U, 78 L…判定タイミング生成回路、79 U, 79 L…アンドゲート、140…信号処理回路、160…診断装置、161…励磁パルス監視部、162…励磁信号監視部、162 a…入力端子、162 b, 162 c…比較器、162 d, 162 e…カウンタ回路、162 f, 162 g…比較回路、162 h…OR回路、162 i…ラッチ回路、162 j…判定タイミング生成部、162 k…AND回路、163…位相監視部、163 a~163 c…比較器、163 d…AND回路、163 e…入力端子、163 f…移相回路、164…差動振幅監視部、165…MUX/ADC監視部、165 a…MUX、165 b…ADC、165 c…ラッチ回路、165 d…比較回路、165 e…OR回路、165 f…ラッチ回路、165 g…判定タイミング生成部、166…トルク信号監視部、167…通信監視部

## 請求の範囲

- [請求項1] トルクが入力されることでねじれが発生するトーションバーで連結された第1回転軸と第2回転軸との相対的な変位を、インピーダンスの変化に反映させて検出する少なくとも2組のコイル対と、
- それぞれの前記コイル対に対応して別個に設けられ、異なる励磁周波数でそれぞれの前記コイル対に励磁信号を供給する複数の発振部と、
- それぞれの前記コイル対に対応して別個に設けられ、それぞれの前記コイル対の出力信号を信号処理してトルク検出信号を出力するトルク検出機能を有する信号処理部と、を備え、
- 前記励磁周波数の差である励磁周波数差が、3.5 kHz以上に設定されていることを特徴とするトルク検出装置。
- [請求項2] 前記励磁周波数差は、検出されるトルク信号の周波数帯域における最大値よりも大きく設定されており、
- 前記信号処理部は、前記励磁周波数差に相当する周波数の通過を阻害すると共に、前記最大値に相当する周波数を通過するローパスフィルタをそれぞれ含んで構成されていることを特徴とする請求項1に記載のトルク検出装置。
- [請求項3] 前記トルク検出機能の異常を定常的に監視する監視部と、
- 前記トルク検出機能が作動する前に、前記監視部に対して診断用の信号を入力し、前記監視部が正常に動作していることを確認する初期診断部と、を備えることを特徴とする請求項1又は2に記載のトルク検出装置。
- [請求項4] 前記初期診断部は、前記監視部に対し、前記診断用の信号として正常信号と異常信号とを交互に入力し、
- 前記正常信号の入力時に、前記監視部が入力信号に対して正常診断し、前記異常信号の入力時に、前記監視部が入力信号に対して異常診断したとき、前記監視部が正常に動作していると判断することを特徴

とする請求項3に記載のトルク検出装置。

[請求項5] 前記初期診断部は、前記監視部に対し、前記診断用の信号を、前記正常信号、前記異常信号、前記正常信号の順に入力することを特徴とする請求項4に記載のトルク検出装置。

[請求項6] 前記監視部は、前記励磁信号の波形を監視する励磁信号監視部であり、

前記初期診断部は、前記励磁信号監視部の前記診断用の信号として、監視対象である前記励磁信号に代えて、前記励磁信号の理想波形を有する正常信号と、当該正常信号とは周波数の異なる異常信号とを入力することを特徴とする請求項3～5の何れか1項に記載のトルク検出装置。

[請求項7] 前記初期診断部は、前記異常信号として、前記正常信号に対して周波数が $1/2$ となる信号を入力することを特徴とする請求項6に記載のトルク検出装置。

[請求項8] 前記監視部は、前記トルク検出信号が前記励磁信号に対して移相しているか否かを監視する位相監視部であり、

前記初期診断部は、前記位相監視部の前記診断用の信号として、監視対象である前記トルク検出信号に代えて、前記励磁信号と、移相回路を介して前記励磁信号を移相させた信号とを入力することを特徴とする請求項3～7の何れか1項に記載のトルク検出装置。

[請求項9] 前記信号処理部は、前記トルク検出信号をA/D変換して出力するように構成されており、

前記監視部は、監視対象の電圧値をA/D変換した後の出力値を監視するADC監視部であり、

前記初期診断部は、前記ADC監視部の前記診断用の信号として、前記監視対象の電圧値に代えて、前記トルク検出信号の電圧値の通常使用域において、当該通常使用域の中央電圧値を含む複数の正常電圧値と、前記正常電圧値とは異なる複数の異常電圧値とを入力すること

を特徴とする請求項3～8の何れか1項に記載のトルク検出装置。

[請求項10] 前記発振部は、クロック信号を分周して前記励磁周波数のパルスを生成するカウンタを備えており、

前記監視部は、CR発振器と、予め前記CR発振器の出力パルスの幅を前記クロック信号で計数し、記憶しておくパルス幅記憶部とを備え、前記CR発振器の出力パルスの幅を前記クロック信号で計数し、その計数値を前記パルス幅記憶部に記憶された出力パルスの幅と比較することで、前記クロック信号の異常を監視するクロック監視部であることを特徴とする請求項3～9の何れか1項に記載のトルク検出装置。

[請求項11] 前記初期診断部は、前記クロック監視部の前記診断用の信号として、監視対象である前記クロック信号に代えて、前記カウンタが生成した前記励磁周波数のパルスを入力したときに、前記クロック監視部が、前記CR発振器の出力パルスの幅を前記カウンタが生成した前記励磁周波数のパルスで計数し、これを前記パルス幅記憶部に記憶された出力パルスの幅と比較した結果、異常診断したとき、当該クロック監視部が正常に動作していると判断することを特徴とする請求項10に記載のトルク検出装置。

[請求項12] 前記発振部は、前記コイル対に対する正弦波の前記励磁信号をクロックパルスに基づいて生成するものであり、

前記監視部は、前記発振部から出力される励磁信号を入力する監視用ローパスフィルタを備え、該監視用ローパスフィルタのフィルタ出力の振幅変動を前記クロックパルスの周波数変動として検出するクロック周波数変動監視部であることを特徴とする請求項3～11の何れか1項に記載のトルク検出装置。

[請求項13] 前記クロック周波数変動監視部は、前記監視用ローパスフィルタのフィルタ出力の上側半波及び下側半波の少なくとも一方のピーク値が、正常振幅範囲内にあるか否かを検出する構成を有することを特徴と

する請求項 1 2 に記載のトルク検出装置。

[請求項14] 前記初期診断部は、通常クロック信号と当該通常クロック信号とは異なる励磁周波数の異常クロック信号とを選択して前記励磁信号生成部に供給するクロック周波数選択部を備え、

前記クロック周波数選択部の前記診断用の信号として、前記通常クロック信号及び異常クロック信号を前記励磁信号生成部に供給したときの前記クロック周波数変動監視部の監視出力結果に基づいて当該クロック周波数変動監視部を診断することを特徴とする請求項 1 3 に記載のトルク検出装置。

[請求項15] 前記異常クロック信号は、前記通常クロック信号の許容上限周波数より高い周波数の異常高周波数クロック信号と、前記通常クロック信号の許容下限周波数より低い周波数の異常低周波数クロック信号との 2 種類で構成されていることを特徴とする請求項 1 4 に記載のトルク検出装置。

[請求項16] 前記信号処理部は、  
前記トルクに対応するアナログ信号をデジタル信号に変換する A D 変換器と、

前記 A D 変換器で変換されたデジタル信号のゲイン及びオフセット量を補正するためのゲイン補正值及びオフセット量補正值を予め記憶する記憶部と、

前記 A D 変換器で変換されたデジタル信号を、前記記憶部に記憶されたゲイン補正值及びオフセット量補正值で補正し、前記トルク検出信号として出力する第 1 の補正演算部と、を備えることを特徴とする請求項 1 ~ 1 5 の何れか 1 項に記載のトルク検出装置。

[請求項17] 前記信号処理部は、  
前記トルクに対応するアナログ信号をデジタル信号に変換する A D 変換器と、

前記 A D 変換器で変換されたデジタル信号のゲイン及びオフセット

量を補正するためのゲイン補正值及びオフセット量補正值を予め記憶する記憶部と、

前記AD変換器で変換されたデジタル信号を、前記記憶部に記憶されたゲイン補正值及びオフセット量補正值で補正し、前記トルク検出信号として出力する第1の補正演算部と、

前記第1の補正演算部と同一の補正演算処理を行う第2の補正演算部を備え、

前記監視部は、前記第1の補正演算部と前記第2の補正演算部とに同一信号を入力し、両者の演算結果を比較して、前記第1の補正演算部の演算ロジックが正常に機能しているか否かを監視する演算ロジック監視部であることを特徴とする請求項3～15の何れか1項に記載のトルク検出装置。

[請求項18] 前記初期診断部は、前記演算ロジック監視部の前記診断用の信号として、前記第2の補正演算部に前記第1の補正演算部とは異なる信号を入力したときの両者の演算結果が異なることを確認することで、前記演算ロジック監視部が正常に機能していることを確認することを特徴とする請求項17に記載のトルク検出装置。

[請求項19] 前記初期診断部は、前記第2の補正演算部に入力する前記第1の補正演算部とは異なる信号として、前記第1の補正演算部の入力信号の反転信号を用いることを特徴とする請求項18に記載のトルク検出装置。

[請求項20] 前記信号処理部は、2組の前記コイル対に対応して設けられ、それぞれ前記コイル対の出力信号に基づいてメイントルク信号を出力するように構成されており、

前記監視部による異常診断結果を含む診断情報を入力する診断情報出力部を備えることを特徴とする請求項3～19の何れか1項に記載のトルク検出装置。

[請求項21] 前記信号処理部は、前記コイル対の出力信号に基づいて前記メイン

トルク信号及びサブトルク信号を演算し、前記メイントルク信号のみを出力するように構成されており、

前記監視部は、前記メイントルク信号と前記サブトルク信号との比較によって、前記信号処理部の異常を監視するトルク信号監視部であることを特徴とする請求項20に記載のトルク検出装置。

[請求項22] 前記診断情報出力部は、前記診断情報として、前記監視部による異常診断結果が正常であること、前記監視部による異常診断結果が異常であること、及び前記初期診断部による初期診断中であることの少なくとも3種の情報を出力することを特徴とする請求項20又は21に記載のトルク検出装置。

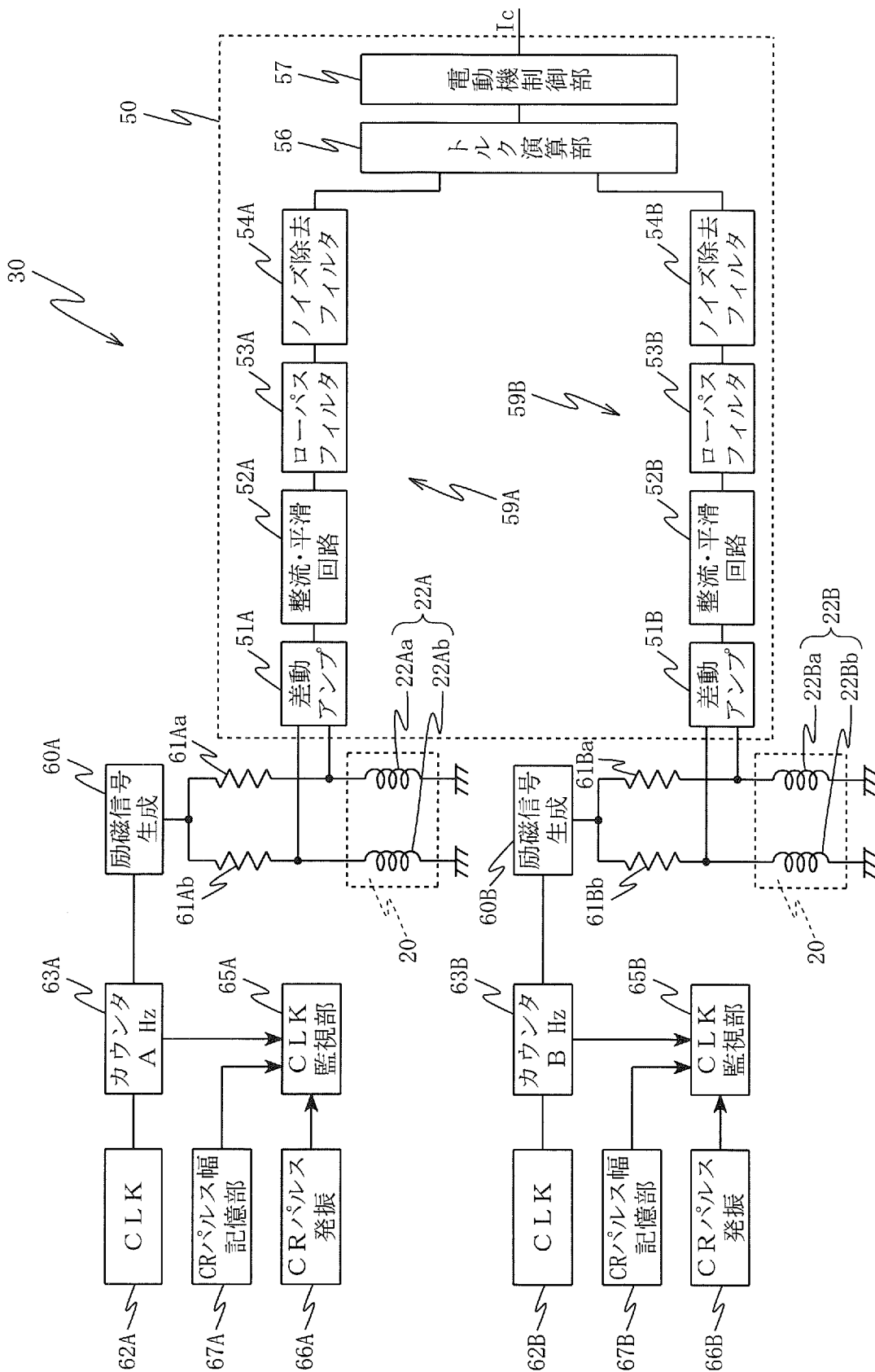
[請求項23] 前記診断情報出力部は、前記診断情報として、前記監視部による異常診断結果が正常である場合には一定周期のパルス信号、前記監視部による異常診断結果が異常である場合にはHレベルの信号、前記初期診断部による初期診断中である場合にはLレベルの信号を出力することを特徴とする請求項22に記載のトルク検出装置。

[請求項24] ステアリング機構に入力される操舵トルクを検出する前記請求項1～23の何れか1項に記載のトルク検出装置と、

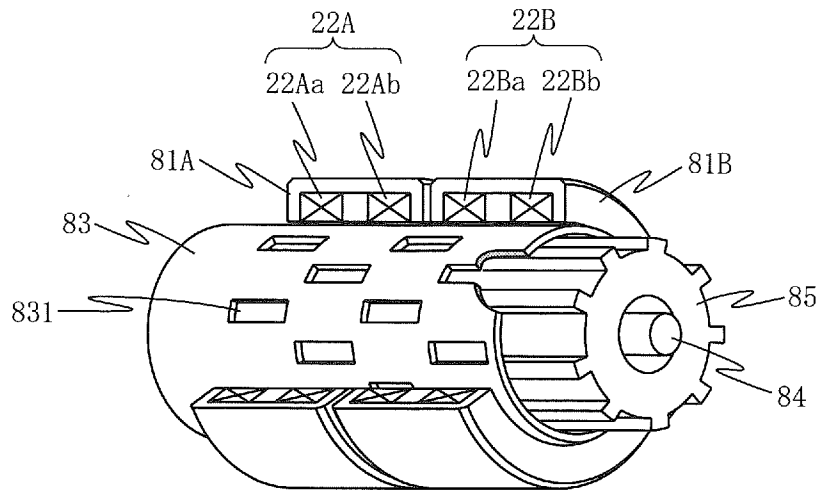
少なくとも前記トルク検出装置で検出した操舵トルクに基づいて、操舵系に運転者の操舵負担を軽減する操舵補助力を付与すべく、電動モータを駆動制御するモータ制御部と、を備えることを特徴とする電動パワーステアリング装置。



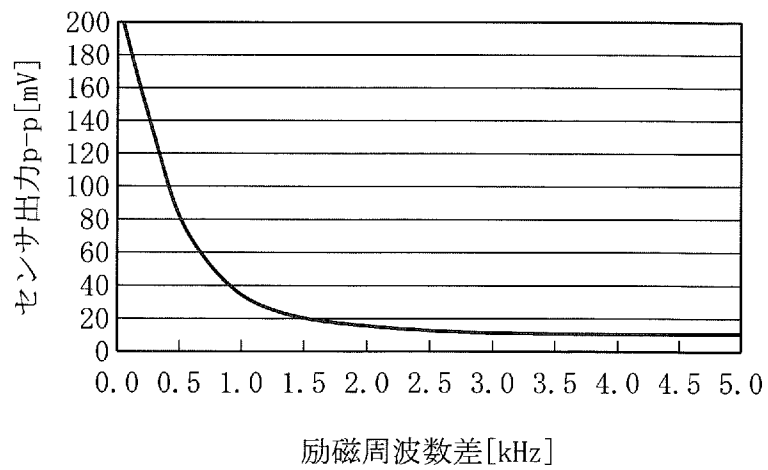
[図2]



[図3]



[図4]



[図5]

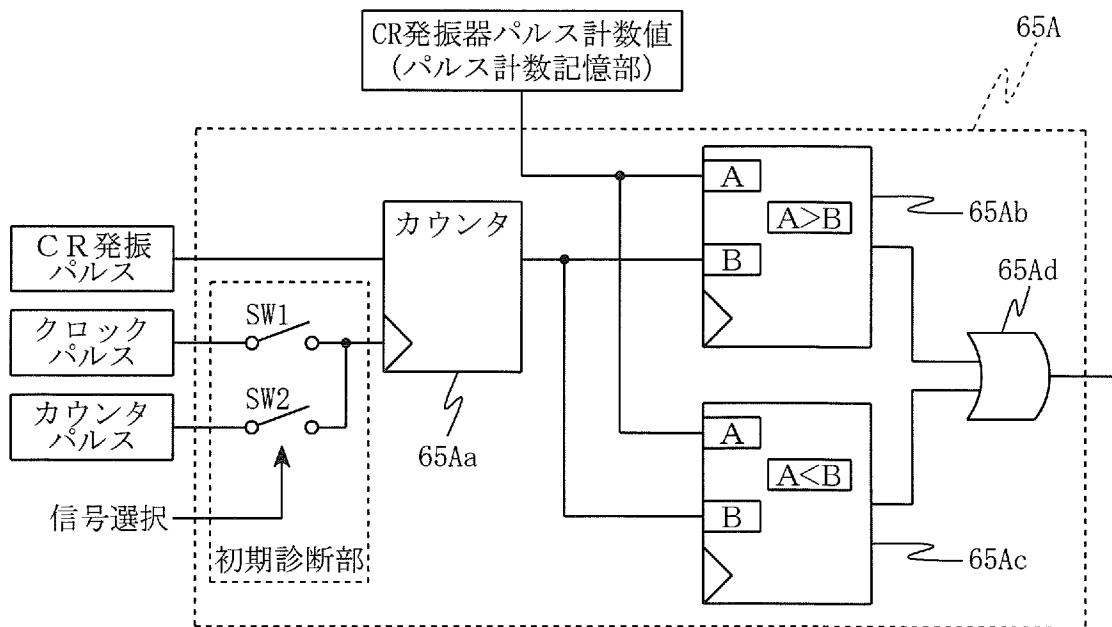


(a) 周波数差2kHz

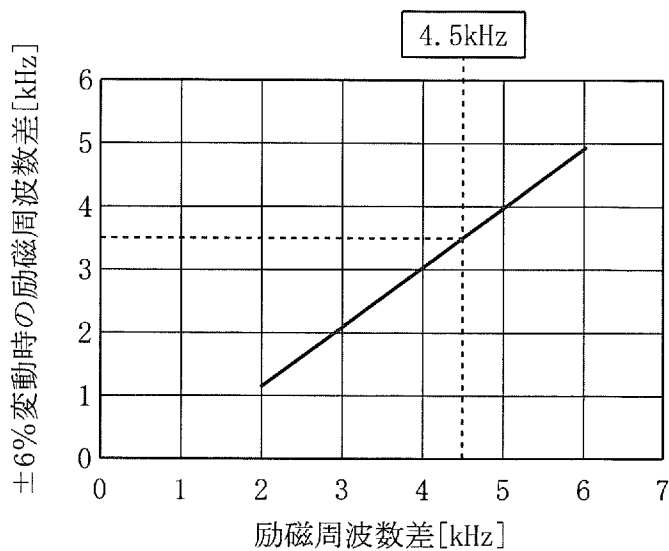


(b) 周波数差3.5kHz以上

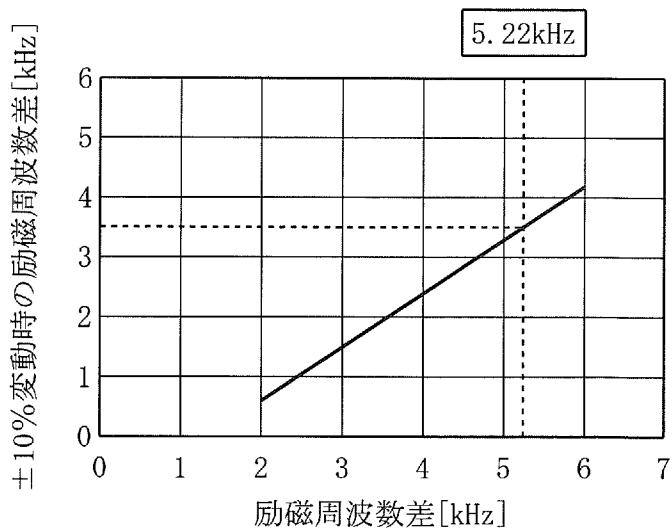
【図6】



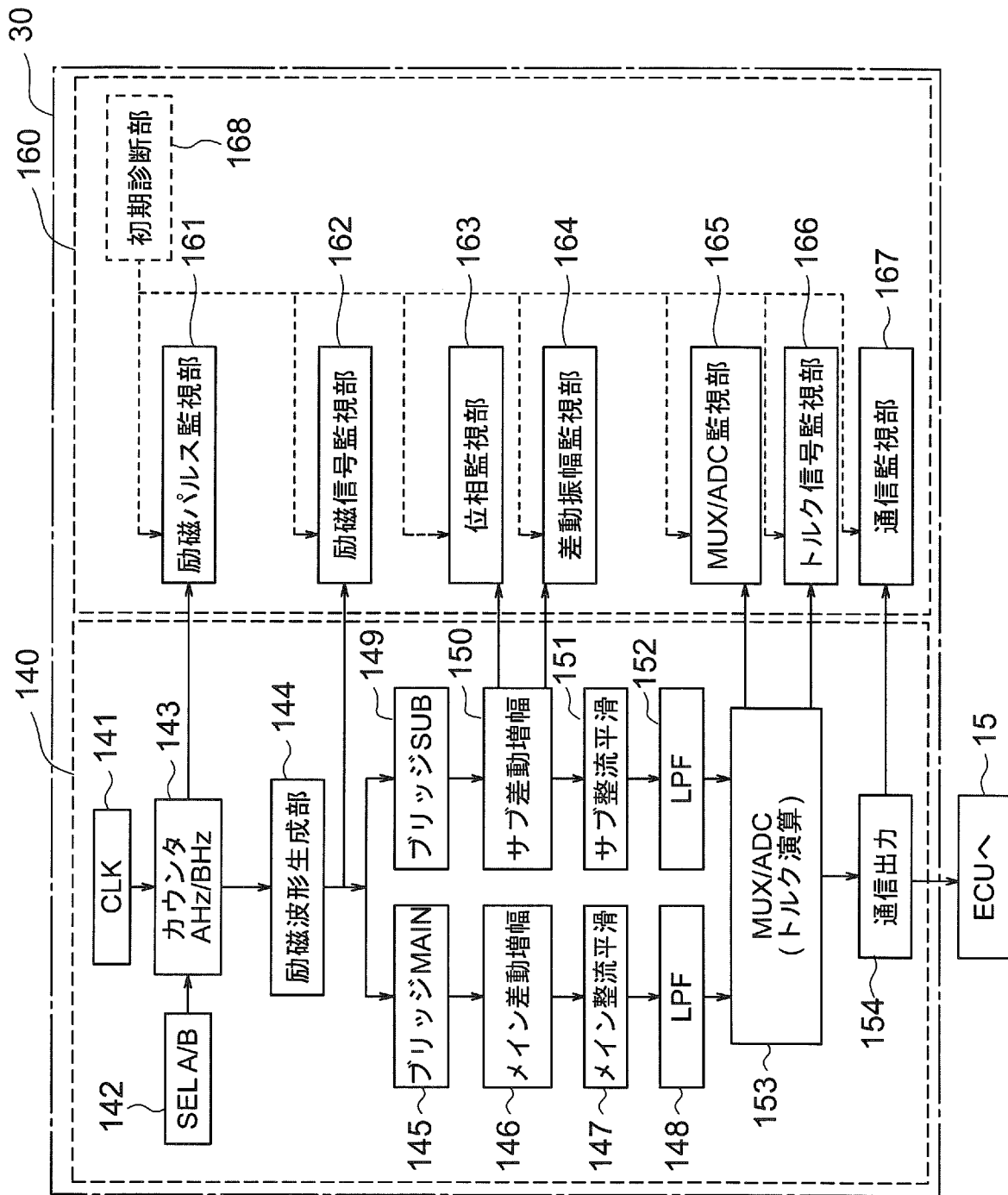
【図7】



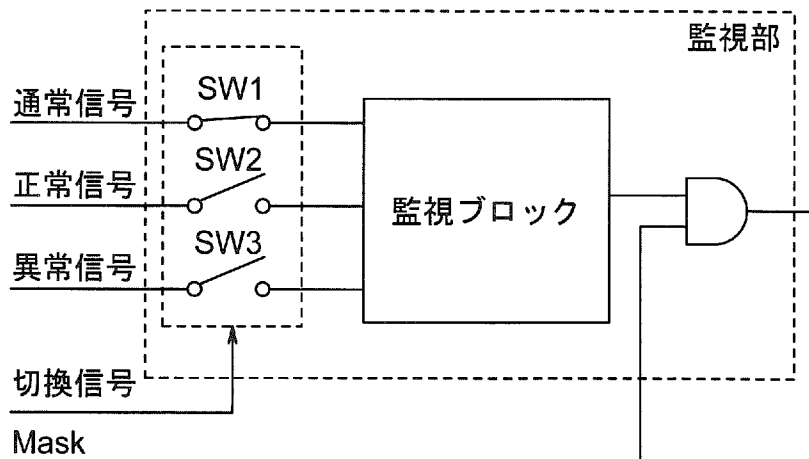
【図8】



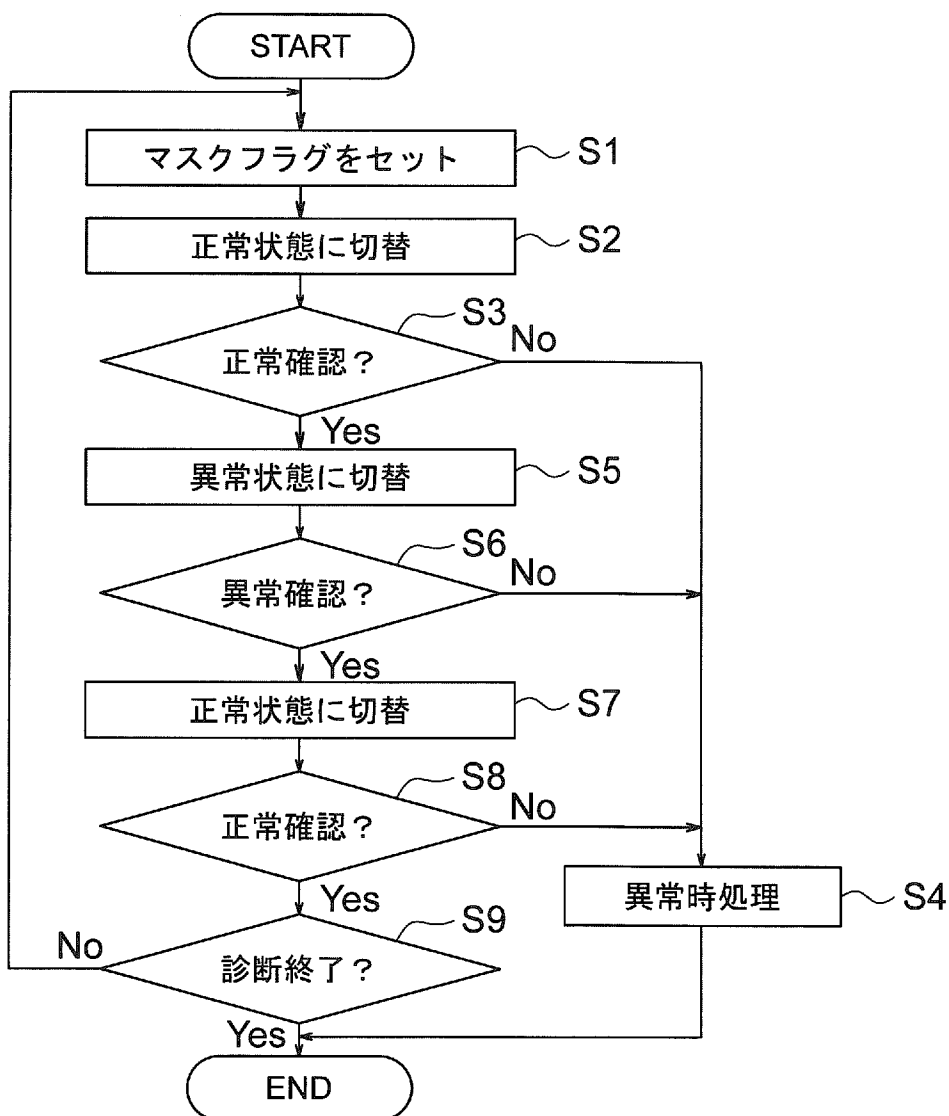
[図9]



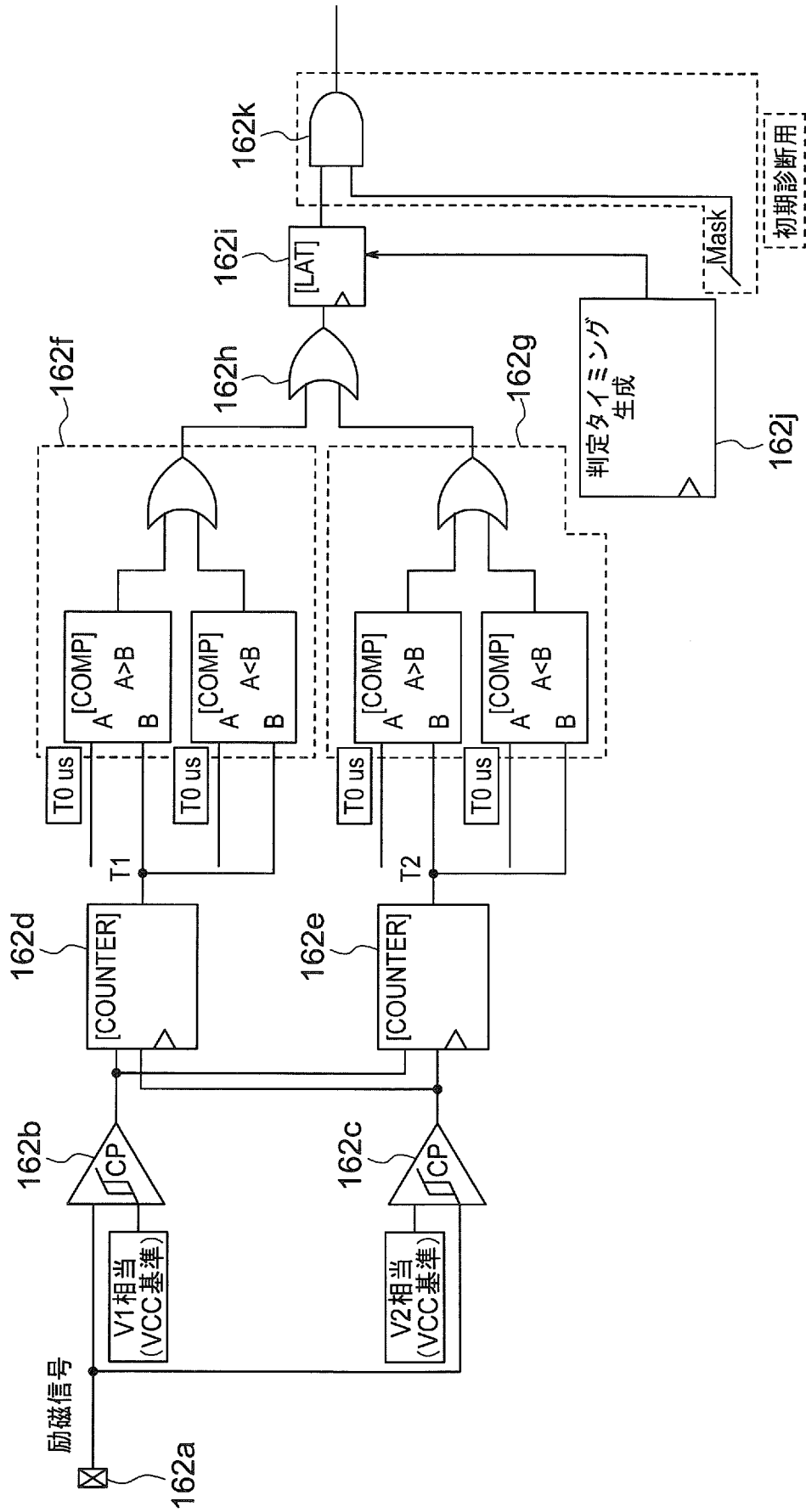
[図10]



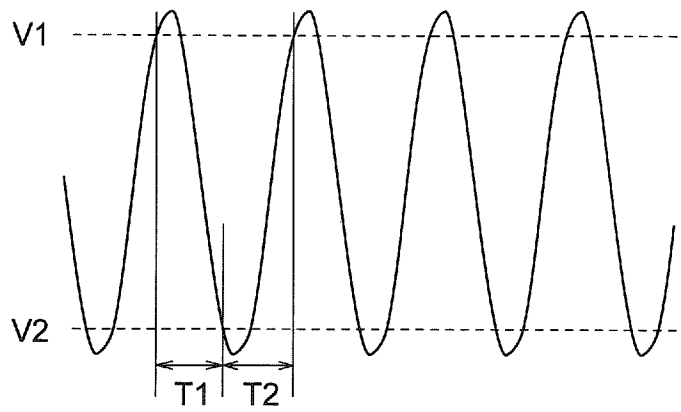
[図11]



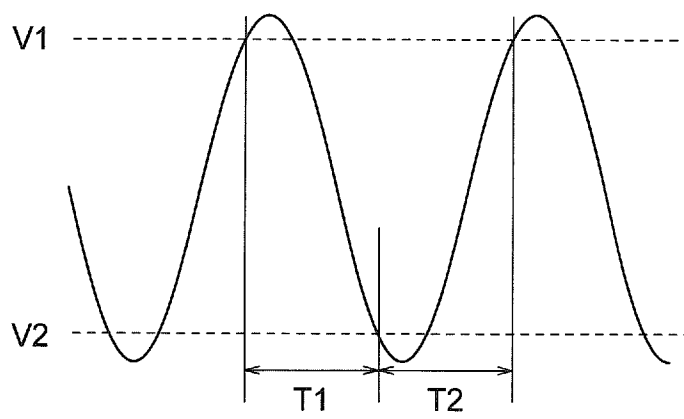
[図12]



[圖13]

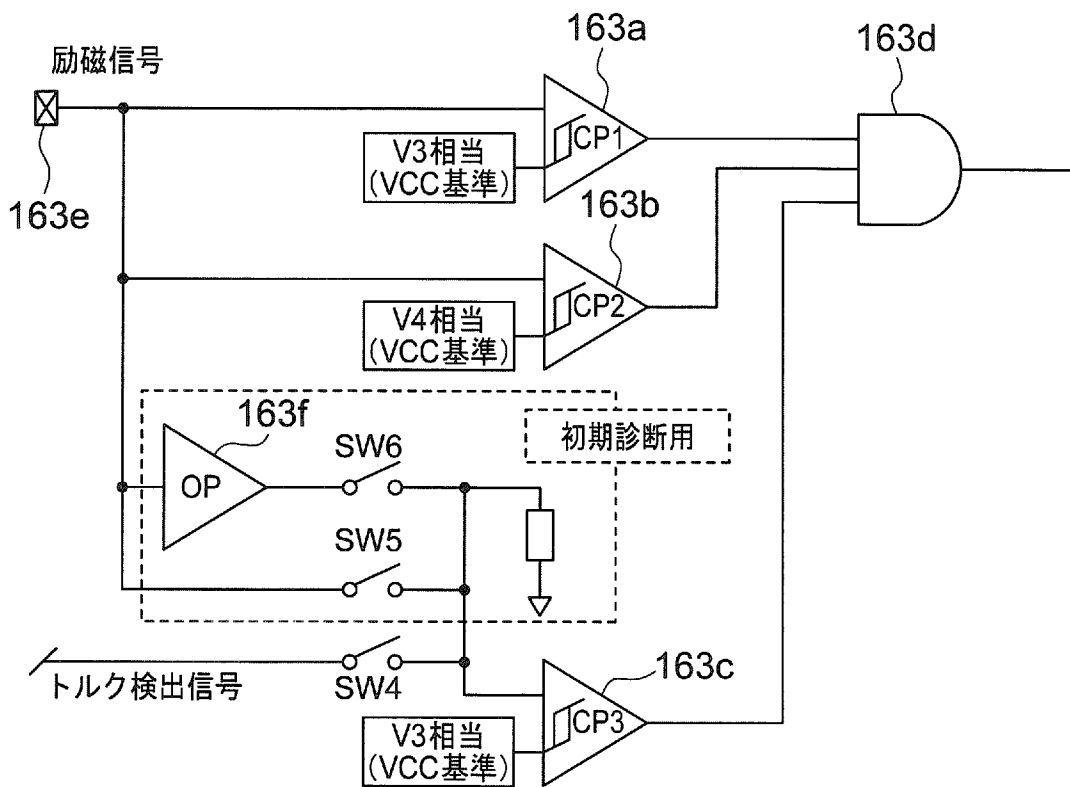


(a) 正常信号

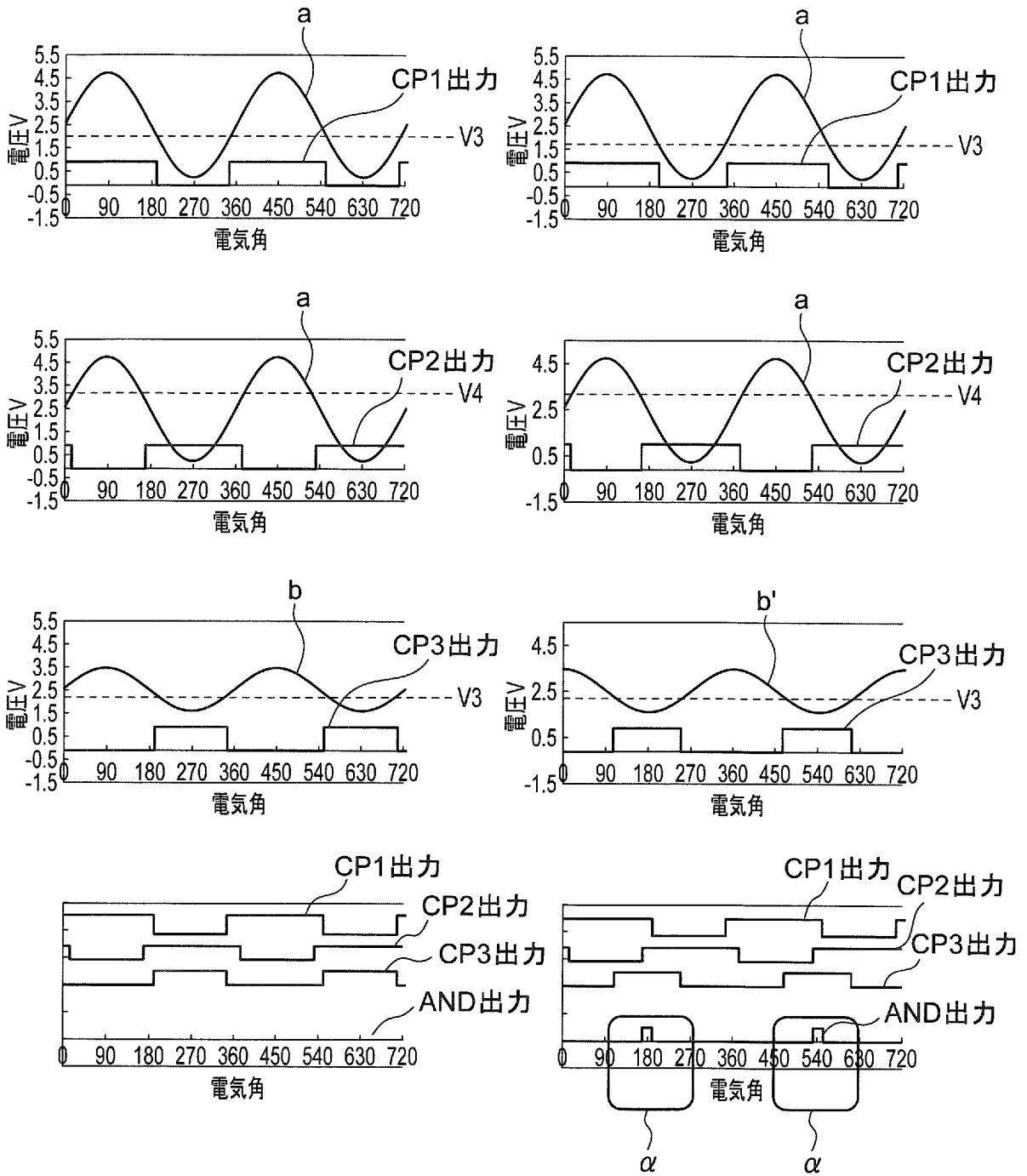


(b) 異常信号

[図14]



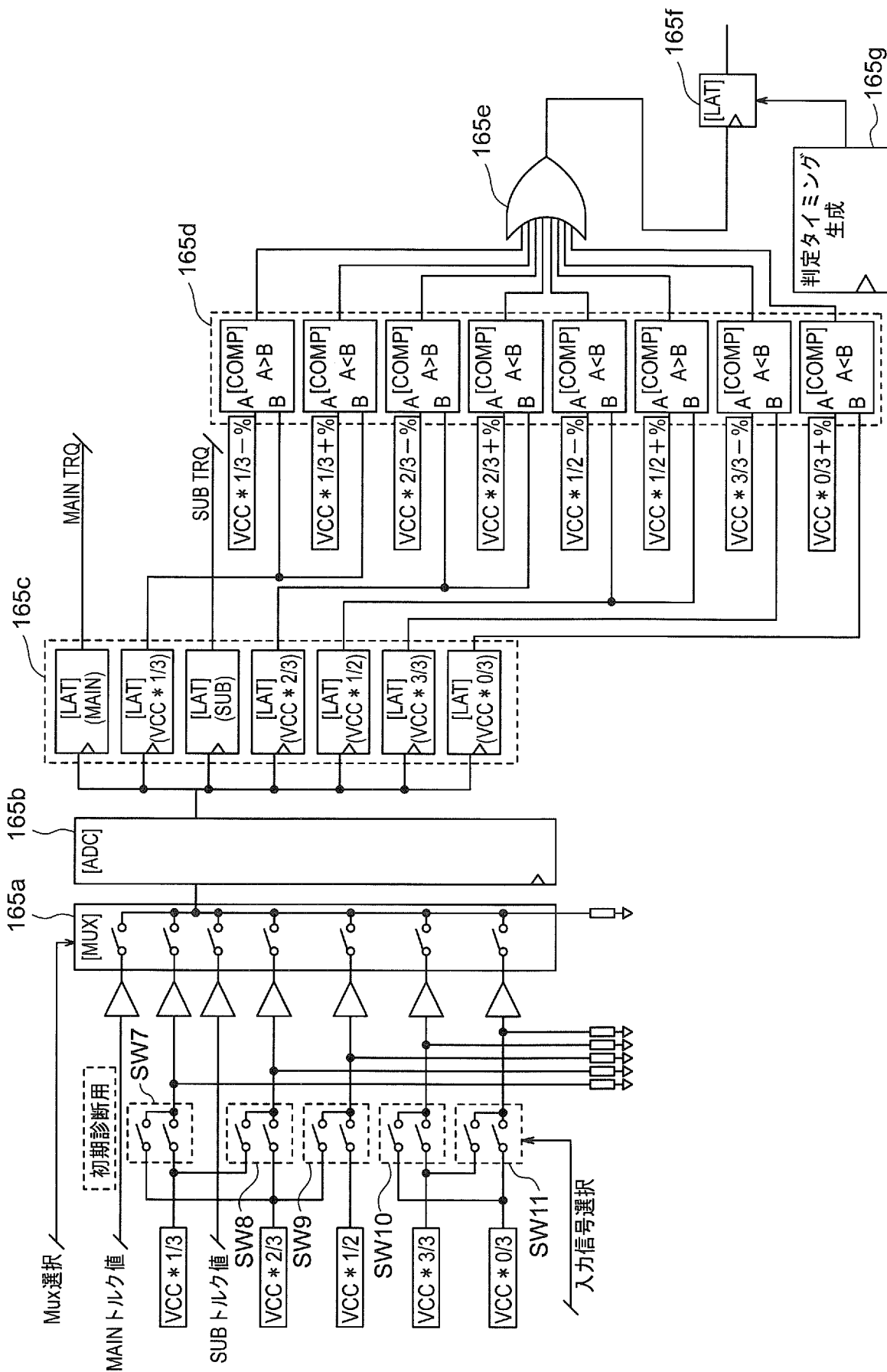
[図15]



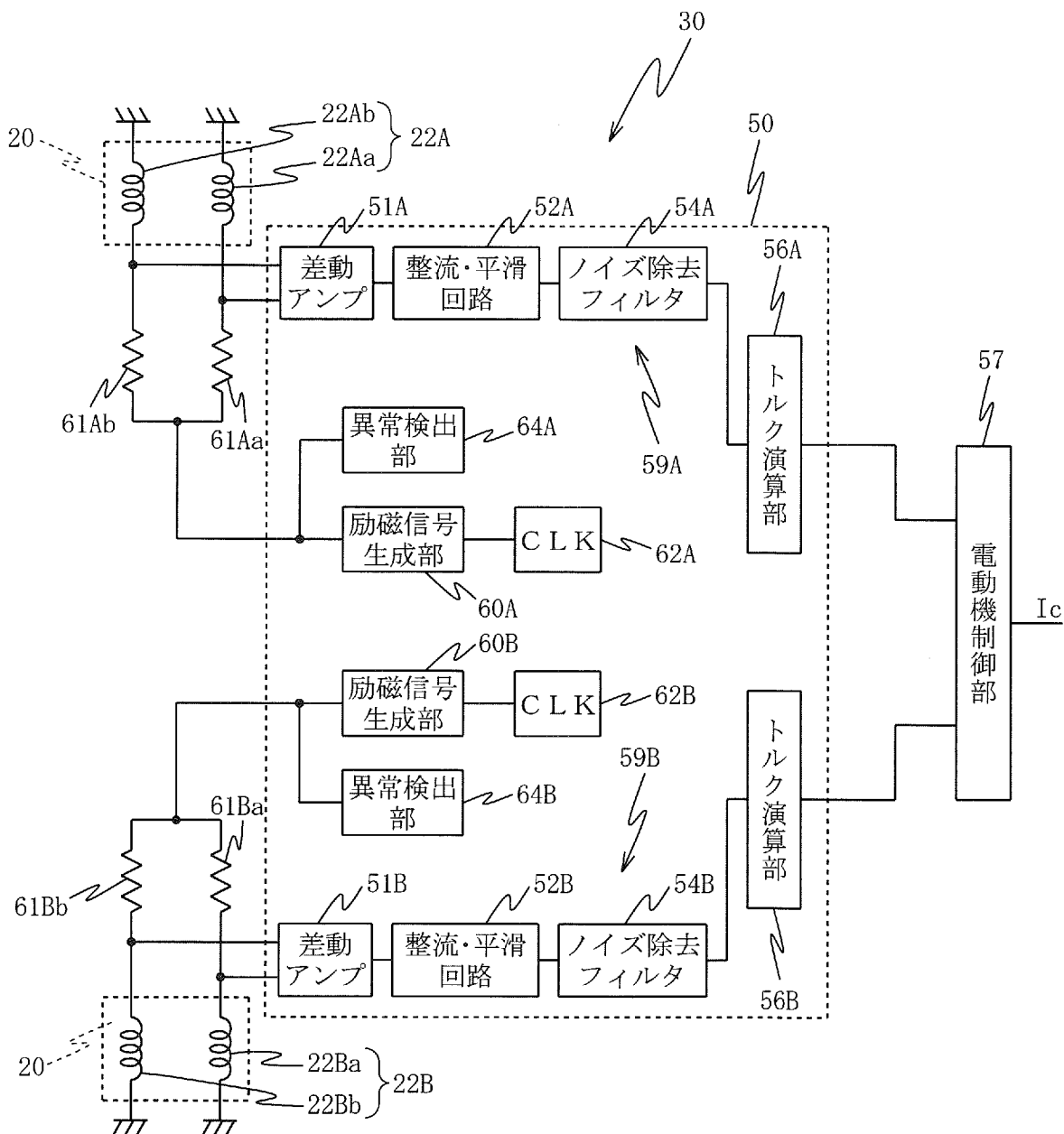
(a) 正常時(位相差0度)

(b) 異常発生時(位相差90度)

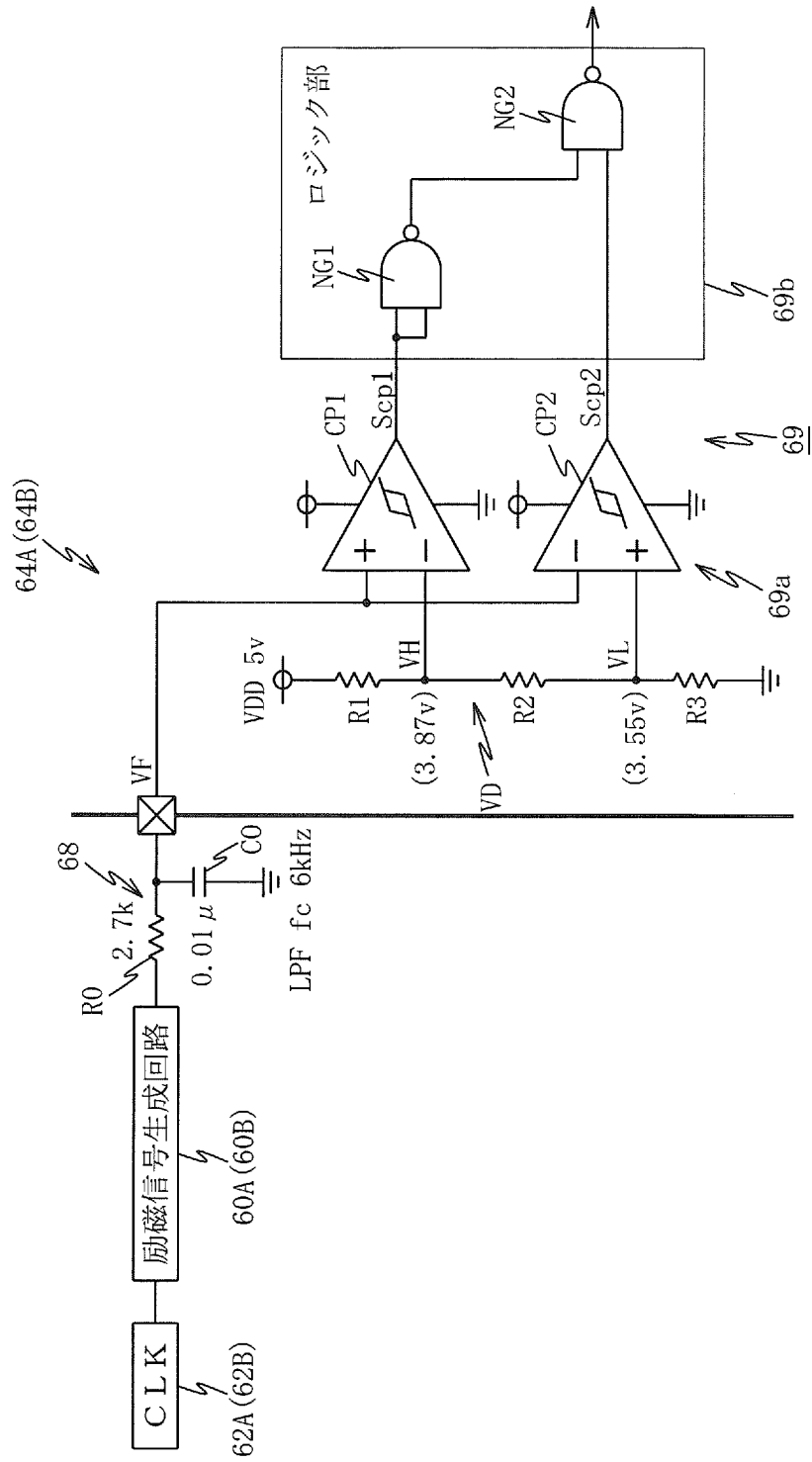
[図16]



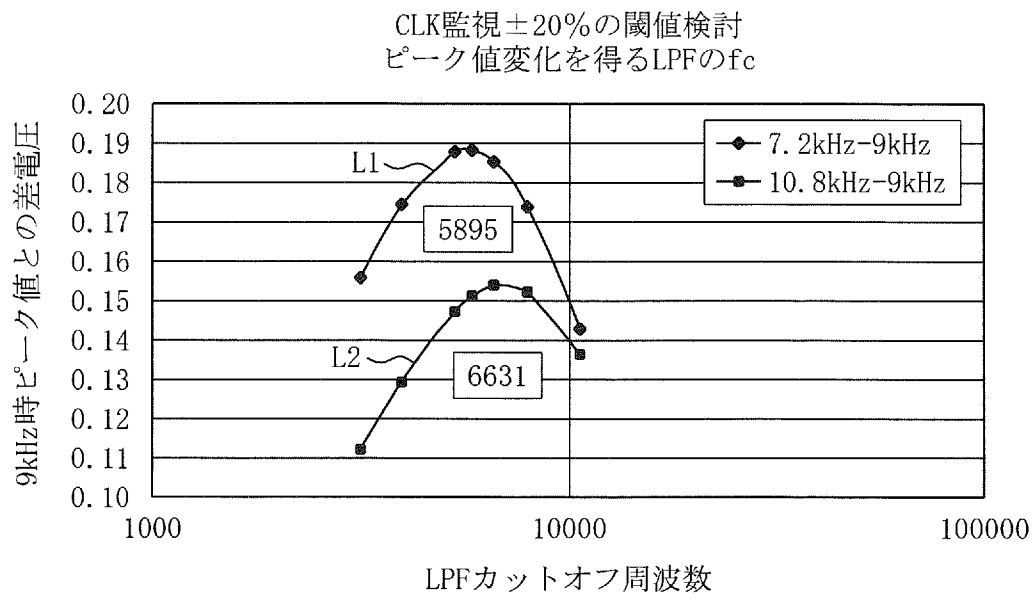
[図17]



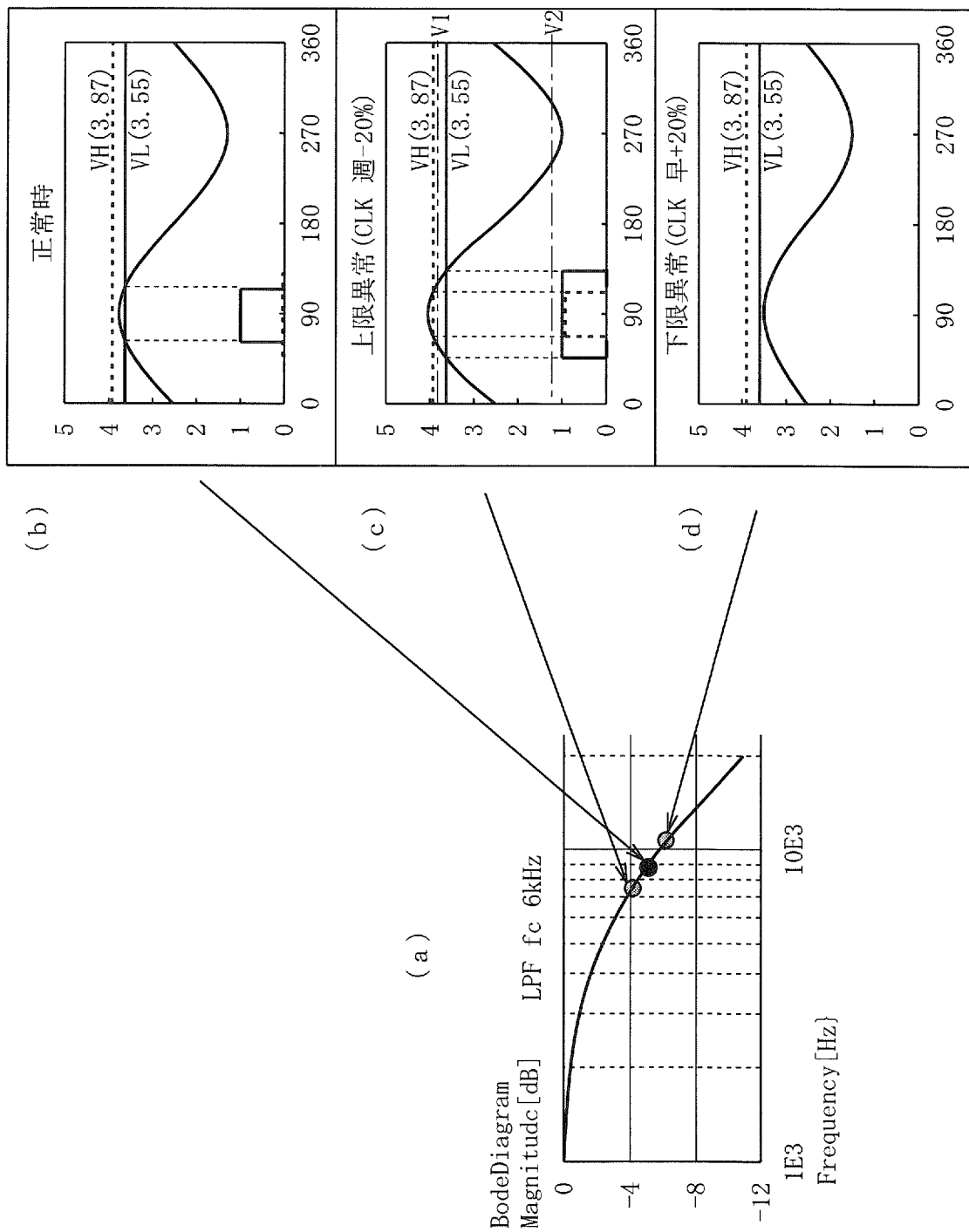
[図18]



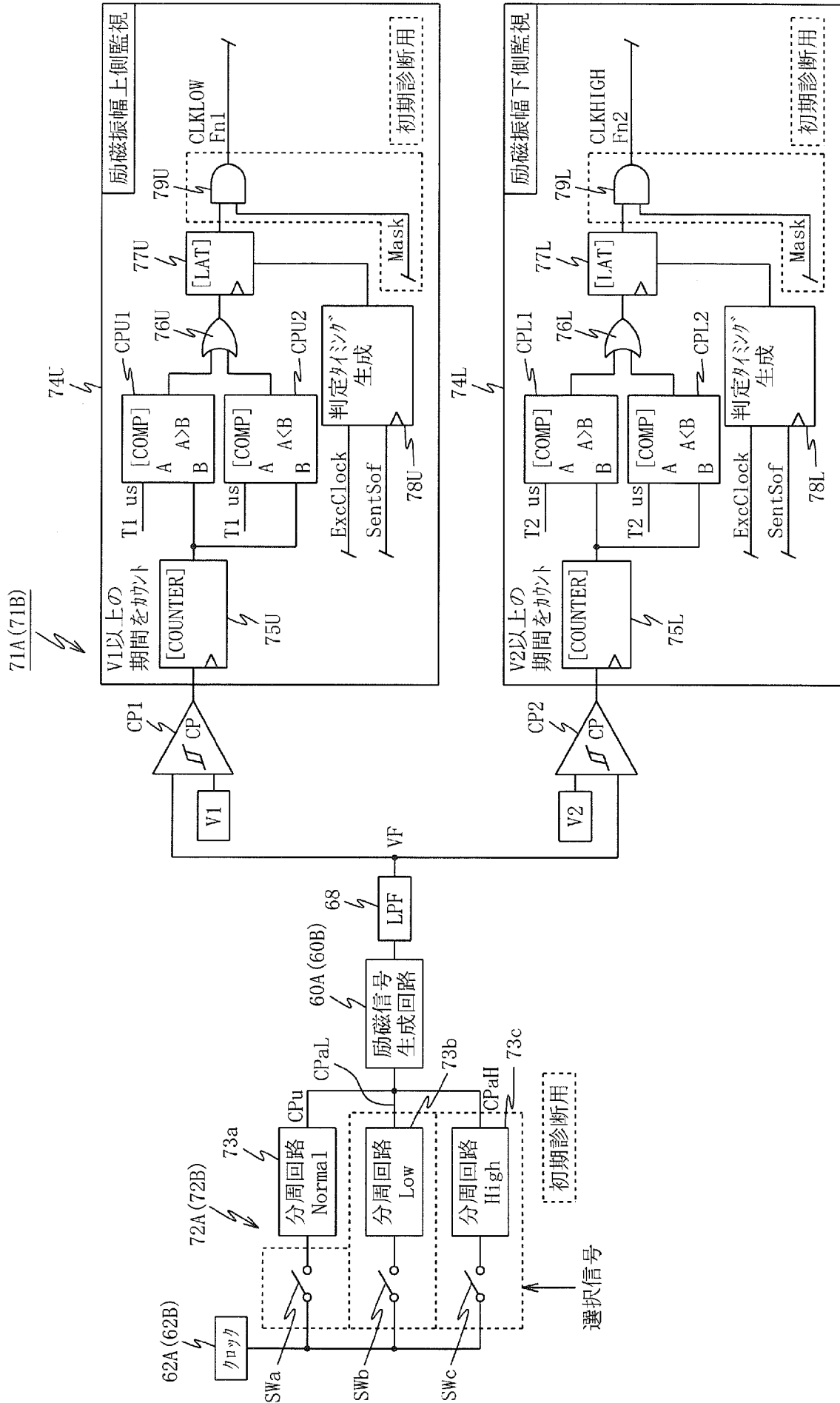
[図19]



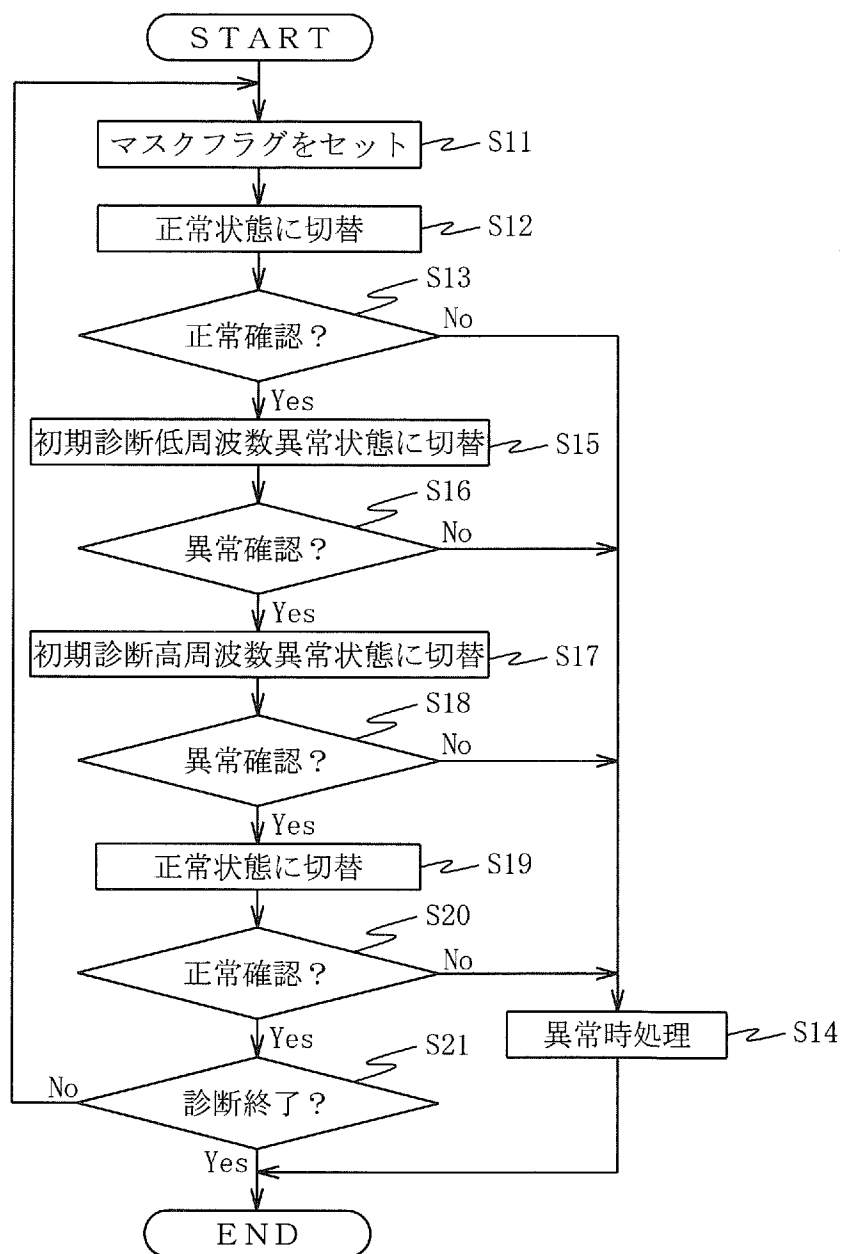
[図20]



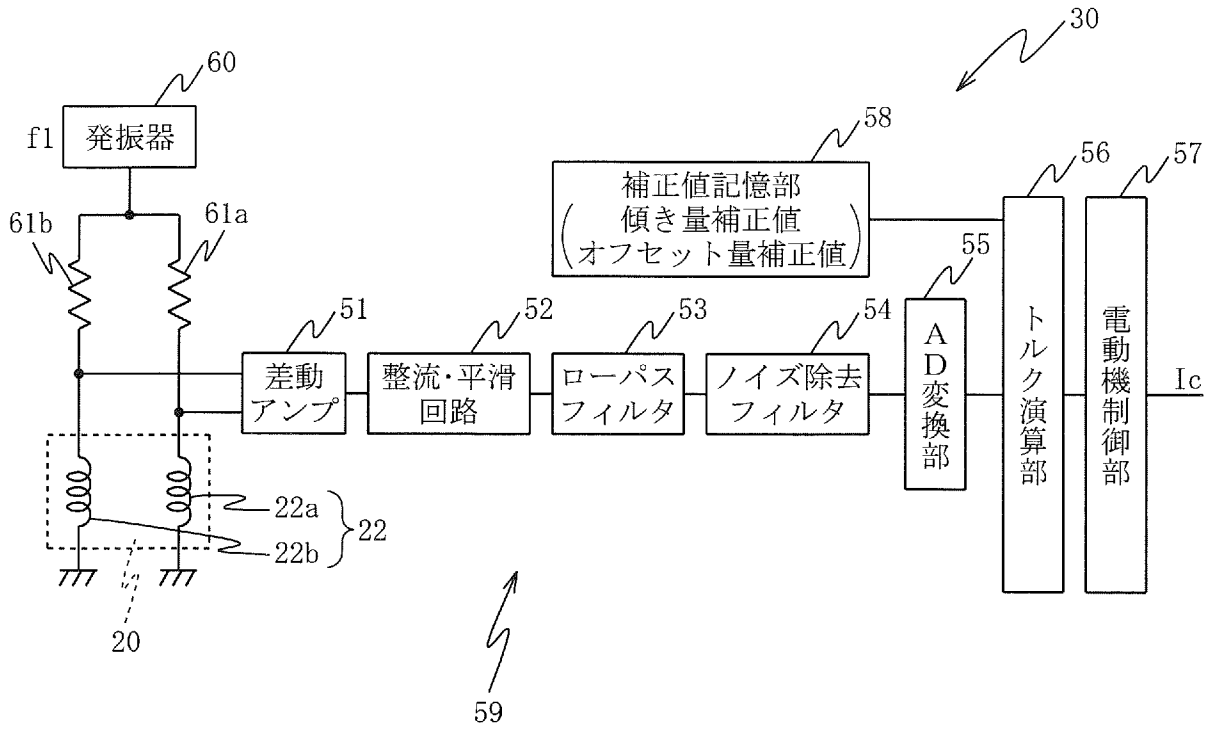
[図21]



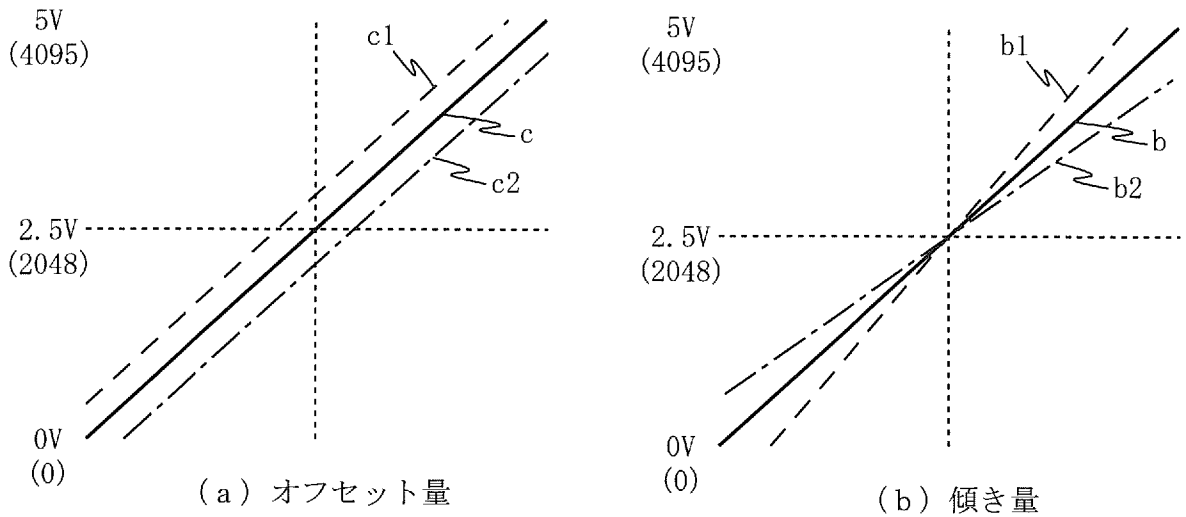
[図22]



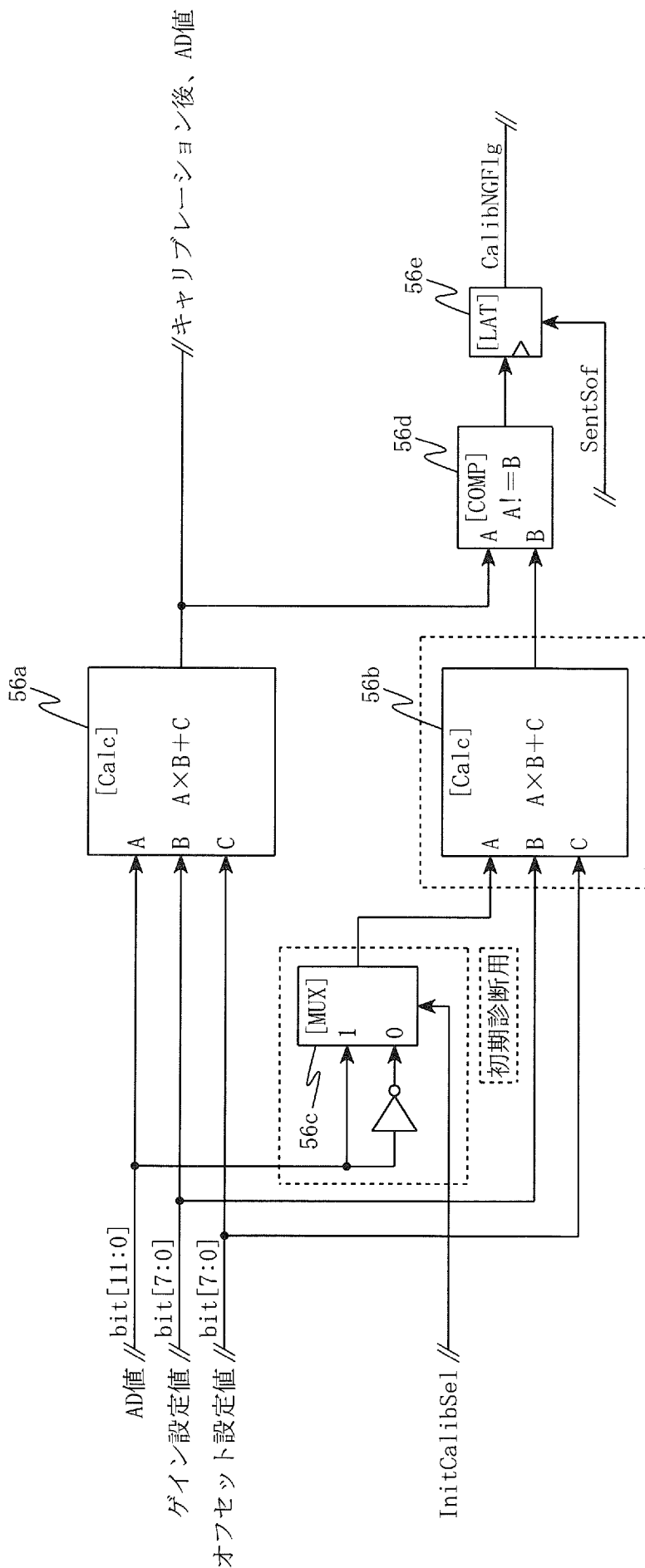
[図23]



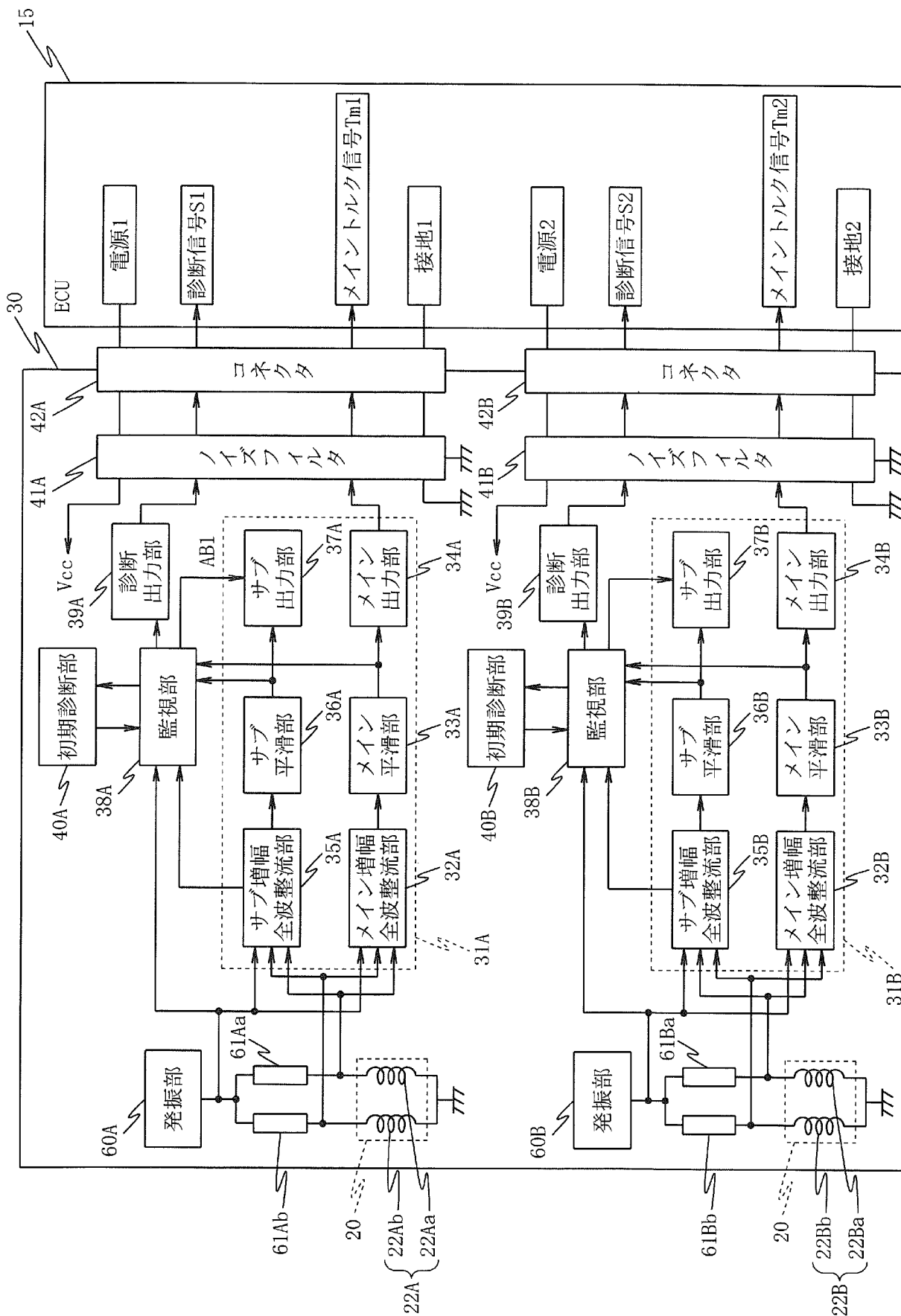
[図24]



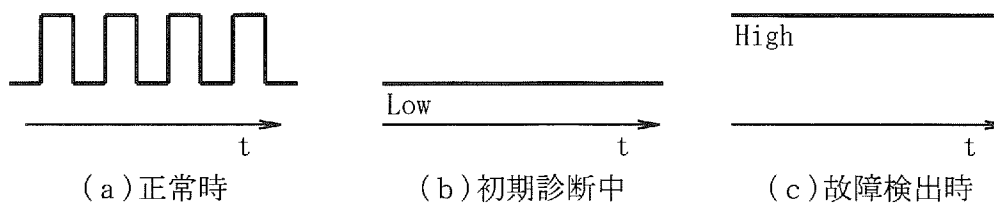
[図25]



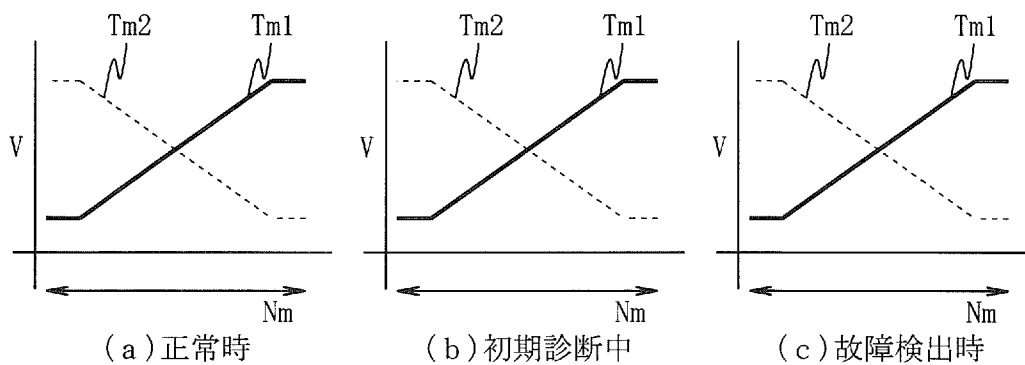
[図26]



[図27]



[図28]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2012/001928

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

G01L3/10(2006.01) i, B62D5/04(2006.01) 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)

G01L3/10, B62D5/04

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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.
X Y A	JP 2010-190674 A (NSK Ltd.), 02 September 2010 (02.09.2010), entire text; all drawings (Family: none)	1, 2, 24 3, 16, 20 4-15, 17-19, 21-23
Y A	JP 2002-048656 A (NSK Ltd.), 15 February 2002 (15.02.2002), entire text; all drawings (Family: none)	3, 16, 20 4-15, 17-19, 21-23
Y A	JP 5-034220 A (Kubota Corp.), 09 February 1993 (09.02.1993), entire text; all drawings (Family: none)	16, 20 17-19

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  
29 May, 2012 (29.05.12)

Date of mailing of the international search report  
12 June, 2012 (12.06.12)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/001928

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2006-267045 A (NSK Ltd.), 05 October 2006 (05.10.2006), paragraphs [0038] to [0043]; fig. 5 (Family: none)	20 21-23
A	JP 2000-121305 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 28 April 2000 (28.04.2000), entire text; all drawings (Family: none)	1,2
A	JP 2009-073446 A (NSK Ltd.), 09 April 2009 (09.04.2009), entire text; all drawings (Family: none)	3-24
A	JP 2007-225388 A (NSK Ltd.), 06 September 2007 (06.09.2007), entire text; all drawings & US 2007/0205734 A1 & EP 1826097 A1	3-24
A	JP 2002-148128 A (Showa Corp.), 22 May 2002 (22.05.2002), entire text; all drawings (Family: none)	3-24

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01L3/10(2006.01)i, B62D5/04(2006.01)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. G01L3/10, B62D5/04

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	1971-2012年
日本国実用新案登録公報	1996-2012年
日本国登録実用新案公報	1994-2012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
X Y A	JP 2010-190674 A (日本精工株式会社) 2010.09.02, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1, 2, 24 3, 16, 20 4-15, 17-19, 21-23
Y A	JP 2002-048656 A (日本精工株式会社) 2002.02.15, 全文, 全図 (ファミリーなし)	3, 16, 20 4-15, 17-19, 21-23

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

29.05.2012

国際調査報告の発送日

12.06.2012

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)  
 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)

公文代 康祐

電話番号 03-3581-1101 内線 3216

2 F

4741

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	JP 5-034220 A (株式会社クボタ)	16, 20
A	1993.02.09, 全文, 全図 (ファミリーなし)	17-19
Y	JP 2006-267045 A (日本精工株式会社)	20
A	2006.10.05, 段落【0038】 - 【0043】, 図5 (ファミリーなし)	21-23
A	JP 2000-121305 A (三菱重工業株式会社)	1, 2
	2000.04.28, 全文, 全図 (ファミリーなし)	
A	JP 2009-073446 A (日本精工株式会社)	3-24
	2009.04.09, 全文, 全図 (ファミリーなし)	
A	JP 2007-225388 A (日本精工株式会社)	3-24
	2007.09.06, 全文, 全図 & US 2007/0205734 A1 & EP 1826097 A1	
A	JP 2002-148128 A (株式会社ショーワ)	3-24
	2002.05.22, 全文, 全図 (ファミリーなし)	