

(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
2014 年 12 月 18 日(18.12.2014)

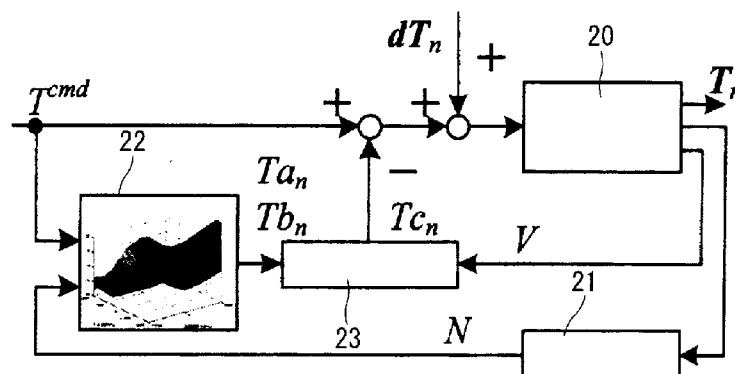


(10) 国際公開番号
WO 2014/199994 A1

- (51) 国際特許分類:
H02P 29/00 (2006.01) *H02P 6/06* (2006.01)
H02P 6/04 (2006.01) *H02P 6/08* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/065374
- (22) 国際出願日: 2014 年 6 月 10 日(10.06.2014)
- (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 2013-121466 2013 年 6 月 10 日(10.06.2013) JP
- (71) 出願人: 株式会社明電舎(MEIDENSHA CORPORATION) [JP/JP]; 〒1416029 東京都品川区大崎 2 丁目 1 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 山口 崇(YAMAGUCHI, Takashi); 〒1416029 東京都品川区大崎 2 丁目 1 番 1 号 株式会社明電舎内 Tokyo (JP). 只野 裕吾(TADANO, Yugo); 〒1416029 東京都品川区大崎 2 丁目 1 番 1 号 株式会社明電舎内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 小林 博通, 外(KOBAYASHI, Hiromichi et al.); 〒1040044 東京都中央区明石町 1 番 2 9 号 掖済会ビル S H I G A 内外国特許事務所内 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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, 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:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: AUTOMATIC SUPPRESSION DEVICE FOR CYCLIC DISTURBANCE

(54) 発明の名称: 周期外乱自動抑制装置



(57) Abstract: When a feed forward table is used to suppress a torque pulsation of a device which has a battery as a main power source, the internal resistance of the battery causes a voltage fluctuation in accordance with a load power, thereby generating an error in the compensation table. An automatic suppression device for cyclic disturbance preliminarily stores a compensation value for suppressing a torque pulsation in a compensation table. When suppressing the torque pulsation for each frequency component using a torque compensation value based on the torque setting value inputted and the rotation speed detected, the suppression device detects the voltage of the main power source to be controlled to input the detected voltage into a compensation table corresponding to the voltage, and outputs a torque compensation value dependent on the voltage referring to the compensation table to perform compensation. A compensation value correction unit refers to a specific table or a proportional expression, which depend only on the voltage to correct a torque compensation value (T_{c_n}) obtained by adding the output (T_a) from a real part compensation table and an imaginary part compensation table (jT_b).

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2014/199994 A1



バッテリーを主電源とする装置をフィードフォワードテーブルを用いてトルク脈動の抑制制御を行うと、負荷電力に応じてバッテリーの内部抵抗により電圧が変動することで補償テーブル誤差が発生する。トルク脈動を抑制するための補償値を予め補償テーブルにテーブル化し、入力したトルク設定値と検出された回転数によってトルク補償値により周波数成分毎のトルク脈動を抑制するとき、制御対象の主電源電圧を検出して電圧に対応する補償テーブルに入力し、補償テーブルに対して電圧に依存したトルク補償値を出力して補償する。また、補償値補正部では、実部補償テーブルの出力 T_a と虚部補償テーブル $j T_b$ との和によるトルク補償値 T_c を電圧のみに依存した特定のテーブルもしくは比例式により補正を行う。

明 細 書

発明の名称： 周期外乱自動抑制装置

技術分野

[0001] 本発明は、例えばモータ等の回転電気機械などのような回転電気機械のトルクリプルを自動的に抑制する周期外乱自動抑制装置に係わり、特にトルク脈動周波数成分毎に補償電流を予め学習し、学習した補償値をテーブル化する補償テーブルに関するものである。

背景技術

[0002] 周期外乱の発生抑制制御としては、ロボットによる位置決め制御、ダイナモメータシステムの軸トルク共振抑制、モータ筐体の振動抑制等が存在し、これら各製品での周期外乱を高精度に抑制することが要望されている。例えば、モータは原理的にトルクリプルを発生し、振動、騒音、乗り心地への悪影響、電気・機械共振等の種々の問題を引き起こす。特に、埋込磁石形のPMモータは、コギングトルクリプルとリラクタンストルクリプルが複合的に発生する。このトルクリプルを抑制する制御方式として、特許文献1などが公知となっている。

[0003] 図13は、特許文献1に記載されたモータのトルク脈動抑制システムの構成図で、電流ベクトル制御方式のインバータで電動機をトルク／速度制御する場合を示したものである。インバータ1の電流ベクトル制御部11は、電流センサ12で検出するモータ駆動電流 i_u 、 i_v 、 i_w とモータ2のロータ回転角度 θ から座標変換部13によりモータ回転座標に同期したd-q軸直交回転座標系の電流に変換し、変換したd、q軸電流検出値と指令値との比較によりモータ電流の制御を行う。ロータ回転角度 θ は回転位置センサ3によるエンコーダ波形a-b-zから速度・位相検出部14により速度 ω と共に求められる。

[0004] トルク／ i_d 、 i_q 変換部15は、コントローラ5からのトルク指令値 T_{ref} とモータ回転速度 ω から、ベクトル制御における回転d-q座標系のd軸およ

び q 軸電流指令値 i_d^* 、 i_{q0}^* に変換し、これら電流指令値のうち q 軸電流指令値

i_{q0}^* にトルク脈動補償電流 i_{qc}^* を重畳して電流ベクトル制御指令値とする。

コントローラ 5 は、トルクリプル抑制制御手段 5 A と学習手段 5 B を搭載し、トルク脈動抑制に必要な補償電流をフーリエ係数テーブルとしてメモリに保存する。

[0005] その後、図 1 4 で示す補償テーブル 1 6 を実装したトルク脈動抑制システムを構成して、トルク脈動をフィードフォワード的に抑制するトルク脈動抑制制御を行う。図 1 4 のシステムが図 1 3 と異なる部分は、コントローラ 5 およびトルクメータ 4 を省き、インバータ 1 にはトルク脈動を抑制する補償電流生成手段を搭載すると共にトルク指令値 T_{ref}^* を直接に与える。この補償電流生成手段として振幅・位相補償電流テーブル 1 6 と補償電流生成部 1 7 を備える。

[0006] 特許文献 1 は、上位に制御指令値を発生する制御器を持ち、周期性外乱が発生する制御対象に対し、周期外乱オブザーバを用いて取得した振動抑制用補償テーブルによって振動を抑制するものである。すなわち、制御対象に対してフィードフォワード制御を行うためにモータのトルク脈動成分を抽出し、抽出したトルク脈動成分を抑制するために必要な補償電流を求めて制御対象の制御装置にフィードバックしてトルク脈動を抑制するトルク脈動抑制手段を設けている。このトルク脈動抑制手段によるトルク抑制運転時のトルク脈動補償電流を学習し、補償電流をテーブル化して制御装置に実装する。そして、モータの制御運転時に補償電流をテーブルから読み出した補償電流でフィードフォワード的にトルク脈動を補償するものである。

特許文献 1：日本国の公開特許である特開 2 0 1 1 - 5 0 1 1 8 号公報

発明の開示

[0007] フィードフォワード制御のために補償テーブルを利用する場合、回転数取得部において制御対象の回転数を取得し、その回転数 $N(\omega)$ と可変ので設定されるトルク設定値 T_{ref}^* を入力変数とし補償テーブルに入力し、各ポイン

トでのトルク補償値 T_{cn} の出力とトルク設定値 T_{ref}^* との偏差で補償するため、抑制応答性の向上や制御装置の構成を簡便化させることができる。しかし、制御対象が何等かの理由で変動を起こした場合、基本的にはフィードフォワードテーブルとのずれが発生して補償誤差となって現れ、場合によっては制御前よりも振動が増幅する懸念が生じる。

[0008] フィードフォワードテーブルを適用する制御対象の一つとして、電動車両のモータなどバッテリーを主電源とする装置を考えると、その場合、負荷電力に応じてバッテリーの内部抵抗により、制御装置に入力される電圧が変動する。また、バッテリー自身の充電の具合や、並列に負荷が接続された場合など、モータ制御装置自身が発生するトルクリプルや、電流制御応答に変動が起こる。これにより特定のバッテリー電圧時に取得したフィードフォワードテーブルを適用して抑制制御を行っている状態でバッテリー電圧変動が発生すると、上記懸念の補償テーブル誤差が発生することになる。

[0009] そこで、本発明が目的とするところは、制御装置にフィードフォワードテーブルを適用する際の電圧変動を考慮して、電圧変動による誤差を補償することで、より高性能な周期外乱自動抑制装置を提供することにある。

[0010] 本発明の1つの観点によれば、制御対象のトルク脈動周波数成分を抽出してトルク脈動を抑制するための補償値を予め補償テーブルにテーブル化し、入力したトルク設定値と検出された回転数によってトルク補償値を求め、求めたトルク補償値とトルク設定値の偏差分を制御対象に入力して周波数成分毎のトルク脈動を抑制するものにおいて、前記補償テーブルを電圧毎に複数設け、前記制御対象の主電源電圧を検出して電圧に対応する補償テーブルに入力し、補償テーブルに対して主電源電圧の変動値に連動したトルク補償値を出力するよう構成したことを特徴としたものである。

[0011] 本発明の他の観点によれば、制御対象のトルク脈動周波数成分を抽出してトルク脈動を抑制するための補償値を予め補償テーブルにテーブル化し、入力したトルク設定値と検出された制御対象の回転数によってトルク補償値を

求め、求めたトルク補償値とトルク設定値の偏差分を制御対象に入力して周波数成分毎のトルク脈動を抑制するものにおいて、
前記補償テーブルは実数部を補正する実部補償テーブルと虚数部を補正する虚部補償テーブルを備え、且つ前記制御対象の主電源電圧の検出値 V を入力する補償値補正部を設け、この補償値補正部で、前記実部補償テーブルの出力 T_a と虚部補償テーブル $j T_b$ との和によるトルク補償値 T_{c_n} を主電源電圧の変動値に連動した特定のテーブルもしくは比例式により補正を行うよう構成したことを特徴としたものである。

[0012] 本発明の別の観点によれば、前記トルク補償値 T_{c_n} を補正するための比例式は、次式による一次多項式で補正することを特徴としたものである。

$$T_{c_n} = T_{a_n} \cdot (a \cdot V + b) + j T_{b_n} \cdot (c \cdot V + d)$$

ただし、添え字の n は n 次成分を示す。

[0013] 本発明の更に別の観点によれば、トルク設定値と制御対象の回転数検出値を入力してトルク・回転数に依存した多項式用の係数を出力する係数テーブルを設け、この係数テーブルの出力を前記補償値補正部に入力し、この補償値補正部でトルク・回転数に依存したテーブルもしくは比例式によりトルク補償値 T_{c_n} の補正を行うよう構成したことを特徴としたものである。

[0014] 本発明の他の観点によれば、前記トルク補償値 T_{c_n} を補正するための比例式は、次式による一次多項式で補正することを特徴としたものである。

$$T_{c_n} = T_{a_n} \cdot \{ f_a(T_{cmd}, N) \cdot V + f_b(T_{cmd}, N) \} + j T_{b_n} \cdot \{ f_c(T_{cmd}, N) \cdot V + f_d(T_{cmd}, N) \}$$

ただし、 $f_a \sim f_d$ は関数、 T_{cmd} はトルク設定値、 N は回転数、 V は電圧検出値、 n は n 次成分

本発明の他の観点によれば、トルク設定値を入力してトルク依存した多項式用の係数を出力する係数テーブルを設け、この係数テーブルの出力を前記補償値補正部に入力し、この補償値補正部でトルクに依存したテーブルもしくは比例式によりトルク補償値 T_{c_n} の補正を行うよう構成したことを特徴としたものである。

[0015] 本発明の更に他の観点によれば、前記トルク補償値 T_{c_n} を補正するための比例式は、次式による一次多項式で補正することを特徴としたものである。

$$T_{c_n} = T_{a_n} \cdot \{ f_a(T_{cmd}) \cdot V + f_b(T_{cmd}) \} + j T_{b_n} \cdot \{ f_c(T_{cmd}) \cdot V + f_d(T_{cmd}) \}$$

ただし、 $f_a \sim f_d$ は関数、 T_{cmd} はトルク設定値、 V は電圧検出値、 n は n 次成分

本発明の他の観点によれば、前記制御対象の回転数検出値を入力して回転数に依存した多項式用の係数を出力する係数テーブルを設け、この係数テーブルの出力を前記補償値補正部に入力し、この補償値補正部で回転数に依存したテーブルもしくは比例式によりトルク補償値 T_{c_n} の補正を行うよう構成したことを特徴としたものである。

[0016] 本発明の他の観点によれば、前記トルク補償値 T_{c_n} を補正するための比例式は、次式による一次多項式で補正することを特徴としたものである。

$$T_{c_n} = T_{a_n} \cdot \{ f_a(N) \cdot V + f_b(N) \} + j T_{b_n} \cdot \{ f_c(N) \cdot V + f_d(N) \}$$

ただし、 $f_a \sim f_d$ は関数、 N は回転数、 V は電圧検出値、 n は n 次成分

本発明の更に他の観点によれば、制御対象のトルク脈動周波数成分を抽出してトルク脈動を抑制するための補償値を予め補償テーブルにテーブル化し、入力したトルク設定値と検出された制御対象の回転数によってトルク補償値を求め、求めたトルク補償値とトルク設定値の偏差分を制御対象に入力して周波数成分毎のトルク脈動を抑制するものにおいて、前記制御対象は、主電源をバッテリーとし、電圧を可変制御可能とした電圧制御手段を備え、前記補償テーブルは、予め電圧制御手段による動作点毎の調整された印過電圧による補正值によって生成された補償テーブルであることを特徴としたものである。

図面の簡単な説明

[0017] [図1] 本発明の実施例を示す周期外乱自動抑制装置の要部概略構成図。

[図2]補償テーブルデータ生成説明図。

[図3]補償テーブルの構成図。

[図4]他の実施例を示す周期外乱自動抑制装置の要部概略構成図。

[図5]補償テーブルデータ生成説明図。

[図6]他の実施例を示す周期外乱自動抑制装置の要部概略構成図。

[図7]補償テーブルデータ生成説明図。

[図8]他の周期外乱自動抑制装置の要部概略構成図。

[図9]他周期外乱自動抑制装置の要部概略構成図。

[図10]制御対象における制御機器構成図。

[図11]他の実施例を示す周期外乱自動抑制装置の要部概略構成図。

[図12]他の実施例を示す周期外乱自動抑制装置の学習システムの構成図。

[図13]従来の周期外乱自動抑制装置の学習システムの構成図。

[図14]従来の周期外乱自動抑制装置の構成図。

発明を実施するための最良の形態

[0018] 本発明は、トルク脈動を抑制するための補償値を予め補償テーブルにテーブル化し、入力したトルク設定値と検出された回転数によってトルク補償値により

周波数成分毎のトルク脈動を抑制するとき、制御対象の主電源電圧を検出して電圧に対応する補償テーブルに入力し、補償テーブルに対して電圧に依存したトルク補償値を出力して補償するもので、図に基づいて以下に詳述する。

[0019] 図1は、本発明の第1の実施例を示す概略構成図である。基本的には図14のように構成されるが、制御対象20は、ここではインバータの主回路やモータ等を含み、回転数検出部21によってモータの回転数 N が検出される。また、インバータの直流回路から電圧 V が検出されて回転数 N と共に補償テーブル22に入力される。補償テーブル22は1～ n 個の複数の補償テーブルを有し、図14で示す T_{ref}^* に相当するトルク設定値 T_{cmd} も入力される。

[0020] 補償テーブル22でのデータ取得方法としては、図13で示すシステムを

用いてトルク設定値 T_{cmd} と回転数 N を変更し、そのポイントでの振動抑制の補償値を取得する。これを想定動作範囲の全点で繰返し行なって実験データを取得する。最終的に全実験データから、そのまま若しくは部分的に補間処理を行って補償テーブルを生成する。

[0021] 本発明では、さらに電圧による変動値を考慮して、インバータ主電源の直流電圧 V も変動要素に加えて補償テーブル 22 によりトルク補償値 T_{cn} を生成する。これにより図 2 で示すような（トルク i 点 $\times$ 回転数 j 点） $\times$ 主電圧 k 点の補償テーブルデータを生成し、これを周期外乱自動抑制装置に実装してフィードフォワード制御を行う。すなわち、検出された電圧 V に基づいて線 11 又は 12 のような特性でトルク補償値 T_{cn} が求められる。

[0022] 図 3 は補償テーブルの詳細図を示したものである。 n 個の補償テーブルはそれぞれ実数部の補償テーブル 22A と虚数部の補償テーブル 22B を有し、それぞれにはトルク設定値 T_{cmd} と回転数 N が入力されて入力値に対応したトルク T_a 、 T_b が選択され、補償値補正部（加算部）23 において実数値 T_{an} と虚数値 $j T_{bn}$ との和がトルク補償値 T_{cn} となる。

[0023] テーブル参照時には、補償テーブル 22 のデータに対してトルク設定値 T_{cmd} に対する検出された現在の回転数 N と主電源電圧 V から補償値を参照し、振動抑制のトルク補償値 T_{cn} を減算部に出力してトルク設定値 T_{cmd} との偏差を求め、この偏差と周期外乱 dT_n の加算値が制御対象 20 に入力されて振動抑制が行われる。

[0024] 本実施例によれば、上位に制御指令値を発生する制御器を持ち、周期性外乱が発生する制御対象に対し、周期外乱オブザーバを用いて取得した振動抑制用補償テーブルによって振動を抑制するものにおいて、負荷変化による主電源電圧変動をトルク・回転数・主電源電圧をパラメータとする補償テーブルとしたことにより、特に主電源がバッテリーである場合には、モータ制御装置自身が発生するトルクリブルの抑制や、高精度な電流制御応答が可能となるものである。

[0025] 図 4 は第 2 の実施例を示したもので、補償値変動量が制御対象主電源の電

圧変動にのみ依存する場合の例である。補償値変動量が電圧のみに依存する場合、補償テーブル 22 は図 3 で示すように実数部の補償テーブル 22 A と虚数部の補償テーブル 22 B の 1 組のみでよく、且つ実施例 1 のようにトルク・回転数を含めてデータを取得する必要はない。

[0026] この実施例は、主電圧 V をノミナルな主電圧で取得した補償テーブルに対して、主電圧 V を補償値補正部 23 に直接入力して電圧のみに依存した特定テーブルもしくは比例式により演算を行うことによって、補償テーブル保存用のメモリを省き、検出された電圧 V に基づいて図 5 のような補償特性でトルク補償値 T_{cn} が求められる。

[0027] なお、補償値補正部 23 において、一次多項式で補正する場合のトルク補償値 T_{cn} の算出は (1) 式によって行われる。

$$T_{cn} = T_{an} \cdot (a \cdot V + b) + j T_{bn} \cdot (c \cdot V + d) \dots\dots (1)$$

テーブル参照時には、補償テーブル 22 からトルク設定値 T_{cmd} と検出された現在の回転数 N に対応したトルク T_{an} , T_{bn} が選択され、補償値補正部 23 において (1) 式の演算が行われてトルク補償値 T_{cn} が算出される。トルク補償値 T_{cn} は、減算部においてトルク設定値 T_{cmd} との差演算が行われて偏差が求められ、

この偏差と周期外乱 dT_n の加算値が制御対象 20 に入力されて振動抑制が行われる。

[0028] この実施例によれば、制御対象の主電源がバッテリーであるようなシステムにおいて、負荷変化による主電源電圧変動を、主電源電圧をパラメータとする式もしくはテーブルを用いて振動抑制を行うことで、補償テーブル保存用のメモリが省ける効果得られるものである。他は実施例 1 と同様の効果を有するものである。

[0029] 図 6 は第 3 の実施例を示したもので、図 4 との相違点は係数補正テーブル 24 を設けたことである。係数補正テーブル 24 にはトルク設定値 T_{cmd} と検出された回転数 N が入力され、入力値に対応した係数 f_a , f_b , f_c , f_d を補償値補正部 23 に出力するよう構成し、補償値補正部 23 でノミナルな補償

テーブルの補償値を n 次多項式で補正する。この時の多項式係数をトルク・回転数に依存したテーブルもしくは式により補正を行い、補正式のパラメータについては実験又は解析により算出する。

[0030] 図 7 は生成された補償テーブルデータの態様を示したもので、電圧に対応して線 1 又は 1 2 のような特性でトルク補償値 T_{c_n} が求められる。なお、補償値補正部 23 において一次多項式で補正を実施する場合のトルク補償値 T_{c_n} の算出は (2) 式に基づいて行われる。

$$T_{c_n} = T_{a_n} \cdot \{ f_a(T_{cmd}, N) \cdot V + f_b(T_{cmd}, N) \} + j T_{b_n} \cdot \{ f_c(T_{cmd}, N) \cdot V + f_d(T_{cmd}, N) \} \dots\dots$$

(2)

図 8 は係数補正テーブル 24 にはトルク設定値 T_{cmd} のみを入力する場合の例を示したもので、この場合の補償値補正部 23 における一次多項式でのトルク補償値 T_{c_n} の算出は (3) 式に基づいて行われる。

$$T_{c_n} = T_{a_n} \cdot \{ f_a(T_{cmd}) \cdot V + f_b(T_{cmd}) \} + j T_{b_n} \cdot \{ f_c(T_{cmd}) \cdot V + f_d(T_{cmd}) \} \dots\dots (3)$$

また、図 9 は係数補正テーブル 24 には検出された回転数 N のみを入力する場合の例を示したもので、この場合の補償値補正部 23 における一次多項式でのトルク補償値 T_{c_n} の算出は (4) 式に基づいて行われる。

$$T_{c_n} = T_{a_n} \cdot \{ f_a(N) \cdot V + f_b(N) \} + j T_{b_n} \cdot \{ f_c(N) \cdot V + f_d(N) \} \dots\dots\dots$$

(4)

したがって、この実施例 3 によれば、補償テーブルの補償値を n 次多項式で補正することにより、実施例 2 の補償よりもさらに拡張された振動抑制のための補償が可能となるものである。

[0031] 制御対象の主電源がバッテリーであるシステムにおいては、主電源の変動は負荷に伴う内部抵抗による低下（もしくは増加）量は指令値を基準として推定することができる。この実施例はそのような場合に好適なもので、図 10

で示すように制御対象 20 には電圧制御が可能な電圧制御手段 CE を有し、印加電圧 V_{in} を (5) 式の関係から (6) 式に基づいて制御する。

$$V_{in} = V_{bas} - I_{in} \cdot R_{in}$$

$$I_{in} = P_{out} / V_{in}$$

$$P_{out} = \omega \cdot T_{cmd} \quad \dots\dots (5)$$

[0032] [数1]

$$V_{in} = \frac{V_{base} \pm \sqrt{V_{base}^2 - 4R_{in} \cdot \omega \cdot T_{cmd}}}{2} \quad \dots (6)$$

[0033] ここで、 R_{in} : 主電源内部抵抗、 V_{bas} : 主電源内部電圧、 I_{in} : 主電源通流電流、 V_{in} : 機器印加電圧、 P_{out} : 機器出力電圧、 ω : モータ回転数

補償テーブル 22 でのデータ取得方法としては図 12 で示すシステムが用いられ、トルク／速度指令値が電圧演算部 6 に入力されて (5) 式の関係から (6) 式に基づいて電圧 V_{in} を演算し、可変電圧制御部 7 は電圧 V_{in} に基づいてインバータ 1 の直流電圧 V_{dc} を制御する。このときの回転数とトルク検出値を図 13 と同様にコントローラ 5 のトルク脈動抑制手段に保存する。これを瞬間的な負荷電流変動を含む想定動作範囲の全点で繰返し行なって実験データを取得する。最終的に全実験データから、そのまま若しくは部分的に補間処理を行って補償テーブルを生成する。

[0034] この実施例における補償テーブルを利用した振動抑制制御装置としては図 11 が用いられ、補償テーブル 22 にはトルク設定値 T_{cmd} と回転数 N のみが入力される。ノミナルな補償テーブルの生成は、主電源の電圧制御手段 CE の電圧指令を V_{in} とし、動作点毎に、その時のトルク・回転指令値により電圧制御手段 CE が電圧調整を行って補償テーブル 22 によるトルク補償値を生成する。したがって、得られた補償テーブル 22 は予め電圧変動分を考慮したテーブルとなっており、これを周期外乱自動抑制装置に実装することで運転時には電圧変動についても誤差なく振動抑制を達成することができる。

[0035] この実施例によれば、実施例 1～3 と比較して主電源電圧変動を考慮して

も制御機器のメモリ量に変動を与えることなく、振動抑制を精度よく行なうことが可能となる。

[0036] 以上のとおり、本発明によれば、フィードフォワード制御を行うために用いられる補償テーブルを、負荷変化による主電源電圧変動に対しても補償するようにしたもので、これにより、制御対象に変動が生じた場合でも高精度な振動抑制制御を可能としたものである。

請求の範囲

- [請求項1] 制御対象のトルク脈動周波数成分を抽出してトルク脈動を抑制するための補償値を予め補償テーブルにテーブル化し、入力したトルク設定値と検出された回転数によってトルク補償値を求め、求めたトルク補償値とトルク設定値の偏差分を制御対象に入力して周波数成分毎のトルク脈動を抑制するものにおいて、
前記補償テーブルを複数の補償テーブルとし、前記制御対象の主電源電圧を検出して電圧に対応する補償テーブルに入力し、補償テーブルに対して主電源電圧の変動値に連動したトルク補償値を出力するよう構成したことを特徴とする周期外乱自動抑制装置。
- [請求項2] 制御対象のトルク脈動周波数成分を抽出してトルク脈動を抑制するための補償値を予め補償テーブルにテーブル化し、入力したトルク設定値と検出された制御対象の回転数によってトルク補償値を求め、求めたトルク補償値とトルク設定値の偏差分を制御対象に入力して周波数成分毎のトルク脈動を抑制するものにおいて、
前記補償テーブルは実数部を補正する実部補償テーブルと虚数部を補正する虚部補償テーブルを備え、且つ前記制御対象の主電源電圧の検出値 V を入力する補償値補正部を設け、この補償値補正部で、前記実部補償テーブルの出力 $T a$ と虚部補償テーブル $j T b$ との和によるトルク補償値 $T c_n$ を主電源電圧の変動値に連動した特定のテーブルもしくは比例式により補正を行うよう構成したことを特徴とする周期外乱自動抑制装置。
- [請求項3] 前記トルク補償値 $T c_n$ を補正するための比例式は、次式による一次多項式で補正することを特徴とする請求項2記載の周期外乱自動抑制装置。

$$T c_n = T a_n \cdot (a \cdot V + b) + j T b_n \cdot (c \cdot V + d)$$
ただし、添え字の n は n 次成分を示す。
- [請求項4] トルク設定値と制御対象の回転数検出値を入力してトルク・回転数に

依存した多項式用の係数を入力する係数テーブルを設け、この係数テーブルの出力を前記補償値補正部に入力し、この補償値補正部でトルク・回転数に依存したテーブルもしくは比例式によりトルク補償値 T_{c_n} の補正を行うよう構成したことを特徴とする請求項 2 記載の周期外乱自動抑制装置。

[請求項 5] 前記トルク補償値 T_{c_n} を補正するための比例式は、次式による一次多項式で補正することを特徴とする請求項 4 記載の周期外乱自動抑制装置。

$$T_{c_n} = T_{a_n} \cdot \{ f_a(T_{cmd}, N) \cdot V + f_b(T_{cmd}, N) \} + j T_{b_n} \cdot \{ f_c(T_{cmd}, N) \cdot V + f_d(T_{cmd}, N) \}$$

ただし、 $f_a \sim f_d$ は係数、 T_{cmd} はトルク設定値、 N は回転数、 V は電圧検出値、 n は n 次成分

[請求項 6] トルク設定値を入力してトルク依存した多項式用の係数を入力する係数テーブルを設け、この係数テーブルの出力を前記補償値補正部に入力し、この補償値補正部でトルクに依存したテーブルもしくは比例式によりトルク補償値 T_{c_n} の補正を行うよう構成したことを特徴とする請求項 2 記載の周期外乱自動抑制装置。

[請求項 7] 前記トルク補償値 T_{c_n} を補正するための比例式は、次式による一次多項式で補正することを特徴とする請求項 6 記載の周期外乱自動抑制装置。

$$T_{c_n} = T_{a_n} \cdot \{ f_a(T_{cmd}) \cdot V + f_b(T_{cmd}) \} + j T_{b_n} \cdot \{ f_c(T_{cmd}) \cdot V + f_d(T_{cmd}) \}$$

ただし、 $f_a \sim f_d$ は係数、 T_{cmd} はトルク設定値、 V は電圧検出値、 n は n 次成分

[請求項 8] 前記制御対象の回転数検出値を入力して回転数に依存した多項式用の係数を入力する係数テーブルを設け、この係数テーブルの出力を前記補償値補正部に入力し、この補償値補正部で回転数に依存したテーブ

ルもしくは比例式によりトルク補償値 T_{c_n} の補正を行うよう構成したことを特徴とする請求項 2 記載の周期外乱自動抑制装置。

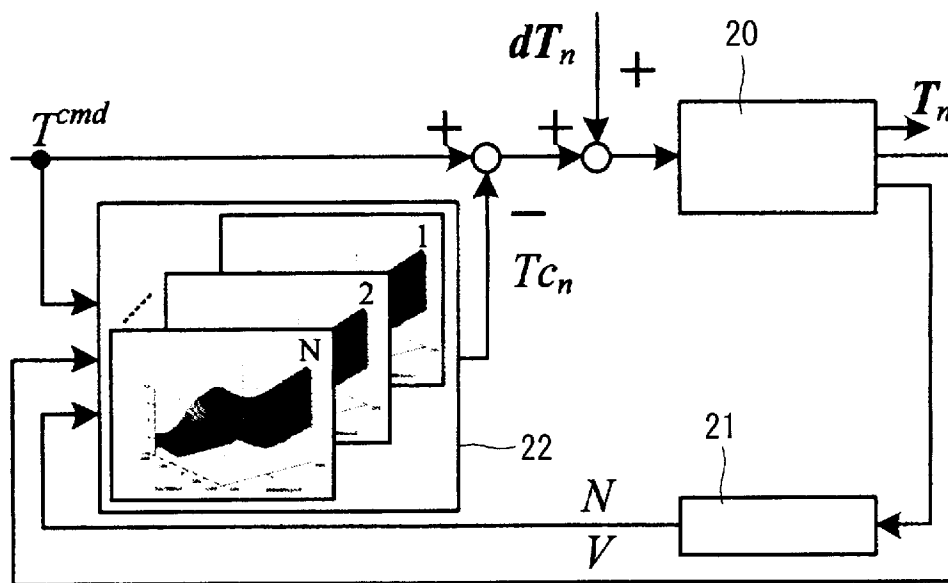
[請求項 9] 前記トルク補償値 T_{c_n} を補正するための比例式は、次式による一次多項式で補正することを特徴とする請求項 8 記載の周期外乱自動抑制装置。

$$T_{c_n} = T_{a_n} \cdot \{ f_a(N) \cdot V + f_b(N) \} + j T_{b_n} \cdot \{ f_c(N) \cdot V + f_d(N) \}$$

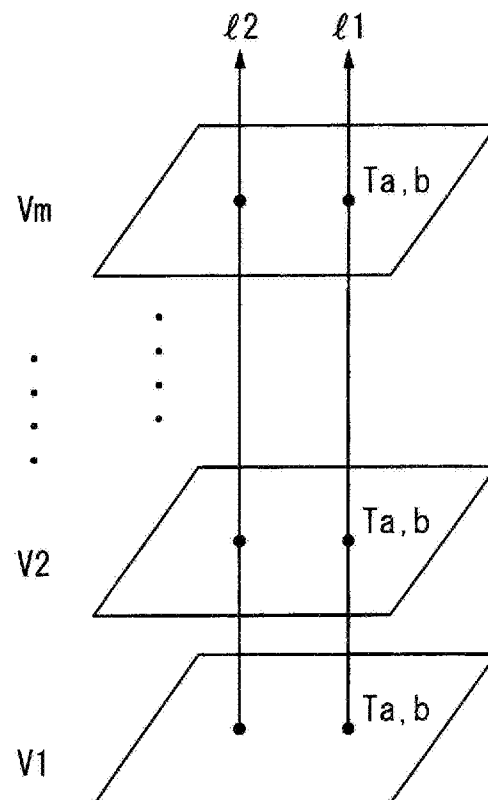
ただし、 $f_a \sim f_d$ は係数、 N は回転数、 V は電圧検出値、 n は n 次成分

[請求項 10] 制御対象のトルク脈動周波数成分を抽出してトルク脈動を抑制するための補償値を予め補償テーブルにテーブル化し、入力したトルク設定値と検出された制御対象の回転数によってトルク補償値を求め、求めたトルク補償値とトルク設定値の偏差分を制御対象に入力して周波数成分毎のトルク脈動を抑制するものにおいて、
前記制御対象は、主電源をバッテリーとし、電圧を可変制御可能とした電圧制御手段を備え、前記補償テーブルは、予め電圧制御手段による動作点毎の調整された印過電圧による補正值によって生成された補償テーブルであることを特徴とした周期外乱自動抑制装置。

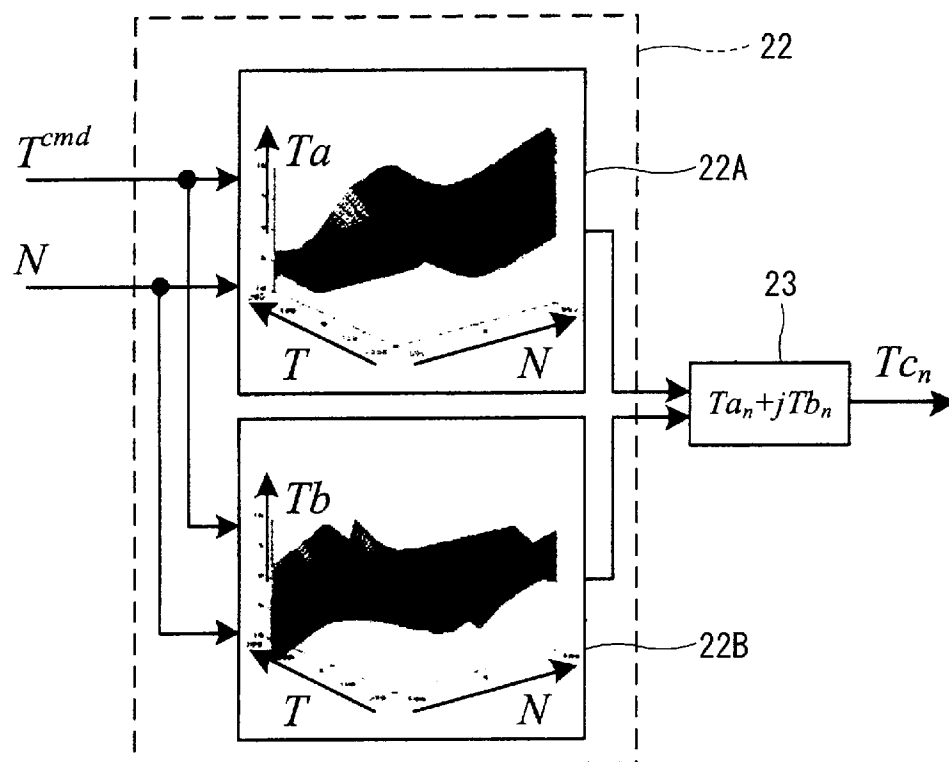
[図1]



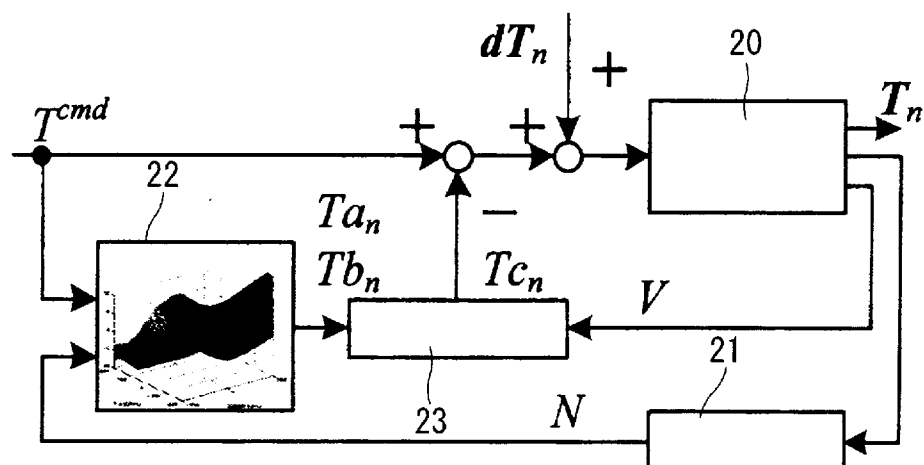
[図2]



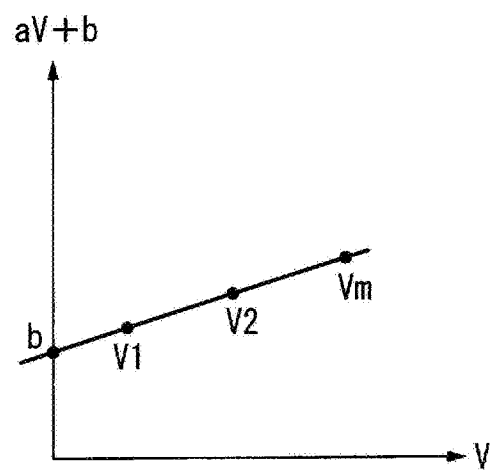
[図3]



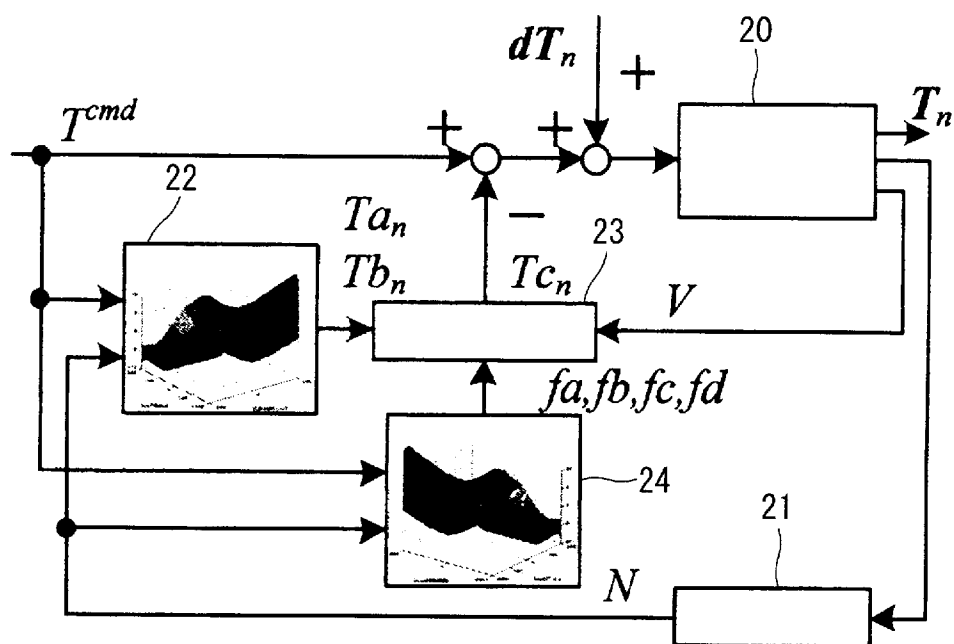
[図4]



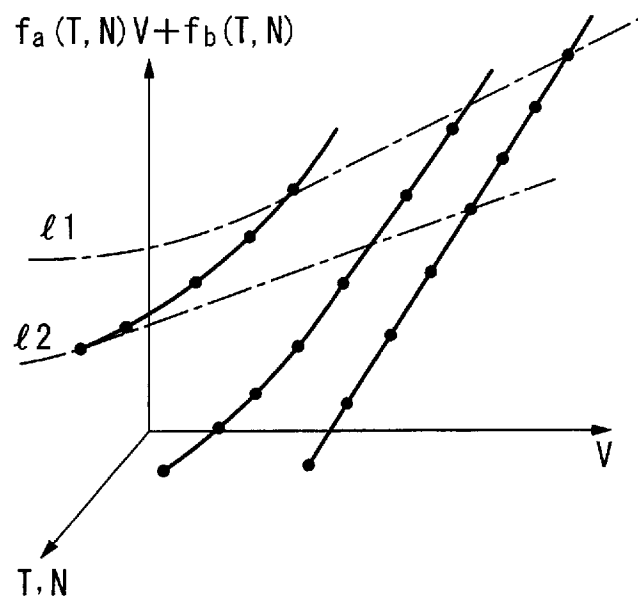
[図5]



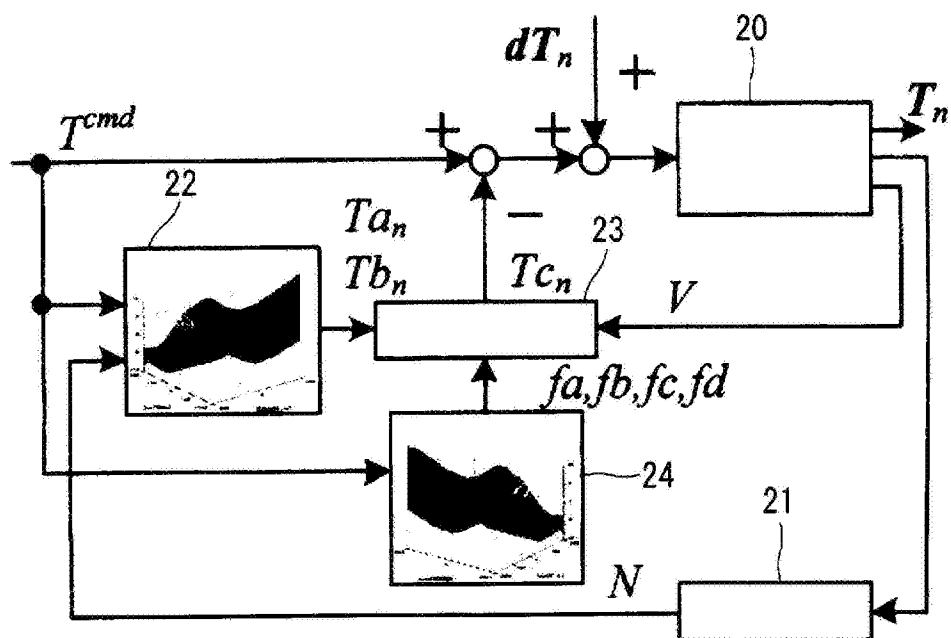
[図6]



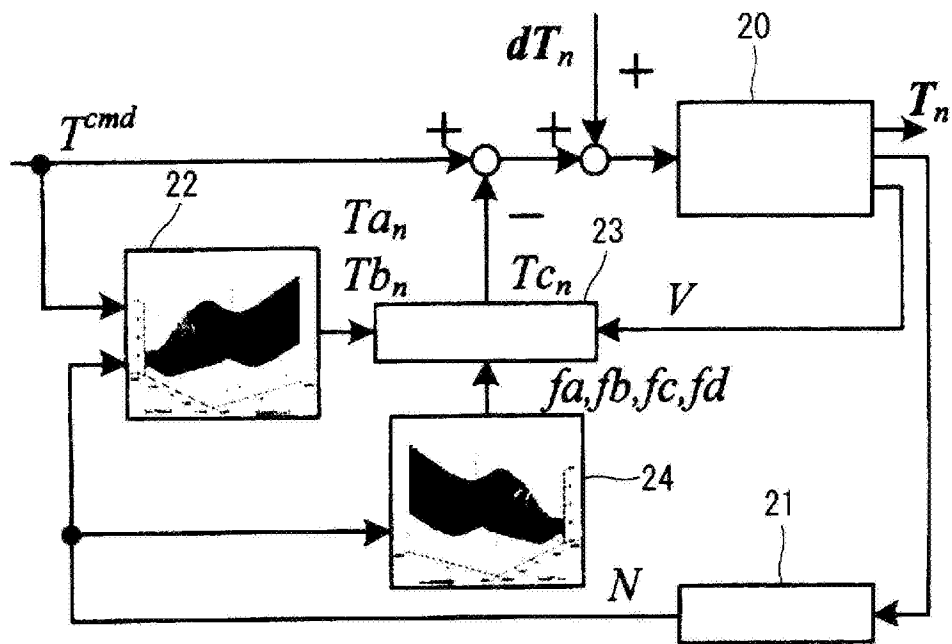
[図7]



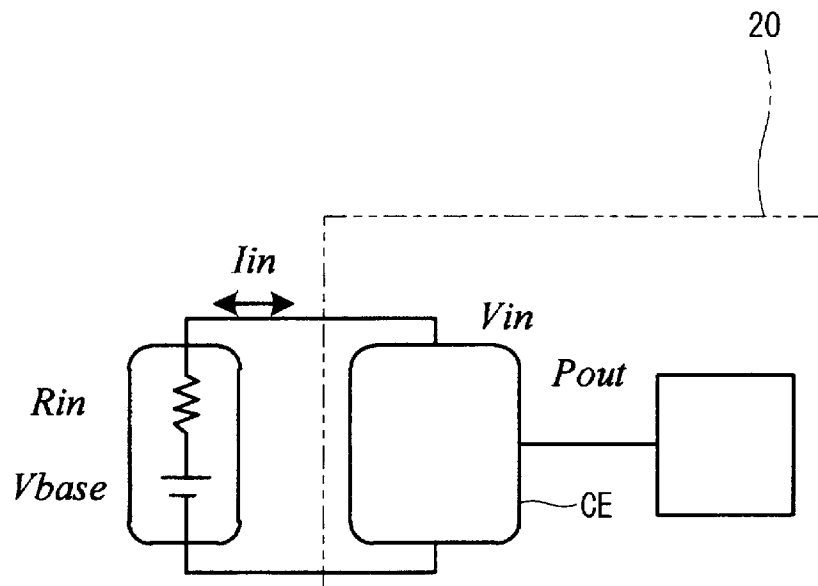
[図8]



[図9]



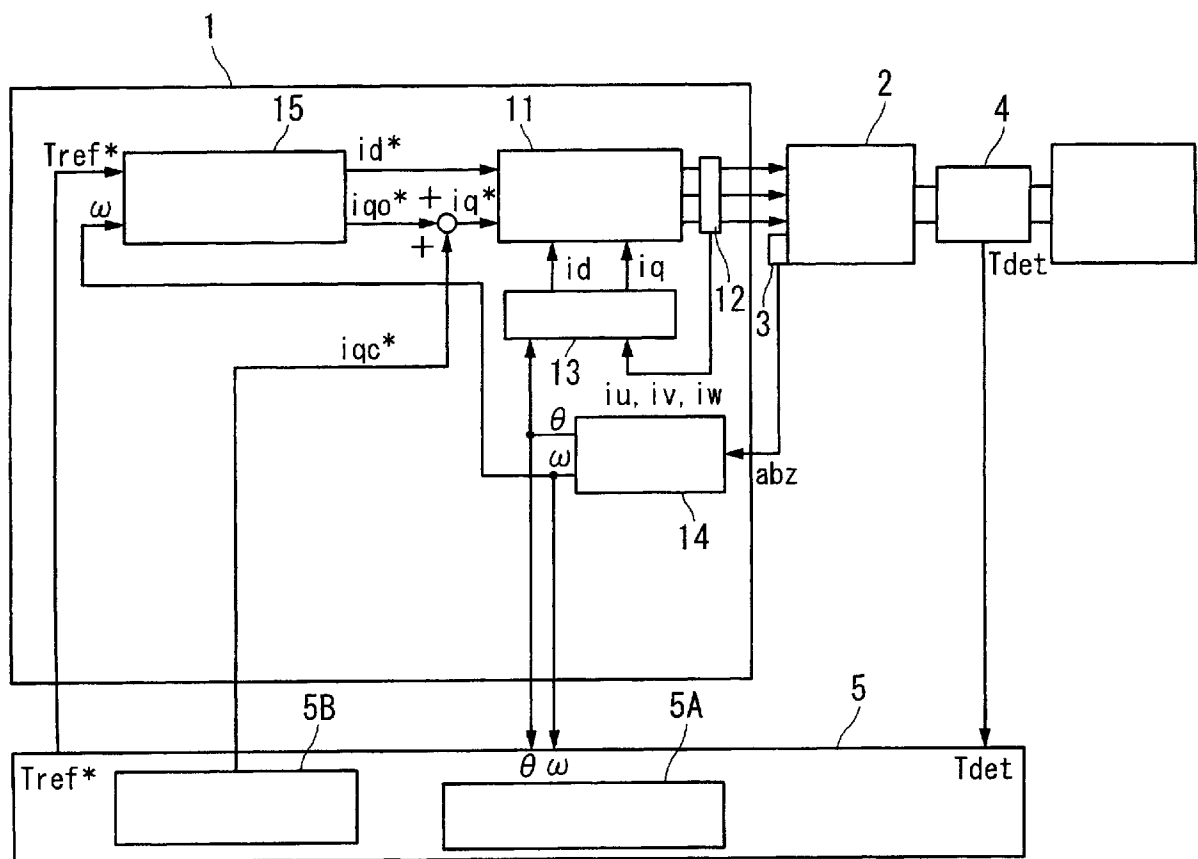
[図10]



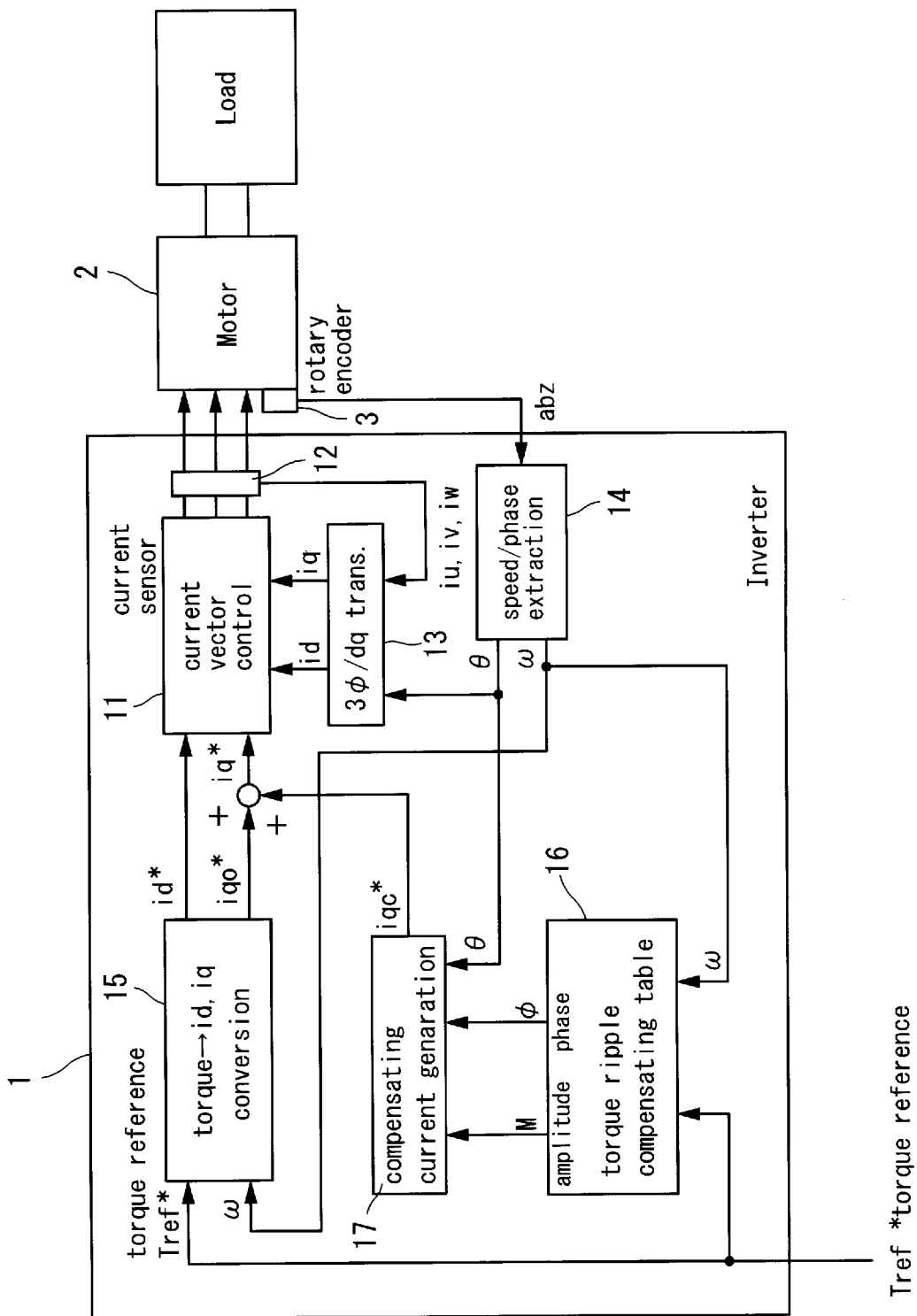
The diagram illustrates a temperature control system with two summing junctions and two main process blocks. The reference temperature T_{cmd} is compared with the feedback temperature T_n at the first summing junction. The error signal is then integrated (represented by a block with an integrator symbol) to produce the control signal T_{cn} . This signal is compared with the setpoint T_n at the second summing junction, where a disturbance dT_n is also added. The output of the second summing junction is the control signal for block 20. Block 20 outputs T_n , which is fed back to the first summing junction. Block 20 also outputs a signal N to block 21, which outputs a signal back to block 20.

The diagram illustrates a motor control system. A power source (6) provides input voltage V_{in} to a converter (7). The converter (7) outputs a DC voltage V_{dc} to a motor (1). The motor (1) is connected to a motor driver (2). The motor driver (2) receives reference signals T_{ref}^* and i_d^*, i_q^* from a control unit (5). The control unit (5) also receives feedback signals θ and T_{det} from the motor driver (2). The motor driver (2) is connected to a motor (1) via a transmission (TM). The motor (1) is connected to a load (3). The load (3) is connected to a motor (1) via a transmission (TM). The motor (1) is connected to a load (3) via a transmission (TM). The motor (1) is connected to a load (3) via a transmission (TM).

[図13]



[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/065374

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02P29/00(2006.01)i, H02P6/04(2006.01)i, H02P6/06(2006.01)i, H02P6/08(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)

H02P29/00, H02P6/04, H02P6/06, H02P6/08

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	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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 2011-50118 A (Meidensha Corp.), 10 March 2011 (10.03.2011), claims 1 to 8; paragraphs [0033] to [0070]; fig. 1 to 11 (Family: none)	1-10
Y	JP 2007-274782 A (Aisin AW Co., Ltd.), 18 October 2007 (18.10.2007), claims 1 to 4; paragraphs [0017] to [0084]; fig. 1 to 6 (Family: none)	1-10
Y	JP 2000-228892 A (Hitachi, Ltd.), 15 August 2000 (15.08.2000), paragraphs [0015] to [0040]; fig. 1 to 9 & US 6329781 B1	1-10

☒ 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
13 August, 2014 (13.08.14)

Date of mailing of the international search report
26 August, 2014 (26.08.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/065374

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2013-85330 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 09 May 2013 (09.05.2013), paragraphs [0029] to [0071]; fig. 1 to 9 (Family: none)	1-10

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H02P29/00(2006.01)i, H02P6/04(2006.01)i, H02P6/06(2006.01)i, H02P6/08(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（I P C））

Int.Cl. H02P29/00, H02P6/04, H02P6/06, H02P6/08

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 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 2011-50118 A（株式会社明電舎）2011.03.10, 請求項 1-8, 段落【0033】 - 【0070】, 図 1-11（ファミリーなし）	1-10
Y	JP 2007-274782 A（アイシン・エイ・ダブリュ株式会社）2007.10.18, 請求項 1-4, 段落【0017】 - 【0084】, 図 1-6（ファミリーなし）	1-10
Y	JP 2000-228892 A（株式会社日立製作所）2000.08.15, 段落【0015】 - 【0040】, 図 1-9 & US 6329781 B1	1-10

☒ 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

1 3 . 0 8 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

2 6 . 0 8 . 2 0 1 4

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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）

森山 拓哉

3 V

3 9 2 4

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 5 7

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 2013-85330 A (三菱重工業株式会社) 2013.05.09, 段落【0029】 - 【0071】, 図 1-9 (ファミリーなし)	1-10