

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2018年12月20日(20.12.2018)



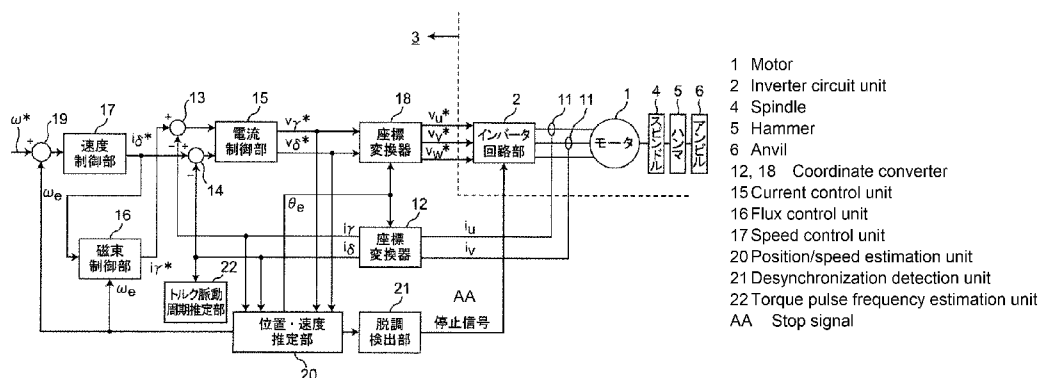
(10) 国際公開番号

WO 2018/230141 A1

- (51) 国際特許分類:
B25B 21/02 (2006.01) B25B 23/147 (2006.01) 大阪府大阪市中心区城見2丁目1番61号 Osaka (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/015812 (72) 発明者: 米田 文生(YONEDA, Fumiiki).
- (22) 国際出願日: 2018年4月17日(17.04.2018) (74) 代理人: 鮫島 睦, 外 (SAMEJIMA, Mutsumi et al.); 〒5300017 大阪府大阪市北区角田町8番1号梅田阪急ビルオフィスタワー青山特許事務所 Osaka (JP).
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2017-118969 2017年6月16日(16.06.2017) JP
- (71) 出願人: パナソニックIPマネジメント株式会社(PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY MANAGEMENT CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5406207
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,

(54) Title: IMPACT ELECTRICAL TOOL

(54) 発明の名称: インパクト電動工具



(57) Abstract: An impact electrical tool comprising a striking mechanism linked to a motor, and a control unit for controlling the operation of the motor, wherein the control unit is provided with a speed control unit or a current control unit that compensates for periodic fluctuation in the load torque of the motor, the fluctuation being caused by the striking mechanism, and holds the speed of the motor at a given value. The speed control unit or current control unit is provided with a repetition compensator or a resonant filter for compensating for the fluctuation in the load torque of the motor, and obtains the frequency or the period of the fluctuation in the load torque of the motor that is caused by the striking mechanism from a pulse component of a current contributing to the generation of torque in the motor.

(57) 要約: モータに連結された打撃機構と、モータの動作を制御する制御部を備えたインパクト電動工具において、制御部は、打撃機構に起因する周期的なモータの負荷トルクの変動を補償して、モータの回転数を一定に保持する速度制御部もしくは電流制御部を備える。速度制御部もしくは電流制御部は、モータの負荷トルクの変動を補償する繰り返し補償器もしくは共振型フィルタを備え、モータのトルク発生に寄与する電流の脈動成分から、打撃機構に起因するモータの負荷トルク変動の周波数もしくは周期を得る。

MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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

添付公開書類：

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

明 細 書

発明の名称：インパクト電動工具

技術分野

[0001] 本開示は、例えばモータを制御するモータ制御部を備えたインパクト電動工具に関する。

背景技術

[0002] 近年、締付工具において、モータの回転をハンマによる打撃に変換し、その強い衝撃力で締付作業を行うことが可能なインパクト電動工具が多く用いられる。このインパクト電動工具は、減速機のみを用いた従来の回転工具と比較して、小型で高効率、高トルク及び低反力で作業者負担が小さい等の特徴がある。

[0003] しかし、一方で騒音や振動、打撃機構とモータの協調制御等の課題がある。その課題解決手法の一例として、例えば特許文献1では、モータの回転数の極小値もしくは電流の極大値を検出して、PWMデューティを変える方法や、特許文献2では、モータの回転により衝撃を検出して、モータへの電力の供給を低減する方法が提案されている。

[0004] また、例えば特許文献3では、インパクト電動工具において、インパクトの回転を維持するための無駄な電力をカットし、なおかつ高いインパクト打撃力を有するインパクト電動工具が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特許第5 1 1 5 9 0 4 号公報

特許文献2：特許第4 4 8 4 4 4 7 号公報

特許文献3：特許第3 7 9 1 2 2 9 号公報

特許文献4：特許第4 4 8 0 6 9 6 号公報

特許文献5：特許第4 1 9 8 1 6 2 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、特許文献 1～3 にかかる方法では、着座や貫通等で負荷トルクが急変した場合に、モータの回転数及び電流が急変し、モータ制御や打撃動作自体が不安定になったり、制御の不調が原因で、モータの脱調、停止、打撃機構の破損等を生じさせる問題があった。

[0007] 本開示の目的は以上の問題点を解決し、モータと打撃機構を協調制御することにより、モータの回転数を安定化させ、より効果的な打撃と安定した締付けトルクの発生を可能にして、モータの脱調や打撃機構の破損を防止できるインパクト電動工具を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0008] 本開示の一態様にかかるインパクト電動工具は、
モータと、前記モータに連結された打撃機構と、前記モータの動作を制御する制御部を備えたインパクト電動工具において、

前記制御部は、前記打撃機構に起因する周期的な前記モータの負荷トルクの変動を補償することで、前記モータの回転数を一定に保持する速度制御部もしくは電流制御部を備えたことを特徴とする。

発明の効果

[0009] 本開示に係るインパクト電動工具によれば、インパクト電動工具特有の打撃機構に起因する周期的なモータの負荷トルク変動を補償できて、モータの回転数をより安定化することができる。そのため、より効果的な打撃と安定した締付けトルクの発生が可能になり、加えて、モータの脱調や打撃機構の破損が防止できる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]本開示の実施形態 1 にかかるインパクト電動工具の構成例を示すブロック図である。

[図2]図 1 のインパクト電動工具のモータ 1 の解析モデル図である。

[図3]図 1 のインパクト電動工具の詳細構成例を示すブロック図である。

[図4]図3の速度制御部17の詳細構成例を示すブロック図である。

[図5]変形例にかかる速度制御部17Aの詳細構成例を示すブロック図である。

[図6]図5の速度制御部17Aにおいて速度変動を低減する原理を説明するためのグラフである。

[図7]図5の共振型フィルタ54の振幅及び位相の周波数特性を示すグラフである。

[図8]別の実施形態における電流制御部15の詳細構成例を示すブロック図である。

[図9]別の実施形態における電流制御部15Aの詳細構成例を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、本開示の実施形態につき、図面を参照して具体的に説明する。参照する各図において、同一の部分には同一の符号を付し、同一の部分に関する重複する説明を原則として省略する。また、参照する各図において、同一の記号（ θ 、 ω など）を付したものは同一のものである。また、説明の簡略化上、状態量などを記号のみにて表記する場合がある。つまり、例えば、「推定モータ速度 ω 。」を、単に「 ω 。」と記すことがあるが、両者は同一のものを意味する。

[0012] 図1は本開示の実施形態1にかかるインパクト電動工具の構成例を示すブロック図である。図1において、実施形態1にかかるインパクト電動工具は例えばインパクト電動ドライバ、インパクト電動レンチなどであって、モータ1と、インバータ回路部2と、モータ制御部3と、スピンドル4と、ハンマ5と、アンビル6と、ユーザーインターフェース部（UI部）7を備えて構成する。

[0013] 図1において、モータ1は、例えば永久磁石を回転子（図示せず）に、電機子巻線を固定子（図示せず）に設けた三相永久磁石同期モータで構成する。以下の説明において、単に、電機子巻線及び回転子といった場合、それら

は、それぞれ、モータ 1 の固定子に設けられた電機子巻線及びモータ 1 の回転子を意味するものとする。モータ 1 は、例えば埋込磁石形同期モータ（IPMSM）に代表される突極機（突極性を有するモータ）であるが、非突極機であっても構わない。ここで、モータ 1 の回転軸はスピンドル 4 を介してハンマ 5 に連結され、モータ 1 によってスピンドル 4 が回転され、スピンドル 4 の回転に伴ってハンマ 5 が回転する。そして、回転されたハンマ 5 によりアンビル 6 が打撃されて、ハンマ 5 によるインパクト打撃がアンビル 6 を介して、例えばドライバビットなどの被加工部材に伝達される。従って、スピンドル 4、ハンマ 5 及びアンビル 6 は打撃機構を構成する。

[0014] インバータ回路部 2 は、モータ 1 の回転子位置に応じてモータ 1 の電機子巻線に U 相、V 相及び W 相から成る三相交流電圧を供給する。モータ 1 の電機子巻線に供給される電圧をモータ電圧（電機子電圧） V_a とし、インバータ回路部 2 からモータ 1 の電機子巻線に供給される電流をモータ電流（電機子電流） I_a とする。

[0015] モータ制御部 3 は例えば位置センサレス制御機能を有し、モータ電流 I_a を用いてモータ 1 の回転子位置や回転速度等を推定し、モータ 1 を所望の回転速度で回転させるための信号をインバータ回路部 2 に与える。なお、この所望の回転速度は、ユーザーインターフェース部 7 で予め設定され、ユーザが操作するトリガスイッチ（図示せず）に連動して、モータ制御部 3 に、モータ速度指令値 ω^* として出力される。

[0016] 図 2 は図 1 のインパクト電動工具のモータ 1 の解析モデル図である。図 2 において、U 相、V 相、W 相の電機子巻線固定軸が示されている。モータ 1 の回転子を構成する永久磁石 1 a が発生する磁束と同じ速度で回転する回転座標系において、永久磁石 1 a が発生する磁束の方向を d 軸にとり、d 軸に対応する制御上の推定軸を γ 軸とする。また、図示していないが、d 軸から電気角で 90 度進んだ位相に q 軸をとる、 γ 軸から電気角で 90 度進んだ位相に推定軸である δ 軸をとる。d 軸と q 軸を座標軸に選んだ回転座標系の座標軸を d-q 軸（実軸）と呼ぶ。制御上の回転座標系（推定回転座標系）は

γ 軸と δ 軸を座標軸に選んだ座標系であり、その座標軸を $\gamma - \delta$ 軸と呼ぶ。

[0017] $d - q$ 軸は回転しており、その回転速度（すなわち、モータ 1 の回転子の回転速度）を実モータ速度 ω と呼ぶ。 $\gamma - \delta$ 軸も回転しており、その回転速度を推定モータ速度 ω_e と呼ぶ。また、ある瞬間の回転している $d - q$ 軸において、 d 軸の位相を U 相の電機子巻線固定軸を基準として θ （実回転子位置 θ ）により表す。同様に、ある瞬間の回転している $\gamma - \delta$ 軸において、 γ 軸の位相を U 相の電機子巻線固定軸を基準として θ_e （推定回転子位置 θ_e ）により表す。そうすると、 d 軸と γ 軸との軸誤差 $\Delta \theta$ （ $d - q$ 軸と $\gamma - \delta$ 軸との軸誤差 $\Delta \theta$ ）は、 $\Delta \theta = \theta - \theta_e$ で表される。なお、パラメータ ω_* 、 ω 及び ω_e は、電気角速度にて表される。

[0018] 以下の記述において、モータ電圧 V_a の γ 軸成分、 δ 軸成分、 d 軸成分及び q 軸成分を、それぞれ γ 軸電圧 v_γ 、 δ 軸電圧 v_δ 、 d 軸電圧 v_d 及び q 軸電圧 v_q で表し、モータ電流 I_a の γ 軸成分、 δ 軸成分、 d 軸成分及び q 軸成分を、それぞれ γ 軸電流 i_γ 、 δ 軸電流 i_δ 、 d 軸電流 i_d 及び q 軸電流 i_q で表す。

[0019] また、 R_a は、モータ抵抗（モータ 1 の電機子巻線の抵抗値）であり、 L_d 、 L_q はそれぞれ d 軸インダクタンス（モータ 1 の電機子巻線のインダクタンスの d 軸成分）、 q 軸インダクタンス（モータ 1 の電機子巻線のインダクタンスの q 軸成分）であり、 Φ_a は、永久磁石 1 a による電機子鎖交磁束である。なお、 L_d 、 L_q 、 R_a 及び Φ_a は、インパクト電動工具のためのモータ駆動システムの製造時に定まる値であり、それらの値はモータ制御部 3 の演算にて使用する。

[0020] 図 3 は図 1 のインパクト電動工具の詳細構成例を示すブロック図である。図 3 において、モータ制御部 3 は、電流検出器 11 と、座標変換器 12、減算器 13、減算器 14、電流制御部 15、磁束制御部 16、速度制御部 17、座標変換器 18、減算器 19、位置・速度推定部 20、脱調検出部 21、トルク脈動周期推定部 22 とを備えて構成する。

[0021] 電流検出器 11 は、例えばホール素子等から成り、インバータ回路部 2 か

らモータ 1 に供給されるモータ電流 i_u の U 相電流（U 相の電機子巻線に流れる電流） i_u 及び V 相電流（V 相の電機子巻線に流れる電流） i_v を検出する。なお、これらの電流は、インバータ回路部 2 にシャント抵抗等を組み込んだ各種既存の電流検出方式で検出しても構わない。座標変換器 12 は、電流検出器 11 からの U 相電流 i_u 及び V 相電流 i_v の検出結果を受信し、位置・速度推定部 20 からの推定回転子位置 θ_e に基づいて、次式（1）により、 γ 軸電流 i_γ （モータの磁束を制御する電流）と、 δ 軸電流 i_δ （モータの供給トルクに正比例し、モータの回転トルクの発生に直接寄与する電流）とに変換する。

[0022] [数1]

$$\begin{bmatrix} i_\gamma \\ i_\delta \end{bmatrix} = \sqrt{2} \begin{bmatrix} \sin(\theta_e + \pi/3) & \sin \theta_e \\ \cos(\theta_e + \pi/3) & \cos \theta_e \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_u \\ i_v \end{bmatrix} \quad \dots (1)$$

[0023] 位置・速度推定部 20 は、推定回転子位置 θ_e と推定モータ速度 ω_e を推定して出力する。推定回転子位置 θ_e と推定モータ速度 ω_e の推定手法については、例えば特許文献 4 で開示された方法を用いることができる。

[0024] トルク脈動周期推定部 22 は、インパクト電動工具における打撃機構に起因する周期的なモータの負荷トルク変動の周波数もしくは周期を、 δ 軸電流 i_δ の脈動成分の周波数もしくは周期から特定し、後述する繰り返し補償器 53 並びに、共振型フィルタ 54 に出力する。

[0025] δ 軸電流は、モータの供給トルクに正比例し、モータの回転トルクの発生に直接寄与する電流である。そのため、その脈動成分の周波数もしくは周期を検出することで、インパクト電動工具における打撃機構に起因する周期的なモータの負荷トルク変動の周波数もしくは周期を特定することができる。

[0026] なお、 δ 軸電流の脈動成分の周波数もしくは周期の検出は、例えば、 δ 軸電流をバンドパスフィルタ等でフィルタ処理後、その信号の零クロスを検出して、その零クロス信号の時間間隔等を計測すればよい。

[0027] 減算器 19 は、ユーザーインターフェース部 7 から与えられるモータ速度

指令値 ω^* から、位置・速度推定部20から与えられる推定モータ速度 ω_e を減算し、その減算結果の速度誤差($\omega^* - \omega_e$)を出力する。速度制御部17は、減算器19の減算結果($\omega^* - \omega_e$)に基づいて、例えばPI(Proportional Integral)制御器52及び繰り返し補償器53(図4)を用いて δ 軸電流指令値 i_δ^* を生成する。 δ 軸電流指令値 i_δ^* は、モータ電流 i_a の δ 軸成分である δ 軸電流 i_δ が追従すべき電流の値を表す。磁束制御部16は、 γ 軸電流指令値 i_γ^* を出力する。この際、必要に応じて、 δ 軸電流指令値 i_δ^* 及び推定モータ速度 ω_e を参照する。 γ 軸電流指令値 i_γ^* は、モータ電流 i_a の γ 軸成分である γ 軸電流 i_γ が追従すべき電流の値を表す。

[0028] 減算器13は、磁束制御部16から出力される γ 軸電流指令値 i_γ^* から、座標変換器12から出力される γ 軸電流 i_γ を減算して、減算結果の電流誤差($i_\gamma^* - i_\gamma$)を算出する。減算器14は、速度制御部17から出力される δ 軸電流指令値 i_δ^* から、座標変換器12から出力される δ 軸電流 i_δ を減算して、減算結果である電流誤差($i_\delta^* - i_\delta$)を算出する。

[0029] 電流制御部15は、減算器13及び14で算出された各電流誤差を受信し、 γ 軸電流 i_γ が γ 軸電流指令値 i_γ^* に追従するように、かつ δ 軸電流 i_δ が δ 軸電流指令値 i_δ^* に追従するように、 γ 軸電圧指令値 v_γ^* と δ 軸電圧指令値 v_δ^* を算出して出力する。

[0030] 座標変換器18は、位置・速度推定部20から与えられる推定回転子位置 θ_e に基づいて、 γ 軸電圧指令値 v_γ^* 及び δ 軸電圧指令値 v_δ^* の逆変換を行い、モータ電圧 V_a のU相成分、V相成分及びW相成分を表すU相電圧指令値 v_u^* 、V相電圧指令値 v_v^* 及びW相電圧指令値 v_w^* から成る三相の電圧指令値を生成して、それらをインバータ回路部2に出力する。この逆変換には、次式(2)を用いる。

[0031]

[数2]

$$\begin{bmatrix} v_u^* \\ v_v^* \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} \cos \theta_e & -\sin \theta_e \\ \cos(\theta_e - 2\pi/3) & -\sin(\theta_e - 2\pi/3) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_\gamma^* \\ v_\delta^* \end{bmatrix} \quad \dots (2)$$

$$v_w^* = -(v_u^* + v_v^*)$$

[0032] インバータ回路部2は、モータ1に印加されるべき電圧を表す三相の電圧指令値（ v_u^* 、 v_v^* 及び v_w^* ）に基づいてパルス幅変調された信号を生成し、当該三相の電圧指令値（ v_u^* 、 v_v^* 及び v_w^* ）に応じたモータ電流 I_a をモータ1の電機子巻線に供給してモータ1を駆動する。

[0033] 脱調検出部21は、位置・速度推定部20にて採用される回転子の回転速度の推定方式と異なる推定方式（例えば、特許文献5参照）を用いて、回転子の回転速度を推定し、その差異が大きい場合に脱調と見なして、モータ1を強制停止させる。

[0034] 図4は図3の速度制御部17の詳細構成例を示すブロック図である。図4において、速度制御部17は、加算器51と、PI制御器52と、繰り返し補償器53とを備えて構成する。

[0035] 従来技術で説明したように、打撃機構に起因する周期的な負荷トルクの変動がモータの速度制御、電流制御を不安定にし、最終的に打撃にも影響を与える。そのため、この周期的なトルク変動に起因する速度制御の遅れを事前にどう補償するかがポイントとなる。本実施形態では、速度制御部17は、特に、負荷トルクの変動に対応する1周期前の速度偏差に基づいて、繰り返し補償値 $\omega_{e,rc}$ を有する繰り返し補償信号を発生し、当該モータ1の速度指令値と速度推定値との間の速度偏差（ $\omega^* - \omega_e$ ）に加算することで、前記モータの負荷トルクの変動を補償することを特徴とする。

[0036] 図4において、加算器51はモータ1の速度指令値と速度推定値との間の速度偏差（ $\omega^* - \omega_e$ ）に対して、繰り返し補償器53からの繰り返し補償値 $\omega_{e,rc}$ を有する繰り返し補償信号を発生して、PI制御器52及び繰り返し補償器53に出力する。PI制御器52は、前記速度偏差（ $\omega^* - \omega_e$ ）と繰り返し補償器53からの繰り返し補償信号を発生して、PI制御器52及び繰り返し補償器53に出力する。PI制御器52は、前記速度偏差（ $\omega^* - \omega_e$ ）と繰り返し補償器53からの繰り返し補償信号を発生して、PI制御器52及び繰り返し補償器53に出力する。

返し補償値 ω_{erc} の加算値に基づいて、例えば公知のPI (Proportional Integral) 制御方法を用いて δ 軸電流指令値 $i_{\delta*}$ を生成して出力する。また、繰り返し補償器53は次式(3)を用いて繰り返し補償値 ω_{erc} を有する繰り返し補償信号を発生して加算器51に出力する。

$$[0037] \quad \omega_{erc} = \omega_{er} \times e^{-Ls} \quad \dots (3)$$

[0038] ここで、 L はトルク脈動の周期、 s はラプラス演算子、 e は自然対数の底である。

[0039] 繰り返し補償制御は、例えばロボットの繰返し動作に現れる周期的な目標信号への追従やモータなど回転系で生じる回転数に同期した周期的な外乱除去のための有効な制御系であって、基本的な考え方はサーボ系に要求される「内部モデル原理」であり、周期信号の発生器のモデルをフィードバック内に持つサーボ系となっている。その特徴は、1周期前の偏差信号を利用している点にあり、繰り返し動作を続けていくことにより、速度偏差が減少する学習制御系の一種である。

[0040] 図4の繰り返し補償を用いたPI制御方法によれば、モータ1の回転数により安定化するため、効果的な打撃と安定した締付けトルクの発生が可能になる。また、加えて、モータ1の脱調や打撃機構の破損等も防止できる。

[0041] 以上説明したように本実施形態では、速度制御部17は、特に、負荷トルクの偏差に対応する速度偏差 ω_{er} を有する1周期前の負荷トルクの偏差信号に基づいて、繰り返し補償値 ω_{erc} を有する繰り返し補償信号を発生して、当該繰り返し補償信号を前記モータ1の速度指令値と速度推定値との間の速度偏差($\omega^* - \omega_e$)に加算することで、前記モータ1の負荷トルクの変動を補償できる。

[0042] そのため打撃機構によりモータの負荷トルクが周期的に脈動しても、モータの回転数を動的に一定に保持でき、例えばインパクト電動工具においては、より効果的な打撃と安定した締付けトルクの発生が可能になる。加えて、モータの脱調やスピンドル4が過剰に後退して障壁と衝突し破損する等の打撃機構の破損が防止できる。

[0043] 図5は、図4の速度制御部17に代えて設けられる、変形例にかかる速度制御部17Aの詳細構成例を示すブロック図である。図5において、速度制御部17Aは、PI制御器52と、共振型フィルタ54と、加算器55とを備えて構成する。

[0044] 図5において、PI制御器52は、前記速度偏差 ($\omega^* - \omega_e$) に基づいて、例えば公知のPI (Proportional Integral) 制御方法を用いて通常の δ 軸電流指令値 i_{δ}^* (S5) を生成して加算器55に出力する。共振型フィルタ54は、前記速度偏差 ($\omega^* - \omega_e$) に基づいて、例えば次式(4)を用いて、負荷トルクの周期的な脈動を補償するキャンセル値 i_{qc} (S6) を発生して加算器55に出力する。加算器55では、通常の δ 軸電流指令値 i_{δ}^* にキャンセル値 i_{qc} を加算し、速度制御部17Aの操作量として後段に出力する。

[0045] $i_{qc} = (\omega^* - \omega_e) \times F(\omega_r) \cdots (4)$

[0046] ここで、 $F(\omega_r)$ は共振型フィルタ54の伝達関数であり、次式(11)で表される。

[0047] [数3]

$$F(\omega_r) = \frac{b_0}{s^2 + 2\zeta\omega_r + \omega_r^2} \quad (11)$$

[0048] ここで、 ω_r はトルク脈動の角速度(周波数)、 b_0 と ζ はそれぞれ所定の定数であり、 s はラプラス演算子である。

[0049] 図6は図5の速度制御部17Aにおいて速度変動を低減する原理を説明するためのグラフであり、図7は図5の共振型フィルタ54の振幅及び位相の周波数特性を示すグラフである。

[0050] 速度変動を低減する図6の原理図において、理想的な電流指令値S1と現実の電流指令値S2は制御の遅れなどにより、電流指令値のずれS3が発生する。この電流指令値のずれS3により速度変動S4が発生しているが、この速度変動S4を低減するためには、電流指令のずれS3をキャンセルするキャンセル信号S6を発生する必要がある。

- [0051] ここで、目標との速度偏差 S_5 とキャンセル信号 S_6 との関係は、目標との速度偏差 S_5 に対してキャンセル信号 S_6 は位相が 90° 進んでいる。本手法では、 90° 進んだキャンセル信号 S_6 を生成するために、上記式 (11) の伝達関数 $F(\omega_r)$ を有する共振型フィルタ 54 を用いている。
- [0052] この伝達関数 $F(\omega_r)$ の周波数特性は図 7 のようになっており、1 つの共振点を持ち、その共振点での周波数成分のみを抜き出し、その周波数成分の位相だけを 90° 進めた波形を生成することができる。図 5 では、共振型フィルタ 54 には速度偏差 $(\omega^* - \omega_e)$ が入力され、共振型フィルタ 54 からキャンセル値 i_{qc} が出力される。このキャンセル値 i_{qc} が、速度偏差を無くす方向に作用するため、モータ 1 の回転数が安定化する。
- [0053] 以上のように構成された変形例によれば、前記速度制御部 17A は、前記モータ 1 の速度指令値と速度推定値との間の速度偏差から所定の共振周波数の成分を抽出して、当該共振周波数の成分を、前記負荷トルクの周期的な変動を補償するキャンセル値として前記速度制御部 17A の操作量に加算することで、前記モータの負荷トルクの変動を補償できる。
- [0054] そのため打撃機構によりモータの負荷トルクが周期的に脈動しても、モータの回転数を動的に一定に保持でき、例えばインパクト電動工具においては、より効果的な打撃と安定した締付けトルクの発生が可能になる。加えて、モータの脱調やスピンドル 4 が過剰に後退して障壁と衝突し破損する等の打撃機構の破損が防止できる。
- [0055] 図 8 は別の実施形態における電流制御部 15 の詳細構成例を示すブロック図である。図 8 において、電流制御部 15 は、加算器 51 と、PI 制御器 52 と、繰り返し補償器 53 とを備えて構成する。
- [0056] 本実施形態では、電流制御部 15 は、1 周期前の負荷トルクの電流偏差に基づいて繰り返し補償値を発生して、当該繰り返し補償値を前記モータの電流指令値と電流推定値との間の電流偏差に加算することで、前記モータの負荷トルクの変動を補償する繰り返し補償部を備えたことを特徴とする。
- [0057] 本実施形態の電流制御部 15 は、特に、負荷トルクの変動に対応する電流

偏差を有する 1 周期前の電流偏差信号に基づいて、繰り返し補償値を有する繰り返し補償信号を発生して、当該繰り返し補償信号を前記モータ 1 の電流指令値と電流推定値との間の電流偏差に加算することで、前記モータ 1 の負荷トルクの変動を補償できる。

[0058] そのため打撃機構によりモータの負荷トルクが周期的に脈動しても、モータの回転数を動的に一定に保持でき、例えばインパクト電動工具においては、より効果的な打撃と安定した締付けトルクの発生が可能になる。加えて、モータの脱調やスピンドル 4 が過剰に後退して障壁と衝突し破損する等の打撃機構の破損が防止できる。

[0059] 図 9 は別の実施形態における電流制御部 15 の変形例にかかる電流制御部 15A の詳細構成例を示すブロック図である。図 9 において、電流制御部 15A は、PI 制御器 52 と、共振型フィルタ 54 と、加算器 55 とを備えて構成する。

[0060] 本実施形態では、電流制御部 15A は、モータの電流指令値と電流推定値との間の電流偏差から所定の共振周波数の成分を抽出して、当該共振周波数の成分を、前記負荷トルクの周期的な変動を補償するキャンセル値として前記電流制御部の操作量に加算することで、前記モータの負荷トルクの変動を補償する共振型フィルタを備えたことを特徴とする。

[0061] 本実施形態の電流制御部 15A は、モータの速度指令値と速度推定値との間の速度偏差から所定の共振周波数の成分を抽出して、当該共振周波数の成分を、前記負荷トルクの周期的な変動を補償するキャンセル値として前記電流制御部 15A の操作量に加算することで、前記モータの負荷トルクの変動を補償できる。

[0062] そのため打撃機構によりモータの負荷トルクが周期的に脈動しても、モータの回転数を動的に一定に保持でき、例えばインパクト電動工具においては、より効果的な打撃と安定した締付けトルクの発生が可能になる。加えて、モータの脱調やスピンドル 4 が過剰に後退して障壁と衝突し破損する等の打撃機構の破損が防止できる。

符号の説明

- [0063] 1 モータ
- 2 インバータ回路部
- 3 モータ制御部
- 4 スピンドル
- 5 ハンマ
- 6 アンビル
- 7 ユーザーインターフェース部 (UI部)
- 11 電流検出器
- 12 座標変換器
- 13, 14 減算器
- 15 電流制御部
- 16 磁束制御部
- 17, 17A 速度制御部
- 18 座標変換器
- 19 減算器
- 20 位置・速度推定部
- 21 脱調検出部
- 22 トルク脈動周期推定部
- 51 加算器
- 52 PI制御器
- 53 繰り返し補償器
- 54 共振型フィルタ
- 55 加算器

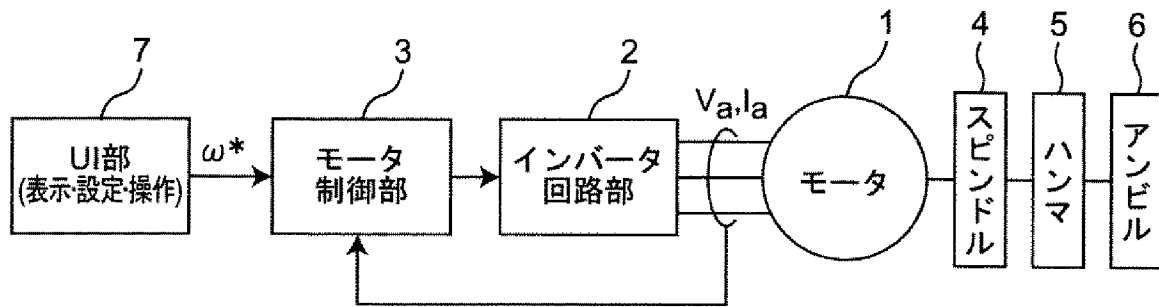
請求の範囲

- [請求項1] モータと、前記モータに連結された打撃機構と、前記モータの動作を制御する制御部を備えたインパクト電動工具において、
- 前記制御部は、前記打撃機構に起因する周期的な前記モータの負荷トルクの変動を補償することで、前記モータの回転数を一定に保持する速度制御部もしくは電流制御部を備えたことを特徴とするインパクト電動工具。
- [請求項2] 前記速度制御部は、1周期前の負荷トルクの速度偏差に基づいて繰り返し補償値を発生して、当該繰り返し補償値を前記モータの速度指令値と速度推定値との間の速度偏差に加算することで、前記モータの負荷トルクの変動を補償する繰り返し補償部を備えたことを特徴とする請求項1記載のインパクト電動工具。
- [請求項3] 前記速度制御部は、前記モータの速度指令値と速度推定値との間の速度偏差から所定の共振周波数の成分を抽出して、当該共振周波数の成分を、前記負荷トルクの周期的な変動を補償するキャンセル値として前記速度制御部の操作量に加算することで、前記モータの負荷トルクの変動を補償する共振型フィルタを備えたことを特徴とする請求項1記載のインパクト電動工具。
- [請求項4] 前記電流制御部は、1周期前の負荷トルクの電流偏差に基づいて繰り返し補償値を発生して、当該繰り返し補償値を前記モータの電流指令値と電流推定値との間の電流偏差に加算することで、前記モータの負荷トルクの変動を補償する繰り返し補償部を備えたことを特徴とする請求項1記載のインパクト電動工具。
- [請求項5] 前記電流制御部は、前記モータの電流指令値と電流推定値との間の電流偏差から所定の共振周波数の成分を抽出して、当該共振周波数の成分を、前記負荷トルクの周期的な変動を補償するキャンセル値として前記電流制御部の操作量に加算することで、前記モータの負荷トルクの変動を補償する共振型フィルタを備えたことを特徴とする請求項

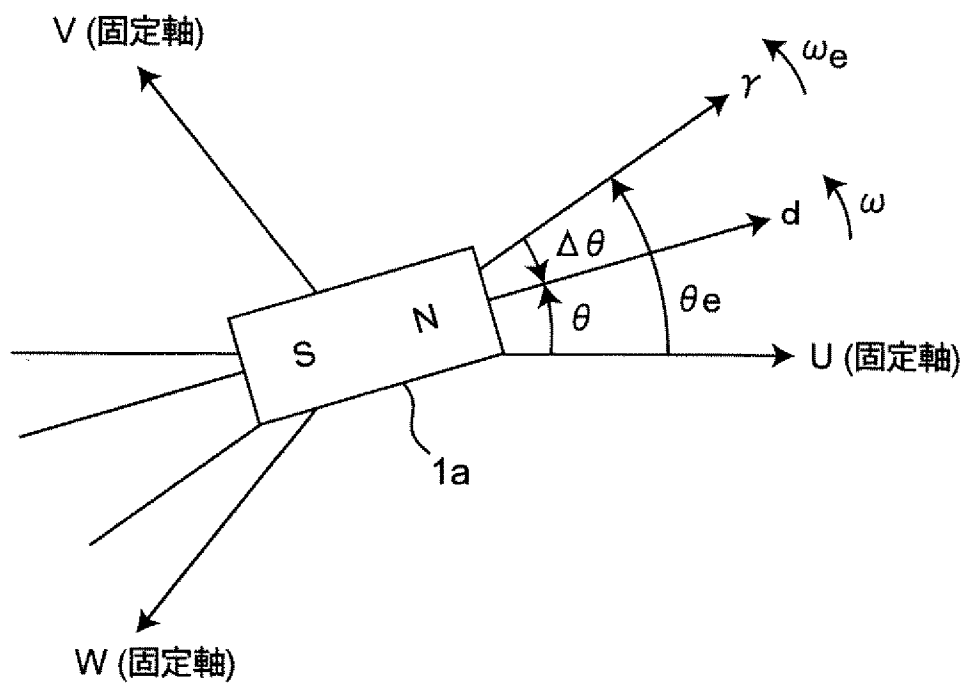
1 記載のインパクト電動工具。

[請求項6] 前記打撃機構に起因する周期的な前記モータの負荷トルク変動の周波数もしくは周期を、前記モータのトルク発生に寄与する電流の脈動成分の周波数もしくは周期から得ることを特徴とする請求項 1 記載のインパクト電動工具。

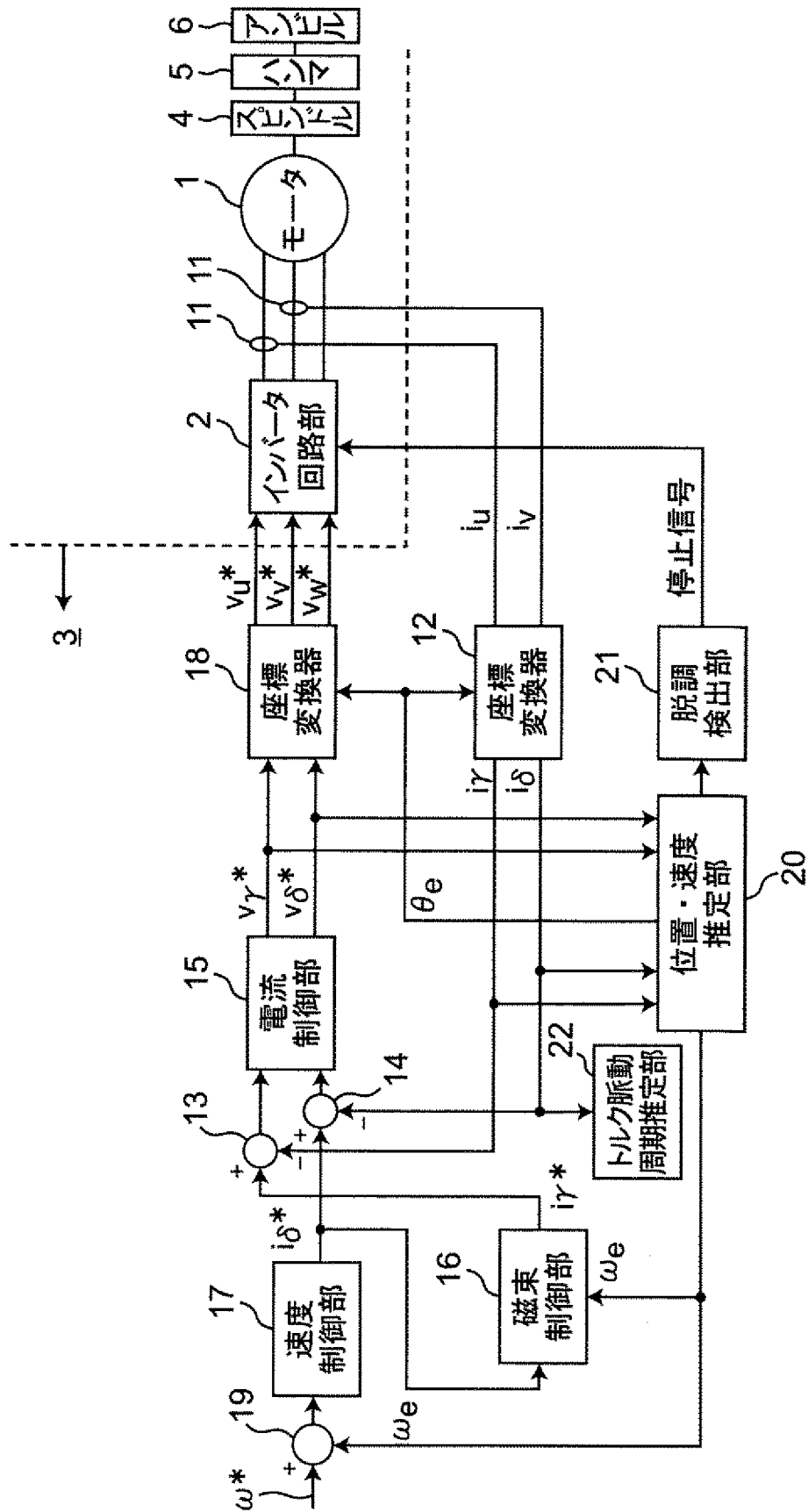
[図1]



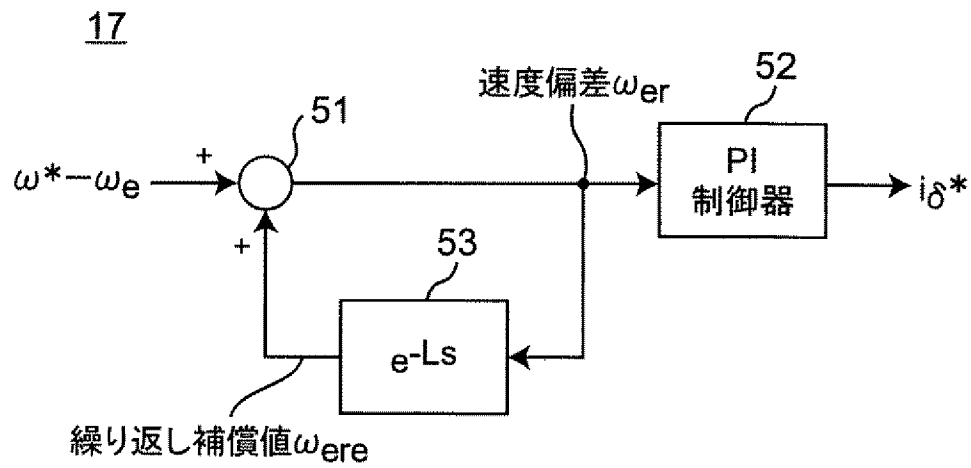
[図2]



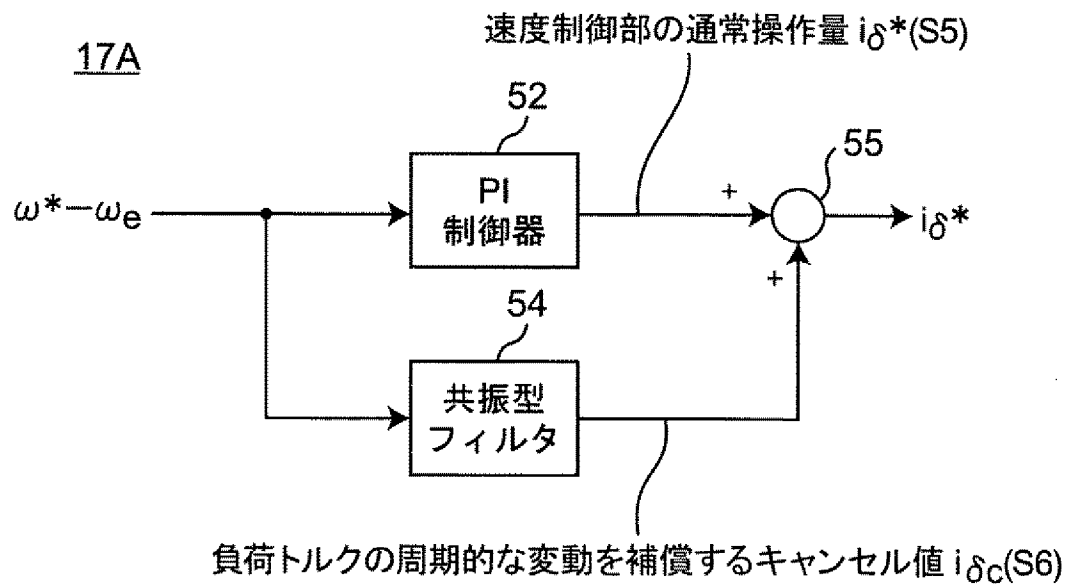
[図3]



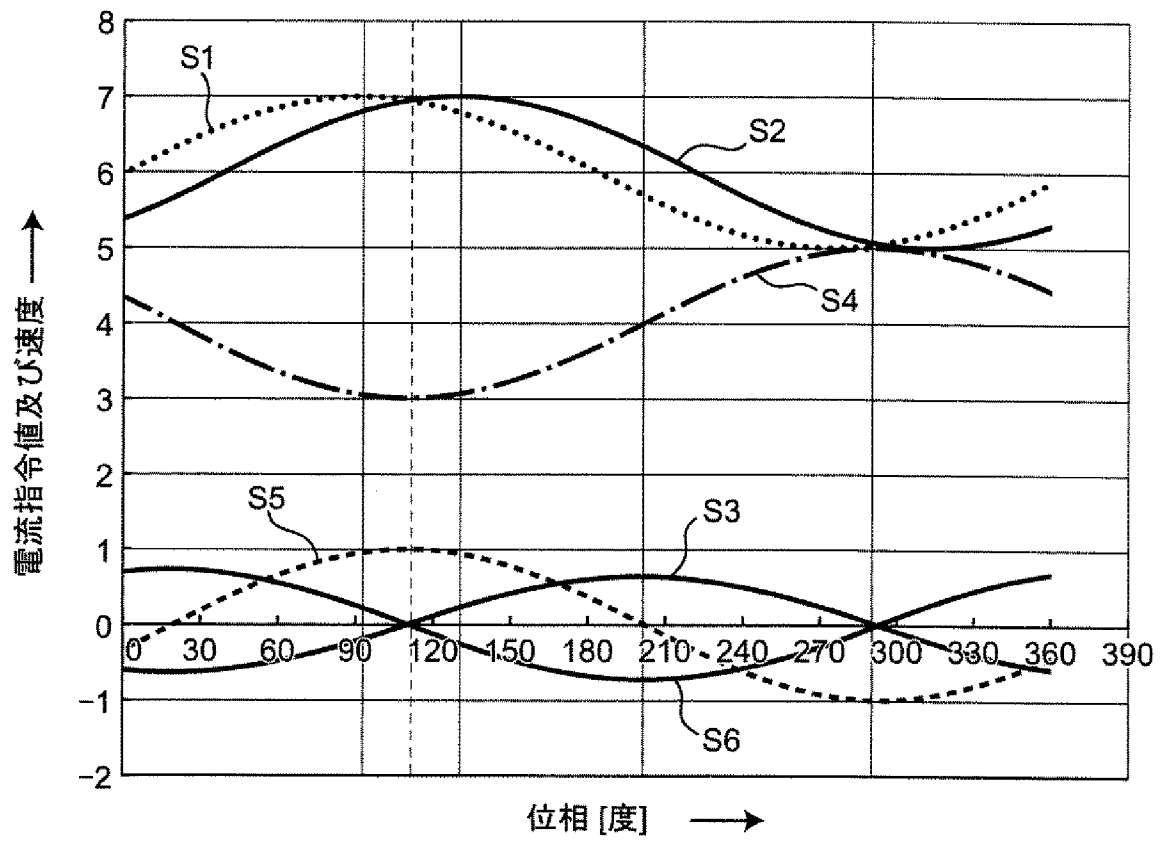
[図4]



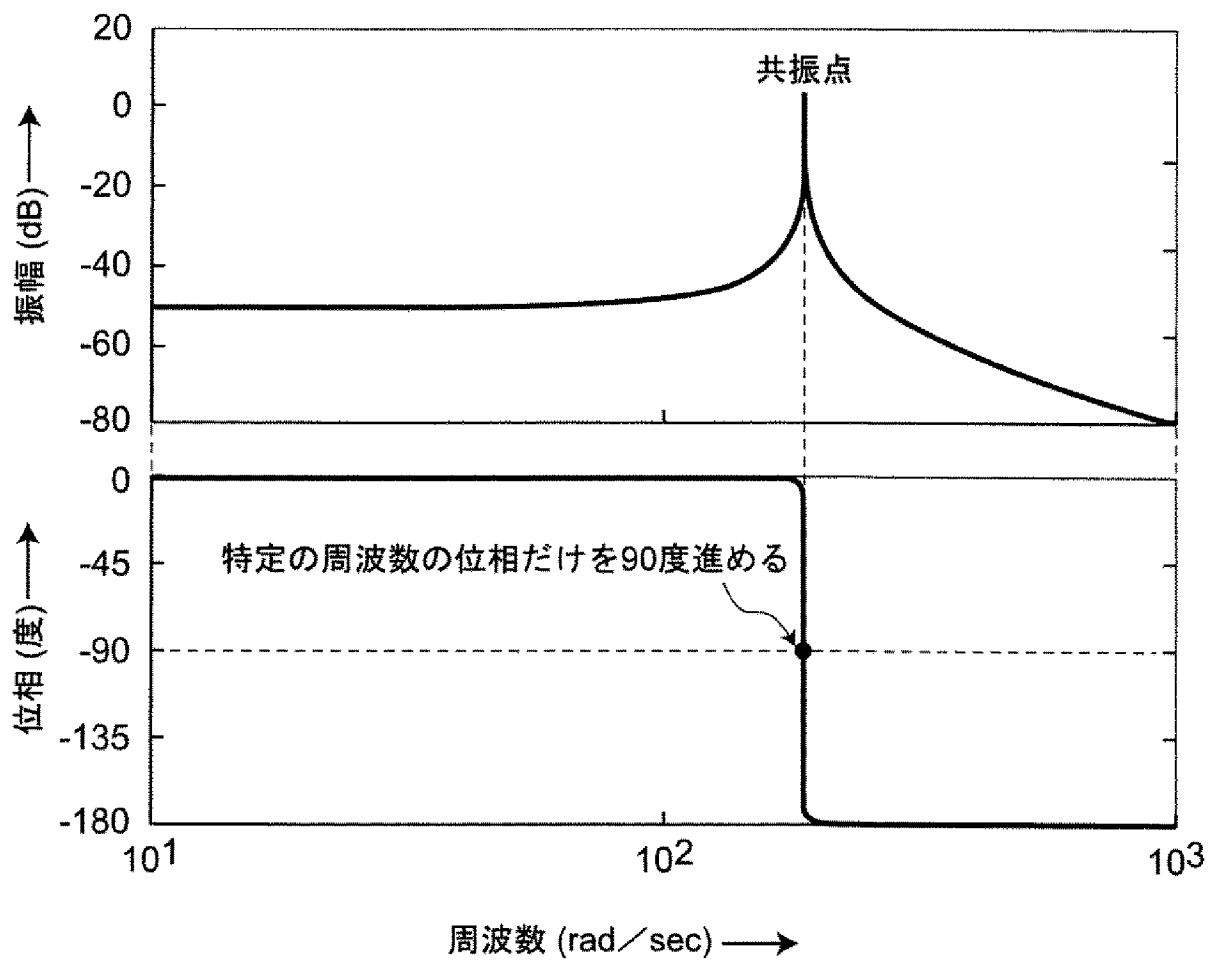
[図5]



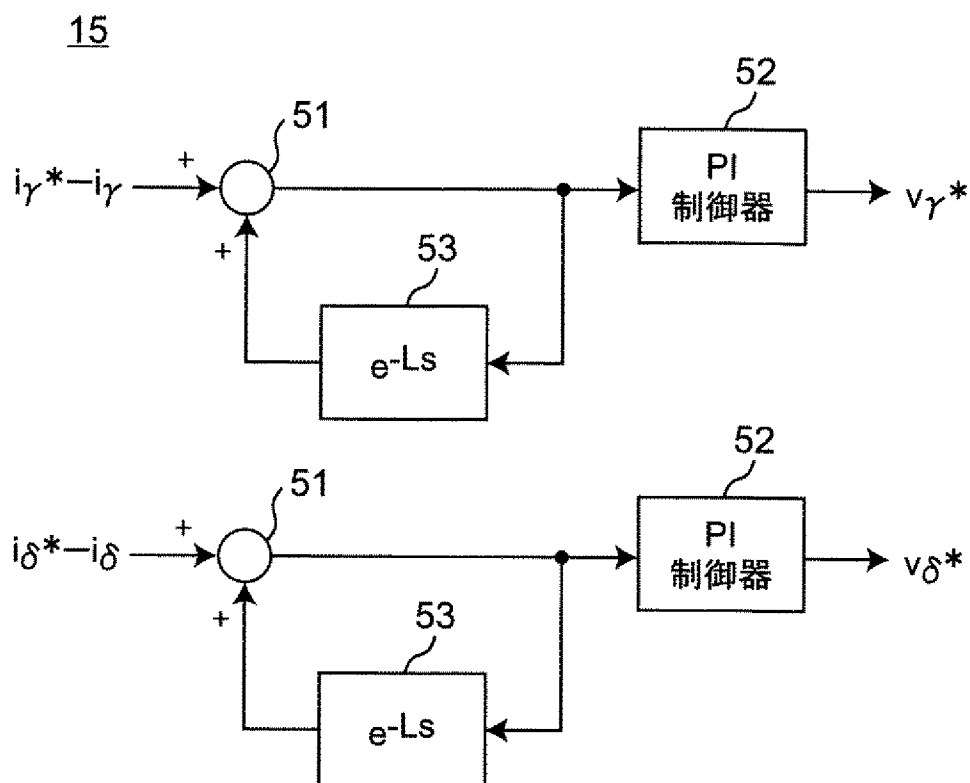
[図6]



[図7]

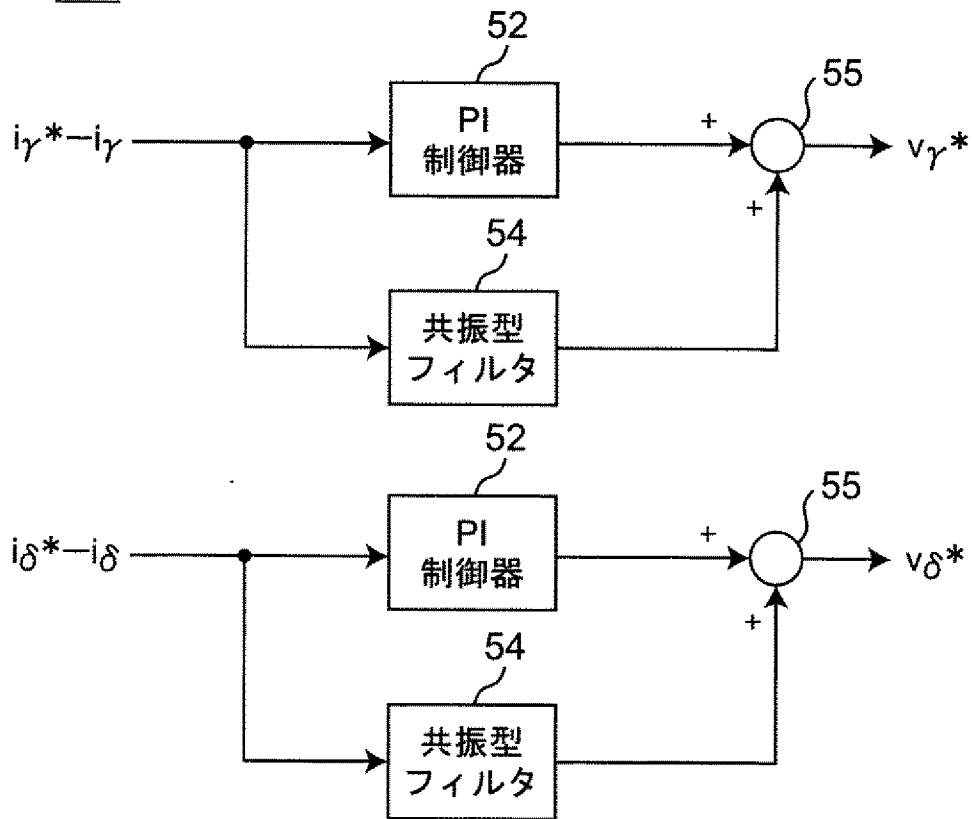


[図8]



[図9]

15A



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/015812

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. B25B21/02 (2006.01) i, B25B23/147 (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)

Int.Cl. B25B21/02, B25B23/147, G05B13/02, G05B11/32, H02P6/00-6/34

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2018

Registered utility model specifications of Japan 1996-2018

Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2007-7784 A (MATSUSHITA ELECTRIC WORKS, LTD.) 18 January 2007, paragraphs [0003]-[0008], [0020], [0027]-[0037], fig. 1 & US 2007/0000676 A1, paragraphs [0001]-[0004], [0024], [0029]-[0034], fig. 7 & EP 1738877 A2 & CN 1891408 A	1-6
Y	JP 2007-233732 A (RICOH KK) 13 September 2007, paragraphs [0002]-[0008], fig. 1 (Family: none)	1-2, 4, 6

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

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 15.06.2018	Date of mailing of the international search report 26.06.2018
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/015812

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 2006-191737 A (SANYO ELECTRIC CO., LTD.) 20 July 2006, paragraphs [0001], [0002], [0048]-[0181], fig. 1, 3, 15 (Family: none)	1, 3, 5-6
Y	JP 2014-140931 A (HITACHI KOKI KK) 07 August 2014, paragraphs [0068]-[0074], [0084]-[0086], fig. 6 & US 2015/0352699 A1, paragraphs [0063]-[0070], [0081], [0082], fig. 6 & WO 2014/115508 A1 & EP 2948274 A1 & CN 104936746 A	6
A	JP 2000-326246 A (NITTO KOHKI CO., LTD.) 28 November 2000, paragraphs [0001]-[0012], fig. 1 (Family: none)	1
A	JP 2014-121765 A (HITACHI KOKI KK) 03 July 2014, paragraphs [0021]-[0040], fig. 1-6 & US 2015/0336249 A1, paragraphs [0056]-[0075], fig. 1-6 & WO 2014/098256 A1 & EP 2934820 A1 & CN 105073344 A	1
A	JP 2002-199767 A (AISIN SEIKI CO., LTD.) 12 July 2002, paragraphs [0016]-[0019], fig. 1 & US 2002/0097992 A1, paragraphs [0020]-[0024], fig. 1	1

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. B25B21/02(2006.01)i, B25B23/147(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. B25B21/02, B25B23/147, G05B13/02, G05B11/32, H02P6/00-6/34

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

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

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2007-7784 A（松下電工株式会社）2007.01.18, 段落 [0003]-[0008], [0020], [0027]-[0037], 図1 & US 2007/0000676 A1, 段落[0001]-[0004], [0024], [0029]-[0034], 図7 & EP 1738877 A2 & CN 1891408 A	1-6
Y	JP 2007-233732 A（株式会社リコー）2007.09.13, 段落 [0002]-[0008], 図1（ファミリーなし）	1-2, 4, 6

☑ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

15.06.2018

国際調査報告の発送日

26.06.2018

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）

上田 真誠

3 C

3327

電話番号 03-3581-1101 内線 3324

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 2006-191737 A (三洋電機株式会社) 2006.07.20, 段落 [0001]-[0002], [0048]-[0181], 図 1, 3, 15 (ファミリーなし)	1, 3, 5-6
Y	JP 2014-140931 A (日立工機株式会社) 2014.08.07, 段落 [0068]-[0074], [0084]-[0086], 図 6 & US 2015/0352699 A1, 段落 [0063]-[0070], [0081]-[0082], 図 6 & WO 2014/115508 A1 & EP 2948274 A1 & CN 104936746 A	6
A	JP 2000-326246 A (日東工器株式会社) 2000.11.28, 段落 [0001]-[0012], 図 1 (ファミリーなし)	1
A	JP 2014-121765 A (日立工機株式会社) 2014.07.03, 段落 [0021]-[0040], 図 1-6 & US 2015/0336249 A1, 段落[0056]-[0075], 図 1-6 & WO 2014/098256 A1 & EP 2934820 A1 & CN 105073344 A	1
A	JP 2002-199767 A (アイシン精機株式会社) 2002.07.12, 段落 [0016]-[0019], 図 1 & US 2002/0097992 A1, 段落[0020]-[0024], 図 1	1