(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
2020年1月2日(02.01.2020)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2020/003569 A1

(51) 国際特許分類:
B25F 5/00 (2006.01) *H02P 29/40* (2016.01)
H02P 6/00 (2016.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2019/002211

(22) 国際出願日： 2019年1月24日(24.01.2019)

(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 2018-120656 2018年6月26日(26.06.2018) JP

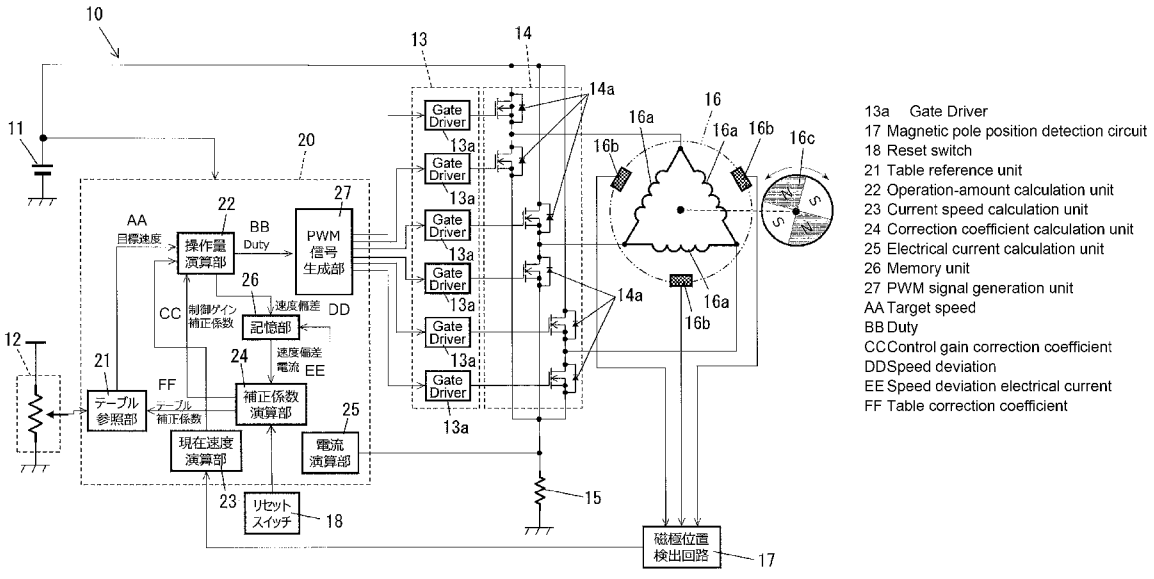
(71) 出願人: オムロン株式会社 (**OMRON CORPORATION**) [JP/JP]; 〒6008530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町８０１番地 Kyoto (JP).

(72) 発明者: 川本 竜二 (**KAWAMOTO, Ryuji**); 〒6008530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町８０１番地 オムロン株式会社内 Kyoto (JP). 伊夫伎 啓之 (**IBUKI, Hiroyuki**); 〒6008530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町８０１番地 オムロン株式会社内 Kyoto (JP). 杉浦 充典 (**SUGIURA, Mitsunori**); 〒6008530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町８０１番地 オムロン株式会社内 Kyoto (JP).

(74) 代理人: 元山 雅史 (**MOTOYAMA, Masafumi**); 〒5300054 大阪府大阪市北区南森町１丁目４番１９号 サウスホレストビル１１階 Osaka (JP).

(54) **Title:** ELECTRICAL POWER TOOL, METHOD FOR CONTROLLING SAME, AND CONTROL PROGRAM

(54) 発明の名称： 電動工具およびその制御方法、制御プログラム



(57) **Abstract:** An electrical power tool (10) is provided with a motor (16), a trigger switch (12), a switching circuit (gate circuit (13) and FET array (14)), and a control unit (20). The trigger switch (12) sets the rotational speed of the motor (16) according to the amount of operation thereof. The gate circuit (13) and the FET array (14) have a plurality of switching elements (14a) and supply electrical power to the motor (16). The control unit (20) controls the gate circuit (13) and the FET array (14) so as to rotationally drive the motor (16) on the basis of the rotational speed set in the trigger switch (12) and, on the basis of a characteristic value that is related to the motor (16) and that is acquired in a first task, sets a control condition for the motor (16) in a second task that is scheduled to be performed following the first task and that is of the same type as the first task.

WO 2020/003569 A1

［続葉有］

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

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

添付公開書類：

一　国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：電動工具（１０）は、モータ（１６）、トリガスイッチ（１２）、スイッチング回路（ゲート回路（１３）およびＦＥＴアレイ（１４））、制御部（２０）を備えている。トリガスイッチ（１２）は、操作量に応じてモータ（１６）の回転速度を設定する。ゲート回路（１３）およびＦＥＴアレイ（１４）は、複数のスイッチング素子（１４ａ）を有し、モータ（１６）に対して電力を供給する。制御部（２０）は、トリガスイッチ（１２）において設定された回転速度に基づいてモータ（１６）を回転駆動させるようにゲート回路（１３）およびＦＥＴアレイ（１４）を制御するとともに、第１作業において取得されたモータ（１６）に関する特性値に基づいて、第１作業に続いて実施される予定であって第１作業と同種の第２作業におけるモータ（１６）の制御条件を設定する。

明　細　書

発明の名称 ： 電動工具およびその制御方法、制御プログラム

技術分野

[0001] 本発明は、電動工具およびその制御方法、制御プログラムに関する。

背景技術

[0002] 電動工具は、通常、工場出荷時に設定されたモータ制御パラメータをそのまま使用して、ネジ締め、ドリル加工等の各種作業が実施される。このため、ドリル加工やテクスネジ締め加工等において、様々な加工部材（金属や欅などの硬い材料、石膏や杉などの柔らかい材料、天然無垢木材のような不均質材、石膏ボードや集成材などの均質材）に対して、いずれも中庸の作業性しか得られないという問題があった。

[0003] 例えば、特許文献１には、所定のサンプルモードにおいて学習動作を実施し、モータの使用状況を学習して制御情報（例えば、モータによる締め付け時間、電流制限値、回転数等）として記憶することで、ユーザごとに最適な駆動モードを実現できる電動工具について開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開２０１３－０２２６８１号公報

発明の概要

[0005] しかしながら、上記従来の電動工具では、以下に示すような問題点を有している。

すなわち、上記公報に開示された電動工具では、所定のサンプルモードにおいて学習動作を実施して取得される制御情報に基づいて、実際の作業時に最適な駆動条件となるようにモータを駆動している。

しかし、学習動作を実施するために、実際の作業を実施する前に、所定のサンプルモードに設定する必要があり、使用者にとって面倒であった。

[0006] 本発明の課題は、簡単な動作によって、最適なモータ制御条件を設定する

ことが可能な電動工具およびその制御方法、制御プログラムを提供することにある。

第１の発明に係る電動工具は、直流モータと、速度設定部と、スイッチング回路と、制御部と、を備えている。速度設定部は、操作量に応じて直流モータの回転速度を設定する。スイッチング回路は、複数のスイッチング素子を有し、直流モータに対して電力を供給する。制御部は、速度設定部において設定された回転速度に基づいて直流モータを回転駆動させるようにスイッチング回路を制御するとともに、第１作業において取得された直流モータに関する特性値に基づいて、第１作業に続いて実施される予定であって第１作業と同種の第２作業における直流モータの制御条件を設定する。

[0007] ここでは、例えば、ネジ締め、ドリル加工等の各種作業で使用される電動工具を用いて、同種の加工材料に対して同種の作業を連続して行う際に、第１作業において取得された直流モータに関する特性値に基づいて、第１作業に続いて実施される第２作業における直流モータの制御条件を最適化する。

すなわち、本発明の電動工具では、同種の加工材料に対して同種の作業を連続して行う際に、第１作業における作業時に取得された直流モータに関する回転速度、電流値等の特性値を用いて、次に同種の作業が実施される第２作業が最適な制御条件で実施されるように、第２作業用の制御条件が設定される。

[0008] ここで、電動工具を用いた同種の作業としては、例えば、ネジ締め、ネジ緩め、ドリル加工等が含まれる。また、同種の加工材料としては、例えば、金属、木材、樹脂、ゴム等の各種材料が含まれる。

また、第１作業と第２作業とは、連続して実施される同種の一連の作業のうち、最初の作業と２番目の作業に限定されるものではなく、例えば、５番目の作業と６番目の作業等のように、単に、前後関係にある作業であればよい。

[0009] そして、制御条件の最適化は、１回ずつの作業ごとに繰り返し実施されてもよいし、一連の作業の最初の作業と２番目の作業との間にのみ実施されて

もよいし、作業が所定回数に達するごとに実施されてもよい。

さらに、直流モータに関する特性値としては、例えば、直流モータを回転駆動させる速度設定部の操作量、これに対応する直流モータの目標回転速度、実際の回転速度、バッテリ電圧、直流モータを流れる電流値、直流モータの温度等が含まれる。

[0010] これにより、電動工具を用いて、同種の加工材料に対して同種の作業を連続して行う際に、第１作業において取得された直流モータに関する特性値に基づいて、第１作業に続いて実施される第２作業における直流モータの制御条件を最適化することができる。

よって、直流モータの制御条件を最適化する学習動作のために特別なモードに設定変更することなく、簡単な動作によって、一連の作業を連続して実施する中において、直流モータの制御条件を最適化することができる。

[0011] 第２の発明に係る電動工具は、第１の発明に係る電動工具であって、直流モータの実際の回転速度を検出する検出部を、さらに備えている。特性値には、速度設定部の操作量に対する直流モータの目標回転速度と、検出部において検出された実際の回転速度との差分が含まれる。

ここでは、直流モータの制御条件の最適化制御で使用される特性値として、速度設定部の操作量に対する直流モータの目標回転速度と、検出部において検出された実際の回転速度との差分を用いる。

[0012] 具体的には、第１作業において取得された直流モータの目標回転速度と実際の回転速度との差分が大きい場合には、その差分を小さくするために、直流モータの制御条件を大きく調整する。一方、差分が小さい場合には、その差分をさらに小さくするために、直流モータの制御条件を若干調整する。

これにより、第１作業において取得された直流モータの目標回転速度と実際の回転速度との差分の大きさに応じて、第２作業を実施する際の直流モータの制御条件を最適化することができる。

[0013] 第３の発明に係る電動工具は、第２の発明に係る電動工具であって、制御部は、第２作業を実施する際に、差分の大きさに応じて、速度設定部の操作

量と目標回転速度との関係を示すテーブルを書き換える。

ここでは、上述した第１作業において取得された直流モータの目標回転速度と実際の回転速度との差分を用いた直流モータの最適化制御において、差分の大きさに応じて、速度設定部の操作量と目標回転速度との関係を示すテーブルを書き換える。

[0014] 具体的には、第１作業において取得された直流モータの目標回転速度と実際の回転速度との差分が大きい場合には、その差分を小さくするために、例えば、速度設定部の操作量と目標回転速度との関係を示すテーブルの傾きを大きく調整する。一方、差分が小さい場合には、その差分をさらに小さくするために、例えば、テーブルの傾きを若干調整する。

これにより、第１作業において取得された直流モータの目標回転速度と実際の回転速度との差分の大きさに応じて、例えば、速度設定部の操作量と目標回転速度との関係を示すテーブルの傾き等を調整することで、最適な条件にて第２作業を実施することができる。

[0015] 第４の発明に係る電動工具は、第２または第３の発明に係る電動工具であって、制御部は、第２作業を実施する際に、差分の大きさに応じて、スイッチング回路に出力される制御ゲインを調整する。

ここでは、上述した第１作業において取得された直流モータの目標回転速度と実際の回転速度との差分を用いた直流モータの最適化制御において、差分の大きさに応じて、スイッチング回路に出力される制御ゲイン（速度帰還制御における比例ゲイン、積分ゲイン、微分ゲイン等）を調整する。

[0016] 具体的には、第１作業において取得された直流モータの目標回転速度と実際の回転速度との差分が大きい場合には、その差分を小さくするために、例えば、スイッチング回路に出力される制御ゲインを大きく調整する。一方、差分が小さい場合には、その差分をさらに小さくするために、例えば、制御ゲインを若干調整する。

これにより、第１作業において取得された直流モータの目標回転速度と実際の回転速度との差分の大きさに応じて、スイッチング回路に出力される制

御ゲインを調整することで、最適な条件にて第２作業を実施することができる。

なお、制御ゲインによる調整は、上述した速度設定部の操作量と目標回転速度との関係を示すテーブルの傾き等を調整する制御と組み合わせて実施されてもよいし、単独で実施されてもよい。

[0017] 第５の発明に係る電動工具は、第１から第４の発明のいずれか１つに係る電動工具であって、直流モータに接続された回路に流れる電流を測定する電流測定部を、さらに備えている。

[0018] ここでは、直流モータに接続された回路に流れる電流を、電流測定部を用いて測定する。

これにより、上述した第１作業において取得された直流モータの目標回転速度と実際の回転速度との差分に基づく最適化制御以外に、平均電流や電流リップル等の電流値に基づく最適化制御を実施することができる。

[0019] 第６の発明に係る電動工具は、第５の発明に係る電動工具であって、特性値には、電流測定部において測定された電流値に基づいて算出される平均電流および電流リップルの少なくとも一方が含まれる。

ここでは、直流モータの制御条件の最適化制御で使用される特性値として、電流測定部において測定された電流値に基づいて算出される平均電流および電流リップルの少なくとも一方を用いる。

これにより、第１作業において取得された平均電流および電流リップルの少なくとも一方の値に応じて、第２作業を実施する際の直流モータの制御条件を最適化することができる。

[0020] 第７の発明に係る電動工具は、第６の発明に係る電動工具であって、制御部は、第２作業を実施する際に、平均電流および電流リップルの少なくとも一方に応じて、速度設定部の操作量に対応する直流モータの目標回転速度を示すテーブルを書き換える。

[0021] ここでは、上述した第１作業において取得された平均電流および電流リップルの少なくとも一方を用いた直流モータの最適化制御において、平均電流

および／または電流リップルの値に応じて、速度設定部の操作量と目標回転速度との関係を示すテーブルを書き換える。

これにより、第１作業において取得された直流モータに接続された回路に流れる電流の平均電流および／または電流リップルの値に応じて、例えば、速度設定部の操作量と目標回転速度との関係を示すテーブルの傾き等を調整することで、最適な条件にて第２作業を実施することができる。

[0022] 第８の発明に係る電動工具は、第６または第７の発明に係る電動工具であって、制御部は、第２作業を実施する際に、平均電流および電流リップルの少なくとも一方に応じて、スイッチング回路に出力される制御ゲインを調整する。

ここでは、上述した第１作業において取得された平均電流および電流リップルの少なくとも一方を用いた直流モータの最適化制御において、平均電流および／または電流リップルの値に応じて、スイッチング回路に出力される制御ゲインを調整する。

[0023] これにより、第１作業において取得された直流モータに接続された回路に流れる電流の平均電流および／または電流リップルの値に応じて、例えば、スイッチング回路に出力される制御ゲインを調整することで、最適な条件にて第２作業を実施することができる。

なお、制御ゲインによる調整は、上述した速度設定部の操作量と目標回転速度との関係を示すテーブルの傾き等を調整する制御と組み合わせて実施されてもよいし、単独で実施されてもよい。

[0024] 第９の発明に係る電動工具は、第１から第８の発明のいずれか１つに係る電動工具であって、制御部は、第１作業において取得された直流モータの特性値に基づいて、加工材料の材質を推定する。

ここでは、第１作業において取得された直流データの特性値から、ネジ締め、ネジ緩め、ドリル加工等の対象となる加工材料の材質を推定する。

[0025] 具体的には、例えば、上述した速度設定部の操作量に対する直流モータの目標回転速度に対する検出部において検出された実際の回転速度の差分がマ

イナス側に大きい場合には、加工材料が硬い材料であると推定される。逆に、差分がプラス側に大きい場合には、加工材料が柔らかい材料であると推定される。

これにより、目標回転速度に対する実際の回転速度の差分、直流モータの平均電流、電流リップル等の特性値のうちの１つまたは複数を用いて加工材料の材質を推定することで、第２作業時におけるより最適な制御条件を設定することができる。

[0026] 第１０の発明に係る電動工具は、第９の発明に係る電動工具であって、加工材料の材質には、硬さ、均質性が含まれる。

ここでは、推定される加工材料の材質として、材料の硬さ、均質性が挙げられる。

これにより、同種の作業を連続して実施する際に、作業対象となる材料の材質の硬さ、均質性を考慮した上で、第２作業時における直流モータの最適な制御条件を設定することができる。

[0027] 第１１の発明に係る電動工具は、第１から第１０の発明のいずれか１つに係る電動工具であって、直流モータに関する特性値を保存する記憶部を、さらに備えている。

ここでは、上述した直流モータの最適化制御に用いられる特性値を、記憶部に保存する。

これにより、速度設定部の操作量に対する直流モータの目標回転速度と、直流モータの実際の回転速度との差分、平均電流、電流リップル等の記憶部に保存された各種特性値を用いて、第２作業時における直流モータの最適化制御を実施することができる。

[0028] 第１２の発明に係る電動工具は、第１から第１１の発明のいずれか１つに係る電動工具であって、直流モータの制御条件を初期条件に戻すリセットスイッチを、さらに備えている。

ここでは、連続して実施される一連の同種の作業が終了し、別の種類の作業が開始される際には、リセットスイッチを操作して直流モータの制御条件

を初期条件にリセットする。

これにより、連続して実施された同種の作業から別の作業へ移行する際に、前の作業の最適化された制御条件を消去して、初期条件に戻した上で、再度、最適化制御を実施することができる。

[0029] 第１３の発明に係る電動工具は、第１から第１２の発明のいずれか１つに係る電動工具であって、制御部は、第１作業において取得される特性値に基づいて、第２作業における直流モータの制御条件を、ファジィ推論を用いて設定する。

[0030] ここでは、上述した直流モータの最適化制御を、ファジィ推論を用いて実施する。

これにより、上述した第１作業において取得された目標回転速度と実際の回転速度との差分、平均電流および電流リップル等を用いた直流モータの最適化制御を、ファジィ推論を用いて実施することで、作業対象となる加工材料の材質等に応じて制御条件を最適化することができる。

[0031] 第１４の発明に係る電動工具の制御方法は、第１から第１３の発明のいずれか１つに係る電動工具の制御方法であって、請求項１から１３のいずれか１項に記載の電動工具の制御方法であって、以下のステップを備えている。第１作業において、予め設定された制御条件にて直流モータを回転駆動させるステップ。第１作業において、直流モータに関する特性値を取得するステップ。第１作業において取得された特性値に基づいて、第１作業に続いて実施され第１作業と同種の第２作業における直流モータの制御条件を調整するステップ。第２作業において、調整された制御条件によって直流モータを回転駆動させるステップ。

[0032] ここでは、例えば、ネジ締め、ドリル加工等の各種作業で使用される電動工具を用いて、同種の加工材料に対して同種の作業を連続して行う際に、第１作業において取得された直流モータに関する特性値に基づいて、第１作業に続いて実施される第２作業における直流モータの制御条件を最適化する。

すなわち、本発明の電動工具では、同種の加工材料に対して同種の作業を

連続して行う際に、第１作業における作業時に取得された直流モータに関する回転速度、電流値等の特性値を用いて、次に同種の作業が実施される第２作業が最適な制御条件で実施されるように、第２作業用の制御条件が設定される。

[0033] ここで、電動工具を用いた同種の作業としては、例えば、ネジ締め、ネジ緩め、ドリル加工等が含まれる。また、同種の加工材料としては、例えば、金属、木材、樹脂、ゴム等の各種材料が含まれる。

また、第１作業と第２作業とは、連続して実施される同種の一連の作業のうち、最初の作業と２番目の作業に限定されるものではなく、例えば、５番目の作業と６番目の作業等のように、単に、前後関係にある作業であればよい。

[0034] そして、制御条件の最適化は、１回ずつの作業ごとに繰り返し実施されてもよいし、一連の作業の最初の作業と２番目の作業との間にのみ実施されてもよいし、作業が所定回数に達するごとに実施されてもよい。

さらに、直流モータに関する特性値としては、例えば、直流モータを回転駆動させる速度設定部の操作量、これに対応する直流モータの目標回転速度、実際の回転速度、バッテリ電圧、直流モータを流れる電流値、直流モータの温度等が含まれる。

[0035] これにより、電動工具を用いて、同種の加工材料に対して同種の作業を連続して行う際に、第１作業において取得された直流モータに関する特性値に基づいて、第１作業に続いて実施される第２作業における直流モータの制御条件を最適化することができる。

よって、直流モータの制御条件を最適化する学習動作のために特別なモードに設定変更することなく、簡単な動作によって、一連の作業を連続して実施する中において、直流モータの制御条件を最適化することができる。

[0036] 第１５の発明に係る電動工具の制御方法は、第１４の発明に係る電動工具の制御方法であって、特性値には、速度設定部の操作量に対する直流モータの目標回転速度と、直流モータの実際の回転速度との差分が含まれる。

ここでは、直流モータの制御条件の最適化制御で使用される特性値として、速度設定部の操作量に対する直流モータの目標回転速度と、検出部において検出された実際の回転速度との差分を用いる。

[0037] 具体的には、第１作業において取得された直流モータの目標回転速度と実際の回転速度との差分が大きい場合には、その差分を小さくするために、直流モータの制御条件を大きく調整する。一方、差分が小さい場合には、その差分をさらに小さくするために、直流モータの制御条件を若干調整する。

これにより、第１作業において取得された直流モータの目標回転速度と実際の回転速度との差分の大きさに応じて、第２作業を実施する際の直流モータの制御条件を最適化することができる。

[0038] 第１６の発明に係る電動工具の制御方法は、第１５の発明に係る電動工具の制御方法であって、第２作業において、差分の大きさに応じて、速度設定部の操作量と目標回転速度との関係を示すテーブルを書き換える。

ここでは、上述した第１作業において取得された直流モータの目標回転速度と実際の回転速度との差分を用いた直流モータの最適化制御において、差分の大きさに応じて、速度設定部の操作量と目標回転速度との関係を示すテーブルを書き換える。

[0039] 具体的には、第１作業において取得された直流モータの目標回転速度と実際の回転速度との差分が大きい場合には、その差分を小さくするために、例えば、速度設定部の操作量と目標回転速度との関係を示すテーブルの傾きを大きく調整する。一方、差分が小さい場合には、その差分をさらに小さくするために、例えば、テーブルの傾きを若干調整する。

これにより、第１作業において取得された直流モータの目標回転速度と実際の回転速度との差分の大きさに応じて、例えば、速度設定部の操作量と目標回転速度との関係を示すテーブルの傾き等を調整することで、最適な条件にて第２作業を実施することができる。

[0040] 第１７の発明に係る電動工具の制御方法は、第１５または第１６の発明に係る電動工具の制御方法であって、第２作業において、差分の大きさに応じ

て、スイッチング回路に出力される制御ゲインを調整する。

ここでは、上述した第１作業において取得された直流モータの目標回転速度と実際の回転速度との差分を用いた直流モータの最適化制御において、差分の大きさに応じて、スイッチング回路に出力される制御ゲイン（速度帰還制御における比例ゲイン、積分ゲイン、微分ゲイン等）を調整する。

[0041] 具体的には、第１作業において取得された直流モータの目標回転速度と実際の回転速度との差分が大きい場合には、その差分を小さくするために、例えば、スイッチング回路に出力される制御ゲインを大きく調整する。一方、差分が小さい場合には、その差分をさらに小さくするために、例えば、制御ゲインを若干調整する。

これにより、第１作業において取得された直流モータの目標回転速度と実際の回転速度との差分の大きさに応じて、スイッチング回路に出力される制御ゲインを調整することで、最適な条件にて第２作業を実施することができる。

なお、制御ゲインによる調整は、上述した速度設定部の操作量と目標回転速度との関係を示すテーブルの傾きを調整する制御と組み合わせて実施されてもよいし、単独で実施されてもよい。

[0042] 第１８の発明に係る電動工具の制御方法は、第１４から第１７の発明のいずれか１つに係る電動工具の制御方法であって、特性値には、直流モータに接続された回路に流れる電流を測定する電流測定部において測定された電流値に基づいて算出される平均電流および電流リップルの少なくとも一方が含まれる。

[0043] ここでは、直流モータの制御条件の最適化制御で使用される特性値として、電流測定部において測定された電流値に基づいて算出される平均電流および電流リップルの少なくとも一方を用いる。

これにより、第１作業において取得された平均電流および電流リップルの少なくとも一方の値に応じて、第２作業を実施する際の直流モータの制御条件を最適化することができる。

[0044] 第１９の発明に係る電動工具の制御方法は、第１８の発明に係る電動工具の制御方法であって、第２作業において、平均電流および電流リップルの少なくとも一方に応じて、速度設定部の操作量に対応する直流モータの目標回転速度を示すテーブルを書き換える。

ここでは、上述した第１作業において取得された平均電流および電流リップルの少なくとも一方を用いた直流モータの最適化制御において、平均電流および／または電流リップルの値に応じて、速度設定部の操作量と目標回転速度との関係を示すテーブルを書き換える。

これにより、第１作業において取得された直流モータに接続された回路に流れる電流の平均電流および／または電流リップルの値に応じて、例えば、速度設定部の操作量と目標回転速度との関係を示すテーブルの傾き等を調整することで、最適な条件にて第２作業を実施することができる。

[0045] 第２０の発明に係る電動工具の制御方法は、第１８または第１９の発明に係る電動工具の制御方法であって、第２作業において、平均電流および電流リップルの少なくとも一方に応じて、スイッチング回路に出力される制御ゲインを調整する。

[0046] ここでは、上述した第１作業において取得された平均電流および電流リップルの少なくとも一方を用いた直流モータの最適化制御において、平均電流および／または電流リップルの値に応じて、スイッチング回路に出力される制御ゲインを調整する。

これにより、第１作業において取得された直流モータに接続された回路に流れる電流の平均電流および／または電流リップルの値に応じて、例えば、スイッチング回路に出力される制御ゲインを調整することで、最適な条件にて第２作業を実施することができる。

なお、制御ゲインによる調整は、上述した速度設定部の操作量と目標回転速度との関係を示すテーブルの傾き等を調整する制御と組み合わせて実施されてもよいし、単独で実施されてもよい。

[0047] 第２１の発明に係る電動工具の制御方法は、第１４から第２０の発明のい

ずれか１つに係る電動工具の制御方法であって、第１作業において取得された直流モータの特性値に基づいて、加工材料の材質を推定するステップを、さらに備えている。

[0048] ここでは、第１作業において取得された直流データの特性値から、ネジ締め、ネジ緩め、ドリル加工等の対象となる加工材料の材質を推定する。

具体的には、例えば、上述した速度設定部の操作量に対する直流モータの目標回転速度に対する検出部において検出された実際の回転速度の差分がマイナス側に大きい場合には、加工材料が硬い材料であると推定される。逆に、差分がプラス側に大きい場合には、加工材料が柔らかい材料であると推定される。

これにより、目標回転速度に対する実際の回転速度の差分、直流モータの平均電流、電流リップル等の特性値のうちの１つまたは複数を用いて加工材料の材質を推定することで、第２作業時におけるより最適な制御条件を設定することができる。

[0049] 第２２の発明に係る電動工具の制御方法は、第２１の発明に係る電動工具の制御方法であって、加工材料の材質には、硬さ、均質性が含まれる。

[0050] ここでは、推定される加工材料の材質として、材料の硬さ、均質性が挙げられる。

これにより、同種の作業を連続して実施する際に、作業対象となる材料の材質の硬さ、均質性を考慮した上で、最適な制御条件を設定することができる。

第２３の発明に係る電動工具の制御プログラムは、第１から第１３の発明のいずれか１つに係る電動工具の制御プログラムであって、以下のステップを備えた電動工具の制御方法をコンピュータに実行させる。第１作業において、予め設定された制御条件にて直流モータを回転駆動させるステップ。第１作業において、直流モータに関する特性値を取得するステップ。第１作業において取得された特性値に基づいて、第１作業に続いて実施され第１作業と同種の第２作業における直流モータの制御条件を調整するステップ。第２

作業において、調整された制御条件によって直流モータを回転駆動させるステップ。

[0051] ここでは、例えば、ネジ締め、ドリル加工等の各種作業で使用される電動工具を用いて、同種の加工材料に対して同種の作業を連続して行う際に、第１作業において取得された直流モータに関する特性値に基づいて、第１作業に続いて実施される第２作業における直流モータの制御条件を最適化する。

すなわち、本発明の電動工具では、同種の加工材料に対して同種の作業を連続して行う際に、第１作業における作業時に取得された直流モータに関する回転速度、電流値等の特性値を用いて、次に同種の作業が実施される第２作業が最適な制御条件で実施されるように、第２作業用の制御条件が設定される。

[0052] ここで、電動工具を用いた同種の作業としては、例えば、ネジ締め、ネジ緩め、ドリル加工等が含まれる。また、同種の加工材料としては、例えば、金属、木材、樹脂、ゴム等の各種材料が含まれる。

また、第１作業と第２作業とは、連続して実施される同種の一連の作業のうち、最初の作業と２番目の作業に限定されるものではなく、例えば、５番目の作業と６番目の作業等のように、単に、前後関係にある作業であればよい。

[0053] そして、制御条件の最適化は、１回ずつの作業ごとに繰り返し実施されてもよいし、一連の作業の最初の作業と２番目の作業との間にのみ実施されてもよいし、作業が所定回数に達するごとに実施されてもよい。

さらに、直流モータに関する特性値としては、例えば、直流モータを回転駆動させる速度設定部の操作量、これに対応する直流モータの目標回転速度、実際の回転速度、バッテリ電圧、直流モータを流れる電流値、直流モータの温度等が含まれる。

[0054] これにより、電動工具を用いて、同種の加工材料に対して同種の作業を連続して行う際に、第１作業において取得された直流モータに関する特性値に基づいて、第１作業に続いて実施される第２作業における直流モータの制御

条件を最適化することができる。

よって、直流モータの制御条件を最適化する学習動作のために特別なモードに設定変更することなく、簡単な動作によって、一連の作業を連続して実施する中において、直流モータの制御条件を最適化することができる。

（発明の効果）

本発明に係る電動工具によれば、簡単な動作によって、最適なモータ制御条件を設定することができる。

図面の簡単な説明

[0055] [図1]本発明の一実施形態に係る電動工具の構成を示す制御ブロック図。

[図2]（ａ）は、図１の電動工具の記憶部に保存されているトリガスイッチの操作量と目標回転速度との関係を示すテーブル。（ｂ）は、そのグラフ。

[図3]図１の電動工具を用いた最適化制御の流れを示すフローチャート。

[図4]図３のフローチャートの初期設定の処理の流れを示すフローチャート。

[図5]（ａ）～（ｃ）は、図１の電動工具のモータ制御条件の最適化処理にフィジィ推論を適用した場合において、第１作業時に取得される３つの特性値（速度偏差、電流リップル、平均電流）と加工材料の性質（硬さ、均質性）とに関するメンバシップ関数を示すグラフ。

[図6]（ａ）は、目標速度テーブルの傾きの変更に関するメンバシップ関数を示すグラフ。（ｂ）は、ＰＩゲインの変更に関するメンバシップ関数を示すグラフ。

[図7]（ａ）～（ｃ）は、図５（ａ）～図５（ｃ）のメンバシップ関数を示すグラフの特性値に具体的な数値を当てはめた例を示すグラフ。

[図8]（ａ），（ｂ）は、図６（ａ）および図６（ｂ）のメンバシップ関数に具体的な数値を当てはめて図形化した例を示すグラフ。

発明を実施するための形態

[0056] 本発明の一実施形態に係る電動工具１０について、図１～図８（ｂ）を用いて説明すれば以下の通りである。

ここで、本実施形態では、電動工具１０を用いて、ネジ締め、ネジ緩め、

穴あけ等のドリル加工等のうち、例えば、ドリル加工の作業等、同種の作業を連続して実施する際のモータの最適化制御について、以下で説明する。

[0057] 本実施形態に係る電動工具１０は、バッテリ１１から電力を供給されるブラシレスモータ（モータ１６）によって、先端部分に装着されたドライバ、ドリル等の先端工具を回転駆動させる。そして、電動工具１０は、図１に示すように、バッテリ（電源部）１１、トリガスイッチ（速度設定部）１２、スイッチング回路（ゲート回路１３、ＦＥＴ（Field Effect Transistor）アレイ１４）、電流検出抵抗１５、モータ１６、磁極位置検出回路１７、リセットスイッチ１８、および制御部２０を備えている。

[0058] バッテリ（電源部）１１は、例えば、電動工具１０の把持部分に装着される交換可能な充電池であって、電動工具１０の電源として使用される。また、バッテリ１１は、図１に示すように、ＦＥＴアレイ１４と制御部２０とに接続されており、それぞれに電力を供給する。

なお、図示は省略したが、電動工具１０の駆動装置内には、バッテリ１１の電圧を所定の定電圧Ｖｃｃ（例えば、５Ｖ）に降圧した定電圧電源を生成する定電圧電源装置が設けられている。定電圧電源（Ｖｃｃ）は、制御部２０を含む当該駆動装置内の所定の回路を動作させるための電源として用いられる。

[0059] トリガスイッチ（速度設定部）１２は、電動工具１０のモータ１６を、操作量（引込み量）に応じた回転速度で回転駆動させるための操作部分であって、図１に示すように、可変抵抗器を含む。可変抵抗器は、その一端が定電圧Ｖｃｃに、他端がグランドラインに接続されている。トリガスイッチ１２は、いわゆるポテンショメータとして構成されており、定電圧Ｖｃｃを電源として、トリガスイッチ１２の操作量に応じた電圧（トリガ操作量信号）を、制御部２０のトリガ操作量信号入力ポートに入力する。

[0060] ゲート回路１３は、ＦＥＴアレイ１４とともにスイッチング回路を構成し、図１に示すように、ＦＥＴアレイ１４内の各スイッチング素子１４ａを個々にオン／オフさせるために設けられている。そして、ゲート回路１３に含

まれる６つのゲートドライバ１３ａは、制御部２０によって制御される。

ＦＥＴアレイ１４は、図１に示すように、モータ１６の各相の端子とバッテリ１１の正極側とを接続するハイサイドスイッチと、同じくモータ１６の各相の端子とバッテリ１１の負極側とを接続するローサイドスイッチと、を含む６つのスイッチング素子１４ａからなるハーフブリッジ回路として構成されている。

[0061] また、ＦＥＴアレイ１４を構成するスイッチング素子１４ａは、ｎチャネルのＦＥＴによって構成されている。各スイッチング素子１４ａには、ゲートーソース間に閾値以上の駆動電圧を印加することで、各スイッチング素子１４ａをオンさせるゲート回路１３が接続されている。

電流検出抵抗１５は、モータ１６に流れる電流を検出するために設けられており、図１に示すように、後述する電流演算部２５と接続されている。

[0062] モータ１６は、図１に示すように、３相（Ｕ相、Ｖ相、Ｗ相）ブラシレスモータによって構成されており、各相の端子は、ＦＥＴアレイ１４を介して、直流電源としてのバッテリ１１に接続されている。そして、モータ１６は、３つのコイル１６ａと３つのホールＩＣ（またはホール素子）１６ｂと回転子１６ｃとを有している。

コイル１６ａは、３相（Ｕ相、Ｖ相、Ｗ相）の各相ごとに設けられており、ロータ側の回転子１６ｃに近接する位置であって、ステータ側に配置されている。

[0063] ホールＩＣ１６ｂは、磁極位置検出回路１７において検出されたモータ１６の回転位置に応じて（すなわち、モータ１６が所定回転する毎に）、制御部２０へパルス信号を出力する。

回転子１６ｃは、ドリル等の先端工具が装着され、図１に示すように、一対のＮ極と一対のＳ極とを含む永久磁石が埋め込まれて構成されており、３つのコイル１６ａに対して対向配置されている。

[0064] 磁極位置検出回路１７は、図１に示すように、３つのホールＩＣ１６ｂの出力信号に基づいて、３相（Ｕ相、Ｖ相、Ｗ相）のコイル１６ａと回転子１

６ｃとの位置関係を検出する。そして、磁極位置検出回路１７は、検出した結果を、制御部２０（現在速度演算部２３）へ送信する。

リセットスイッチ１８は、例えば、電動工具１０の外面に設けられたボタン式のスイッチであって、使用者によって操作されると、図１に示すように、補正係数演算部２４に対して、リセット信号を送信する。

[0065] 制御部２０は、電動工具１０のモータ１６を回転駆動する際の制御条件に従って、モータ１６の回転駆動を制御する。

本実施形態の電動工具１０では、制御部２０が、モータ１６の回転位置を検出する磁極位置検出回路１７からのパルス信号に基づいてモータ１６の回転位置、現在速度を演算する。そして、制御部２０は、現在の回転速度がトリガスイッチ１２の操作量よって定まる目標回転速度と一致するように、モータ１６をＰＷＭ（Pulse Width Modulation）制御する。

[0066] ここで、制御部２０は、トリガスイッチ１２が操作されてＯＮ状態になると、モータ１６に含まれるホールＩＣ１６ｂからの検出信号に基づいて、ゲート回路１３を介してＦＥＴアレイ１４内の各スイッチング素子１４ａをＯＮ／ＯＦＦさせる。これにより、制御部２０は、モータ１６の各相のコイル１６ａへの通電電流を制御して、モータ１６を所定の方向へ所定の回転速度になるように回転駆動させる。そして、制御部２０は、ゲート回路１３に対して、各スイッチング素子１４ａを駆動するための制御信号を入力する。

[0067] 制御部２０に取り込まれたトリガ操作量信号は、テーブル参照部２１において、トリガスイッチ１２の操作量に対応する目標回転速度を示す目標回転速度テーブル（図２（ａ）および図２（ｂ））を参照して、目標回転速度に変換される。

図２（ａ）は、トリガスイッチ１２の操作量に対する目標回転速度の関係を示す目標回転速度テーブルの一例を示す。トリガスイッチ１２の操作量に対するモータ１６の目標回転速度は、図２（ｂ）のグラフに示すように、操作量が増加するに従って、増加（一部不変）するように設定される。

[0068] 本実施形態の電動工具１０では、このような構成により、使用者がトリガ

スイッチ１２を引き込んでいくと（例えば、少量引くと）、可変抵抗器からのトリガ操作量信号に従って目標回転速度が設定される。そして、制御部２０は、目標回転速度でモータ１６を回転させるように、モータ１６のＰＷＭ制御を開始する。すなわち、トリガスイッチ１２の操作量が大きいほど回転速度が大きくなるように（つまり、駆動デューティ比が高くなるように）、ＦＥＴアレイ１４の駆動デューティ比を調整する。

[0069] より具体的には、制御部２０は、図１に示すように、テーブル参照部２１、操作量演算部２２、現在速度演算部（検出部）２３、補正係数演算部２４、電流演算部２５、記憶部２６、およびＰＷＭ信号生成部２７を備えている。

テーブル参照部２１は、記憶部２６に保存された目標回転速度テーブル（グラフ）（図２（ａ）および図２（ｂ）参照）を参照して、現在のトリガスイッチ１２の操作量に対応する目標回転速度を求める。そして、テーブル参照部２１は、操作量演算部２２へ目標回転速度を送信する。

[0070] また、テーブル参照部２１は、後述する補正係数演算部２４からテーブル補正係数を受信して、目標回転速度テーブル（例えば、グラフの傾き等）を補正する。なお、目標回転速度テーブルの補正処理については、後段にて詳述する。

操作量演算部２２は、テーブル参照部２１から受信したトリガスイッチ１２の操作量に対応するモータ１６の目標回転速度を受信して、目標回転速度でモータ１６を回転させるように、ＰＷＭ信号生成部２７へデューティ比を送信する。また、操作量演算部２２は、現在速度演算部２３から受信した実際のモータ１６の回転速度と目標回転速度との差分を算出し、記憶部２６へ送信する。

[0071] 現在速度演算部（検出部）２３は、磁極位置検出回路１７と接続されており、磁極位置検出回路１７から受信した検出結果に基づいて、現在のモータ１６の実際の回転速度を演算する。そして、現在速度演算部２３は、演算した実際の回転速度を、操作量演算部２２へ送信する。

補正係数演算部２４は、テーブル参照部２１から受信したトリガスイッチ１２の操作量に対応するモータ１６の目標回転速度と、現在速度演算部２３から受信した実際のモータ１６の回転速度との差分（速度偏差）を、記憶部２６から読み出す。そして、補正係数演算部２４は、目標回転速度テーブルを補正するための補正係数を演算して、テーブル参照部２１へ送信する。さらに、補正係数演算部２４は、上記補正係数と、フィードバック制御用に調整された制御ゲインとを、操作量演算部２２へ送信する。

[0072] 本実施形態の電動工具１０では、現在の作業（第１作業）に続いて実施される同種の作業（第２作業）用の制御条件を最適化するために、補正係数演算部２４から出力されるテーブル補正用の補正係数、フィードバック制御用の制御ゲインを用いる。

電流演算部２５は、ＦＥＴアレイ１４と電流検出抵抗１５との間に接続されており、モータ１６を流れる電流を演算する。そして、電流演算部２５は、演算した結果から算出される特性値（後述する平均電流および電流リップル）を、記憶部２６へ送信する。

[0073] 記憶部２６は、操作量演算部２２から受信した速度偏差、電流演算部２５から受信した平均電流および電流リップル、および後述する電動工具１０の制御プログラムを保存する。

ＰＷＭ信号生成部２７は、テーブル参照部２１から受信した目標回転速度と現在速度演算部２３から受信した実際のモータ１６の回転速度との差分（速度偏差）に、ＰＩ補償を加えて算出された操作量（ＰＷＭ出力のデューティ）を、スイッチング回路（ゲート回路１３およびＦＥＴアレイ１４）へ出力する。

[0074] また、ＰＷＭ信号生成部２７は、現在の作業（第１作業）において取得された各特性値（上記差分（速度差分）の大きさ、平均電流、電流リップル等）を用いて、現在の作業（第１作業）に続いて実施される作業（第２作業）におけるモータ１６の制御条件を最適化する。なお、第２作業の制御条件の最適化処理については、後段にて詳述する。

ここで、連続して実施されていた同種の作業（例えば、ドリル加工）の作業から、別の種類の作業（例えば、ネジ締め、ネジ緩め）へ移行する際には、使用者によってリセットスイッチ１８が操作される。これにより、リセットスイッチ１８から補正係数演算部２４に対してリセット信号が送信され、後述する目標回転速度テーブルの補正（書き換え）、制御ゲインの調整等の第２作業用の最適化制御がリセットされ、初期状態へ戻される。

[0075] ＜目標回転速度と現在の回転速度とに基づく操作量の算出＞

本実施形態の電動工具１０では、以下のような制御（比例制御、積分制御、微分制御等）によって、トリガスイッチ１２の操作量（駆動デューティ比）を算出する。

比例制御（Ｐ制御）は、目標回転速度と現在のモータ１６の回転速度との差分（速度偏差）に、比例制御ゲインＫＰを掛けたものを操作量とする制御であって、以下の数式（１）によって操作量を算出する。

[0076] 操作量＝比例制御ゲインＫＰ×偏差Ｎ０ ・・・・・（１）

積分制御（Ｉ制御）は、目標回転速度と現在のモータ１６の回転速度との差分（速度偏差）の累積値に、積分制御ゲインＫＩを掛けたものを操作量とする制御であって、以下の数式（２）によって操作量を算出する。

操作量＝積分制御ゲインＫＩ×（今回の偏差Ｎ０＋前回の偏差Ｎ１＋前々回の偏差Ｎ２） ・・・・・（２）

微分制御（Ｄ制御）は、目標回転速度と現在のモータ１６の回転速度との今回の差分（速度偏差）と前回の差分（速度偏差）との差分に、微分制御ゲインＫＤを掛けたものを操作量とする制御であって、以下の数式（３）によって操作量が算出される。

[0077] 操作量＝微分制御ゲインＫＤ×（今回の速度偏差Ｎ０－前回の速度偏差Ｎ１） ・・・・・（３）

比例＋積分制御（ＰＩ制御）は、上述した比例制御と積分制御とを組み合わせた制御であって、比例制御の数式（１）と積分制御の数式（２）とを用いてそれぞれ求められた操作量を足し算し、現在の操作量に加減算すること

で、操作量を算出する。

[0078] 比例＋積分＋微分制御（ＰＩＤ制御）は、比例制御と積分制御と微分制御とを組み合わせた制御であって、比例制御と積分制御と微分制御との数式（１）～（３）を用いてそれぞれ求められた操作量を足し算し、現在の操作量に加減算することで、操作量を算出する。

ここで、積分制御（Ｉ制御）は、目標速度に対する誤差を少なくする制御であって、速度精度を向上させるために行われる。微分制御は、制御の応答性を向上させるもので、電動工具１０の使用時における急激な負荷変動に対応するために行われる。

[0079] なお、比例制御ゲインＫＰ、積分制御ゲインＫＩ、および微分制御ゲインＫＤは、予め実験等によって最適な値を求めておく必要がある。

＜モータ１６の最適化制御＞

本実施形態の電動工具１０では、図３に示すフローチャートに従って、現在、実施された作業（第１作業）に続いて実施される同種の作業（第２作業）におけるモータ１６の最適化制御を実施する。

[0080] すなわち、図３のフローチャートに示すように、ステップＳ１では、例えば、電動工具１０に充電済みのバッテリ１１が接続されると、初期設定が行われる。

ステップＳ１の初期設定は、図４に示すフローチャートに従って実施される。初期設定では、上述した制御ゲインＫＰ，ＫＩ，ＫＤや、トリガスイッチ１２の操作量と目標回転速度と関係式をデフォルト値に設定したり、カウンタをクリアしたりする処理を含め、制御部２０の動作に必要な各種の初期化処理が行われる。

[0081] 具体的には、図４に示すように、ステップＳ１１では、目標回転速度テーブルをリセットして、デフォルト設定されたテーブルに戻す。

次に、ステップＳ１２では、前回、前々回の作業において取得された特性値に基づいて調整された操作量をリセットする。

次に、ステップＳ１３では、制御ゲインをリセットする。具体的には、上

述したＫＰ＝０．８０、ＫＩ＝０．０２として、初期設定の処理を終了する。

[0082] 続いて、図３に示すフローチャートのステップＳ２では、ステップＳ１の初期設定後、制御部２０は、トリガスイッチ１２がＯＮ状態となる（つまり、トリガスイッチ１２が操作される）まで待機し、トリガスイッチ１２が操作されると、ステップＳ３へ進む。

次に、ステップＳ３では、ステップＳ２においてトリガスイッチ１２が操作されると、制御部２０は、トリガスイッチ１２の操作量を読み出す。つまり、トリガスイッチ１２で抵抗分圧された電位を、Ａ／Ｄコンバータ（図示せず）を介して制御部２０へ取り込む。

[0083] 次に、ステップＳ４では、トリガスイッチ１２の操作量と目標回転速度との関係を示すテーブル（図２（ａ）参照）を参照して、モータ１６の目標回転速度を求める。なお、モータ１６の目標回転速度の算出は、トリガスイッチ１２の操作量と目標回転速度との関係式を用いて行われてもよい。

次に、ステップＳ５では、制御部２０が、モータ１６の現在の回転速度を求める。より詳細には、制御部２０の現在速度演算部２３において、磁極位置検出回路１７から受信したホールＩＣ１６ｂの信号周期等を用いて、モータ１６の現在の回転速度を演算する。

[0084] 次に、ステップＳ６では、制御部２０が、目標回転速度テーブルを参照して得られたトリガスイッチ１２の操作量に対応する目標回転速度と、現在速度演算部２３において算出された現在のモータ１６の回転速度との差分（速度偏差）を算出する。より詳細には、制御部２０の操作量演算部２２において、テーブル参照部２１から取得した目標回転速度と、現在速度演算部２３から取得した現在のモータ１６の回転速度との差分を演算し、記憶部２６に送信する。そして、記憶部２６では、この差分の値が、最適化制御を実施する際に用いられる特性値の１つとして保存される。

[0085] 次に、ステップＳ７では、制御部２０が、現在のモータ１６の回転速度と目標回転速度との差分（速度偏差）に、ＰＩ（比例積分）補償を加える等し

て、操作量（駆動デューティ比）を算出し、ＰＷＭ信号生成部２７を介して、ゲート回路１３へ出力する。

なお、ステップＳ７では、連続して実施される同種の作業中に１つ前の作業が終了しており、記憶部２６に目標回転速度テーブルおよび制御ゲインの調整後のテーブルおよび値が保存されている場合には、調整後のテーブルおよび制御ゲインを用いて、ゲート回路１３への出力が設定される。

[0086] 本実施形態の電動工具１０では、このような処理により、連続して実施される同種の作業において１つ前の作業（第１作業）で取得された特性値を用いて、目標回転速度テーブルおよび制御ゲインを調整することで、続いて実施される作業（第２作業）時のモータ１６の制御条件を、１つ前の作業（第１作業）よりも適したものにすることができる。

そして、これらの処理を１つの作業（第１作業）が実施されるごとに、同種の次の作業（第２作業）のために繰り返し実施することで、ドリル加工等の同種の作業を繰り返し実施する際のモータ１６の制御条件を最適化することができる。

[0087] 次に、ステップＳ８では、トリガスイッチ１２が操作された状態（ＯＮ状態）が継続されている場合には、ステップＳ２へ戻って、再度、操作量の読み出しからの処理を繰り返し実施する。一方、ステップＳ８において、トリガスイッチ１２が開放された状態（ＯＦＦ状態）になっている場合には、ステップＳ９において、制御部２０のＰＷＭ信号生成部２７が、操作量Ｄｕｔｙ＝０とする信号を、ゲート回路１３へ出力し、モータ１６の回転を停止させる。

[0088] 次に、ステップＳ１０では、モータ１６の回転を停止させた後、続いて実施される同種の作業（第２作業）を実施する際のモータ１６の制御条件を最適化するために、目標回転速度テーブルおよび制御ゲインを調整する。

ステップＳ１０において目標回転速度テーブルおよび制御ゲインの調整を実施した後、再び、ステップＳ２以降の処理を繰り返し実施する。

[0089] ＜目標回転速度テーブルおよび制御ゲインの調整＞

本実施形態の電動工具１０では、１つ前の作業（第１作業）に続いて連続して実施される同種の作業（第２作業）を実施する際のモータ１６の制御条件を最適化するために、目標回転速度テーブルおよび制御ゲインの調整を行う。そして、本実施形態では、この目標回転速度テーブルおよび制御ゲインの調整に、例えば、ファジィ理論が適用される。以下では、モータ１６の最適化制御にファジィ理論を適用した場合の例を挙げて説明する。

[0090] まず、１つ前の作業（第１作業）における一連の動作から取得されたモータ１６に関する特性値（差分（速度偏差）、平均電流、電流リップル）と加工材料の性質との関係について、図５（ａ）～図５（ｃ）に示すメンバシップ関数を設定する。

なお、図５（ａ）および図５（ｃ）に示すメンバシップ関数は、加工材料の硬さ（柔らかさ）を、硬さ（柔らかさ）の度合い（０～１．０）で示したものである。また、図５（ｂ）に示すメンバシップ関数は、加工材料の均質性（不均質性）を、均質性（不均質性）の度合い（０～１．０）で示したものである。

[0091] このようにファジィ推論のメンバシップ関数を用いることで、加工材料の特性（硬さ、均質性）を、実際の作業中に取得された特性値（差分、平均電流、電流リップル）と結びつけることができる。

本実施形態では、モータ１６の最適化制御を実施する際に、目標回転速度と実際のモータ１６の回転速度との差分（速度偏差）、モータ１６を流れる平均電流、電流リップルという３つの特性値を組み合わせて用いている。

[0092] 具体的には、図５（ａ）は、目標回転速度と実際のモータ１６の回転速度との差分（速度偏差）について、加工材料の硬さ（実線）および柔らかさ（破線）との関係をメンバシップ関数によって示している。

すなわち、図５（ａ）に示す速度偏差のメンバシップ関数は、加工材料が所定の硬さ（１．０）までは、加工時の抵抗が大きいため、速度偏差は－２０％まで直線的に小さくなる。同様に、メンバシップ関数は、加工材料が所定の柔らかさ（１．０）までは、加工時の抵抗が小さいため、速度偏差は、+

２０％まで直線的に大きくなる。

[0093] 図５（ｂ）は、電流リップルについて、加工材料の均質性（実線）および不均質性（破線）との関係をメンバシップ関数によって示している。

すなわち、図５（ｂ）に示す電流リップルのメンバシップ関数は、加工材料の均質性が高ければ、加工時における抵抗のバラツキが小さいため、電流リップルの値は２０％以下となり、加工材料の不均質性が高ければ、加工時の抵抗のバラツキが大きくなるため、電流リップルは２０％以上となる。

[0094] 図５（ｃ）は、モータ１６の平均電流について、加工材料の柔らかさ（実線）および硬さ（破線）との関係をメンバシップ関数によって示している。

すなわち、図５（ｃ）に示す平均電流のメンバシップ関数は、図５（ａ）と同様に加工材料の硬さを示す関数であって、加工材料が所定の柔らかさ（１．０）までは、加工時の抵抗が小さいため、平均電流は、２０Ａから１０Ａまで直線的に小さくなる。同様に、メンバシップ関数は、加工材料が所定の硬さ（１．０）までは、加工時の抵抗が大きいため、平均電流は、２０Ａから３０Ａまで直線的に大きくなる。

[0095] 本実施形態の電動工具１０では、加工材料の特性（硬さ、均質性）から、目標回転速度テーブルと制御ゲインの調整方法について、下記の８つのファジィ推論のルール（１）～（８）を制定する。

（１）「もし、加工材料がかなり硬くて、不均質であれば、目標回転速度テーブルの傾きを下げる」

（２）「もし、加工材料がかなり硬くて、均質であれば、目標回転速度テーブルはそのまま」

（３）「もし、加工材料がかなり硬くて、不均質であれば、制御ゲイン（ＰＩゲイン）を下げる」

（４）「もし、加工材料がかなり硬くて、均質であれば、制御ゲイン（ＰＩゲイン）を上げる」

（５）「もし、加工材料が柔らかくて、均質であれば、目標回転速度テーブルの傾きを上げる」

（６）「もし、加工材料が柔らかくて、不均質であれば、目標回転速度テーブルの傾きを上げる」

（７）「もし、加工材料が柔らかくて、均質であれば、制御ゲイン（ＰＩゲイン）はそのまま」

（８）「もし、加工材料が柔らかくて、不均質であれば、制御ゲイン（ＰＩゲイン）はそのまま」

なお、上記８つのファジィ推論のルール（１）～（８）のうち、「もし、～ならば」を前件部、「～する」を後件部とする。

[0096] 次に、後件部について、図６（ａ）および図６（ｂ）に示すメンバシップ関数を設定する。

図６（ａ）に示すメンバシップ関数は、図５（ａ）～図５（ｃ）に示す３つの特性値と加工材料の特性との関係を示すメンバシップ関数に基づいて、目標回転速度テーブルのグラフの傾きを「下げる」（一点鎖線）、「そのまま」（実線）、「上げる」（破線）という処理を関数として示したものである。

[0097] 図６（ｂ）に示すメンバシップ関数は、図５（ａ）～図５（ｃ）に示す３つの特性値と加工材料の特性との関係を示すメンバシップ関数に基づいて、制御ゲイン（ＰＩゲイン）を「下げる」（一点鎖線）、「そのまま」（実線）、「上げる」（破線）という処理を関数として示したものである。

ここで、実際に取得された各特性値の一例として、「速度偏差：－１３％、電流リップル：５％、平均電流：２５Ａ」とした場合の、目標回転速度テーブルおよび制御ゲイン（ＰＩゲイン）の調整方法を定量的に説明する。

[0098] まず、目標回転速度と実際のモータ１６の回転速度との差分（速度偏差）は、－１３％であるから、図７（ａ）に示すメンバシップ関数によって、「かなり硬い」要素の適合度は０．６ポイント、「柔らかい」要素の適合度は０．１ポイントとなる。

同様に、電流リップルは、５％であるから、図７（ｂ）に示すメンバシップ関数によって、「均質」要素の適合度は１．０ポイントとなる。そして、平

均電流は、２５Ａであるから、図７（ｃ）に示すメンバシップ関数によって、「かなり硬い」要素の適合度が０．５ポイントとなる。

[0099] これにより、本実施形態の電動工具１０では、先の作業（第１作業）において取得された上述した３つの特性値（差分（速度偏差）、平均電流、電流リップル）を用いて、加工材料の材質（硬さ、均質性）を推測することができる。

次に、先に制定したファジィ推論のルール（１）～（８）に加工材料の特性を適用する。

[0100] なお、同じ要素で２つの異なる適合度となった場合は、大きい方の数値が採用され、異なる要素間では小さい方の数値が採用されるものとする。

ルール（１）では、上述したように、メンバシップ関数よって「かなり硬い」要素の適合度は、０．６ポイントと０．５ポイントの２つが得られていたため、大きい方の０．６ポイントが採用される。そして、「不均質」要素の適合度は、０ポイントであった。

[0101] 両要素の小さい方の数値は、０ポイントとなるので、「目標回転速度テーブルの傾きは何もしない」となる。

（１）「もし、かなり硬くて（０．６（＞０．５））、不均質（０）であれば、目標回転速度テーブルの傾きを下げる」

－＞何もしない

以下、ルール（２）～（８）についても、同様の操作を繰り返す。

（２）「もし、かなり硬くて（０．６（＞０．５））、均質（１）ならば、目標回転速度テーブルはそのまま」

－＞目標回転速度テーブルの傾きはそのまま（０．６のまま）

（３）「もし、かなり硬くて（０．６（＞０．５））、不均質（０）であれば、制御ゲイン（ＰＩゲイン）を下げる」

－＞何もしない

（４）「もし、かなり硬くて（０．６（＞０．５））、均質（１）であれば、制御ゲイン（ＰＩゲイン）を上げる」

－＞制御ゲイン（ＰＩゲイン）を上げる（０．６まで上げる）

（５）「もし、柔らかくて（０．１）、均質（１）であれば、目標回転速度テーブルの傾きを上げる」

－＞目標回転速度テーブルの傾きを上げる（０．１上げる）

（６）「もし、柔らかくて（０．１）、不均質（０）であれば、目標回転速度テーブルの傾きを上げる」

－＞何もしない

（７）「もし、柔らかくて（０．１）、均質（１）であれば、制御ゲイン（ＰＩゲイン）はそのまま」

－＞制御ゲイン（ＰＩゲイン）はそのまま（０．１のまま）

（８）「もし、柔らかくて（０．１）、不均質（０）であれば、制御ゲイン（ＰＩゲイン）はそのまま」

－＞何もしない

次に、図８（ａ）および図８（ｂ）に示すように、各ルール（１）～（８）の後件部の数値を図形化する。

[0102] ルール（２）の後件部は、「目標回転速度テーブルはそのまま」適合度０．６ポイントであるから、メンバシップ関数「目標速度テーブル傾きの変更」の「そのまま」の高さ０．６のところに線を引く。

同様に、ルール（４）、（５）、（７）ついても、メンバシップ関数に線を引く。ルール（１）、（３）、（６）については、前件部が０のため、何もしない。

[0103] 最後に斜線部の合成図形を数値化する。これを非ファジィ化（脱ファジィ化）という。具体的には、合成図形（斜線部分）の重心を求めて数値とする。

「目標回転速度テーブルの傾きの調整」については、図８（ａ）に示すように、×１．０に０．６の重み、×（１．０＋１．２５）／２に０．１の重みであるから、その重心は、

１＋０．１２５／７＝１．０１８

となる。

[0104] 同様に、「制御ゲイン（ＰＩゲイン）の調整」については、図８（ｂ）に示すように、重心が１．４２９となる。

よって、続いて実施される次の同種の作業（第２作業）においてトリガスイッチ１２が操作された際には、前回の作業（第１作業）において取得された特性値に基づいて、目標回転速度テーブルの傾きを１．０１８倍、制御ゲイン（ＰＩゲイン）を１．４２９倍とする。

[0105] 本実施形態の電動工具１０では、以上のように、それまでの作業（第１作業）において得られた作業履歴（特性値）に基づいて、次回の同種の作業（第２作業）用に設定される制御条件（パラメータ）を調整（最適化）する。

これにより、使用者は、例えば、ドリル加工等の同種の作業を繰り返す場合において、最適化された制御条件で後の作業を実施することができる。よって、作業効率が向上して使い易く、電動工具１０の消費電力を低減することができる。

[0106] また、モータ１６の制御条件が各作業に適した条件に自動的に書き換えられていくため、作業ミス（失敗）が減少し、作業の歩留りを向上させ、加工材料のロスを低減することができる。

さらに、本最適化制御における演算処理は、連続して実施される作業と作業の空き時間中に実行される。このため、制御部２０への負荷は軽く、低コストで実現することができる。

[0107] さらにまた、例えば、ドリル加工の作業からネジ締めの作業に作業内容が切り替わる場合には、使用者は、リセットスイッチ１８を操作することで、それまでに蓄積された学習内容が破棄されて初期状態（例えば、工場出荷時）へ戻すことができる。よって、別の種類の作業（ネジ締め）を実施する際には、改めて、最初の作業によって得られた各特性値を用いて、続いて実施されるネジ締めの作業（第２作業）の制御条件を最適化することができる。この結果、各種作業において、作業を実施するごとに、各種作業に適した制御条件を設定していくことができる。

[0108] また、本実施形態の電動工具１０では、同種の作業を連続して実施する際において、一連の作業中に取得されたデータ（トリガスイッチ１２の操作量、モータドライバへの操作量Ｄｕｔｙ、バッテリ電圧、モータ速度、モータ電流、モータ温度等）を用いて、加工材料の材質（硬さ、均質性など）を類推することができる。よって、加工材料の材質に合わせて最適化された制御条件（制御パラメータ）を、続いて実施される作業（第２作業）に向けて自動的に設定することができる。

[0109] この結果、使用者は、同種の作業を繰り返し実施する場合において、学習モード等の特別なモード設定等を行うことなく、通常の作業を繰り返し実施するだけで、自動的に最適な制御条件（制御パラメータ）によって、快適に作業を行うことができる。

［他の実施形態］

以上、本発明の一実施形態について説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の変更が可能である。

[0110] （Ａ）

上記実施形態では、トリガスイッチ１２の操作量に対する目標回転速度と実際の回転速度との差分の大きさ、平均電流および電流リップルを含む各特性値を用いて、目標回転速度テーブルの調整および制御ゲインの調整の両方を実施する例を挙げて説明した。しかし、本発明はこれに限定されるものではない。

例えば、上記各特性値に基づいて、速度テーブルの書き換え、および制御ゲインの調整のいずれか一方のみを実施する構成であってもよい。

[0111] （Ｂ）

上記実施形態では、第１作業において取得されたトリガスイッチ１２の操作量に対する目標回転速度と実際の回転速度との差分の大きさ、平均電流および電流リップルという３つの特性値に基づいて、続いて実施される第２作業用の制御条件を最適化する例を挙げて説明した。しかし、本発明はこれに

限定されるものではない。

[0112] 例えば、上記目標回転速度と実際の回転速度との差分の大きさ、平均電流および電流リップルのうち、少なくとも１つに基づいて、第２作業用の制御条件の最適化する制御であってもよい。

あるいは、上記実施形態で説明した３つの特性値以外の別の特性値に基づいて、電動工具のモータの制御条件を最適化してもよい。

[0113] （Ｃ）

上記実施形態では、トリガスイッチ１２が操作されてＯＮ状態になってからＯＦＦ状態になるまでの作業を第１作業とし、この第１作業に続いて実施されるトリガスイッチ１２が操作されてＯＮ状態になってからＯＦＦ状態になるまでの作業を第２作業とし、第１作業において取得された差分等に基づいて、第２作業用のモータ制御条件の最適化を、毎回の作業ごとに繰り返し実施する例を挙げて説明した。しかし、本発明はこれに限定されるものではない。

[0114] 例えば、数回分の作業を第１作業とし、その後に実施される第２作業用の制御条件を、数回分の作業において取得された差分の平均値等に基づいて、最適化してもよい。

あるいは、第２作業用の制御条件の最適化は、毎回の第１作業終了後に実施するだけでなく、所定回数ごとに第１作業を設定し、その後の第２作業用の制御条件の最適化を実施してもよい。

[0115] （Ｄ）

上記実施形態では、第２作業用の最適化制御として、目標回転速度テーブルの傾きに調整、および制御ゲインの調整を実施する例を挙げて説明した。しかし、本発明はこれに限定されるものではない。

例えば、第２作業用の最適化制御としては、上述した制御に限らず、他の制御によって第２作業用の制御条件を最適化してもよい。

[0116] （Ｅ）

上記実施形態では、第２作業用の最適化制御を実施する際に、ファジィ推

論を用いた例を挙げて説明した。しかし、本発明はこれに限定されるものではない。

本発明の電動工具のモータの制御方法では、ファジィ推論の使用は必須ではなく、これ以外の方法によって実施されてもよい。

[0117] （Ｆ）

上記実施形態では、先の作業（第１作業）において取得された特性値（速度偏差、平均電流、電流リップル）を用いて、加工材料の硬さ、均質性等の材質を推定する例を挙げて説明した。しかし、本発明はこれに限定されるものではない。

例えば、本発明において推定される加工材料の材質としては、硬さおよび均質性以外の材質であってもよい。

[0118] （Ｇ）

上記実施形態では、モータ１６として、ブラシレスモータを用いた例を挙げて説明した。しかし、本発明はこれに限定されるものではない。

例えば、トリガスイッチの操作量に応じて回転駆動されるブラシレスモータ以外の直流モータを用いてもよい。

[0119] （Ｈ）

上記実施形態では、本発明を、電動工具１０および電動工具１０の制御方法として実現した例を挙げて説明した。しかし、本発明はこれに限定されるものではない。

例えば、上記実施形態において説明した電動工具１０の制御方法をコンピュータに実行させる制御プログラムとして、本発明を実現してもよい。

[0120] この制御プログラムは、図１に示す記憶部２６に保存されていればよく、ＣＰＵによって読み出されることで、上述した制御方法をコンピュータに実行させることができる。

産業上の利用可能性

[0121] 本発明の電動工具は、簡単な動作によって、最適なモータ制御条件を設定することができるという効果を奏することから、各種作業において使用され

る電動工具に対して広く適用可能である。

符号の説明

[0122]

１０	電動工具
１１	バッテリ（電源部）
１２	トリガスイッチ（速度設定部）
１３	ゲート回路（スイッチング回路）
１４	ＦＥＴアレイ（スイッチング回路）
１４ａ	スイッチング素子
１５	電流検出抵抗
１６	モータ（直流モータ）
１６ａ	コイル
１６ｂ	ホールＩＣ
１６ｃ	回転子
１７	磁極位置検出回路
１８	リセットスイッチ
２０	制御部
２１	テーブル参照部
２２	操作量演算部
２３	現在速度演算部（検出部）
２４	補正係数演算部
２５	電流演算部（電流測定部）
２６	記憶部
２７	ＰＷＭ信号生成部

請求の範囲

[請求項1] 直流モータと、

操作量に応じて前記直流モータの回転速度を設定する速度設定部と、

複数のスイッチング素子を有し、前記直流モータに対して電力を供給するスイッチング回路と、

前記速度設定部において設定された回転速度に基づいて前記直流モータを回転駆動させるように前記スイッチング回路を制御するとともに、第１作業において取得された前記直流モータに関する特性値に基づいて、前記第１作業に続いて実施される予定であって前記第１作業と同種の第２作業における前記直流モータの制御条件を設定する制御部と、

を備えている電動工具。

[請求項2] 前記直流モータの実際の回転速度を検出する検出部を、さらに備えており、

前記特性値には、前記速度設定部の前記操作量に対する前記直流モータの目標回転速度と、前記検出部において検出された前記実際の回転速度との差分が含まれる、

請求項１に記載の電動工具。

[請求項3] 前記制御部は、前記第２作業を実施する際に、前記差分の大きさに応じて、前記速度設定部の前記操作量と前記目標回転速度との関係を示すテーブルを書き換える、

請求項２に記載の電動工具。

[請求項4] 前記制御部は、前記第２作業を実施する際に、前記差分の大きさに応じて、前記スイッチング回路に出力される制御ゲインを調整する、

請求項２または３に記載の電動工具。

[請求項5] 前記直流モータに接続された回路に流れる電流を測定する電流測定部を、さらに備えている、

請求項１から４のいずれか１項に記載の電動工具。

[請求項6] 前記特性値には、前記電流測定部において測定された電流値に基づいて算出される平均電流および電流リップルの少なくとも一方が含まれる、

請求項５に記載の電動工具。

[請求項7] 前記制御部は、前記第２作業を実施する際に、前記平均電流および前記電流リップルの少なくとも一方に応じて、前記速度設定部の操作量に対応する前記直流モータの目標回転速度を示すテーブルを書き換える、

請求項６に記載の電動工具。

[請求項8] 前記制御部は、前記第２作業を実施する際に、前記平均電流および前記電流リップルの少なくとも一方に応じて、前記スイッチング回路に出力される制御ゲインを調整する、

請求項６または７に記載の電動工具。

[請求項9] 前記制御部は、前記第１作業において取得された前記直流モータの前記特性値に基づいて、加工材料の材質を推定する、

請求項１から８のいずれか１項に記載の電動工具。

[請求項10] 前記加工材料の材質には、硬さ、均質性が含まれる、

請求項９に記載の電動工具。

[請求項11] 前記直流モータに関する前記特性値を保存する記憶部を、さらに備えている、

請求項１から１０のいずれか１項に記載の電動工具。

[請求項12] 前記直流モータの制御条件を初期条件に戻すリセットスイッチを、さらに備えている、

請求項１から１１のいずれか１項に記載の電動工具。

[請求項13] 前記制御部は、前記第１作業において取得される前記特性値に基づいて、前記第２作業における前記直流モータの制御条件を、ファジィ推論を用いて設定する、

請求項１から１２のいずれか１項に記載の電動工具。

[請求項14] 請求項１から１３のいずれか１項に記載の電動工具の制御方法であって、

前記第１作業において、予め設定された前記制御条件にて前記直流モータを回転駆動させるステップと、

前記第１作業において、前記直流モータに関する前記特性値を取得するステップと、

前記第１作業において取得された前記特性値に基づいて、前記第１作業に続いて実施され前記第１作業と同種の前記第２作業における前記直流モータの前記制御条件を調整するステップと、

前記第２作業において、調整された前記制御条件によって前記直流モータを回転駆動させるステップと、

を備えた電動工具の制御方法。

[請求項15] 前記特性値には、前記速度設定部の前記操作量に対する前記直流モータの目標回転速度と、前記直流モータの実際の回転速度との差分が含まれる、

請求項１４に記載の電動工具の制御方法。

[請求項16] 前記第２作業において、前記差分の大きさに応じて、前記速度設定部の前記操作量と前記目標回転速度との関係を示すテーブルを書き換える、

請求項１５に記載の電動工具の制御方法。

[請求項17] 前記第２作業において、前記差分の大きさに応じて、前記スイッチング回路に出力される制御ゲインを調整する、

請求項１５または１６に記載の電動工具の制御方法。

[請求項18] 前記特性値には、前記直流モータに接続された回路に流れる電流を測定する電流測定部において測定された電流値に基づいて算出される平均電流および電流リップルの少なくとも一方が含まれる、

請求項１４から１７のいずれか１項に記載の電動工具の制御方法。

[請求項19] 前記第２作業において、前記平均電流および前記電流リップルの少なくとも一方に応じて、前記速度設定部の操作量に対応する前記直流モータの目標回転速度を示すテーブルを書き換える、
請求項１８に記載の電動工具の制御方法。

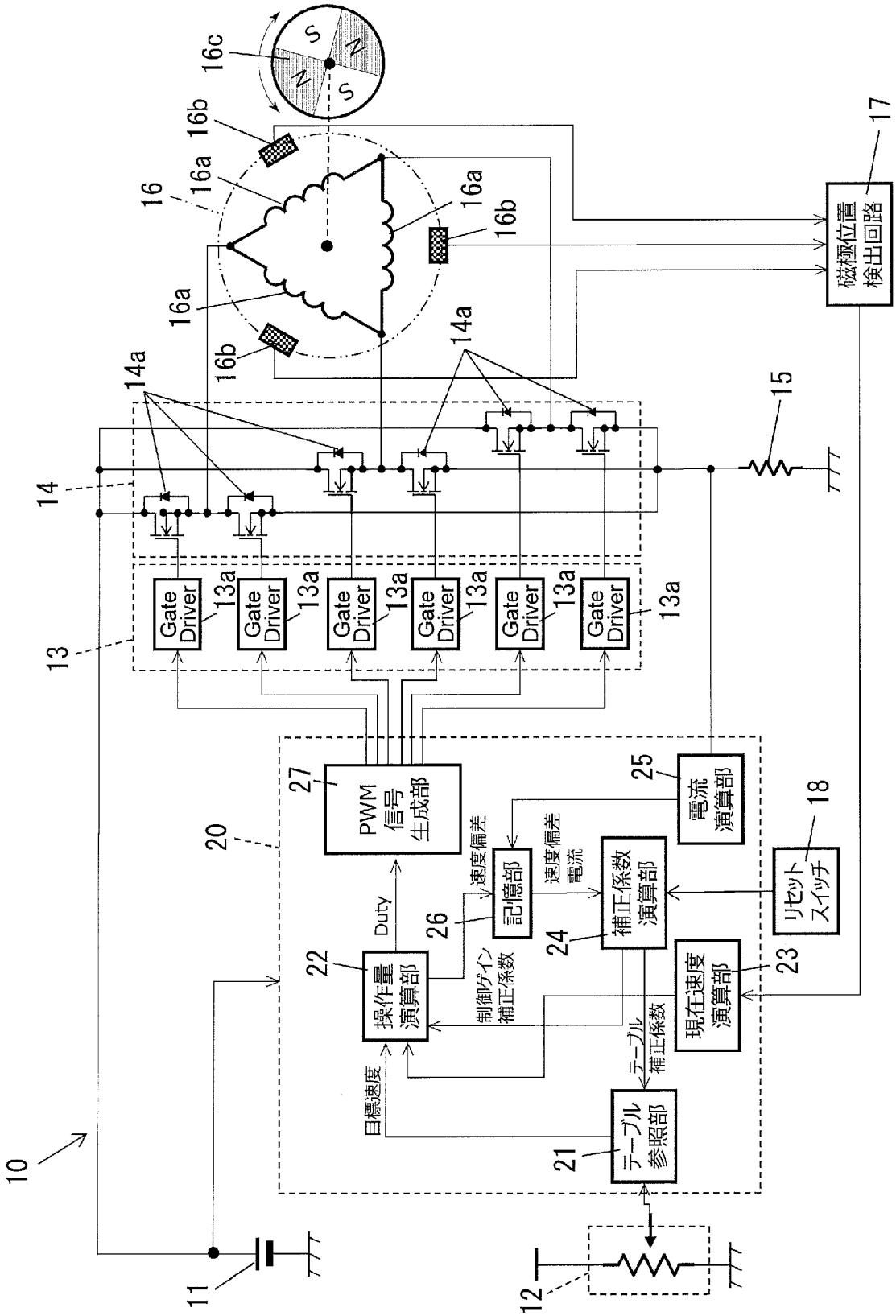
[請求項20] 前記第２作業において、前記平均電流および前記電流リップルの少なくとも一方に応じて、前記スイッチング回路に出力される制御ゲインを調整する、
請求項１８または１９に記載の電動工具の制御方法。

[請求項21] 前記第１作業において取得された前記直流モータの前記特性値に基づいて、加工材料の材質を推定するステップを、さらに備えている、
請求項１４から２０のいずれか１項に記載の電動工具の制御方法。

[請求項22] 前記加工材料の材質には、硬さ、均質性が含まれる、
請求項２１に記載の電動工具の制御方法。

[請求項23] 請求項１から１３のいずれか１項に記載の電動工具の制御プログラムであって、
前記第１作業において、予め設定された前記制御条件にて前記直流モータを回転駆動させるステップと、
前記第１作業において、前記直流モータに関する前記特性値を取得するステップと、
前記第１作業において取得された前記特性値に基づいて、前記第１作業に続いて実施され前記第１作業と同種の前記第２作業における前記直流モータの前記制御条件を調整するステップと、
前記第２作業において、調整された前記制御条件によって前記直流モータを回転駆動させるステップと、
を備えた電動工具の制御方法をコンピュータに実行させる制御プログラム。

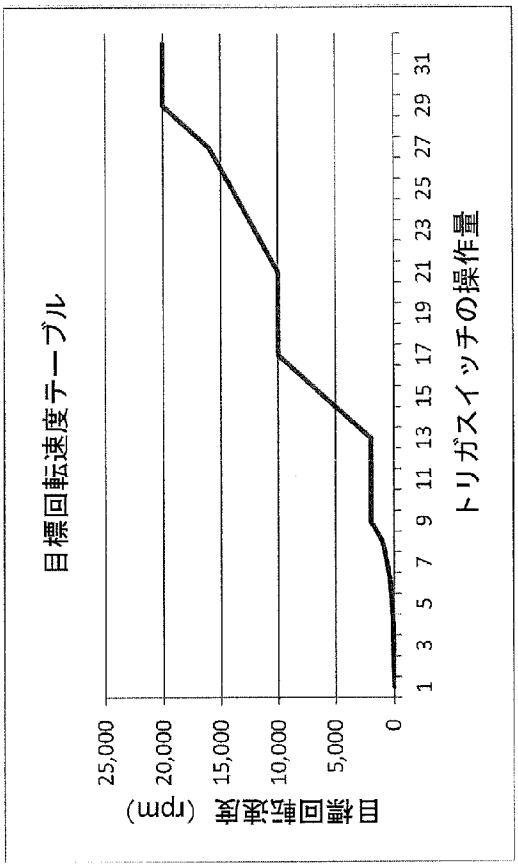
[図1]


16c
S
N
N
S
16b
16a
16
16a
16b
16a
16b
14a
14a
17
磁極位置
検出回路
15
14
13
Gate
Driver
13a
20
27
PWM
信号
生成部
25
電流
演算部
18
速度偏差
速度偏差
電流
記憶部
補正係数
演算部
リセット
スイッチ
Duty
26
24
22
操作量
演算部
制御ゲイン
補正係数
23
現在速度
演算部
テーブル
補正係数
目標速度
テーブル
参照部
21
10
11
12

[図2]

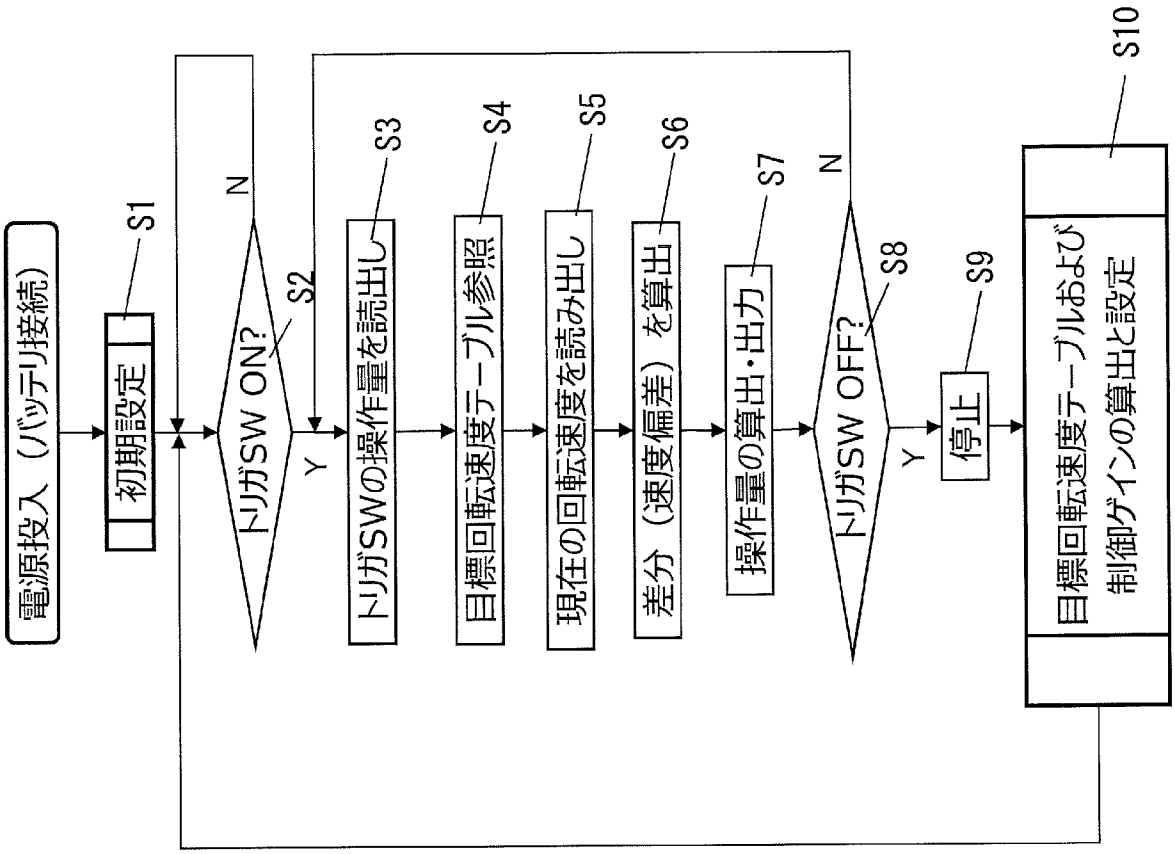
トリガスイッチ操作量 [digit]	目標回転速度 [rpm]
0	0
1	50
2	70
3	100
4	200
5	300
6	600
7	1,000
8	2,000
9	2,000
10	2,000
11	2,000
12	2,000
13	4,000
14	6,000
15	8,000
16	10,000
17	10,000
18	10,000
19	10,000
20	10,000
21	11,000
22	12,000
23	13,000
24	14,000
25	15,000
26	16,000
27	18,000
28	20,000
29	20,000
30	20,000
31	20,000

(a)

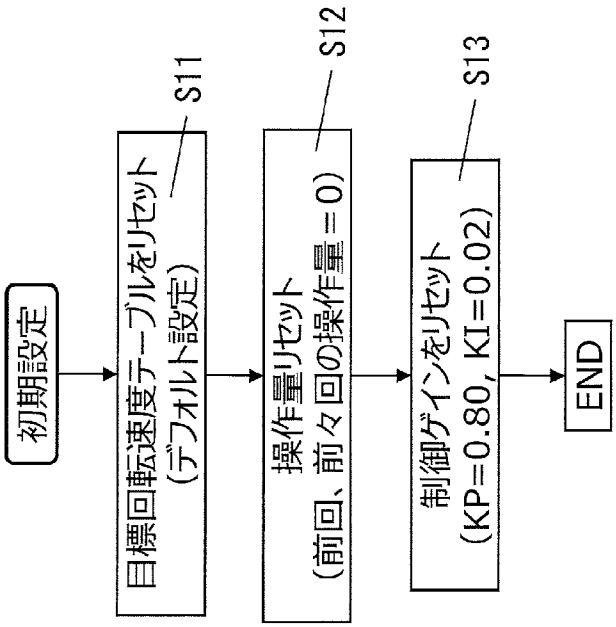


(b)

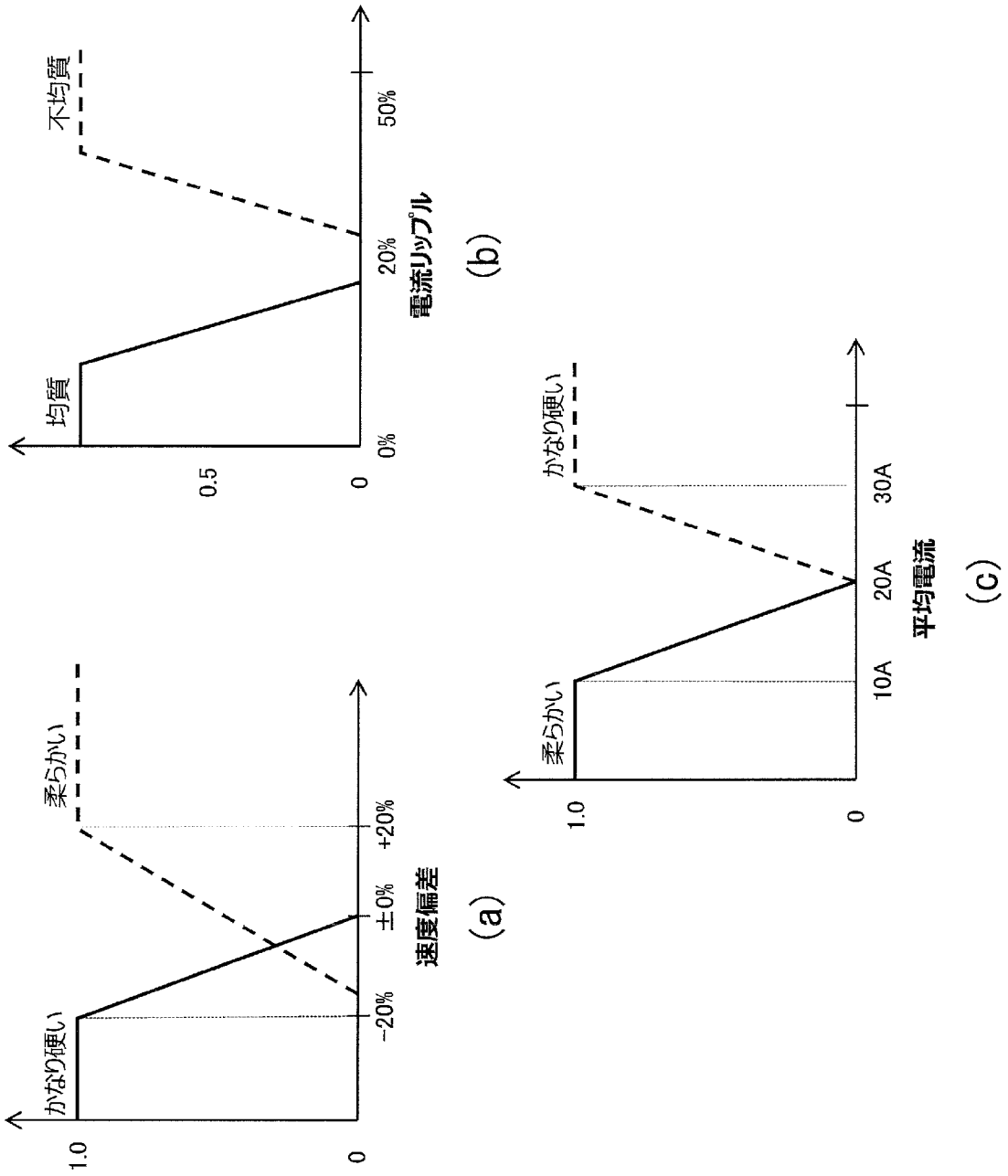
[図3]


電源投入（バッテリ接続）
初期設定
S1
トリガSW ON?
S2
N
Y
トリガSWの操作量を読出し
S3
目標回転速度テーブル参照
S4
現在の回転速度を読み出し
S5
差分（速度偏差）を算出
S6
操作量の算出・出力
S7
トリガSW OFF?
S8
N
Y
停止
S9
目標回転速度テーブルおよび
制御ゲインの算出と設定
S10

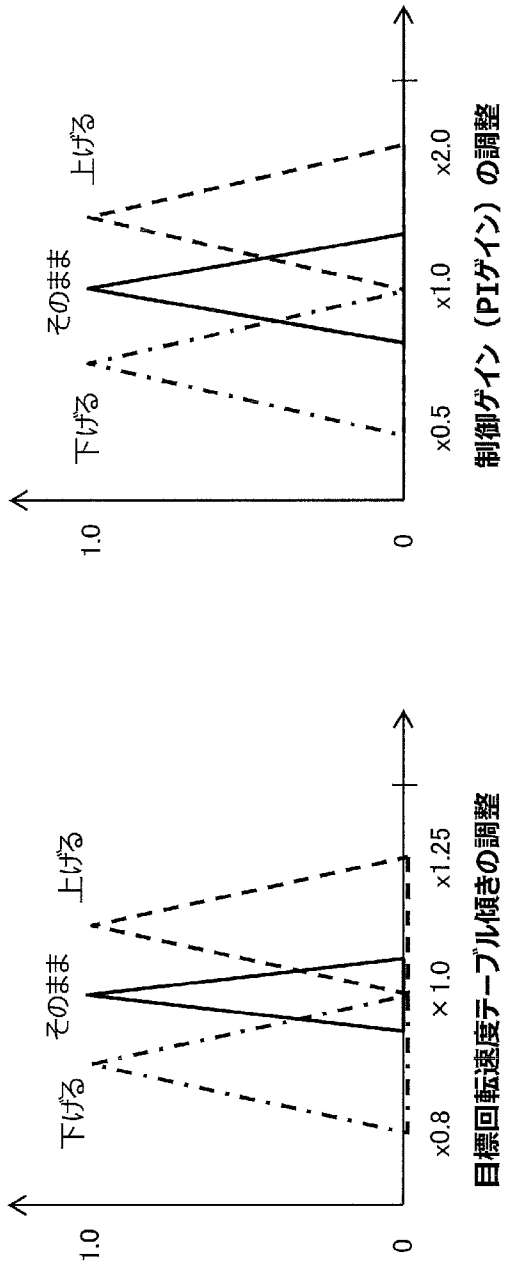
[図4]


初期設定
目標回転速度テーブルをリセット
(デフォルト設定)
S11
操作量リセット
(前回、前々回の操作量＝0)
S12
制御ゲインをリセット
(KP=0.80, KI=0.02)
S13
END

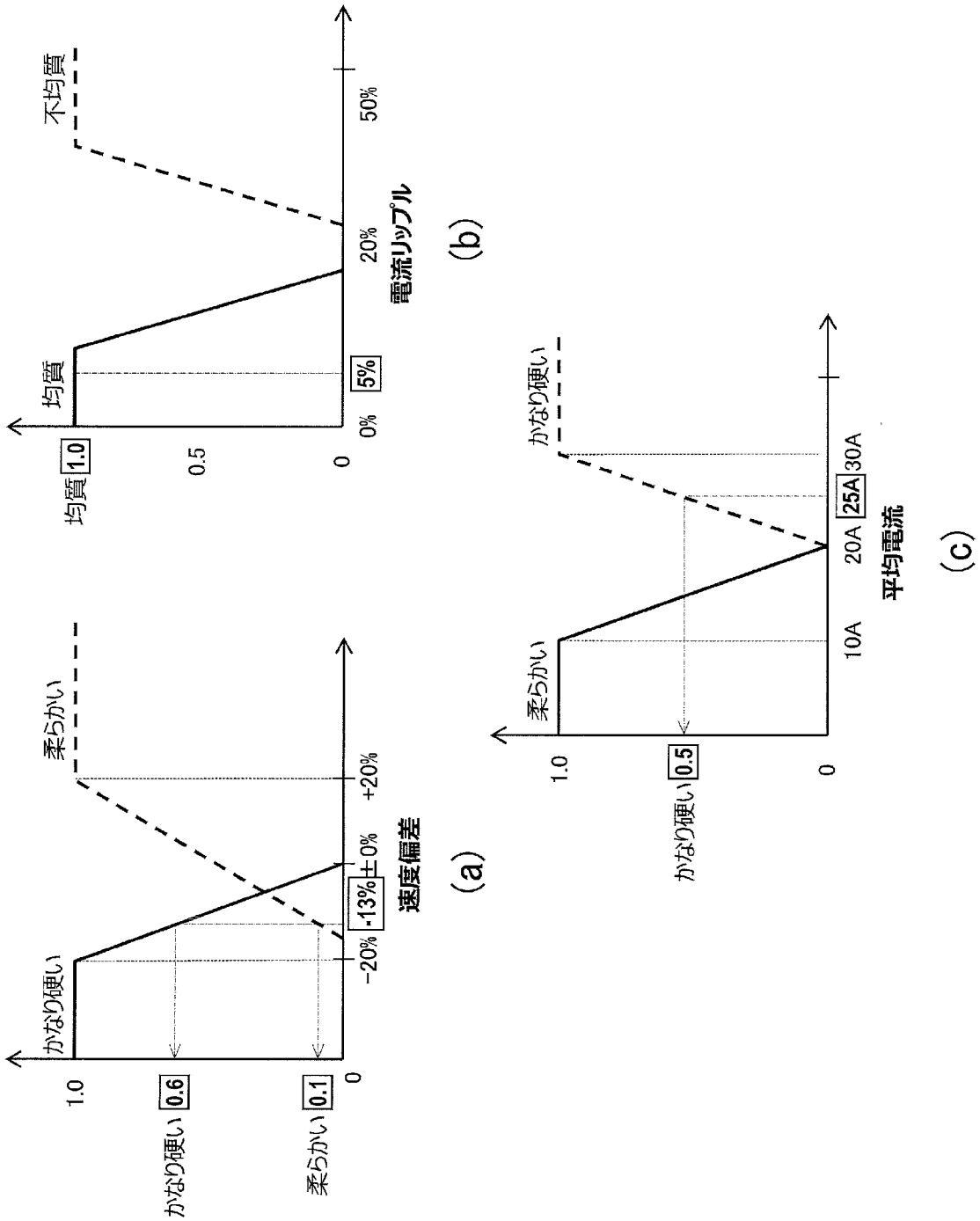
[図5]


かなり硬い
柔らかい
1.0
0
-20%
±0%
+20%
速度偏差
(a)
均質
不均質
0.5
0
0%
20%
50%
電流リップル
(b)
かなり硬い
柔らかい
1.0
0
10A
20A
30A
平均電流
(c)

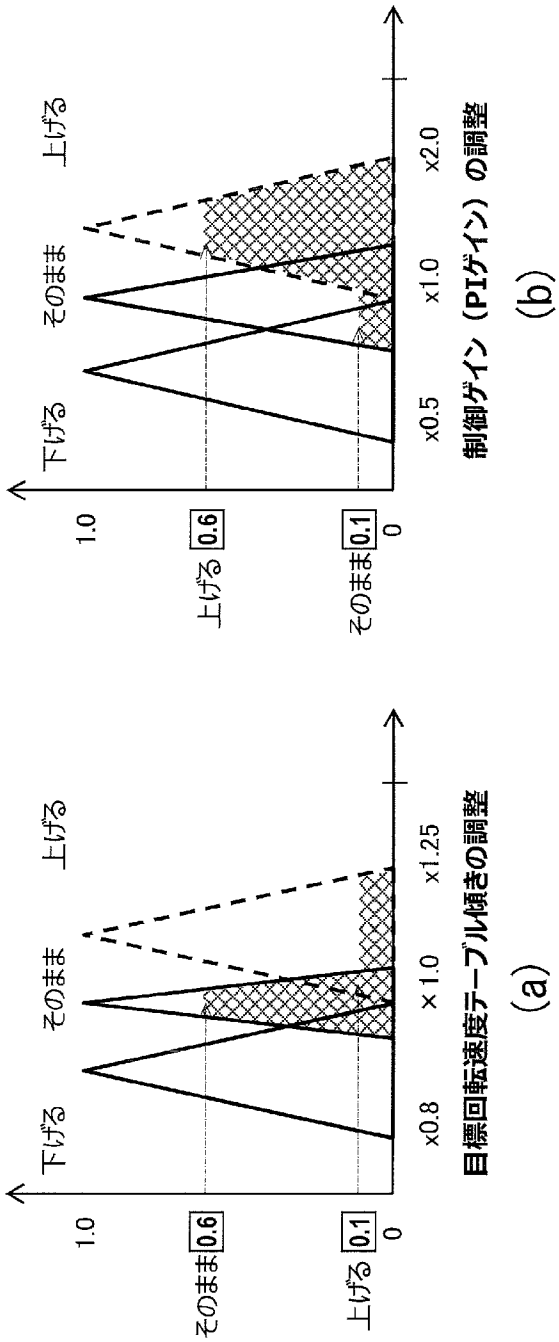
[図6]


1.0
0
下げる
そのまま
上げる
x0.8
x1.0
x1.25
目標回転速度テーブル傾きの調整
(a)
1.0
0
下げる
そのまま
上げる
x0.5
x1.0
x2.0
制御ゲイン（PIゲイン）の調整
(b)

[図7]


かなり硬い
柔らかい
1.0
0
かなり硬い 0.6
柔らかい 0.1
-20%
-13%
±0%
+20%
速度偏差
(a)
不均質
均質
均質 1.0
0.5
0
0%
5%
20%
50%
電流リップル
(b)
かなり硬い
柔らかい
1.0
かなり硬い 0.5
0
10A
20A
25A
30A
平均電流
(c)

[図8]


下げる
そのまま
上げる
1.0
0.6
0.1
0
上げる
そのまま
x0.5
x1.0
x2.0
制御ゲイン（PIゲイン）の調整
(b)
下げる
そのまま
上げる
1.0
0.6
0.1
0
そのまま
上げる
x0.8
× 1.0
x1.25
目標回転速度テーブル傾きの調整
(a)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2019/002211

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int. Cl. B25F5/00(2006.01)i, H02P6/00(2016.01)i, H02P29/40(2016.01)i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int. Cl. B25F5/00, H02P6/00, H02P29/40, B25B23/00-23/14

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 1971-2019
Registered utility model specifications of Japan 1996-2019
Published registered utility model applications of Japan 1994-2019

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 2013-22681 A (HITACHI KOKI CO., LTD.) 04 February 2013, paragraphs [0060]-[0079], fig. 5-8 & US 2014/0158390 A1, paragraphs [0073]-[0092], fig. 5-8 & WO 2013/012098 A1 & DE 112012003052 T5 & CN 103687700	1, 5, 11-12 14, 23 9-14, 21-23 2-4, 6-8 15-20
Y	JP 2015-150671 A (MAKITA CORP.) 24 August 2015, paragraphs [0059]-[0070], [0085]-[0089], [0103]-[0106], fig. 1-4 & US 2015/0231770 A1, paragraphs [0076]-[0087], [0102]-[0106], [0119]-[0128], fig. 1-4 & DE 102015001982 A1	9-14, 21-23

☒ 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	Date of mailing of the international search report
13.03.2019	26.03.2019
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/JP2019/002211

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 3-19778 A (OMRON CORP.) 28 January 1991, claims (Family: none)	13-14, 21-23
A	JP 2004-243463 A (NITTO SEIKO CO., LTD.) 02 September 2004, paragraphs [0012]-[0014] (Family: none)	1-2, 5-6
A	JP 2016-93854 A (MAKITA CORP.) 26 May 2016, paragraphs [0037]-[0057], fig. 5 (Family: none)	1-2, 5-6
A	JP 2015-160280 A (HITACHI KOKI CO., LTD.) 07 September 2015, paragraphs [0022]-[0026], [0032]-[0036], fig. 2, 8 & DE 202015100350 U1 & CN 204913826 U	1-2, 5-6
A	JP 2008-263751 A (MAKITA CORP.) 30 October 2008, paragraphs [0017]-[0022], fig. 1-5 & US 2010/0027979 A1, paragraphs [0037]-[0045], fig. 1-5 & WO 2008/129899 A1 & EP 2131485 A	1-2, 5-61

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１９／００２２１１

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　B25F5/00(2006.01)i, H02P6/00(2016.01)i, H02P29/40(2016.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　B25F5/00, H02P6/00, H02P29/40, B25B23/00-23/14

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	１９７１－２０１９年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１９年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１９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 2013-22681 A (日立工機株式会社) 2013.02.04, 段落[0060]-[0079], 図 5-8 & US 2014/0158390 A1, 段落[0073]-[0092], 図 5-8 & WO 2013/012098 A1 & DE 112012003052 T5 & CN 103687700 A	1,5,11-12,14,23 9-14,21-23 2-4,6-8,15-20
Y	JP 2015-150671 A (株式会社マキタ) 2015.08.24, 段落[0059]-[0070], [0085]-[0089], [0103]-[0106], 図 1-4 & US 2015/0231770 A1, 段落[0076]-[0087], [0102]-[0106], [0119]-[0128], 図 1-4 & DE 102015001982 A1	9-14,21-23

☑ 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	国際調査報告の発送日
１３．０３．２０１９	２６．０３．２０１９

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　３Ｃ　３３２７
上田　真誠
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 3-19778 A (オムロン株式会社) 1991.01.28, 特許請求の範囲（ファミリーなし)	13-14,21-23
A	JP 2004-243463 A (日東精工株式会社) 2004.09.02, 段落[0012]-[0014]（ファミリーなし)	1-2,5-6
A	JP 2016-93854 A (株式会社マキタ) 2016.05.26, 段落[0037]-[0057],図５（ファミリーなし)	1-2,5-6
A	JP 2015-160280 A (日立工機株式会社) 2015.09.07, 段落[0022]-[0026],[0032]-[0036],図 2,8 & DE 202015100350 U1 & CN 204913826 U	1-2,5-6
A	JP 2008-263751 A (株式会社マキタ) 2008.10.30, 段落[0017]-[0022],図 1-5 & US 2010/0027979 A1, 段落[0037]-[0045],図 1-5 & WO 2008/129899 A1 & EP 2131485 A1	1-2,5-6