

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7365630号
(P7365630)

(45)発行日 令和5年10月20日(2023.10.20)

(24)登録日 令和5年10月12日(2023.10.12)

(51)国際特許分類

F I

H 0 2 P 21/26 (2016.01)

H 0 2 P 21/26

B 2 5 F 5/00 (2006.01)

B 2 5 F 5/00

C

B 2 5 F 5/00

G

請求項の数 8 (全19頁)

(21)出願番号	特願2019-159081(P2019-159081)	(73)特許権者	314012076
(22)出願日	令和1年8月30日(2019.8.30)		パナソニックIPマネジメント株式会社
(65)公開番号	特開2021-40381(P2021-40381A)		大阪府門真市元町2番6号
(43)公開日	令和3年3月11日(2021.3.11)	(74)代理人	110002527
審査請求日	令和4年4月11日(2022.4.11)		弁理士法人北斗特許事務所
		(72)発明者	百枝 幸太郎
			大阪府門真市大字門真1006番地 パ
			ナソニック株式会社内
		審査官	島倉 理

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 電動工具

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

電動工具であって、
永久磁石及びコイルを有するモータと、
使用者からの操作を受け付ける操作部と、
前記操作部への操作に基づき、前記モータの駆動制御を行う制御部と、
前記モータの動力を出力軸に伝達する伝達機構と、
前記電動工具の動作モードを第1モードと第2モードとに切り替える切替機構と、
を備え、
前記第1モードでは、前記出力軸の出力トルクが単位量変化した場合の前記出力軸の回転速度の変化量が、前記第2モードよりも小さく、
前記制御部は、前記第1モードにおいて、前記永久磁石の磁束を弱める磁束を前記コイルに発生させるための弱め磁束電流を前記コイルに流させる弱め磁束制御を行う機能を有し、
前記制御部は、
第1回転速度と第2回転速度との差が閾値以下となる場合に、前記第1モードと前記第2モードとの切り替えを行い、
前記第1回転速度は、前記電動工具が前記第1モードで動作する場合における、前記出力トルクの現在値に対応する前記出力軸の回転速度であり、
前記第2回転速度は、前記電動工具が前記第2モードで動作する場合における、前記出

カトルクの前記現在値に対応する前記出力軸の回転速度である、

電動工具。

【請求項 2】

前記モータ又は前記出力軸にかかる負荷トルクを測定する負荷トルク測定部を、更に備え、

前記切替機構は、前記モータの回転速度に対する前記出力軸の回転速度の比である減速比を切り替えることで、前記第 1 モードと前記第 2 モードとを切り替え、

前記制御部は、前記負荷トルク測定部の測定結果に基づいて、前記切替機構により前記減速比を変更する、

請求項 1 に記載の電動工具。

10

【請求項 3】

前記モータは、前記コイルと前記永久磁石との間の磁束が可変な可変界磁モータであり、

前記切替機構は、前記コイルと前記永久磁石との間の前記磁束を変化させることで、前記第 1 モードと前記第 2 モードとを切り替える、

請求項 1 に記載の電動工具。

【請求項 4】

前記制御部は、前記切替機構により前記動作モードが前記第 2 モードから前記第 1 モードへ切り替えられた後の前記第 1 モードでの動作時に、前記弱め磁束制御を行う、

請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の電動工具。

【請求項 5】

前記制御部は、前記切替機構により前記動作モードが前記第 1 モードから前記第 2 モードへ切り替えられる前の前記第 1 モードでの動作時に、前記弱め磁束制御を行う、

請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載の電動工具。

20

【請求項 6】

前記制御部は、前記切替機構により前記動作モードが前記第 2 モードから前記第 1 モードへ切り替えられた後の前記第 1 モードでの動作時及び前記第 1 モードから前記第 2 モードへ切り替えられる前の前記第 1 モードでの動作時に、前記弱め磁束制御を行う、

請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の電動工具。

【請求項 7】

前記制御部は、前記弱め磁束制御において、前記出力軸の前記出力トルクに応じて、前記弱め磁束電流の大きさを変更する、

請求項 1 ～ 6 のいずれか 1 項に記載の電動工具。

30

【請求項 8】

前記使用者からの操作を受けて、前記弱め磁束制御を行う機能の有効と無効とを切り替える切替スイッチを更に備える、

請求項 1 ～ 7 のいずれか 1 項に記載の電動工具。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は一般に電動工具に関し、より詳細には、永久磁石及びコイルを有するモータを備える電動工具に関する。

40

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 には、電動工具が開示されている。この電動工具は、電池パックからの駆動電力の供給に基づいて駆動するモータと、モータの回転動力を減速して出力する動力伝達部と、モータを含み電動工具の統括的な制御を行う制御部とを有している。

【0003】

動力伝達部は、モータの回転動力を減速して出力軸に伝達する。動力伝達部は、2 つの減速ギア（H ギア、L ギア）を備え、切替部材としてのリングギアを出力軸の軸方向に移動させていずれかの減速ギアと係合させることで、減速比が 2 段階に変速可能となってい

50

る。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特開2014-054707号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本開示は、工具による作業の効率化を図ることが可能な電動工具を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本開示の一態様に係る電動工具は、モータと、操作部と、制御部と、伝達機構と、切替機構と、を備える。前記モータは、永久磁石及びコイルを有する。前記操作部は、使用者からの操作を受け付ける。前記制御部は、前記操作部への操作に基づき、前記モータの駆動制御を行う。前記伝達機構は、前記モータの動力を出力軸に伝達する。前記切替機構は、前記電動工具の動作モードを第1モードと第2モードとに切り替える。前記第1モードは、前記出力軸の出力トルクが単位量だけ変化した場合の前記出力軸の回転速度の変化量が、前記第2モードよりも小さい。前記制御部は、前記第1モードにおいて、弱め磁束制御を行う機能を有する。前記弱め磁束制御において、前記制御部は、前記永久磁石の磁束を弱める磁束を前記コイルに発生させるための弱め磁束電流を前記コイルに流させる。前記制御部は、第1回転速度と第2回転速度との差が閾値以下となる場合に、前記第1モードと前記第2モードとの切り替えを行う。前記第1回転速度は、前記電動工具が前記第1モードで動作する場合における、前記出力トルクの現在値に対応する前記出力軸の回転速度である。前記第2回転速度は、前記電動工具が前記第2モードで動作する場合における、前記出力トルクの現在値に対応する前記出力軸の回転速度である。

【発明の効果】

【0007】

本開示によれば、工具による作業の効率化を図ることが可能となる、という利点がある。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】図1は、一実施形態の電動工具のブロック図である。

【図2】図2は、上記電動工具の制御部の詳細を示すブロック図である。

【図3】図3は、上記電動工具の変速機構部を含む要部の概略構成図である。

【図4】図4は、上記電動工具における変速機構部を示す正面図である。

【図5】図5は、上記電動工具のモータ制御部による制御の説明図である。

【図6】図6は、上記電動工具における、出力軸の出力トルクと出力軸の回転速度との関係を示す説明図である。

【図7】図7は、比較例の電動工具における、出力軸の出力トルクと出力軸の回転速度との関係を示す説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、実施形態に係る電動工具100について、図面を用いて説明する。

【0010】

(1) 概要

図1は、一実施形態の電動工具100の概略構成のブロック図を示す。本実施形態の電動工具100は、モータ1と、制御部3と、伝達機構4と、出力軸5と、操作部7と、切替機構9と、を備える。

【0011】

モータ1は、例えばブラシレスモータである。本実施形態のモータ1は、同期電動機で

10

20

30

40

50

あり、より詳細には永久磁石同期電動機（PMSM（Permanent Magnet Synchronous Motor））である。図2に示すように、モータ1は、永久磁石231を有する回転子23と、コイル241を有する固定子24と、を備えている。回転子23は、回転軸26（図1参照）を備えている。回転子23は、コイル241と永久磁石231との電磁的相互作用により、固定子24に対して回転する。

【0012】

出力軸5は、モータ1の動力により回転する部分である。出力軸5には、例えばチャック50を介して、先端工具が取り付けられる。

【0013】

伝達機構4は、モータ1の回転軸26と出力軸5との間に配される。伝達機構4は、モータ1の動力を出力軸5に伝達する。

10

【0014】

切替機構9は、電動工具100の動作モードを、第1モードと第2モードとに切り替える。第1モードは、出力軸5の出力トルクが変化した場合の出力軸5の回転速度の変化量が、相対的に小さい。第2モードは、出力軸5の出力トルクが変化した場合の出力軸5の回転速度の変化量が、相対的に大きい。

【0015】

より詳細には、切替機構9は、変速機構部90を備えている。変速機構部90は、伝達機構4に備えられており、モータ1と出力軸5との間に配されている。変速機構部90は、モータ1の回転軸26の回転速度を減速したうえで、回転軸26の回転を出力軸5に伝達する。変速機構部90は、回転軸26の回転速度に対する出力軸5の回転速度の比である減速比（変速比）を、切り替え可能に構成されている。電動工具100では、変速機構部90による減速比の切り替えに応じて、出力軸5の出力トルクも変化する。

20

【0016】

図7に、変速機構部90によって減速比が切り替えられる場合の、出力軸5の出力トルク T と出力軸5の回転速度（回転数） N との間の特性（以下、「 TN 特性」ともいう）の一例を示す。図7において、線L10は、モータ1の回転速度と出力軸5の回転速度との差が相対的に大きい状態（減速比が大きい状態；いわゆる「低速ギア」が用いられている状態）での、 TN 特性を示す。また、線L20は、モータ1の回転速度と出力軸5の回転速度との差が相対的に小さい状態（減速比が小さい状態；いわゆる「高速ギア」が用いられている状態）での、 TN 特性を示す。図7に示す例では、出力軸5の出力トルクが閾値 T_h となる場合に、減速比の切り替えが行われている。

30

【0017】

本実施形態の電動工具100では、変速機構部90による減速比の切り替えが、動作モードの切り替えに対応する。すなわち、電動工具100では、変速機構部90により減速比が切り替えられると、動作モードが第1モードと第2モードとで切り替わる。具体的には、減速比が大きい状態（図7のL10参照）が、電動工具100の第1モードに相当し、減速比が小さい状態（図7のL20参照）が、電動工具100の第2モードに相当する。すなわち、第1モードは、出力軸5の回転速度が相対的に低速な動作モードであり、第2モードは、出力軸5の回転速度が相対的に高速な動作モードである。図7に示すように、第1モードでは、出力軸5の出力トルク T が単位量だけ変化した場合の出力軸5の回転速度 N の変化量が、第2モードよりも小さい。

40

【0018】

操作部70は、使用者からの操作を受け付ける。

【0019】

制御部3は、操作部70への操作に基づき、ベクトル制御により、モータ1の駆動制御を行う。

【0020】

制御部3は、第1モード（減速比が大きい状態）において、弱め磁束制御を行う機能を有する。弱め磁束制御では、制御部3は、永久磁石231の磁束を弱める磁束をコイル2

50

４１に発生させるための弱め磁束電流を、コイル２４１に流させる。

【００２１】

永久磁石同期電動機のようなモータ１を駆動すると、モータ１には、回転速度に比例した誘起電圧が発生する。この誘起電圧が電源の電圧と等しくなると、モータ１にそれ以上の電流が流せなくなるため、回転速度を上げることができなくなる。弱め磁束制御では、弱め磁束電流をコイル２４１に流させることで、モータ１で発生する誘起電圧を抑えることができ、モータ１の回転速度を上げることが可能となる。これにより、本実施形態の電動工具１００では、第１モードにおいてモータ１の回転速度（回転軸２６の回転速度）を増加させることで、出力軸５の回転速度を増加させることが可能となる。これにより、工具による作業の効率化を図ることが可能となる。

10

【００２２】

（２）詳細

以下、本実施形態の電動工具１００について、図面を参照して更に詳細に説明する。

【００２３】

図１、図２に示すように、本実施形態の電動工具１００は、モータ１と、インバータ回路部２と、制御部３と、伝達機構４と、出力軸５と、負荷トルク測定部６と、入出力部７と、直流電源８と、切替機構９と、電流測定部１１０と、を備える。

【００２４】

上述のように、モータ１は、ここでは同期電動機である。図２に示すように、モータ１は、永久磁石２３１を有する回転子２３と、コイル２４１を有する固定子２４と、を備えている。

20

【００２５】

直流電源８は、モータ１の駆動に用いられる電源である。直流電源８は、本実施形態では、二次電池を有している。直流電源８は、いわゆる電池パックである。直流電源８は、インバータ回路部２及び制御部３の電源としても利用される。

【００２６】

インバータ回路部２は、モータ１を駆動するための回路である。インバータ回路部２は、直流電源８からの電圧 V_{dc} を、モータ１用の駆動電圧 V_a に変換する。本実施形態では、駆動電圧 V_a は、Ｕ相電圧、Ｖ相電圧及びＷ相電圧を含む三相交流電圧である。以下では、必要に応じて、Ｕ相電圧を v_u 、Ｖ相電圧を v_v 、Ｗ相電圧を v_w で表す。また、各電圧 v_u 、 v_v 、 v_w は、正弦波電圧である。

30

【００２７】

インバータ回路部２は、PWMインバータとPWM変換器とを利用して実現できる。PWM変換器は、駆動電圧 V_a （Ｕ相電圧 v_u 、Ｖ相電圧 v_v 、Ｗ相電圧 v_w ）の目標値（電圧指令値） v_u^* 、 v_v^* 、 v_w^* に従って、パルス幅変調されたPWM信号を生成する。PWMインバータは、このPWM信号に応じた駆動電圧 V_a （ v_u 、 v_v 、 v_w ）をモータ１に与えてモータ１を駆動する。より具体的には、PWMインバータは、三相分のハーフブリッジ回路とドライバとを備える。PWMインバータでは、ドライバがPWM信号に従って各ハーフブリッジ回路におけるスイッチング素子をオン／オフすることにより、電圧指令値 v_u^* 、 v_v^* 、 v_w^* に従った駆動電圧 V_a （ v_u 、 v_v 、 v_w ）がモータ１に与えられる。これによって、モータ１には、駆動電圧 V_a （ v_u 、 v_v 、 v_w ）に応じた駆動電流が供給される。駆動電流は、Ｕ相電流 i_u 、Ｖ相電流 i_v 、及びＷ相電流 i_w を含む。より詳細には、Ｕ相電流 i_u 、Ｖ相電流 i_v 、及びＷ相電流 i_w は、モータ１の固定子２４における、Ｕ相の電機子巻線の電流、Ｖ相の電機子巻線の電流、及びＷ相の電機子巻線の電流である。

40

【００２８】

電流測定部１１０は、２つの相電流センサ１１を備える。２つの相電流センサ１１は、ここでは、インバータ回路部２からモータ１に供給される駆動電流のうちＵ相電流 i_u 及びＶ相電流 i_v を測定する。なお、Ｗ相電流 i_w は、Ｕ相電流 i_u 及びＶ相電流 i_v から求めることができる。なお、電流測定部１１０は、相電流センサ１１の代わりに、シャント

50

抵抗等を利用した電流検出器を備えていてもよい。

【0029】

伝達機構4は、モータ1と出力軸5との間に配されている。伝達機構4は、モータ1の動力を出力軸5に伝達する。

【0030】

上述のように、本実施形態の電動工具100では、伝達機構4は、変速機構部90を備えている。出力軸5は、変速機構部90を介して、モータ1の回転軸26（回転子23）に連結されている。出力軸5には、チャック50が結合されている。チャック50には、ドリルビット、ドライバビット等の先端工具が着脱自在に取り付けられる。これにより、伝達機構4は、モータ1の動力を先端工具に伝達して先端工具を駆動する。

10

【0031】

変速機構部90は、モータ1の回転軸26の回転速度を減速したうえで、回転軸26の回転を出力軸5に伝達する。変速機構部90は、回転軸26の回転速度に対する出力軸5の回転速度の比である減速比を、切り替え可能に構成されている。変速機構部90の減速比は、制御部3が変速切替部91を制御することによって、切り替えられる。

【0032】

図3、図4に示すように、変速機構部90は、ギアケース901と、リングギア902と、2つの減速ギア（図示せず；以下、それぞれ「Lギア」、「Hギア」ともいう）と、を備えている。

【0033】

ギアケース901は、円筒状に形成されている。ギアケース901の側面（図4の左右の側面）には、ギアケース901の軸方向（図4の紙面に垂直な方向）に延びる一対の長孔9011が形成されている。

20

【0034】

リングギア902は、円環状である。リングギア902は、リングギア902の軸方向とギアケース901の軸方向とが一致するように、ギアケース901内に收容されている。リングギア902は、ギアケース901内において、図3に二点鎖線で示す第1位置（モータ1から離れた位置）と、図3に破線で示す第2位置（モータ1に近い位置）と、の間で、軸方向（図3の左右方向）に移動可能となっている。リングギア902は、2つの減速ギアの外歯と噛み合う内歯を有している。

30

【0035】

2つの減速ギアは、ギアケース901内に收容されている。2つの減速ギアは、ギアケース内において、リングギア902の軸方向（図3の左右方向）に並んで配置されている。2つの減速ギアの各々は、例えば、太陽ギアと複数の遊星ギアとを含む遊星歯車機構を備えている。2つの減速ギアは、リングギア902の軸方向の移動に応じて、択一的にリングギア902と噛み合うように配置されている。2つの減速ギアのうちのLギアは、リングギア902が第1位置（図3に二点鎖線で示す位置）にある場合に、リングギア902と噛み合う。また、2つの減速ギアのうちのHギアは、リングギア902が第2位置（図3に破線で示す位置）にある場合に、リングギア902と噛み合う。

【0036】

2つの減速ギアは、リングギア902と噛み合った場合の減速比が、互いに異なっている。そのため、リングギア902を軸方向に移動させて、リングギア902の内歯をいずれか一方の減速ギアの外歯と噛み合わせることで、減速比が2段階に切り替え可能となっている。

40

【0037】

変速切替部91は、制御部3（後述の変速制御部32）の制御下で、変速機構部90の減速比を切り替える。変速切替部91は、リングギア902を移動させることで、変速機構部90の減速比を切替える。図3、図4に示すように、変速切替部91は、カム部材911と、支持部材912と、変速用アクチュエータ913と、を備えている。

【0038】

50

カム部材 911 は、断面円弧状（図 3、図 4 の上側が欠けた半円筒状）である。カム部材 911 は、ギアケース 901 の外側において、ギアケース 901 と同心状に配置されている。カム部材 911 の側面（図 3 の前側及び後側の側面、図 4 の左右の側面）には、一対のカム孔 9111 が形成されている。カム孔 9111 は、カム部材 911 の軸方向及び周方向に対して傾斜する方向に延びる作動孔部と、作動孔部の両端部に作動孔部と連続して形成されカム部材 911 の周方向に沿って延びる一対の保持孔部と、を有している。カム部材 911 は、カム部材 911 の一対のカム孔 9111 とギアケース 901 の一対の長孔 9011 とが対向するように、ギアケース 901 の外側に配置されている。

【0039】

図 4 に示すように、リングギア 902 の外周面には、その周方向に沿って延びる円環状の溝が形成されており、この溝に、金属線材からなる支持部材 912 が配置されている。支持部材 912 は、リングギア 902 の溝の底部に沿う半円弧状の支持部 9121 と、支持部 9121 の両端から支持部 9121 の径方向外側へ直線状に延びる一対の突出部 9122 と、を有している。一対の突出部 9122 の各々は、ギアケース 901 の長孔 9011 及びカム部材 911 のカム孔 9111 に、通されている（図 3、図 4 参照）。

【0040】

変速用アクチュエータ 913 は、モータ（サブモータ）とギア 9131 とを備えている。変速用アクチュエータ 913 において、ギア 9131 は、モータの回転軸に結合されている。変速用アクチュエータ 913 の動作（モータの動作）は、制御部 3（変速制御部 32）によって制御される。

【0041】

カム部材 911 の下端には、変速用アクチュエータ 913 のギア 9131 に噛み合う歯部 9112 が設けられている。変速用アクチュエータ 913 のモータが正転又は逆転すると、ギア 9131 の回転に応じて、カム部材 911 がその軸周りで（図 4 の時計回り又は反時計回りに）回転する。カム部材 911 が回転すると、その回転に応じて、支持部材 912 の突出部 9122 が長孔 9011 及びカム孔 9111 内を移動する。突出部 9122 がカム孔 9111 の作動孔部内を移動することで、リングギア 902 が、第 1 位置と第 2 位置との間でリングギア 902 の軸方向（図 3 の左右方向）に沿って移動する。

【0042】

上述のように、本実施形態の電動工具 100 では、リングギア 902 は、第 1 位置（モータ 1 から離れた位置）において、L ギアと噛み合う。リングギア 902 が L ギアと噛み合う場合、変速機構部 90 の減速比は相対的に大きくなり（出力軸 5 の回転速度が相対的に低速となり）、電動工具 100 の動作モードは第 1 モードとなる。また、リングギア 902 は、第 2 位置（モータ 1 に近い位置）において、H ギアと噛み合う。リングギア 902 が H ギアと噛み合う場合、変速機構部 90 の減速比は相対的に小さくなり（出力軸 5 の回転速度が相対的に高速となり）、電動工具 100 の動作モードは第 2 モードとなる。

【0043】

すなわち、本実施形態の電動工具 100 では、変速機構部 90 及び変速切替部 91 が、電動工具 100 の動作モードを第 1 モードと第 2 モードとに切り替える切替機構 9 を構成する。

【0044】

なお、変速機構部 90 及び変速切替部 91 の構造は上述の構造に限られず、周知の機構を採用できる。

【0045】

負荷トルク測定部 6 は、出力軸 5 にかかる負荷トルクを測定する。ここでは、負荷トルク測定部 6 は、磁歪式歪センサを備える。磁歪式歪センサは、出力軸 5 にトルクが加わることにより発生する歪みに応じた透磁率の変化を、例えば電動工具 100 のハウジング（非回転部分）に設置したコイルで検出し、歪みに比例した電圧信号を制御部 3 へ出力する。

【0046】

入出力部 7 は、ユーザインタフェースである。入出力部 7 は、電動工具 100 の動作に

10

20

30

40

50

関する表示、電動工具 100 の動作の設定、及び、電動工具 100 の操作に利用される装置（例えば、表示器、入力器、操作部 70）を備える。本実施形態では、入出力部 7 は、モータ 1 の速度の目標値 ω_1^* を設定する機能を有している。

【0047】

本実施形態では、入出力部 7 は、ユーザからの操作を受け付ける操作部 70 を備える。操作部 70 は、ここではトリガボリューム（トリガスイッチ）である。トリガボリュームは、押しボタンスイッチの一種である。トリガボリュームは、操作量（押し込み量）に応じて操作信号が変化する多段階スイッチ又は無段階スイッチ（可変抵抗器）である。入出力部 7 は、トリガボリュームからの操作信号に応じて目標値 ω_1^* を決定し、制御部 3（後述のモータ制御部 31）に与える。

【0048】

制御部 3 は、例えば、1 以上のプロセッサ（一例としてはマイクロプロセッサ）と 1 以上のメモリとを含むコンピュータシステムにより実現され得る。つまり、1 以上のプロセッサが 1 以上のメモリに記憶された 1 以上のプログラムを実行することで、制御部 3 として機能する。1 以上のプログラムは、メモリに予め記録されていてもよいし、インターネット等の電気通信回線を通じて、又はメモリカード等の非一時的な記録媒体に記録されて提供されてもよい。

【0049】

制御部 3 は、モータ制御部 31 と、変速制御部 32 と、を備える。なお、モータ制御部 31 及び変速制御部 32 は、必ずしも実体のある構成を示しているわけではなく、制御部 3 によって実現される機能を示している。

【0050】

変速制御部 32 は、負荷トルク測定部 6 の測定結果に基づいて、変速切替部 91 の動作を制御する。すなわち、制御部 3 の変速制御部 32 は、負荷トルク測定部 6 の測定結果に基づいて、切替機構 9 により減速比を変更する。

【0051】

変速制御部 32 は、第 1 モードにおいて、負荷トルク測定部 6 で測定された負荷トルクが所定の第 1 閾値 T_{h1} （図 6 参照）よりも小さくなると、変速切替部 91 のモータを制御して、リングギア 902 が L ギアと噛み合った状態から H ギアと噛み合った状態へと変更させる。これにより、電動工具 100 の動作モードは、第 1 モードから第 2 モードへと変更される。

【0052】

また、変速制御部 32 は、第 2 モードにおいて、負荷トルク測定部 6 で測定された負荷トルクが所定の第 2 閾値 T_{h2} （図 6 参照）よりも大きくなると、変速切替部 91 のモータを制御して、リングギア 902 が H ギアと噛み合った状態から L ギアと噛み合った状態へと変更させる。これにより、電動工具 100 の動作モードは、第 2 モードから第 1 モードへと変更される。

【0053】

本実施形態の電動工具 100 では、第 1 閾値 T_{h1} と第 2 閾値 T_{h2} とは等しい。ただし、これに限らず、第 1 閾値 T_{h1} と第 2 閾値 T_{h2} とは互いに異なってもよい。

【0054】

本実施形態の電動工具 100 では、第 1 閾値 T_{h1} 及び第 2 閾値 T_{h2} （以下、簡単のため「第 1 閾値 T_{h1} 」で代表する）は、減速比が切り替えられた場合に出力軸 5 の回転速度が急激に変化しないように、定められている。具体的には、電動工具 100 では、第 1 回転速度と第 2 回転速度との差が所定範囲内の値となるように、第 1 閾値 T_{h1} が定められている。第 1 回転速度は、電動工具 100 が第 1 モードで動作する場合における、出力軸 5 の出力トルクが第 1 閾値 T_{h1} である場合の出力軸 5 の回転速度である。第 2 回転速度は、電動工具 100 が第 2 モードで動作する場合における、出力軸 5 の出力トルクが第 1 閾値 T_{h1} である場合の出力軸 5 の回転速度である。すなわち、出力軸 5 の出力トルクが第 1 閾値 T_{h1} （或いは第 2 閾値 T_{h2} ）である場合に減速比が切り替わることで、

10

20

30

40

50

出力軸 5 の回転速度は、第 1 回転速度から第 2 回転速度へ（或いは第 2 回転速度から第 1 回転速度へ）と変化する。そのため、第 1 回転速度と第 2 回転速度との差が所定範囲内の値となるように第 1 閾値 T_{h1} を設定することで、出力軸 5 の回転速度が急激に変化するのを抑制することが可能となる。

【0055】

要するに、制御部 3 は、出力軸 5 の出力トルクの現在値が、第 1 回転速度と第 2 回転速度との差が閾値以下となる値の場合に（のみ）、第 1 モードと第 2 モードとの切り替えを行う。第 1 回転速度は、電動工具 100 が第 1 モードで動作する場合における、出力トルクの現在値に対応する出力軸 5 の回転速度である。第 2 回転速度は、電動工具 100 が第 2 モードで動作する場合における、出力トルクの現在値に対応する出力軸 5 の回転速度である。

10

【0056】

モータ制御部 31 は、インバータ回路部 2 からモータ 1 に供給される駆動電圧 V_a を制御することで、モータ 1 の動作を制御する。モータ制御部 31 は、入出力部 7 から与えられるモータ 1 の速度の目標値 ω_1^* に基づいて、モータ 1 の速度の指令値 ω_2^* を求める。また、モータ制御部 31 は、モータ 1 の速度が指令値 ω_2^* に一致するように、駆動電圧 V_a の目標値（電圧指令値） v_u^* 、 v_v^* 、 v_w^* を決定してインバータ回路部 2 に与える。

【0057】

以下、モータ制御部 31 について更に詳細に説明する。モータ制御部 31 は、ベクトル制御を利用して、モータ 1 の制御を行う。ベクトル制御は、モータ電流を、トルク（回転力）を発生する電流成分（q 軸電流）と磁束を発生する電流成分（d 軸電流）とに分解し、それぞれの電流成分を独立に制御するモータ制御方式の一種である。

20

【0058】

図 5 は、ベクトル制御におけるモータ 1 の解析モデル図である。図 5 には、U 相、V 相、W 相の電機子巻線固定軸が示されている。ベクトル制御では、モータ 1 の回転子 23 に設けられた永久磁石 231 が作る磁束の回転速度と同じ速度で回転する回転座標系が考慮される。回転座標系において、永久磁石 231 が作る磁束の方向を d 軸にとり、d 軸に対応する制御上の回転軸を γ 軸とする。また、d 軸から電気角で 90 度進んだ位相に q 軸をとり、 γ 軸から電気角で 90 度進んだ位相に δ 軸をとる。実軸に対応する回転座標系は d 軸と q 軸を座標軸に選んだ座標系であり、その座標軸を d q 軸と呼ぶ。制御上の回転座標系は 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。

30

【0059】

d q 軸は回転しており、その回転速度を ω で表す。 $\gamma \delta$ 軸も回転しており、その回転速度を ω_e で表す。また、d q 軸において、U 相の電機子巻線固定軸から見た d 軸の角度（位相）を θ で表す。同様に、 $\gamma \delta$ 軸において、U 相の電機子巻線固定軸から見た γ 軸の角度（位相）を θ_e で表す。 θ 及び θ_e にて表される角度は、電気角における角度であり、それらは一般的に回転子位置又は磁極位置とも呼ばれる。 ω 及び ω_e にて表される回転速度は、電気角における角速度である。以下、必要に応じて、 θ 又は θ_e を、回転子位置と呼び、 ω 又は ω_e を単に速度と呼ぶことがある。速度 ω 及び回転子位置 θ は、例えば、光電式エンコーダ又は磁気式エンコーダを用いてモータ 1 の回転角を測定するモータ回転測定部 25（図 1 参照）の測定結果に基づいて、求めることができる。

40

【0060】

モータ制御部 31 は、基本的に、 θ と θ_e とが一致するようにベクトル制御を行う。 θ と θ_e とが一致しているとき、d 軸及び q 軸は夫々 γ 軸及び δ 軸と一致することになる。なお、以下の説明では、必要に応じて、駆動電圧 V_a の γ 軸成分及び δ 軸成分を、それぞれ γ 軸電圧 v_γ 及び δ 軸電圧 v_δ で表し、駆動電流の γ 軸成分及び δ 軸成分を、それぞれ γ 軸電流 i_γ 及び δ 軸電流 i_δ で表す。

【0061】

また、 γ 軸電圧 v_γ 及び δ 軸電圧 v_δ の目標値を表す電圧指令値を、それぞれ γ 軸電圧

50

指令値 v_{γ}^* 及び δ 軸電圧指令値 v_{δ}^* により表す。 γ 軸電流 i_{γ} 及び δ 軸電流 i_{δ} の目標値を表す電流指令値を、それぞれ γ 軸電流指令値 i_{γ}^* 及び δ 軸電流指令値 i_{δ}^* により表す。

【0062】

モータ制御部 31 は、 γ 軸電圧 v_{γ} 及び δ 軸電圧 v_{δ} の値がそれぞれ γ 軸電圧指令値 v_{γ}^* 及び δ 軸電圧指令値 v_{δ}^* に追従しかつ γ 軸電流 i_{γ} 及び δ 軸電流 i_{δ} の値がそれぞれ γ 軸電流指令値 i_{γ}^* 及び δ 軸電流指令値 i_{δ}^* に追従するようにベクトル制御を行う。

【0063】

モータ制御部 31 は、所定の更新周期にて自身が算出（又は検出）して出力する指令値（ i_{γ}^* 、 i_{δ}^* 、 v_{γ}^* 、 v_{δ}^* 、 v_u^* 、 v_v^* 及び v_w^* ）、状態量（ i_u 、 i_v 、 i_{γ} 、 i_{δ} 、 θ_e 及び ω_e ）を、更新する。

10

【0064】

モータ制御部 31 の制御は、通常制御と、弱め磁束制御と、を含む。

【0065】

モータ制御部 31 は、通常制御では、インバータ回路部 2 からコイル 241 に d 軸電流を流させない。一方、モータ制御部 31 は、弱め磁束制御では、インバータ回路部 2 からモータ 1 のコイル 241 に d 軸電流を流させる。弱め磁束制御において、インバータ回路部 2 からコイル 241 に流させる d 軸電流の向きは、永久磁石 231 の磁束を弱める磁束（永久磁石 231 の磁束を打ち消す向きの磁束）をコイル 241 に発生させる向きである。そのため、本開示では、弱め磁束制御においてインバータ回路部 2 からコイル 241 に供給される d 軸電流を、「弱め磁束電流」ともいう。

20

【0066】

モータ制御部 31 は、所定の切替条件が満たされる場合に、コイル 241 に弱め磁束電流を流す。すなわち、切替条件が満たされる場合に、モータ制御部 31 の制御は弱め磁束制御となる。切替条件は、第 1 モードにおいて、モータ 1 が高速域で動作していることを含む。また、切替条件は、 q 軸電流の値が所定の閾値以下であることを含む。

【0067】

本実施形態の電動工具 100 では、「モータ 1 が高速域で動作している」とは、「モータ 1 の速度 ω が閾値速度以上であること」を含む。なお、「モータ 1 が高速域で動作している」とは、「モータ 1 の速度 ω が閾値速度以上であること」に代えて或いは加えて、「PWM 制御のデューティがデューティ閾値以上であること」を含んでもよい。PWM 制御のデューティは、PWM 信号の一周期中のオン期間を一周期の長さで割った値である。

30

【0068】

モータ制御部 31 は、図 2 に示すように、座標変換器 12 と、減算器 13 と、減算器 14 と、電流制御部 15 と、磁束制御部 16 と、速度制御部 17 と、座標変換器 18 と、減算器 19 と、位置・速度推定部 20 と、脱調検出部 21 と、指令値生成部 22 と、を備える。なお、座標変換器 12、減算器 13、14、19、電流制御部 15、磁束制御部 16、速度制御部 17、座標変換器 18、位置・速度推定部 20、脱調検出部 21、及び指令値生成部 22 は、モータ制御部 31 によって実現される機能を示している。よって、モータ制御部 31 の各要素は、モータ制御部 31 内で生成された各値を自由に利用可能となっている。

40

【0069】

指令値生成部 22 は、モータ 1 の速度の指令値 ω_2^* を生成する。指令値生成部 22 は、入出力部 7 から受け取った目標値 ω_1^* に基づいて、指令値 ω_2^* を求める。

【0070】

座標変換器 12 は、回転子位置 θ_e に基づいて U 相電流 i_u 及び V 相電流 i_v を $\gamma\delta$ 軸上に座標変換することにより、 γ 軸電流 i_{γ} 及び δ 軸電流 i_{δ} を算出して出力する。ここで、 γ 軸電流 i_{γ} は、 d 軸電流に対応し、励磁的な電流であり、トルクには殆ど寄与しない電流である。 δ 軸電流 i_{δ} は、 q 軸電流に対応し、トルクに大きく寄与する電流である。回転子位置 θ_e は、位置・速度推定部 20 にて算出される。

50

【0071】

減算器19は、速度 ω_e と指令値 ω_2^* とを参照し、両者間の速度偏差($\omega_2^* - \omega_e$)を算出する。速度 ω_e は、位置・速度推定部20にて算出される。

【0072】

速度制御部17は、比例積分制御などを用いることによって、速度偏差($\omega_2^* - \omega_e$)がゼロに収束するように δ 軸電流指令値 i_δ^* を算出して出力する。

【0073】

磁束制御部16は、 γ 軸電流指令値 i_γ^* を決定して減算器13に出力する。 γ 軸電流指令値 i_γ^* は、制御部3にて実行されるベクトル制御の種類、モータ1の速度 ω 等に応じて、様々な値をとりうる。

【0074】

モータ制御部31の制御が通常制御の場合、磁束制御部16で生成される γ 軸電流指令値 i_γ^* は、 d 軸電流を0にする(d 軸電流を流させない)ための指令値となる。モータ制御部31の制御が弱め磁束制御の場合、磁束制御部16は、例えばデータテーブルを参照して、 γ 軸電流指令値 i_γ^* を決定(調整)する。データテーブルでは、例えば、速度 ω_e と δ 軸電流指令値 i_δ^* とに対して、 γ 軸電流指令値 i_γ^* が対応付けられている。そのため、制御部3のモータ制御部31では、弱め磁束制御において、 q 軸電流(トルクを発生する電流成分)及びモータ1の速度に応じて、弱め磁束電流(d 軸電流)の大きさが変更される。

【0075】

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^* より座標変換器12から出力される γ 軸電流 i_γ を減算し、電流誤差($i_\gamma^* - i_\gamma$)を算出する。減算器14は、速度制御部17から出力される値 i_δ^* より座標変換器12から出力される δ 軸電流 i_δ を減算し、電流誤差($i_\delta^* - i_\delta$)を算出する。

【0076】

電流制御部15は、電流誤差($i_\gamma^* - i_\gamma$)及び($i_\delta^* - i_\delta$)が共にゼロに収束するように、比例積分制御などを用いた電流フィードバック制御を行う。この際、 γ 軸と δ 軸との間の干渉を排除するための非干渉制御を利用し、($i_\gamma^* - i_\gamma$)及び($i_\delta^* - i_\delta$)が共にゼロに収束するように γ 軸電圧指令値 v_γ^* 及び δ 軸電圧指令値 v_δ^* を算出する。

【0077】

座標変換器18は、位置・速度推定部20から出力される回転子位置 θ_e に基づいて電流制御部15から与えられた γ 軸電圧指令値 v_γ^* 及び δ 軸電圧指令値 v_δ^* を三相の固定座標軸上に座標変換することにより、電圧指令値(v_u^* 、 v_v^* 及び v_w^*)を算出して出力する。

【0078】

位置・速度推定部20は、回転子位置 θ_e 及び速度 ω_e を推定する。より詳細には、位置・速度推定部20は、座標変換器12からの i_γ 及び i_δ 並びに電流制御部15からの v_γ^* 及び v_δ^* の内の全部又は一部を用いて、比例積分制御等を行う。位置・速度推定部20は、 d 軸と γ 軸との間の軸誤差($\theta_e - \theta$)がゼロに収束するように回転子位置 θ_e 及び速度 ω_e を推定する。なお、回転子位置 θ_e 及び速度 ω_e の推定手法として従来から様々な手法が提案されており、位置・速度推定部20は公知の何れの手法をも採用可能である。

【0079】

インバータ回路部2は、座標変換器18からの電圧指令値(v_u^* 、 v_v^* 及び v_w^*)に応じた三相電圧を、モータ1に供給する。モータ1は、インバータ回路部2から供給された電力(三相電圧)により駆動され、回転動力を発生させる。

【0080】

この結果、モータ制御部31は、モータ1のコイル241に流れる d 軸電流(弱め磁束電流)が、磁束制御部16で生成された γ 軸電流指令値 i_γ^* に対応した大きさとなるように、インバータ回路部2からモータ1に供給される電流を制御する。また、モータ制御

10

20

30

40

50

部 3 1 は、モータ 1 の速度が、指令値生成部 2 2 で生成された指令値 ω_2^* に対応した速度となるように、モータ 1 の速度を制御する。

【 0 0 8 1 】

脱調検出部 2 1 は、モータ 1 が脱調しているか否かを判定する。より詳細には、脱調検出部 2 1 は、モータ 1 の磁束に基づいて、モータ 1 が脱調しているか否かを判定する。モータ 1 の磁束は、d 軸電流及び q 軸電流及び γ 軸電圧指令値 v_γ^* 及び δ 軸電圧指令値 v_δ^* から求められる。脱調検出部 2 1 は、モータ 1 の磁束の振幅が閾値未満であれば、モータ 1 が脱調していると判断してよい。なお、閾値は、モータ 1 の永久磁石 2 3 1 が作る磁束の振幅に基づいて適宜定められる。なお、脱調検出手法として従来から様々な手法が提案されており、脱調検出部 2 1 は公知の何れの手法をも採用可能である。

10

【 0 0 8 2 】

上述のように、本実施形態の電動工具 1 0 0 では、制御部 3 のモータ制御部 3 1 が、第 1 モードにおいて弱め磁束制御を行う機能を有している。弱め磁束制御では、モータ制御部 3 1 は、弱め磁束電流をコイル 2 4 1 に流させる。これにより、永久磁石 2 3 1 からコイル 2 4 1 に作用する磁束が、実質的に弱められる。

【 0 0 8 3 】

永久磁石同期電動機のようなモータでは、理想的には、トルクと回転速度との間にはトルクに対して回転速度が逆比例する関係（トルクの増加に対して、回転速度が線形に減少する関係）があることが知られている。この関係式の比例定数（トルクと回転速度との間の関係を示すグラフの傾き）は、モータ 1 の逆起電力定数 K_E とトルク定数 K_T との積に反比例する。逆起電力定数 K_E 及びトルク定数 K_T の各々は、永久磁石からコイルに作用する磁束に比例する。そのため、上記関係式の比例定数は、磁束に応じて変化（磁束の二乗に反比例）する。

20

【 0 0 8 4 】

そのため、本実施形態の電動工具 1 0 0 では、第 1 モードにおいて、永久磁石 2 3 1 からコイル 2 4 1 に作用する磁束を弱め磁束制御によって実質的に弱めることで、通常制御の場合と比べて、T N 特性（上記関係式の比例定数）を変更することが可能となる。例えば、第 1 モードにおいて、T N 特性を、図 6 に線 L 1 1 で示す通常制御の場合（d 軸電流が 0 の場合）の特性から、線 L 1 2 で示す特性へと変更することが可能となる。

【 0 0 8 5 】

なお、図 6 に示す例では、第 1 モードにおいて、出力軸 5 の出力トルク（負荷トルク測定部 6 の測定結果）が線 L 1 1 と線 L 1 2 との交点 P 1 で示される値となったときに、通常制御と弱め磁束制御とが切り替えられている。出力トルクが交点 P 1 での値よりも大きな場合に通常制御が行われ、出力トルクが交点 P 1 での値よりも小さな場合に弱め磁束制御が行われる。

30

【 0 0 8 6 】

また、図 6 に示す例では、出力軸 5 の出力トルクが閾値 T_{h1} 、 T_{h2} となったときに、第 1 モードと第 2 モードとが切り替えられている。出力トルクが閾値 T_{h1} 、 T_{h2} よりも大きな場合に第 1 モードとなり、出力トルクが閾値 T_{h1} 、 T_{h2} よりも小さな場合に第 2 モードとなる。

40

【 0 0 8 7 】

（ 3 ） 利 点

以下、本実施形態の電動工具 1 0 0 の有する利点について、比較例の電動工具との比較を交えて説明する。比較例の電動工具は、制御部が第 1 モードにおいて弱め磁束制御を行う機能を有さない点で、本実施形態の電動工具 1 0 0 と相違する。

【 0 0 8 8 】

図 7 は、比較例の電動工具における T N 特性を示す説明図である。図 7 における線 L 1 0 は、比較例の電動工具の第 1 モードにおける特性を示す。図 7 における線 L 2 0 は、比較例の電動工具の第 2 モードにおける特性を示す。

【 0 0 8 9 】

50

図 6 は、本実施形態の電動工具 100 における T N 特性を示す説明図である。図 6 における線 L 1 は、電動工具 100 の第 1 モードにおける特性を示す。図 6 における線 L 2 は、電動工具 100 の第 2 モードにおける特性を示す。上述のように、電動工具 100 では、第 1 モードにおける特性を示す線 L 1 は、線 L 1 1（通常制御における特性）と線 L 1 2（弱め磁束制御における特性）とを含んでいる。

【0090】

図 7 に示すように、比較例の電動工具では、第 1 モードの全てのトルク領域において、出力軸の回転速度 N が出力軸の出力トルク T に比例している。一方、図 6 に示すように、本実施形態の電動工具 100 では、第 1 モードにおいて弱め磁束制御を行うことで、第 1 モードの低トルク領域において、出力軸 5 の回転速度を増加させることが可能となる（線 L 1 2 参照）。これにより、工具による作業の効率化を図ることが可能となる。

10

【0091】

特に、制御部 3 は、切替機構 9 により動作モードが第 2 モード（線 L 2 参照）から第 1 モード（線 L 1 参照）へと切り替えられた後の第 1 モードでの動作時に、弱め磁束制御を行うことが好ましい。

【0092】

例えば、電動工具 100 により孔空け作業を行う場合、作業開始時の出力トルクは 0 であるため、電動工具 100 は、第 2 モードで動作を開始する。そして、孔空けの進行につれて出力軸 5 の出力トルクが 0 から徐々に増加していき、閾値 T_{h2} になると、電動工具 100 の動作モードが第 2 モードから第 1 モードへと切り替わる。電動工具 100 では、この第 1 モードへの切り替わりの時点で弱め磁束制御が行われれば、出力軸 5 の回転速度の変化量は、図 6 に示す N_2 と N_1 との差分となる。そのため、第 1 モードへの切り替わりの時点で弱め磁束制御が行われない場合の回転速度の変化量（図 6 に示す N_2 と N_0 との差分）に比べて、変化量を小さくすることが可能となる。

20

【0093】

同様に、制御部 3 は、切替機構 9 により動作モードが第 1 モード（線 L 1 参照）から第 2 モード（線 L 2 参照）へ切り替えられる前の第 1 モードでの動作時に、弱め磁束制御を行うことが好ましい。

【0094】

例えば、電動工具 100 によりネジを緩める作業を行う場合、作業開始時に所定の出力トルクが必要であるため、電動工具 100 は、第 1 モードで動作を開始する。そして、ネジを緩めるにつれて出力軸 5 の出力トルクが徐々に減少していき、閾値 T_{h1} になると、電動工具 100 の動作モードが第 1 モードから第 2 モードへと切り替わる。電動工具 100 では、この第 2 モードへの切り替わりの時点で弱め磁束制御が行われていれば、出力軸 5 の回転速度の変化量は、図 6 に示す N_1 と N_2 との差分となる。そのため、第 2 モードへの切り替わりの時点で弱め磁束制御が行われない場合の回転速度の変化量（図 6 に示す N_0 と N_2 との差分）に比べて、変化量を小さくすることが可能となる。

30

【0095】

もちろん、制御部 3 は、切替機構 9 により動作モードが第 2 モードから第 1 モードへ切り替えられた後の第 1 モードでの動作時及び第 1 モードから第 2 モードへ切り替えられる前の第 1 モードでの動作時の両方において、弱め磁束制御を行ってもよい。

40

【0096】

（4）変形例

本開示の実施形態は、上記実施形態に限定されない。上記実施形態は、本開示の目的を達成できれば、設計等に応じて種々の変更が可能である。

【0097】

以下、上述の実施形態の変形例を列挙する。以下に説明する変形例は、適宜組み合わせで適用可能である。

【0098】

切替機構 9 は、変速機構部 90 及び変速切替部 91 を備える構成に限られない。一変形

50

例において、モータ１は、コイル２４１と永久磁石２３１との間の磁束が可変な可変界磁モータであってもよい。そして、切替機構９は、コイル２４１と永久磁石２３１との間の磁束を変化させることで、第１モードと第２モードとを切り替えてもよい。可変界磁モータとしては、例えば、回転子２３（永久磁石２３１）と固定子２４（コイル２４１のコア）との間の相対位置を、機械的に変更可能なモータが挙げられる。一具体例の可変界磁モータは、アウトロータ型の回転子２３及び固定子２４を備え、アクチュエータによって、回転子２３の軸方向に沿って固定子２４が移動可能であってもよい。

【００９９】

一変形例において、電動工具１００は、切替スイッチを更に備えてもよい。切替スイッチは、使用者からの操作を受けて、弱め磁束制御を行う機能の有効と無効とを切り替える。すなわち、弱め磁束制御を行う機能が有効な場合、電動工具１００のＴＮ特性は例えば図６の特性に従い、弱め磁束制御を行う機能が無効な場合、電動工具１００のＴＮ特性は例えば図７の特性に従うこととなる。

【０１００】

一変形例において、負荷トルク測定部６は、モータ１にかかる負荷トルクを測定してもよい。この場合、制御部３は、負荷トルク測定部６の測定結果に基づいて、出力軸５にかかる負荷トルクを求めてもよい。

【０１０１】

一変形例において、制御部３は、第２モードにおいても弱め磁束制御を行ってもよい。

【０１０２】

一変形例において、切替機構９による切り替えは、三段階以上の多段階で行われてもよい。

【０１０３】

（５）まとめ

以上述べたように、第１の態様の電動工具（１００）は、モータ（１）と、操作部（７０）と、制御部（３）と、伝達機構（４）と、切替機構（９）と、を備える。モータ（１）は、永久磁石（２３１）及びコイル（２４１）を有する。操作部（７０）は、使用者からの操作を受け付ける。制御部（３）は、操作部（７０）への操作に基づき、モータ（１）の駆動制御を行う。伝達機構（４）は、モータ（１）の動力を出力軸（５）に伝達する。切替機構（９）は、電動工具（１００）の動作モードを第１モードと第２モードとに切り替える。電動工具（１００）において、第１モードでは、出力軸（５）の出力トルクが単位量変化した場合の出力軸（５）の回転速度の変化量が、第２モードよりも小さい。制御部（３）は、第１モードにおいて、永久磁石（１３１）の磁束を弱める磁束をコイル（１４１）に発生させるための弱め磁束電流をコイル（１４１）に流させる弱め磁束制御を行う機能を有する。

【０１０４】

この態様によれば、工具による作業の効率化を図ることが可能となる。

【０１０５】

第２の態様の電動工具（１００）は、第１の態様において、負荷トルク測定部（６）を更に備える。負荷トルク測定部（６）は、モータ（１）又は出力軸（５）にかかる負荷トルクを測定する。切替機構（９）は、モータ（１）の回転速度に対する出力軸（５）の回転速度の比である減速比を切り替えることで、第１モードと第２モードとを切り替える。制御部（３）は、負荷トルク測定部（６）の測定結果に基づいて、切替機構（９）により減速比を変更する。

【０１０６】

この態様によれば、制御部（３）が切替機構（９）の減速比を切り替えることで、電動工具（１００）の動作モードを第１モードと第２モードとに切り替えることが可能となる。

【０１０７】

第３の態様の電動工具（１００）では、第１の態様において、モータ（１）は、コイル（２４１）と永久磁石（２３１）との間の磁束が可変な可変界磁モータである。切替機構

10

20

30

40

50

(9)は、コイル(241)と永久磁石(231)との間の磁束を変化させることで、第1モードと第2モードとを切り替える。

【0108】

この態様によれば、可変界磁モータのコイル(241)と永久磁石(231)との間の磁束を変化させることで、電動工具(100)の動作モードを第1モードと第2モードとに切り替えることが可能となる。

【0109】

第4の態様の電動工具(100)では、第1～第3のいずれか1つの態様において、制御部(3)は、切替機構(9)により動作モードが第2モードから第1モードへ切り替えられた後の第1モードでの動作時に、弱め磁束制御を行う。

【0110】

この態様によれば、動作モードが第2モードから第1モードへ切り替えられた後の第1モードでの動作時に、弱め磁束制御が行われる。そのため、弱め磁束制御が行われない場合に比べて、第2モードから第1モードへの切り替え時における出力軸5の回転速度の変化量を小さくすることが可能となる。

【0111】

第5の態様の電動工具(100)では、第1～第4のいずれか1つの態様において、制御部(3)は、切替機構(9)により動作モードが第1モードから第2モードへ切り替えられる前の第1モードでの動作時に、弱め磁束制御を行う。

【0112】

この態様によれば、動作モードが第1モードから第2モードへ切り替えられる前の第1モードでの動作時に、弱め磁束制御が行われる。そのため、弱め磁束制御が行われない場合に比べて、第1モードから第2モードへの切り替え時における出力軸5の回転速度の変化量を小さくすることが可能となる。

【0113】

第6の態様の電動工具(100)では、第1～第3のいずれか1つの態様において、制御部(3)は、切替機構(9)により動作モードが第2モードから第1モードへ切り替えられた後の第1モードでの動作時及び第1モードから第2モードへ切り替えられる前の第1モードでの動作時に、弱め磁束制御を行う。

【0114】

この態様によれば、弱め磁束制御が行われない場合に比べて、第1モードから第2モードへの切り替え時及び第1モードから第2モードへの切り替え時における出力軸5の回転速度の変化量を、小さくすることが可能となる。

【0115】

第7の態様の電動工具(100)では、第1～第6のいずれか1つの態様において、制御部(3)は、弱め磁束制御において、出力軸(5)の出力トルクに応じて、弱め磁束電流の大きさを変更する。

【0116】

この態様によれば、第1モードにおいて、弱め磁束を変更することが可能となる。

【0117】

第8の態様の電動工具(100)では、第1～第7のいずれか1つの態様において、第1回転速度と第2回転速度との差が閾値以下となる場合に、第1モードと第2モードとの切り替えを行う。第1回転速度は、電動工具(100)が第1モードで動作する場合における、出力トルクの現在値に対応する出力軸(5)の回転速度である。第2回転速度は、電動工具(100)が第2モードで動作する場合における、出力トルクの現在値に対応する出力軸(5)の回転速度である。

【0118】

この態様によれば、第1回転速度と第2回転速度との差が大きすぎない範囲で、電動工具(100)の動作モードが切り替えられる。そのため、出力軸(5)の回転速度が急激に変化するのを抑制することが可能となる。

10

20

30

40

50

【0119】

第9の態様の電動工具（100）は、第1～第8のいずれか1つの態様において、切替スイッチを更に備える。切替スイッチは、使用者からの操作を受けて、弱め磁束制御を行う機能の有効と無効とを切り替える。

【0120】

この態様によれば、使用者が、電動工具（100）の用途等に応じて、弱め磁束制御を行う機能の有効と無効とを切り替えることが可能となる。

【符号の説明】

【0121】

- 1 モータ
- 231 永久磁石
- 241 コイル
- 3 制御部
- 4 伝達機構
- 5 出力軸
- 70 操作部
- 9 切替機構
- 100 電動工具

10

20

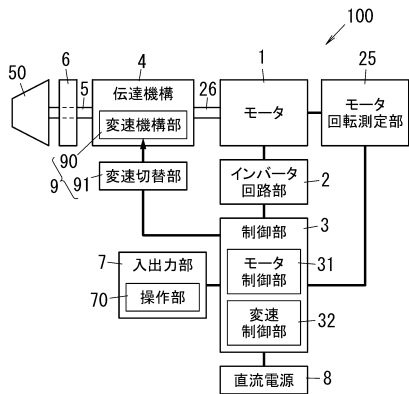
30

40

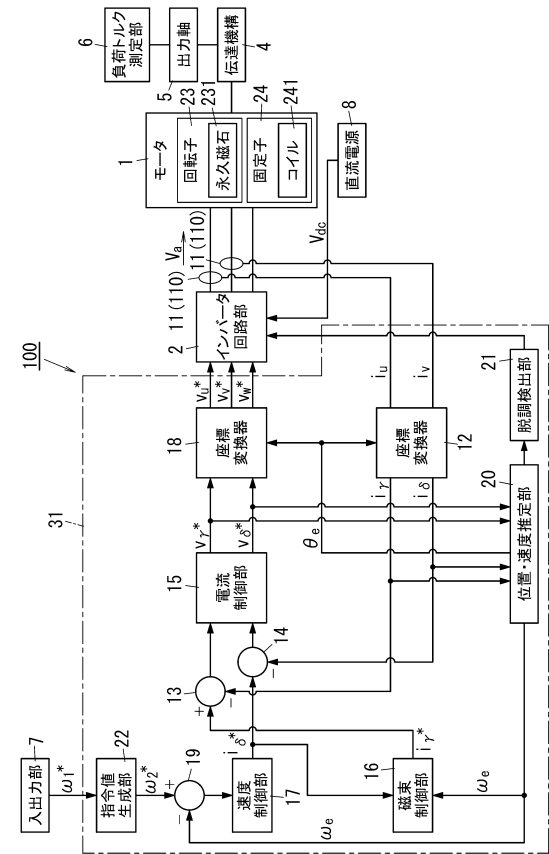
50

【図面】

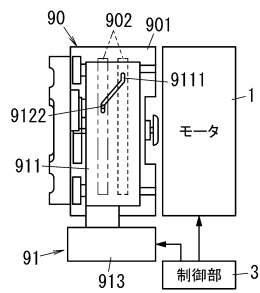
【図 1】



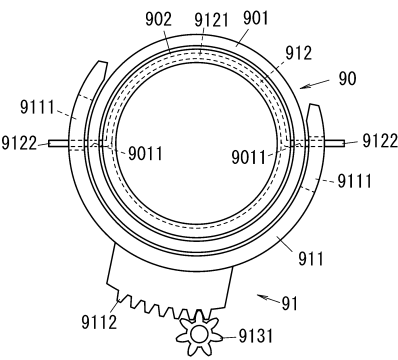
【図 2】



【図 3】



【図 4】



10

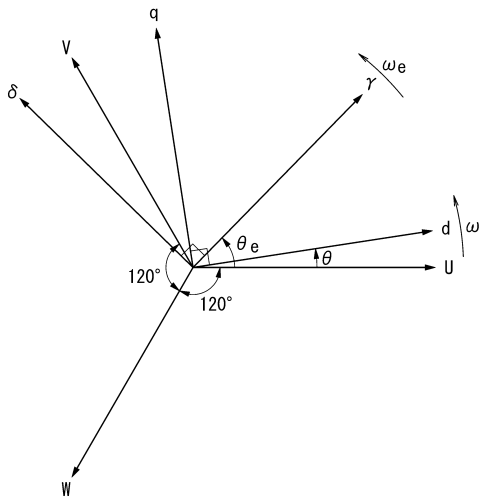
20

30

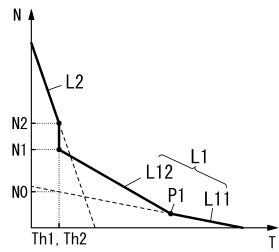
40

50

【図 5】

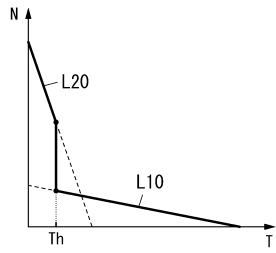


【図 6】



10

【図 7】



20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2014-023212 (JP, A)
特開 2011-050150 (JP, A)
特開 2008-312298 (JP, A)
特表 2017-526539 (JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
H02P 21/26
B25F 5/00