(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第5780896号
(P5780896)
(45)発行日　平成27年9月16日(2015.9.16)　(24)登録日　平成27年7月24日(2015.7.24)

(51)Int.Cl.　F I
B25B 23/14 (2006.01)　B25B 23/14 630Z
B25B 23/14 610A

請求項の数 4　(全 15 頁)

(21)出願番号　特願2011-204720(P2011-204720)
(22)出願日　平成23年9月20日(2011.9.20)
(65)公開番号　特開2013-63499(P2013-63499A)
(43)公開日　平成25年4月11日(2013.4.11)
審査請求日　平成26年3月26日(2014.3.26)

(73)特許権者　000137292
株式会社マキタ
愛知県安城市住吉町３丁目１１番８号
(74)代理人　110000578
名古屋国際特許業務法人
(72)発明者　草川　卓也
愛知県安城市住吉町３丁目１１番８号　株式会社マキタ内
(72)発明者　平林　徳夫
愛知県安城市住吉町３丁目１１番８号　株式会社マキタ内
(72)発明者　小林　憲司
愛知県安城市住吉町３丁目１１番８号　株式会社マキタ内

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】

工具要素が装着される出力軸を回転駆動するモータと、

外部操作によって前記モータの駆動指令を入力するための操作部と、

前記モータに流れるモータ電流を検出するモータ電流検出手段と、

前記設定トルクに応じて、前記モータ電流の上限値である電流閾値を設定する電流閾値設定手段と、

予め設定された設定トルクに対応した前記モータの最適最高回転速度、又は、該最適最高回転速度に対応した制御量を、前記モータの回転速度の上限を制限するための制御パラメータとして設定する制御パラメータ設定手段と、

前記操作部の操作量に応じて前記モータを駆動すると共に、前記制御パラメータ設定手段にて設定された制御パラメータに基づき、前記モータの回転速度が前記最適最高回転速度以下となるよう制御し、しかも、前記モータの駆動時に前記電流検出手段にて検出されたモータ電流が前記電流閾値設定手段にて設定された電流閾値に達すると前記モータの駆動を停止する制御手段と、

を備え、前記制御パラメータ設定手段は、前記出力軸を前記設定トルクで回転させるのに必要な回転エネルギにて前記モータが回転するときの回転速度を前記最適最高回転速度として、前記制御パラメータを設定することを特徴とする電動工具。

【請求項２】

前記制御パラメータ設定手段は、前記出力軸の設定トルクをＴ、前記モータの回転速度

をω、係数をα、としたとき、次式（１）

$T \geqq \alpha \cdot \omega^2$ …（１）

を満足するように回転速度ωを算出し、該回転速度ωを最適最高回転速度として前記制御パラメータを設定することを特徴とする請求項１に記載の電動工具。

【請求項３】

前記制御パラメータ設定手段は、前記出力軸の設定トルクをＴ、前記モータの回転速度をω、慣性モーメントをＪ、前記設定トルクで対象物を締め付ける際の締め付け角度をθ、としたとき、次式（２）

$T \geqq (J / \theta) \cdot \omega^2$ …（２）

を満足するように回転速度ωを算出し、該回転速度ωを最適最高回転速度として前記制御パラメータを設定することを特徴とする請求項１に記載の電動工具。

【請求項４】

外部操作により、予め設定された複数のトルクの中から前記設定トルクを選択するためのトルク設定部を備え、

前記制御パラメータ設定手段は、前記トルク設定部にて選択可能な複数のトルクの少なくとも一つに対応した最適最高回転速度、又は、該最適最高回転速度に対応した制御量を、前記制御パラメータとして設定することを特徴とする請求項１～請求項３の何れか１項に記載の電動工具。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、モータにより回転駆動される電動工具に関する。

【背景技術】

【０００２】

電動工具には、ドライバビット等の工具要素が装着される出力軸の回転トルクが、所定の設定トルクを越えると、モータの駆動を停止するように構成された、所謂電子クラッチ式のものが知られている。

【０００３】

そして、この種の電動工具は、通常、使用者が設定した設定トルクに応じて、モータ電流の上限値である電流閾値を設定し、モータ電流が電流閾値を越えると、モータの駆動を停止するよう構成される。

【０００４】

ところで、例えば、電動工具がねじ締め機である場合、モータを駆動して出力軸（換言すれば、ねじ）を回転させているとき、ねじが締め付け対象物に着座すると、出力軸の回転トルク（換言すればねじの締め付けトルク）が上昇する。

【０００５】

このように回転トルクが上昇した場合、機械式のクラッチを備えた電動工具であれば、回転トルクが設定トルクに達した時点で、モータの回転軸と出力軸との接続が遮断されるので、出力軸の回転トルクを設定トルクに制限することはできる。

【０００６】

しかし、電子クラッチ式の電動工具の場合、モータの回転軸と出力軸との接続が遮断されることはない。

このため、電子クラッチ式のねじ締め機では、ねじが締め付け対象物に着座して、出力軸の回転トルクが上昇し、その回転トルクが設定トルクに達して、モータの駆動が停止されたとしても、モータの回転エネルギにより出力軸の回転トルクが更に上昇し、回転トルクが設定トルクを越えるオーバートルクが発生する。

【０００７】

そこで、このようなオーバートルクの発生を抑えるために、ねじを締め付ける際の出力軸の回転速度と回転トルクとの関係を表す締結要求曲線に対応して、モータの駆動電圧を制御することが提案されている（例えば、特許文献１参照）。

【０００８】
この提案のねじ締め機では、モータの駆動電圧を一定にしたときのモータの回転速度と回転トルクとの関係は、回転速度の低下に対応して回転トルクが増加する比例特性線となるものとし、モータの最大能力特性線と負荷が要求する最大能力特性線とを設定する。
【０００９】
なお、モータの最大能力特性線は、モータの駆動電圧を最大にすることによって実現し得る比例特性線であり、負荷が要求する最大能力特性線は、ねじの締め付けに要する比例特性線である。
【００１０】
また、上記提案のねじ締め機では、モータ駆動停止後のモータの回転エネルギを小さくするために、上記締結要求曲線に対応して、モータの最大能力特性線から負荷が要求する最大能力特性線に移行する垂下特性を設定する。
【００１１】
そして、その設定した垂下特性に従い、ねじ締め開始後、出力軸の回転トルクが設定トルクに達するまでの間の任意の回転トルクで、モータ駆動電圧を切り換えることで、モータの回転エネルギを小さくし、オーバートルクが発生するのを抑制する。
【先行技術文献】
【特許文献】
【００１２】
【特許文献１】特開平１０－１９３２３０号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【００１３】
しかし、上記提案の技術は、ねじ締め機の締結要求曲線に対応して、モータ駆動電圧を切り換えることで、オーバートルクの発生を抑制するものであることから、ねじの締め付けトルクが設定トルクを越える時間を低減することはできても、締め付けトルクを設定トルク以下に制御することはできなかった。
【００１４】
つまり、ねじ締め機の締結要求曲線や上記各最大能力特性線は、実験若しくはシミュレーション等で得ることはできるが、これら各特性は、実験条件やシミュレーション時のパラメータ設定等の影響を受ける。
【００１５】
このため、引用文献１に開示された設計手法で電動工具の駆動系を構成した場合には、電動工具の出力軸の回転トルクが設定トルクを大きく越えるのを防止することはできても、オーバートルクの発生を防止することはできないのである。
【００１６】
本発明は、こうした問題に鑑みなされたものであり、電子クラッチ式の電動工具において、対象物の締め付け状態等により、モータが減速して出力軸の回転トルクが上昇した際、その回転トルクが設定トルクを越えるのを防止できるようにすることを目的とする。
【課題を解決するための手段】
【００１７】
かかる目的を達成するためになされた請求項１に記載の電動工具には、使用者がモータの駆動指令を入力するための操作部が備えられており、操作部が操作されると、制御手段が、操作部の操作量に応じて、モータを駆動する。
【００１８】
また、制御手段は、制御パラメータ設定手段にて制御パラメータとして設定された最適最高回転速度又は制御量に基づき、モータの回転速度が最適最高回転速度以下となるよう、モータの回転速度を制御する。
【００１９】
そして、制御パラメータ設定手段は、出力軸を設定トルクで回転させるのに必要な回転

エネルギにてモータが回転するときの回転速度を最適最高回転速度として、制御パラメータを設定する。

また、本発明の電動工具には、モータ電流を検出するモータ電流検出手段と、設定トルクに応じて電流閾値を設定する電流閾値設定手段とが備えられる。

そして、制御手段は、モータの駆動時に電流検出手段にて検出されたモータ電流が電流閾値設定手段にて設定された電流閾値に達すると、モータの駆動を停止する。

【００２０】

このため、本発明の電動工具によれば、モータの回転速度を、出力軸の回転トルクが設定トルクを越えることのない最適最高回転速度以下に制限することで、対象物の締め付け時等に、出力軸の回転トルク（換言すれば締め付けトルク）が設定トルクを越えるオーバートルクの発生を防止しつつ、モータ電流を用いた電子クラッチとしての機能を実現できることになる。

よって、本発明の電動工具によれば、電子クラッチ式の従来の電動工具に比べ、出力軸の回転トルクが設定トルクを越えるのを、より良好に防止することができる。

【００２１】

ここで、制御パラメータ設定手段が設定する制御パラメータの基準となる最適最高回転速度について説明する。

まず、電動工具において、モータが回転するということは、回転エネルギを持っているということであり、出力軸に装着される工具要素にて対象物を締め付ける際には、回転エネルギは、対象物の締め付けトルクとして寄与する。

【００２２】

回転速度をω、慣性モーメントをＪとした場合、回転エネルギは、「（１／２）・Ｊ・ω^2」と記述できることから、対象物の締め付け時のモータの回転速度ωと締め付けトルク（出力軸の回転トルク）Ｔとの関係は、次式（３）のように記述できる。

【００２３】

$\omega = T / \{ (K \cdot J)^{1/2} \} \cdot G$ …（３）

この（３）式において、Ｋは、ジョイント係数であり、Ｇは、モータと出力軸との間に設けられる変速機のギア比である。

【００２４】

そして、ジョイント係数Ｋは、対象物の締め付け角度をθとすると、次式（４）のように記述できる。

$T / G = K \cdot \theta \cdot G$

$\therefore \quad K = T / (\theta \cdot G^2)$ …（４）

従って、対象物の締め付けトルクＴとモータの回転速度ωとの関係は、次式（５）のように記述でき、締め付けトルクＴは、次式（６）のように表すことができる。

【００２５】

$\omega = T / \{ (K \cdot J)^{1/2} \} \cdot G$

$= T / [\{ (T / (\theta \cdot G^2)) \cdot J \}^{1/2}] \cdot G$

$= T / \{ (T / \theta) \cdot J \}^{1/2}$

$\omega^2 = T \cdot \theta / J$ …（５）

$T = (J / \theta) \cdot \omega^2$ …（６）

また、慣性モーメントＪは、モータの特性で決まる。また、締め付け角度θは、ねじが着座してからねじを締め付けるのに適した出力軸の回転角度のことであり、対象物の種類や電動工具の使用条件等により決まる。このため、「Ｊ／θ」を係数αとして、上記（６）式を次式（７）のように書き換えることもできる。

【００２６】

$T = \alpha \cdot \omega^2$ …（７）

そして、（６）、（７）式から明らかなように、対象物の締め付けトルク（つまり、出力軸の回転トルク）Ｔは、モータの回転速度ωによって決まることになる。

【００２７】

このため、締め付けトルクが設定トルクを越えることのないようにするには、モータの回転速度が、（６）式若しくは（７）式を満足する回転速度以下となるように制御すればよい。

【００２８】

なお、上述の式から、対象物の締め付けトルクＴは、次式（８）のように記述することもできるので、モータの回転速度が次式（８）式を満足する回転速度以下となるように制御してもよい。

【００２９】

$T=\omega\cdot G\cdot(K\cdot J)^{1/2}$ …（８）

そこで、本発明では、出力軸を設定トルクで回転させるのに必要な回転エネルギにてモータが回転するときの回転速度を最適最高回転速度として求め、その最適最高回転速度又はこれに対応した制御量を、モータの回転速度を制限するための制御パラメータとして設定するのである。

【００３０】

ところで、最適最高回転速度（若しくは、これに対応した制御量）は、上述した回転トルクＴと回転速度ωとの関係式に基づき予め算出して、制御データの一つとして記憶しておき、制御パラメータ設定手段は、その制御データを読み出すことで、最適最高回転速度（若しくは、これに対応した制御量）を設定するようにしてもよい。

【００３１】

また、操作部が操作されて制御手段がモータの駆動制御を開始する度に、制御パラメータ設定手段が、上述した回転トルクＴと回転速度ωとの関係式に基づき、最適最高回転速度（若しくは、これに対応した制御量）を算出するようにしてもよい。

【００３２】

そして、このように制御パラメータ設定手段にて最適最高回転速度（若しくは、これに対応した制御量）算出する場合には、制御パラメータ設定手段を、請求項２若しくは請求項３に記載のように構成するとよい。

【００３３】

すなわち、請求項２に記載の電動工具において、制御パラメータ設定手段は、上記（７）式に対応した次式（１）

$T\geqq\alpha\cdot\omega^{2}$ … （１）

を満足するように回転速度ωを算出し、この回転速度ωを最適最高回転速度として、制御パラメータを設定するように構成される。

【００３４】

また、請求項３に記載の電動工具において、制御パラメータ設定手段は、上記（６）式に対応した次式（２）

$T\geqq(J/\theta)\cdot\omega^{2}$ … （２）

を満足するように算出される回転速度ωを算出し、この回転速度ωを最適最高回転速度として、制御パラメータを設定するように構成される。

【００３５】

そして、制御パラメータ設定手段をこのように構成すれば、モータ駆動時の回転速度の上限値である最適最高回転速度を、上記（１）式若しくは（２）式を用いて比較的簡単に算出することができ、制御パラメータの設定に要する時間を短縮できる。

【００３６】

また特に、請求項３に記載の電動工具によれば、締め付け角度θに応じて最適最高回転速度を算出できることから、使用者が、ねじ若しくは対象物の種類に応じて締め付け角度θを指定することで、その締め付け角度θに対応した最適最高回転速度を算出することができる。

【００３７】

次に、請求項４に記載の電動工具においては、外部操作により、予め設定された複数のトルクの中から設定トルクを選択するためのトルク設定部が備えられている。

そして、制御パラメータ設定手段は、このトルク設定部にて選択可能な複数のトルクの少なくとも一つに対応した最適最高回転速度、又は、この最適最高回転速度に対応した制御量を、制御パラメータとして設定する。

【００３８】

従って、この電動工具によれば、トルク設定部にて設定される全ての設定トルク毎に最適最高回転速度（若しくは、これに対応した制御量）を設定するよう、制御パラメータ設定手段を構成すれば、各設定トルクで対象物を締め付けるときに、締め付けトルクが設定トルクを越えないように、モータの回転を制御することができる。

【００３９】

また、対象物の締め付けトルクが、トルク設定部にて設定可能な複数の設定トルクの一つ（若しくは一部）である場合、その一つ（若しくは一部）の設定トルクに対応して最適最高回転速度（若しくは、これに対応した制御量）を設定するよう、制御パラメータ設定手段を構成すれば、締め付けトルクが設定トルクを越えないように、モータの回転を制御することができる。

【図面の簡単な説明】

【００４２】

【図１】実施形態の電動工具の駆動系全体の構成を表すブロック図である。

【図２】コントローラにて実行される一連の制御処理を表すフローチャートである。

【図３】図２のＳ１５０にて実行されるモータ回転速度設定処理を表すフローチャートである。

【図４】図３のモータ回転速度設定処理で使用される回転速度設定用マップを表す説明図である。

【図５】図４の回転速度設定用マップの生成方法を説明する説明図である。

【図６】図５の回転速度設定用マップに代えて用いられるＤＵＴＹ設定用マップを表す説明図である。

【図７】締め付け角度毎に最適最高回転速度を設定するのに用いられる回転速度設定用マップを表す説明図である。

【図８】モータ回転速度設定処理の変形例を表すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【００４３】

以下に、本発明の実施形態を図面と共に説明する。

本実施形態の電動工具は、工具要素としての工具ビット（例えばドライバビット）が装着される出力軸を回転させることで、工具ビットを介して対象物に所定の加工（例えば、締め付け対象物へのねじの締め付け）を行うものである。

【００４４】

図１は、電動工具の本体ハウジング（図示せず）に収納若しくは装着されて、出力軸を回転駆動するのに用いられる駆動系全体の構成を表している。

図１に示すように、電動工具には、出力軸を回転させるモータ２０として、３相ブラシレス直流モータが備えられている。このモータ２０の回転軸には図示しない変速機が設けられており、電動工具の出力軸は、この変速機を介してモータ２０により回転駆動される。

【００４５】

また、電動工具には、このモータ２０を駆動制御する駆動装置として、バッテリパック１０、モータ駆動回路２４、ゲート回路２８、及び、コントローラ５０が備えられている。

【００４６】

ここで、バッテリパック１０は、電動工具の本体ハウジングに着脱自在に装着可能なケース内に、直列接続された複数の二次電池セルを収納することにより構成されている。

また、モータ駆動回路２４は、バッテリパック１０から電源供給を受けて、モータ２０の各相巻線に電流を流すためのものであり、ＦＥＴからなる６つのスイッチング素子Ｑ１

～Ｑ６を備える。

【００４７】

なお、モータ駆動回路２４において、スイッチング素子Ｑ１～Ｑ３は、モータ２０の各端子Ｕ，Ｖ，Ｗと、バッテリパック１０の正極側に接続された電源ラインとの間に、所謂ハイサイドスイッチとして設けられている。

【００４８】

また、スイッチング素子Ｑ４～Ｑ６は、モータ２０の各端子Ｕ，Ｖ，Ｗと、バッテリパック１０の負極側に接続されたグランドラインとの間に、所謂ローサイドスイッチとして設けられている。

【００４９】

次に、ゲート回路２８は、コントローラ５０から出力された制御信号に従い、モータ駆動回路２４内のスイッチング素子Ｑ１～Ｑ６をオン／オフさせることで、モータ２０の各相巻線に電流を流し、モータ２０を回転させるものである。

【００５０】

また、コントローラ５０は、ＣＰＵ、ＲＯＭ、ＲＡＭ、Ｉ／Ｏポート、Ａ／Ｄ変換器、タイマ等からなるワンチップマイクロコンピュータ（以下、マイコンという）にて構成されている。

【００５１】

そして、コントローラ５０は、トリガスイッチ３０からの駆動指令に従い、モータ駆動回路２４を構成するスイッチング素子Ｑ１～Ｑ６の駆動デューティ比を設定し、その駆動デューティ比に応じた制御信号をゲート回路２８に出力することで、モータ２０を回転駆動させる。

【００５２】

なお、トリガスイッチ３０は、使用者が手動操作によって電動工具の駆動指令を入力するためのものであり、トルク設定スイッチ３６、トルク設定表示部３８、使用ねじ設定部４０、及び、使用ねじ表示部４２と共に、電動工具の本体ハウジングに設けられている。

【００５３】

また、トリガスイッチ３０には、使用者による操作時にオン状態となるメイン接点３１と、使用者によるトリガスイッチ３０の引き量（換言すれば操作量）に応じて抵抗値が変化する摺動抵抗３２と、使用者からの回転方向の切り換え指令を受け付ける正逆接点３３とが備えられている。

【００５４】

一方、トルク設定スイッチ３６は、出力軸の回転トルク（例えば、工具ビットによる締め付けトルク）の上限を、使用者が手動操作で設定するためのものである。

そして、本実施形態では、トルク設定スイッチ３６の１回の操作で、設定トルクが所定値だけ増加し、設定トルクが最大値であるときにトルク設定スイッチ３６が操作されると、設定トルクが最小値に戻り、その後の操作で設定トルクが再度段階的に上昇するようになっている。

【００５５】

また、使用ねじ設定部４０は、使用ねじが木ねじであるか、金属用のボルトであるか、というように、ねじの種類を設定するためのものであり、本実施形態では、ねじが着座してからの締め付け角度が異なる３種類のねじを選択できるようになっている。

【００５６】

すなわち、本実施形態では、締め付け角度が最も小さい（例えば、３０度）ねじ（金属用のボルト）を「ハードジョイント」、締め付け角度が最も大きい（例えば、７２０度）ねじ（木ねじや金属用のボルト）を「ソフトジョイント」、締め付け角度がこれらの中間（例えば、１８０度）となるねじを「その他」とし、これら３種類の中から、使用するねじの種類を指定できるようにされている。

【００５７】

トルク設定スイッチ３６及び使用ねじ設定部４０は、コントローラ５０に接続されてお

り、コントローラ５０は、これらの操作状態に基づき、設定トルク及びねじの種類を認識し、その認識結果を、トルク設定表示部３８及び使用ねじ表示部４２に表示する。

【００５８】

次に、モータ２０には、モータの回転速度や回転位置を検出するための回転位置センサ２２が設けられている。また、バッテリパック１０からモータ駆動回路２４を介して形成されるモータ２０への通電経路には、モータ２０に流れたモータ電流を検出するための抵抗２６が設けられている。

【００５９】

そして、回転位置センサ２２からの検出信号及び抵抗２６によるモータ電流の検出信号は、それぞれ、コントローラ５０に入力される。

また、コントローラ５０は、マイコンにて構成されているため、一定の電源電圧Ｖｃｃを供給する必要がある。

【００６０】

このため、電動工具の本体ハウジング内には、バッテリパック１０から電源供給を受けて一定の電源電圧Ｖｃｃ（例えば、直流５Ｖ）を生成し、コントローラ５０に供給するレギュレータ５２も設けられている。

【００６１】

次に、コントローラ５０（詳しくはＣＰＵ）が、トリガスイッチ３０からの駆動指令に従いモータ２０を回転駆動するために実行する制御処理について、図２、図３に示すフローチャートに沿って説明する。

【００６２】

この制御処理は、レギュレータ５２からコントローラ５０に電源電圧Ｖｃｃが印加されているときに、コントローラ５０において繰り返し実行される処理である。

図２に示すように、コントローラ５０は、制御処理を開始すると、まずＳ１１０（Ｓはステップを表す）にて、トルク設定スイッチ３６及び使用ねじ設定部４０の操作状態を検出するスイッチ処理を実行する。

【００６３】

次に、Ｓ１２０では、トリガスイッチ３０の摺動抵抗３２の抵抗値や、モータ電流検出用の抵抗２６の両端電圧をＡ／Ｄ変換器を介して取り込み、トリガスイッチ３０の引き量及びモータ電流を検出するＡ／Ｄ変換処理を実行する。

【００６４】

また、Ｓ１３０では、Ｓ１１０にて検出したトルク設定スイッチ３６及び使用ねじ設定部４０の操作状態から、ねじの締め付けトルク及びねじの種類（ハードジョイント、ソフトジョイント、その他）を認識する。

【００６５】

そして、続くＳ１４０では、Ｓ１３０にて認識した締め付けトルク及びねじの種類を、トルク設定表示部３８及び使用ねじ表示部４２に表示し、Ｓ１５０にて、その認識した締め付けトルクに基づきモータ２０の最適最高回転速度を設定する。

【００６６】

Ｓ１５０にて設定される最適最高回転速度は、トルク設定スイッチ３６を介して設定された締め付けトルクで電動工具の出力軸を回転させるのに必要な回転エネルギを、モータ２０に発生させるための回転速度であり、その設定手順については、後述する。

【００６７】

次に、Ｓ１６０では、Ｓ１２０にて検出されたモータ電流が、Ｓ１３０にて認識した締め付けトルクに対応する電流閾値を越えたか否かを判断することにより、モータ２０の駆動を停止させるか否か（換言すれば、電子クラッチとしての機能を働かせるか否か）を判断する。

【００６８】

そして、続くＳ１７０では、Ｓ１２０にて検出したトリガスイッチ３０の引き量、回転位置センサ２２からの検出信号により得られるモータ２０の回転速度、Ｓ１５０にて設定

されたモータ２０の最適最高回転速度、及び、Ｓ１６０による電子クラッチ作動判定結果、等に基づき、モータ２０を駆動するモータ駆動処理を実行し、再度Ｓ１１０に移行する。

【００６９】

このモータ駆動処理は、最適最高回転速度を上限として、モータ２０の回転速度を、トリガスイッチの引き量に応じた回転速度に制御し、電子クラッチの作動が判定されると、モータ２０の駆動を停止するための処理である。

【００７０】

具体的には、トリガスイッチ３０の引き量に応じて目標デューティ比を設定し、ゲート回路２８によるスイッチング素子Ｑ１～Ｑ６の駆動デューティ比を、その目標デューティ比に向けて増加させることで、モータ２０の回転速度をトリガスイッチ３０の引き量に対応した回転速度まで上昇させる。

【００７１】

また、この制御によって、モータ２０の回転速度が、最適最高回転速度付近まで上昇すると、モータ２０の回転速度が最適最高回転速度を越えることのないよう、駆動デューティ比を増減させて、モータ２０の回転速度をフィードバック制御する。

【００７２】

また、このようにモータ２０を駆動することによって、モータ電流が電流閾値を越え、Ｓ１６０にて電子クラッチの作動が判定されると、モータ２０の駆動を停止する。

従って、本実施形態の電子工具によれば、モータ２０は、Ｓ１５０のモータ回転速度設定処理にて設定される最適最高回転速度を上限として、回転駆動されることになる。

【００７３】

次に、この最適最高回転速度を設定するモータ回転速度設定処理について、図３に示すフローチャートに沿って説明する。

図３に示すように、モータ回転速度設定処理では、まずＳ２１０にて、現在設定されているねじの種類は「ソフトジョイント」であるか否かを判断する。

【００７４】

そして、ねじの種類が「ソフトジョイント」であれば、Ｓ２２０に移行して、現在設定されている締め付けトルクに対応し、且つ、「ソフトジョイント」に対応した最適最高回転速度を、図４に示す回転速度設定用マップから取得し、当該モータ回転速度設定処理を終了する。

【００７５】

また、Ｓ２１０にて、現在設定されているねじの種類は「ソフトジョイント」ではないと判断されると、Ｓ２３０に移行し、現在設定されているねじの種類は「ハードジョイント」であるか否かを判断する。

【００７６】

そして、ねじの種類が「ハードジョイント」であれば、Ｓ２４０に移行して、現在設定されている締め付けトルクに対応し、且つ、「ハードジョイント」に対応した最適最高回転速度を、図４に示す回転速度設定用マップから取得し、当該モータ回転速度設定処理を終了する。

【００７７】

また、Ｓ２３０にて、現在設定されているねじの種類は「ハードジョイント」ではないと判断されると、Ｓ２５０に移行し、現在設定されている締め付けトルクに対応し、且つ、ねじの種類が「その他」に対応した最適最高回転速度を、図４に示す回転速度設定用マップから取得し、当該モータ回転速度設定処理を終了する。

【００７８】

このように、モータ回転速度設定処理では、現在設定されている締め付けトルクと、ねじの種類（換言すれば、締め付け角度）とに基づき、予めコントローラ５０に記憶された回転速度設定用マップを用いて、モータ２０の最適最高回転速度を設定する。

【００７９】

次に、この回転速度設定用マップに登録されている最適最高回転速度の設定手順について、図５を用いて説明する。

上述したように、電動工具において、出力軸を所望の回転トルク（締め付けトルク）Ｔで回転させるのに必要な回転エネルギをモータ２０に発生させるためのモータ２０の回転速度ωは、次式（９）のように記述できる。

【００８０】

$\omega = T / \{ (K \cdot J)^{1/2} \} \cdot G$ …（９）

また、上述したように、ジョイント係数Ｋは、次式（１０）のように記述できる。

$K = T / (\theta \cdot G^2)$ …（１０）

このため、モータ２０と出力軸との間の変速機のギア比Ｇ、モータ２０の慣性モーメントＪ、締め付け角度θが分かれば、出力軸に、トルク設定スイッチ３６を介して設定された締め付けトルク（本実施形態では、０．５、１．０、１．５、…、９．５、１０．０［Ｎ・ｍ］）を発生させるのに必要なモータ２０の回転速度ωを算出できる。

【００８１】

そこで、本実施形態では、図５（ａ）、（ｂ）に例示するように、演算条件として、変速機及びモータ２０の特性で決まるギア比Ｇ及び慣性モーメントＪと、ねじの種類に応じた締め付け角度θとに基づき、各締め付けトルクに対応した回転速度ωを算出し、その算出結果を、回転速度設定マップとしている。

【００８２】

図５（ａ）、（ｂ）は、それぞれ、「ハードジョイント」、「ソフトジョイント」の場合の最適最大回転速度の演算手順を表している。

すなわち、まず、出力軸の締め付けトルクの単位を［Ｎ・ｍ］から［kgf・ｍ］に換算し、これをギア比Ｇで除算することでモータ２０の回転トルク［kgf・ｍ］を求め、その回転トルク［kgf・ｍ］と、締め付け角度θと、ギア比Ｇとから、上記（１０）式を用いてジョイント係数Ｋを求める。

【００８３】

そして、そのジョイント係数Ｋと、慣性モーメントＪと、モータ２０の回転トルク［kgf・ｍ］と、ギア比Ｇとから、上記（９）式を用いてモータ２０の回転速度［rad/s］を求め、これを１分当たりの回転数［min^{-1}］に換算することで最適最高回転速度［min^{-1}］を設定する。

【００８４】

なお、図５（ａ）、（ｂ）において、出力軸の回転速度は、モータ２０の最適最高回転速度［min^{-1}］を変速機のギア比Ｇで除算することにより求めたものである。

また、図５（ｂ）の「ソフトジョイント」において、締め付けトルクが大きいときの回転速度にハッチングが施されているが、これは、本実施形態の電動工具で許容されている最大回転速度を越えていることを表している。

【００８５】

そして、このように、計算上、最大回転速度を越える回転速度については、図４に示すように、その最大回転速度（図では、２０９３３）が、回転速度設定用マップに登録される。

【００８６】

また、図５には、ねじの種類が「その他」の場合の記載はないが、「その他」の最適最大回転速度は、締め付け角度θが「ハードジョイント」と「ソフトジョイント」との間の値（例えば、１８０°）であるとして算出される。

【００８７】

以上説明したように、本実施形態の電動工具によれば、トルク設定スイッチ３６を介して締め付けトルクを設定可能で、しかも、使用ねじ設定部４０を介してねじの種類（ハードジョイント、ソフトジョイント、その他）を設定可能に構成されている。

【００８８】

そして、これら各パラメータが設定されている状態で、トリガスイッチ３０が操作され

ると、各パラメータに基づき、モータ２０の最適最大回転速度を設定し、モータ２０の回転速度がその最適最大回転速度を越えることのないように、モータ２０の回転速度を制御する。

【００８９】

このため、本実施形態の電動工具によれば、ねじを締め付ける際に、出力軸の回転トルク（つまり、ねじの締め付けトルク）が、使用者により設定された設定トルクを越えるのを防止することができる。

【００９０】

ここで、本実施形態では、トリガスイッチ３０が、本発明の操作部に相当し、コントローラ５０は、本発明の制御手段、制御パラメータ設定手段、及び、電流閾値設定手段に相当する。

【００９１】

そして、本発明の制御手段としての機能は、コントローラ５０にて実行されるモータ駆動処理により実現され、制御パラメータ設定手段としての機能は、コントローラ５０にて実行されるモータ回転速度設定処理により実現され、電流閾値設定手段としての機能は、コントローラ５０にて実行されるクラッチ作動可否判定処理により実現される。

【００９２】

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、本発明の要旨を逸脱しない範囲内にて種々の態様をとることができる。

例えば、上記実施形態では、モータ２０の回転速度を制限するための制御パラメータとして、図４に示した回転速度設定用マップを用いて、最適最高回転速度を設定するものとしたが、これは、Ｓ１７０のモータ駆動処理にて、モータ２０の回転速度をフィードバック制御するためである。

【００９３】

このため、モータ駆動処理にて回転速度のフィードバック制御を実行しない場合（所謂オープン制御を実行する場合）は、必ずしも最適最高回転速度を設定する必要はなく、例えば、最適最高回転速度に対応したモータ２０の制御量を設定するようにしてもよい。

【００９４】

具体的には、モータ２０の回転速度は、スイッチング素子Ｑ１～Ｑ６の駆動デューティ比に応じて変化することから、その駆動デューティ比の上限を最適最高回転速度に対応して設定するようにしても、上記実施形態と同様の効果を得ることができる。

【００９５】

なお、この場合、図６に示すように、最適最高回転速度に対応した駆動デューティ比ＤＵＴＹを記述したＤＵＴＹ設定用マップを予め作成して、メモリに記憶しておき、Ｓ１５０のモータ回転速度設定処理に代えて、ＤＵＴＹ設定用マップから駆動デューティ比ＤＵＴＹを取得するＤＵＴＹ設定処理を実行するようにすればよい。

【００９６】

一方、上記実施形態では、ねじの種類（換言すれば締め付け方法）として、使用者が、「ソフトジョイント」、「ハードジョイント」、「その他」の３種類の内の一つを選択すれば、その選択した締め付け方法に適した最適最高回転速度が設定されるものとして説明した。

【００９７】

しかし、最適最高回転速度は、ねじの締め付け角度によって異なることから、使用者が所望の締め付け角度を設定できるようにし、その設定された締め付け角度に応じて、最適最高回転速度（若しくは、これに対応した制御量である駆動デューティ比ＤＵＴＹ）を設定するようにしてもよい。

【００９８】

この場合、使用ねじ設定部４０に代えて、使用者がねじの締め付け角度を指定するための締め付け角度設定部を設け、図７に例示するように、締め付け角度設定部を介して設定可能な締め付け角度毎に、締め付けトルクに対応した最適最高回転速度が記述された回転

速度設定用マップを作成し、メモリに記憶する。

【００９９】

そして、このようにすれば、Ｓ１５０のモータ回転速度設定処理にて、締め付け角度設定部にて設定された締め付け角度と締め付けトルクとに基づき、最適最高回転速度を設定できるようになり、電子工具の使用条件に応じて、より最適な最適最高回転速度を設定できることになる。

【０１００】

なお、締め付け角度設定部としては、スイッチを操作する度に締め付け角度が所定量だけ増加するよう構成してもよく、或いは、締め付け角度を、数値入力するように構成してもよい。

【０１０１】

また次に、上記実施形態では、回転速度設定用マップにおいて、最適最高回転速度は、０．５［N・ｍ］～１０．０［N・ｍ］の締め付けトルク範囲内で、０．５［N・ｍ］単位で設定されるものとして説明したが、この締め付けトルクは、電動工具の規格に応じて適宜設定すればよい。

【０１０２】

例えば、電動工具において、外部操作によって指定可能な締め付けトルクが、１．５［N・ｍ］、３．０［N・ｍ］、５．２［N・ｍ］、１２．５［N・ｍ］であれば、この締め付けトルク毎に、最適最高回転速度（若しくは、これに対応した制御量）を設定できるマップを準備するようにすればよい。

【０１０３】

一方、上記実施形態では、最適最高回転速度（若しくは、これに対応した制御量である駆動デューティ比ＤＵＴＹ）は、回転速度設定用マップ（若しくはＤＵＴＹ設定用マップ）を用いて設定するものとして説明したが、Ｓ１５０のモータ回転速度設定処理にて算出するようにしてもよい。

【０１０４】

つまり、図８に示すように、モータ回転速度設定処理では、まず、Ｓ３１０にて、上述した（１）式（若しくは（２）式）に基づき、締め付けトルク（若しくは、締め付けトルクと締め付け角度）に対応した最適最高回転速度を算出する。

【０１０５】

そして、続くＳ３２０では、その算出した最適最高回転速度が、モータ２０の最大回転速度以下であるか否かを判断し、最適最高回転速度が最大回転速度以下であれば、そのままモータ回転速度設定処理を終了する。

【０１０６】

また、最適最高回転速度が最大回転速度よりも大きい場合には、Ｓ３３０にて、最適最高回転速度として、最大回転速度を設定し、モータ回転速度設定処理を終了する。

このようにモータ回転速度設定処理を実行するようにすれば、回転速度設定用マップを用いることなく、最適最高回転速度を設定することができる。

【０１０７】

なお、図６に示したＤＵＴＹ設定用マップのように、駆動デューティ比ＤＵＴＹの上限を設定する場合には、上記手順で求めた最適最高回転速度を、駆動デューティ比ＤＵＴＹに変換する処理を実行するようにすればよい。

【０１０８】

また次に、上記実施形態では、コントローラ５０はマイコンにて構成されるものとして説明したが、例えばＡＳＩＣ（Application Specific Integrated Circuits）、ＦＰＧＡ（Field Programmable Gate Array）などのプログラマブル・ロジック・デバイスで構成してもよい。

【０１０９】

また、コントローラ５０が実行する上述の制御処理は、コントローラ５０を構成するＣＰＵがプログラムを実行することにより実現される。そして、このプログラムは、コント

ローラ５０内のメモリ（ＲＯＭ等）に書き込まれていてもよく、或いは、コントローラ５０からデータを読み取り可能な記録媒体に記録されていてもよい。

【０１１０】

なお、記録媒体としては、持ち運び可能な半導体メモリ（例えばＵＳＢメモリ、メモリカード（登録商標）など）を使用することができる。

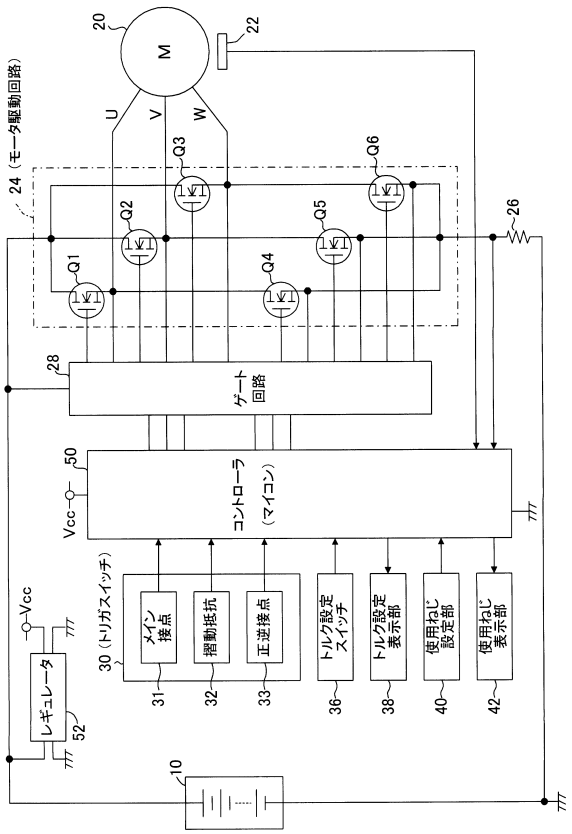
また、上記実施形態では、モータ２０は、３相ブラシレス直流モータにて構成されるものとして説明したが、工具要素が装着される出力軸を回転駆動可能なモータであればよい。

【符号の説明】

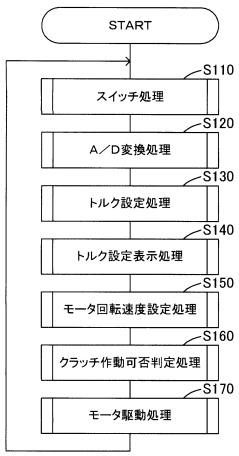
【０１１１】

１０…バッテリパック、２０…モータ、２２…回転位置センサ、２４…モータ駆動回路、２６…抵抗、２８…ゲート回路、３０…トリガスイッチ、３１…メイン接点、３２…摺動抵抗、３３…正逆接点、３６…トルク設定スイッチ、３８…トルク設定表示部、４０…設定部、４２…表示部、５０…コントローラ、５２…レギュレータ。

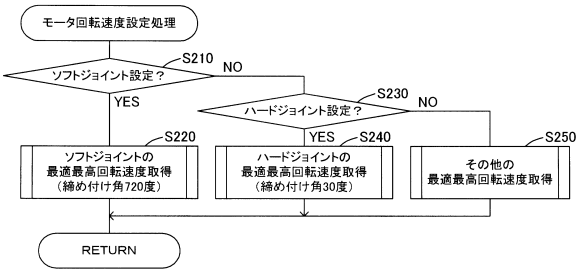
【図１】



【図２】



【図３】



【図４】

回転速度設定用マップ

締め付けトルク [N·m]	ハードジョイント	ソフトジョイント	その他
	回転速度 [min^{-1}]	回転速度 [min^{-1}]	回転速度 [min^{-1}]
0.5	1103	5405	2702
1.0	1560	7644	3822
1.5	1911	9361	4681
⋮	⋮	⋮	⋮
9.5	4809	20933	11780
10.0	4934	20933	12086

【図５】

（ａ）ハードジョイント　演算条件 → ギア比:8.24，慣性モーメント:0.000002[$kg \cdot m^2$]，締め付け角度:30°（0.52359885[rad]）

出力軸		モータ軸			出力軸
締め付けトルク [N·m]	締め付けトルク [kgf·m]	回転トルク [kgf·m]	ジョイント係数 K	回転速度 [rad/s]	回転速度 [min^{-1}]
0.5	0.05	0.006	0.001	116	1103
1.0	0.10	0.012	0.003	163	1560
1.5	0.15	0.019	0.004	200	1911
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
9.5	0.97	0.118	0.027	504	4809
10.0	1.02	0.124	0.029	517	4934

（ｂ）ソフトジョイント　演算条件 → ギア比:8.24，慣性モーメント:0.000002[$kg \cdot m^2$]，締め付け角度:720°（12.5663724[rad]）

出力軸		モータ軸			出力軸
締め付けトルク [N·m]	締め付けトルク [kgf·m]	回転トルク [kgf·m]	ジョイント係数 K	回転速度 [rad/s]	回転速度 [min^{-1}]
0.5	0.05	0.006	0.00006	566	5405
1.0	0.10	0.012	0.00012	800	7644
1.5	0.15	0.019	0.00018	980	9361
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
9.5	0.97	0.118	0.00114	2467	23559
10.0	1.02	0.124	0.00120	2531	24171

【図６】

DUTY設定用マップ

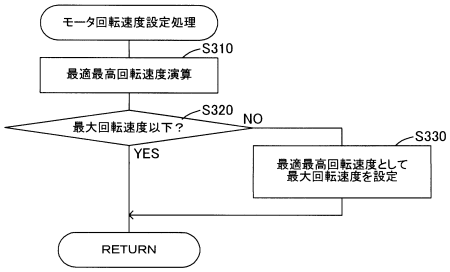
締め付けトルク [N·m]	ハードジョイント	ソフトジョイント	その他
	DUTY	DUTY	DUTY
0.5	13	37	18
1.0	14	43	24
1.5	15	46	30
⋮	⋮	⋮	⋮
9.5	31	100	53
10.0	32	100	54

【図７】

回転速度設定用マップ

締め付けトルク [N·m]	締め付け角度						
	30°	60°	90°	·····	660°	690°	720°
0.5	1103	1560	1911	·····	5175	5291	5405
1.0	1560	2207	2702	·····	7318	7483	7644
1.5	1911	2702	3310	·····	8963	9164	9361
⋮	⋮	⋮	⋮	····· ·····	⋮	⋮	⋮
9.5	4809	6801	8329	·····	22556	23063	23559
10.0	4934	6978	8546	·····	23142	23662	24171

【図８】



フロントページの続き

審査官　小川　真

(56)参考文献　実開昭５４－０８１９９５（ＪＰ，Ｕ）
特開２００２－２８３２４８（ＪＰ，Ａ）
特開昭６２－２７７２７２（ＪＰ，Ａ）
特開２００４－２９１１４３（ＪＰ，Ａ）
カナダ国特許発明第２６８４７８６（ＣＡ，Ｃ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｂ２５Ｂ　２３／１４
ＷＰＩ