

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6617918号
(P6617918)

(45) 発行日 令和1年12月11日(2019.12.11)

(24) 登録日 令和1年11月22日(2019.11.22)

(51) Int.Cl.	F 1
B 2 5 F 5/00 (2006.01)	B 2 5 F 5/00 C
B 2 4 B 23/00 (2006.01)	B 2 5 F 5/00 G
B 2 4 B 49/16 (2006.01)	B 2 4 B 23/00 C
	B 2 4 B 49/16

請求項の数 13 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2015-234262 (P2015-234262)	(73) 特許権者	000005094
(22) 出願日	平成27年11月30日(2015.11.30)		工機ホールディングス株式会社
(65) 公開番号	特開2017-100224 (P2017-100224A)		東京都港区港南二丁目15番1号
(43) 公開日	平成29年6月8日(2017.6.8)	(74) 代理人	100094983
審査請求日	平成30年11月28日(2018.11.28)		弁理士 北澤 一浩
		(74) 代理人	100095946
			弁理士 小泉 伸
		(74) 代理人	100099829
			弁理士 市川 朗子
		(74) 代理人	100192337
			弁理士 福本 鉄平
		(72) 発明者	吉成 拓家
			茨城県ひたちなか市武田1060番地 日
			立工機株式会社内

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】

ブラシレスモータと、

外部交流電源と接続可能な電源接続部と、

該外部交流電源から出力される交流電圧を整流及び平滑し、該外部交流電源の周波数の2倍の周波数で変動する変動直流電圧に変換して出力する変換回路部と、

該変換回路部が出力する該変動直流電圧を該ブラシレスモータに印加するインバータ回路部と、

該ブラシレスモータの回転数を目標回転数に近づける定回転数制御を行うモータ制御手段と、を備え、

該ブラシレスモータが無負荷状態の場合において、該目標回転数は該ブラシレスモータに電流が流れない無通電区間が発生しないように設定されることを特徴とする電動工具。

【請求項2】

該変換回路部は、

該外部交流電源から出力される該交流電圧を整流し整流後の整流電圧を出力する整流回路と、

該整流電圧が変動するように平滑する平滑コンデンサと、を備え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】

該ブラシレスモータの回転数を設定するための操作部と、

該操作部によって設定された設定回転数又は該操作部の被操作量に応じて該ブラシレスモータの回転数を制御する回転数制御手段と、を備え、

該ブラシレスモータが無負荷状態の場合において、該回転数制御手段は、該設定回転数が所定回転数を超えている場合又は該被操作量が所定量を超えている場合に該設定回転数又は該被操作量にかかわらず該無通電区間が発生しないよう該ブラシレスモータの回転数の上限を制限することを特徴とする請求項 2 に記載の電動工具。

【請求項 4】

該回転数制御手段は、該設定回転数が該所定回転数を超えていない場合又は該被操作量が所定量を超えていない場合には、該設定回転数又は該被操作量が大きくなるに従い該ブラシレスモータの回転数を高くすることを特徴とする請求項 3 に記載の電動工具。

10

【請求項 5】

該回転数制御手段は、該ブラシレスモータが該無負荷状態でない場合、該設定回転数又は該被操作量に応じて該ブラシレスモータの回転数を制御することを特徴とする請求項 3 又は 4 に記載の電動工具。

【請求項 6】

該ブラシレスモータが無負荷状態であるか否かを判別する無負荷判別手段を備え、

該回転数制御手段は、該無負荷状態である場合、該設定回転数又は該被操作量にかかわらず該ブラシレスモータが該所定回転数以下で回転するように該ブラシレスモータを制御することを特徴とする請求項 3 ～ 5 のいずれか 1 項に記載の電動工具。

【請求項 7】

20

該回転数制御手段は、該無負荷状態であり、且つ、該設定回転数が該所定回転数を超えている場合又は該被操作量が該所定量を超えている場合、該所定回転数で該ブラシレスモータが回転するように該ブラシレスモータを制御することを特徴とする請求項 6 に記載の電動工具。

【請求項 8】

該無負荷判別手段は、該ブラシレスモータに流れる電流に基づいて該ブラシレスモータが該無負荷状態であるか否かを判別することを特徴とする請求項 6 に記載の電動工具。

【請求項 9】

該平滑コンデンサは、該ブラシレスモータが該所定回転数超で回転した場合又は該被操作量が該所定量を超える場合は該変動直流電圧の最小値が該ブラシレスモータに発生する誘起電圧以下となり且つ該ブラシレスモータが該所定回転数以下で回転している場合は該最小値が該誘起電圧よりも高くなるように該整流電圧を平滑することを特徴とする請求項 3 又は 4 に記載の電動工具。

30

【請求項 10】

該平滑コンデンサの容量は、 $180\mu\text{F}$ 以下であることを特徴とする請求項 2 又は 9 に記載の電動工具。

【請求項 11】

ブラシレスモータと、

外部交流電源と接続可能な電源接続部と、

該外部交流電源から出力される交流電圧を整流及び平滑し、該外部交流電源の周波数の 2 倍の周波数で変動する変動直流電圧に変換して出力する変換回路部と、

40

該変換回路部が出力する該変動直流電圧を該ブラシレスモータに印加するインバータ回路部と、を備え、

該ブラシレスモータが無負荷状態である場合には該ブラシレスモータに電流が流れない無通電区間が発生しない回転数で該ブラシレスモータを駆動すると共に、該ブラシレスモータが有負荷状態では該無負荷状態よりも該回転数を上昇させて該ブラシレスモータを駆動するように構成したことを特徴とする電動工具。

【請求項 12】

該ブラシレスモータの回転数を設定するための操作部を備え、

該操作部によって設定された設定回転数又は該操作部の被操作量にかかわらず該ブラシ

50

レスモータに電流が流れない無通電区間が発生しない回転数になるよう該回転数の上限を制限するように構成したことを特徴とする請求項 1 1 に記載の電動工具。

【請求項 1 3】

該操作部によって設定された設定回転数又は該操作部の被操作量に応じて該ブラシレスモータの回転数の上限を制限するように該ブラシレスモータを制御する回転数制御手段を備え、

該回転数制御手段は、該ブラシレスモータが無負荷状態であり、且つ、該設定回転数が所定回転数を超えている場合又は該被操作量が所定量を超えている場合、該設定回転数又は該被操作量にかかわらず該ブラシレスモータの回転数の上限を制限するように又は該所定回転数で該ブラシレスモータが回転するように、該ブラシレスモータを制御することを特徴とする請求項 1 2 に記載の電動工具。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電動工具に関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、モータの回転力（ロータの回転力）で先端工具を回転又は振動させ、当該先端工具の回転又は振動によって研磨、切削、切断等を行う電動工具が広く用いられている。このような電動工具においては、モータの回転数（ロータの回転数）を設定するための変速ダイヤルを備え、ロータの回転数が変速ダイヤルによって設定された回転数に近づくようにモータを制御する電動工具が知られている（特許文献 1）。

20

【0003】

特許文献 1 に記載の電動工具においては、変速ダイヤルの操作位置に応じて無負荷時の回転数が設定される。また、変速ダイヤルは、無負荷時の回転数が最も小さく設定される位置（最小位置）と最も大きく設定される位置（最大位置）との間を操作可能に構成されており、操作位置が最大位置に近づく程、無負荷時の回転数はより大きな値に設定される。

【先行技術文献】

【特許文献】

30

【0004】

【特許文献 1】特開平 2 0 1 4 - 2 3 3 7 9 3 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

電動工具においては、有負荷時すなわち先端工具によって作業が行われている状態においては、多少騒音が発生しても回転数を大きくして作業を効率的に行い、無負荷時すなわち作業を行っていない状態では、騒音を低減することが望まれる。しかしながら、特許文献 1 に記載の電動工具では、操作位置を最大位置付近としている場合、無負荷時においてもロータの回転数が比較的大きな値となり、大きな騒音が発生してしまうという問題があった。

40

【0006】

そこで本発明は、無負荷時の騒音を低減することができる電動工具を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を解決するために本発明は、ブラシレスモータと、外部交流電源と接続可能な電源接続部と、該外部交流電源から出力される交流電圧を整流及び平滑し、該外部交流電源の周波数の 2 倍の周波数で変動する変動直流電圧に変換して出力する変換回路部と、該変換回路部が出力する該変動直流電圧を該ブラシレスモータに印加するインバータ回路部

50

と、該ブラシレスモータの回転数を目標回転数に近づける定回転数制御を行うモータ制御手段と、を備え、該ブラシレスモータが無負荷状態の場合において、該目標回転数は該ブラシレスモータに電流が流れない無通電区間が発生しないように設定されることを特徴とする電動工具を提供している。この構成によると、無負荷状態（無負荷時）の騒音を低減することができる。

【0008】

上記構成において、該ブラシレスモータの回転数を設定するための操作部と、該操作部によって設定された設定回転数又は該操作部の被操作量に応じて該ブラシレスモータの回転数を制御する回転数制御手段と、を備え、該ブラシレスモータが無負荷状態の場合において、該回転数制御手段は、該設定回転数が所定回転数を超えている場合又は該被操作量が所定量を超えている場合に該設定回転数又は該被操作量にかかわらず該無通電区間が発生しないよう該ブラシレスモータの回転数の上限を制限することが好ましい。このような構成によると、無負荷状態である場合にモータの回転数（実回転数）の上限を制限することができる。このため、モータの回転数の上限を大きな騒音が発生しない回転数に制限することで、無負荷状態（無負荷時）の騒音を低減することができる。

10

【0009】

上記構成において、該回転数制御手段は、該設定回転数が該所定回転数を超えていない場合又は該被操作量が所定量を超えていない場合には、該設定回転数又は該被操作量が大きくなるに従い該ブラシレスモータの回転数を高くすることが好ましい。

20

【0010】

このような構成によると、騒音の影響を受け難くすることができる。

【0011】

また、該回転数制御手段は、該ブラシレスモータが該無負荷状態でない場合、該設定回転数又は該被操作量に応じて該ブラシレスモータの回転数を制御することが好ましい。

【0012】

このような構成によると、無負荷状態でない場合（有負荷時）において、作業効率を向上させることができる。

【0013】

また、該ブラシレスモータが無負荷状態であるか否かを判別する無負荷判別手段を備え、該回転数制御手段は、該無負荷状態である場合、該設定回転数又は該被操作量にかかわらず該ブラシレスモータが該所定回転数以下で回転するように該ブラシレスモータを制御することが好ましい。

30

【0014】

このような構成によると、無負荷状態である場合に回転軸の回転数（実回転数）を所定回転数以下に制限することができる。このため、大きな騒音が発生しない回転数を所定回転数として採用することで、無負荷状態（無負荷時）の騒音を低減することができる。

【0015】

また、該回転数制御手段は、該無負荷状態であり、且つ、該設定回転数が該所定回転数を超えている場合又は該被操作量が該所定量を超えている場合、該所定回転数で該ブラシレスモータが回転するように該ブラシレスモータを制御することが好ましい。

40

【0016】

このような構成によると、無負荷状態であり、且つ、設定回転数が所定回転数を超えている場合又は被操作量が該所定量を超えている場合、所定回転数以下の回転数範囲において最大回転数である所定回転数でブラシレスモータが回転するようにブラシレスモータを制御する。このため、無負荷状態から作業を開始して無負荷状態でない状態（有負荷状態）となった場合にブラシレスモータの回転数を短時間で設定回転数まで上昇させることができ、作業効率を向上させることができる。

【0017】

また、該無負荷判別手段は、該ブラシレスモータに流れる電流に基づいて該ブラシレスモータが該無負荷状態であるか否かを判別することが好ましい。

50

【 0 0 1 8 】

このような構成によると、簡易な構成で確実に無負荷状態であるか否かを判断できる。

【 0 0 1 9 】

また、該変換回路部は、該交流電圧を整流し整流後の整流電圧を出力する整流回路と、該整流電圧が変動するように平滑する平滑コンデンサと、を有することが好ましい。また、該平滑コンデンサは、該ブラシレスモータが該所定回転数超で回転した場合又は該被操作量が該所定量を超える場合は該変動直流電圧の最小値が該ブラシレスモータに発生する誘起電圧以下となり且つ該ブラシレスモータが該所定回転数以下で回転している場合は該最小値が該誘起電圧よりも高くなるように該整流電圧を平滑することが好ましい。

【 0 0 2 0 】

このような構成によると、ブラシレスモータの回転数が所定回転数以下で回転している状態又は被操作量が所定量以下の状態では、無通電期間が発生せず、回転数脈動の変動幅も小さいため、顕著な騒音は発生しない。また、仮に、ブラシレスモータの回転数が所定回転数超となった場合には、無通電期間が生じて回転数脈動が発生し、騒音が顕著となるが、無負荷状態においては、ブラシレスモータの回転数は所定回転数以下に制限されているため、顕著な騒音が発生することを抑制できる。

【 0 0 2 1 】

また、該平滑コンデンサの容量は、 $180\mu\text{F}$ 以下であることが好ましい。

【 0 0 2 2 】

上記課題を解決するために本発明はさらに、モータと、該モータの回転数を設定するための操作部と、該操作部の被操作量に基づいて、該モータの回転数を第1回転数から該第1回転数よりも大きい第2回転数までの範囲において制御する回転数制御手段と、を備える電動工具であって、該モータの該回転数は、該モータが無負荷状態である場合、該被操作量が第1量から該第1量よりも多く第2量よりも少ない第3量まで増加するに従って、該第1回転数から該第1回転数よりも大きく該第2回転数よりも小さい第3回転数まで増加し、該被操作量が該第3量から該第2量まで増加する間、該第3回転数以下に制限されることを特徴とする電動工具を提供している。

【 0 0 2 3 】

このような構成によると、無負荷状態である場合に回転軸の回転数は第3回転数以下に制限される。このため、大きな騒音が発生しない回転数を第3回転数として採用することで、無負荷状態（無負荷時）の騒音を低減することができる。

【 0 0 2 4 】

上記構成において、該モータの該回転数は、該無負荷状態である場合において、該被操作量が該第3量から該第2量まで増加する間、該第3回転数に維持されることが好ましい。

【 0 0 2 5 】

このような構成によると、無負荷状態であり、且つ、被操作量が第2量を超える場合、回転軸の回転数は、第3回転数以下の回転数範囲において最大回転数である第3回転数に維持される。このため、無負荷状態から作業を開始して無負荷状態でない状態（有負荷状態）となった場合に回転軸の回転数を短時間で被操作量に応じた回転数（第3回転数よりも大きい回転数）まで上昇させることができ、作業効率を向上させることができる。

【 0 0 2 6 】

また、該回転数制御手段は、該モータが負荷状態である場合、該操作部によって設定された該設定回転数又は該操作部の被操作量に応じて該モータの回転数を制御することが好ましい。

【 0 0 2 7 】

このような構成によると、有負荷時の作業効率を向上させることができる。

【 0 0 2 8 】

上記課題を解決するために本発明はさらに、ブラシレスモータと、外部交流電源と接続可能な電源接続部と、該外部交流電源から出力される交流電圧を整流及び平滑し、該外部

10

20

30

40

50

交流電源の周波数の２倍の周波数で変動する変動直流電圧に変換して出力する変換回路部と、該変換回路部が出力する該変動直流電圧を該ブラシレスモータに印加するインバータ回路部と、を備え、該ブラシレスモータが無負荷状態である場合には該ブラシレスモータに電流が流れない無通電区間が発生しない回転数で該ブラシレスモータを駆動すると共に、該ブラシレスモータが有負荷状態では該無負荷状態よりも該回転数を上昇させて該ブラシレスモータを駆動するように構成したことを特徴とする電動工具を提供している。

上記課題を解決するために本発明はさらに、ブラシレスモータと、外部交流電源と接続可能な電源接続部と、該外部交流電源から出力される交流電圧を整流及び平滑し、該外部交流電源の周波数の２倍の周波数で変動する変動直流電圧に変換して出力する変換回路部と、該変換回路部が出力する該変動直流電圧を該ブラシレスモータに印加するインバータ回路部と、を備え、該ブラシレスモータが無負荷状態である場合には該ブラシレスモータに電流が流れない無通電区間が発生しない回転数で該ブラシレスモータを駆動可能にすると共に、該ブラシレスモータが有負荷状態では該無負荷状態よりも該回転数を上昇させて該ブラシレスモータを駆動可能に構成したことを特徴とする電動工具を提供している。この構成によると、無負荷状態（無負荷時）の騒音を低減することができる。また、有負荷状態（有負荷時）の作業を効率的に行うことができる。

【００２９】

また、上記構成において、該ブラシレスモータの回転数を設定するための操作部を備え、該操作部によって設定された設定回転数又は該操作部の被操作量にかかわらず該ブラシレスモータに電流が流れない無通電区間が発生しない回転数になるよう該回転数の上限を制限するように構成することが好ましい。このような構成によると、無負荷状態である場合にモータの回転数（実回転数）の上限を制限することができる。このため、モータの回転数の上限を大きな騒音が発生しない回転数に制限することで、無負荷状態（無負荷時）の騒音を低減することができる。

【００３０】

上記構成において、該操作部によって設定された設定回転数又は該操作部の被操作量に応じて該ブラシレスモータの回転数の上限を制限するように該ブラシレスモータを制御する回転数制御手段を備え、該回転数制御手段は、該ブラシレスモータが無負荷状態であり、且つ、該設定回転数が所定回転数を超えている場合又は該被操作量が所定量を超えている場合、該設定回転数又は該被操作量にかかわらず該ブラシレスモータの回転数の上限を制限するように又は該所定回転数で該ブラシレスモータが回転するように、該ブラシレスモータを制御することが好ましい。

【００３１】

このような構成によると、無負荷時の騒音を低減することができる。

【発明の効果】

【００３２】

本発明の電動工具によれば、無負荷時の騒音を低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【００３３】

【図１】本発明の実施の形態によるディスクグラインダの全体を示す部分断面側面図である。

【図２】本発明の実施の形態によるディスクグラインダの外観を示す平面図である。

【図３】本発明の実施の形態によるディスクグラインダのユーザ設定回転数とダイヤル設定状態との関係を示すグラフである。

【図４】本発明の実施の形態によるディスクグラインダの電氣的構成を示すブロック図を含む回路図である。

【図５】本発明の実施の形態によるディスクグラインダのユーザ設定回転数及び無負荷状態における目標回転数とダイヤル設定の状態との関係を示すグラフである。

【図６】本発明の実施の形態によるディスクグラインダのピニオンギヤの歯と傘歯車の歯との噛合箇所を模式的に表した図であり、（a）は、ピニオンギヤの歯の下流面が傘歯車

10

20

30

40

50

の歯の上流面に当接している状態を示し、(b)は、ピニオンギヤの歯の上流面が傘歯車の歯の下流面に当接している状態を示している。

【図7】本発明の実施の形態によるディスクグラインダの回転軸の実回転数、変動直流電圧、モータ電流、ギヤ衝突音の変化を示すタイムチャートであり、無負荷状態で仮に目標回転数を32400rpm(ダイヤル設定「6」)とした場合を示している。

【図8】本発明の実施の形態によるディスクグラインダの回転軸の実回転数、変動直流電圧、モータ電流、ギヤ衝突音の変化を示すタイムチャートであり、無負荷状態で目標回転数を22680rpm(ダイヤル設定「4」)とした場合を示している。

【図9】本発明の実施の形態によるディスクグラインダの制御回路部によるモータの駆動制御を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0034】

以下、本発明の実施の形態について添付図面を参照しながら説明する。なお、以下の説明において、具体的な数値に言及した場合、例えば、角度について「90°」のように言及した場合、当該数値と完全に一致する場合だけでなく、当該数値と略同一である場合も含むものとする。また、位置関係等に言及した場合、例えば、平行、直交、反対等のように言及した場合、完全に平行、直交、反対等である場合だけでなく、略平行、略直交、略反対等である場合を含むものとする。

【0035】

図1は、本発明の実施の形態による電動工具の一例であるディスクグラインダ1の全体を示す部分断面側面図である。図1に示されているように、ディスクグラインダ1は、ハウジング2、モータ3、動力伝達機構4、砥石T(先端工具)を着脱可能に保持する出力軸部5、インバータ回路62、制御回路部72(図4)、及び、交流電源に接続可能な電源コード8を備えている。ディスクグラインダ1は、出力軸部5に保持された状態で回転する砥石Tを用いて研磨、研削等の作業を行う携帯用電動工具である。なお、図1において、矢印で示された「前」を前方向、「後」を後方向、「上」を上方向、「下」を下方向と定義する。さらに、ディスクグラインダ1を後方から見た場合の左を左方向、右を右方向と定義する。

【0036】

ハウジング2は、ディスクグラインダ1の外郭をなす部分であり、モータハウジング21と、モータハウジング21の前方に設けられたギヤハウジング22と、モータハウジング21の後方に設けられたリアハウジング23とを備えている。本実施の形態においては、ハウジング2は前後方向に並んだ3つの部分により構成されているが、これに限られない。例えば、モータハウジング21とリアハウジング23とを一体に構成しても良い、その他の分割形状でも良い。

【0037】

モータハウジング21は、樹脂製又は金属製であり、外郭部21A及び軸受ホルダ部21Bを有しており、モータ3を収容している。また、図2に示されているように、モータハウジング21の左側面には駆動スイッチ21Dが設けられている。図2は、ディスクグラインダ1の外観を示す平面図である。

【0038】

図1に戻り、外郭部21Aは、ディスクグラインダ1が使用される際にユーザによって把持される部分であり、前後方向に延びる略円筒形状をなしている。軸受ホルダ部21Bは、外郭部21A内部の後端部に設けられており、ボールベアリング21Cの外輪を支持する前後方向に延びる円筒部分及び当該円筒部分の周面と外郭部21Aとを接続する複数の支柱を有している。複数の支柱は、当該円筒部分の周面から当該円筒部分の径方向外方に延出しており、当該円筒部分の周面において周方向に所定間隔で配置されている。また、互いに隣合う2本の支柱の間には、隙間が形成されており、当該隙間によって、モータハウジング21の内部空間とリアハウジング23の内部空間とが連通している。

【0039】

モータ 3 は、回転軸 3 1 と、ロータ 3 2 と、ステータ 3 3 とを有している。回転軸 3 1 は、前後方向に延びる軸であって、ボールベアリング 2 1 C とギヤハウジング 2 2 の後部に設けられたボールベアリング 2 2 A とによって回転可能に支持されている。また、回転軸 3 1 の前部には、冷却ファン 3 1 A が設けられている。また、回転軸 3 1 の後端部には、回転軸 3 1 (ロータ 3 2) の回転位置の検出のためのセンサ磁石 3 1 B が取付けられている。センサ磁石 3 1 B は、薄い円柱形状をなす永久磁石であり、回転軸 3 1 の周方向において 90 度間隔で N 極、S 極、N 極、S 極の順に形成されるように配置されている。

【0040】

冷却ファン 3 1 A は、例えば、プラスチック製の遠心ファンであり、回転軸 3 1 と一体に回転し、ハウジング 2 内に冷却風を発生させる。冷却ファン 3 1 A の回転によって発生した冷却風は、リアハウジング 2 3 の後部に形成された複数の吸気口 2 3 a からリアハウジング 2 3 内に流入し、電源変換回路 6 1、インバータ回路 6 2 等の回路を冷却した後、軸受ホルダ部 2 1 B の複数の支柱の間の隙間を通過してモータハウジング 2 1 内に流入する。モータハウジング 2 1 内に流入した冷却風は、モータ 3 を冷却した後、モータハウジング 2 1 の前端部側面に形成された図示せぬ排気孔から排出される。

【0041】

ロータ 3 2 は、円環上の薄い鉄板を前後方向に多数枚積層して形成された回転子であり、複数の永久磁石 3 2 A を有している。また、ロータ 3 2 は、回転軸 3 1 に固定されており、回転軸 3 1 と一体回転するように構成されている。ステータ 3 3 は、円環状の薄い鉄板の積層構造を有する固定子であり、ステータ巻線 3 3 A を有している。ステータ巻線 3 3 A は、ステータ 3 3 の内周部に形成された図示せぬティースに巻回されている。なお、モータ 3 の電氣的構成については、後述する。

【0042】

図 2 に示されているように、駆動スイッチ 2 1 D は、モータ 3 の駆動をオン/オフするためのスイッチである。駆動スイッチ 2 1 D は、オフ位置 (図 2 に示されている位置) とオン位置 (オフ位置から所定距離後方に移動した位置) との間をスライド可能に構成されている。駆動スイッチ 2 1 D は、制御回路部 7 2 (図 4) と接続されており、オン位置である場合、モータ 3 を駆動させるための始動信号を制御回路部 7 2 に出力する。

【0043】

図 1 に戻り、ギヤハウジング 2 2 は、例えば、アルミニウム等の金属の一体成形によって製造されており、動力伝達機構 4 を収容するとともに出力軸部 5 を回転可能に支持している。

【0044】

動力伝達機構 4 は、回転軸 3 1 の回転を減速して出力軸部 5 に伝達する機構であり、互いに噛合するピニオンギヤ 4 1 と傘歯車 4 2 とを有している。ピニオンギヤ 4 1 は、回転軸 3 1 の前端に固定され、回転軸 3 1 と同軸一体回転するように構成されている。傘歯車 4 2 は、ピニオンギヤ 4 1 の回転軸心と略直交する方向 (上下方向) に延びる軸心を中心に回転するように構成されている。

【0045】

出力軸部 5 は、軸部 5 A と、砥石 T を着脱可能に保持する取付ベース 5 B 及びワッシャナット 5 C とを有している。軸部 5 A は、動力伝達機構 4 の傘歯車 4 2 に固定された上下方向に延びる軸であり、傘歯車 4 2 と同軸一体回転するように構成されている。軸部 5 A は、その上端部においてメタル 2 2 B を介して、上下方向略中央においてボールベアリング 2 2 C を介してギヤハウジング 2 2 に回転可能に支持されている。

【0046】

取付ベース 5 B は、軸部 5 A の下端部に設けられており、底面視において略円形状をなす円板部と当該円板部の底面視中央から下方に延出するネジ部とを有している。ワッシャナット 5 C は、取付ベース 5 B のネジ部に螺合可能に構成されている。砥石 T の出力軸部 5 への固定は、砥石 T の平面視中央に形成された貫通孔に取付ベース 5 B のネジ部を挿通させ、砥石 T の上面を取付ベース 5 B の円板部の底面に当接させた状態で、取付ベース 5

10

20

30

40

50

Bのネジ部にワッシャナット5Cを螺合することにより行う。また、砥石Tの出力軸部5からの取外しは、取付ベース5Bのネジ部とワッシャナット5Cとの螺合を解除することにより行う。

【0047】

砥石Tは、例えば、平面視略円形状の直径100mmのレジノイドフレキシブルトイシ、フレキシブルトイシ、レジノイドトイシ、サンディングディスク等であり、用いる砥粒の種類を選択により金属、合成樹脂、大理石、コンクリートなどの表面研磨、曲面研磨が可能である。砥石Tの後方側の径方向外方は、砥石Tが出力軸部5に固定された状態で、ギヤハウジング22の下端部後部に設けられたホイールガード22Dに覆われる。なお、本実施の形態においては、出力軸部5に砥石Tを取付けたが、これに限られない。例えば、ベベルワイヤブラシ、不織布ブラシ、ダイヤモンドホイール等のその他の先端工具も出力軸部5に取り付け可能である。

10

【0048】

リアハウジング23は、樹脂製であり、前後方向に延びる略円筒形状をなしている。リアハウジング23の内部には、基板収容ケース23A、センサ基板23B、第1基板6及び第2基板7が配置されている。また、リアハウジング23の後端部からは電源コード8が後方に延出している。さらに、図2に示されているように、リアハウジング23の後端部において電源コード8の左側には変速ダイヤル部9が設けられている。

【0049】

図1に戻り、基板収容ケース23Aは、下方が開口した箱形状をなしており、センサ基板23B、第1基板6及び第2基板7を収容している。センサ基板23B、第1基板6及び第2基板7のそれぞれは、基板収容ケース23Aの内部に収容された状態で、硬化性樹脂によってその全体が覆われている。

20

【0050】

センサ基板23Bは、後面視において半円形状をなす基板であって、基板収容ケース23Aの前側の壁の後面においてセンサ磁石31Bの近傍に設けられている。センサ基板23Bには、センサ磁石31Bの位置すなわち回転軸31(ロータ32)の回転位置(回転角度)を検出するための3個のホールIC23C、23D、23Eが実装されている。3つのホールIC23C、23D、23Eは、後面視において、回転軸31の周方向(回転方向)に所定角度の間隔で配置されている。本実施の形態においては、60°間隔で配置されている。また、3個のホールIC23C、23D、23Eは、回転するセンサ磁石31Bの磁界の変化に応じて、すなわち、回転軸31の回転位置に応じてハイ信号又はロー信号を制御回路部72に出力する。

30

【0051】

第1基板6は、平板形状の回路基板であって、上下方向に直交する仮想平面と略平行に配置されている。第1基板6には、整流回路61A及び平滑コンデンサ61Bを含む電源変換回路61と、6個のスイッチング素子62A~62Fを有するインバータ回路62とが実装されている。6個のスイッチング素子62A~62F、整流回路61A及び平滑コンデンサ61Bのそれぞれは、第1基板6から下方に延びるように設けられている。本実施の形態において、スイッチング素子62A~62Fは、例えば、大容量のFET(電解効果トランジスタ)又はIGBT(絶縁ゲートバイポーラトランジスタ)のような出力用トランジスタである。

40

【0052】

第2基板7は、平板形状の回路基板であって、第1基板6の上方において第1基板6と略平行に配置されている。第2基板7には、制御用電源回路部71及び制御回路部72(図4)が実装されている。なお、第1基板6及び第2基板7に実装された各回路の電氣的構成については、後述する。

【0053】

電源コード8は、図示せぬ先端接続部とケーブル部81とを有している。先端接続部は、交流電源(例えば、図4に示されている商用交流電源P)に接続可能な第1接続端子8

50

A 及び第 2 接続端子 8 B (図 4) を備えている。ケーブル部 8 1 は、第 1 接続端子 8 A 及び第 2 接続端子 8 B と電源変換回路 6 1 とを接続する配線を有している。第 1 接続端子 8 A 及び第 2 接続端子 8 B は、本発明における「電源接続部」の一例である。また、商用交流電源 P は、本発明における「外部交流電源」の一例である。

【 0 0 5 4 】

図 2 に示されているように、変速ダイヤル部 9 は、ユーザが回転軸 3 1 (ロータ 3 2) の回転数を設定するための手動操作可能な操作部であり、ダイヤル 9 A と、図示せぬ可変抵抗と、図示せぬ分圧抵抗とを含んで構成されている。変速ダイヤル部 9 は、本発明における「操作部」の一例である。

【 0 0 5 5 】

ダイヤル 9 A は、円板形状の手動操作可能なダイヤルであり、左右方向に延びる軸心を中心として回転可能にリアハウジング 2 3 に支持されている。ダイヤル 9 A の周面には、「 1 」～「 6 」までの数字がその順で等間隔に刻印されている。ダイヤル 9 A は、刻印「 1 」が左側面視において 3 時の方向に位置する状態 (ダイヤル設定「 1 」の状態) から左側面視で時計回りに略 2 0 0 ° 回転可能に構成されている。ダイヤル 9 A をダイヤル設定「 1 」の状態から左側面視で時計回りに略 4 0 ° 回転させると、刻印「 2 」が左側面視において 3 時の方向に位置するダイヤル設定「 2 」の状態となる。同様に、略 8 0 ° でダイヤル設定「 3 」、略 1 2 0 ° でダイヤル設定「 4 」、略 1 6 0 ° でダイヤル設定「 5 」、略 2 0 0 ° でダイヤル設定「 6 」の状態となる。ダイヤル 9 A のダイヤル設定「 1 」の状態からの回転角度は、本発明における「被操作量」の一例である。また、回転角度 0 ° は本発明における「第 1 量」の一例、回転角度 2 0 0 ° は、本発明における「第 2 量」の一例、回転角度 1 2 0 ° は、本発明における「第 3 量」及び「所定量」の一例である。

【 0 0 5 6 】

変速ダイヤル部 9 が備える可変抵抗は、ダイヤル設定「 1 」の状態を基準としたダイヤル 9 A の回転角度 (被操作量) の変化に伴って、その抵抗値が変化するように構成されており、後述の基準電圧 V C C と図示せぬ G N D との間に分圧抵抗と直列に接続されている。基準電圧 V C C は、可変抵抗及び分圧抵抗によって分圧され、当該分圧電圧は、ユーザによって設定された回転数であるユーザ設定回転数を示すユーザ設定信号として制御回路部 7 2 に出力される。ユーザ設定回転数は、本発明における「設定回転数」の一例である。

【 0 0 5 7 】

ここで図 3 を参照しながら、変速ダイヤル部 9 によって設定されるユーザ設定回転数の具体的な数値について説明する。図 3 は、ユーザ設定回転数とダイヤル設定状態との関係を示すグラフである。なお、図 3 中の実線 R は、ダイヤル設定状態に応じたユーザ設定回転数を示している。

【 0 0 5 8 】

図 3 に示されているように、本実施の形態において、回転軸 3 1 の回転数は、9 1 5 6 r p m ~ 3 2 4 0 0 r p m の範囲内において設定可能である。ユーザによって設定されたユーザ設定回転数は、ダイヤル 9 A がダイヤル設定「 1 」の状態から「 6 」の状態まで回転するに従って直線的に増加し、ダイヤル 9 A がダイヤル設定「 1 」の状態で最も小さい 9 1 5 6 r p m に設定され、ダイヤル設定「 6 」の状態で最も大きい 3 2 4 0 0 r p m に設定される。また、ダイヤル設定「 1 」及び「 6 」以外では、例えば、ダイヤル設定「 4 」の状態ではユーザ設定回転数は、2 2 6 8 0 r p m に設定される。9 1 5 6 r p m は、本発明における「第 1 回転数」の一例である。また、3 2 4 0 0 r p m は、本発明における「第 2 回転数」の一例である。

【 0 0 5 9 】

次に、図 4 を参照しながらディスクグライнда 1 の電氣的構成、すなわち、モータ 3、第 1 基板 6 に実装されている電源変換回路 6 1 及びインバータ回路 6 2、第 2 基板 7 に実装されている制御用電源回路部 7 1 及び制御回路部 7 2 について説明する。図 4 は、ディスクグライнда 1 の電氣的構成を示すブロック図を含む回路図である。

【 0 0 6 0 】

図 4 に示されているように、モータ 3 は、3 相ブラシレスモータであり、ロータ 3 2 は、N 極及び S 極を 1 組とした永久磁石 3 2 A を 2 組備えている。また、ステータ 3 3 のステータ巻線 3 3 A は、スター結線された 3 相のコイル U、V、W を有し、コイル U、V、W はそれぞれインバータ回路 6 2 に接続されている。

【 0 0 6 1 】

電源変換回路 6 1 は、商用交流電源 P から出力される交流電圧を変動する直流電圧（変動直流電圧）に変換して出力する回路であり、整流回路 6 1 A 及び平滑コンデンサ 6 1 B を有している。整流回路 6 1 A は、第 1 接続端子 8 A 及び第 2 接続端子 8 B に接続されており、商用交流電源 P から出力される交流電圧を全波整流する、すなわち、当該交流電圧を全波整流波形を有する直流電圧に変換して出力する回路である。平滑コンデンサ 6 1 B は、整流回路 6 1 A から出力された全波整流波形の直流電圧を平滑する電解コンデンサである。なお、本実施の形態における平滑コンデンサ 6 1 B は、小容量（180 μ F 程度）であるため、整流回路 6 1 A から出力された全波整流波形の直流電圧は完全には平滑されず、電源変換回路 6 1 から出力される電圧は、商用交流電源 P の周波数の 2 倍の周波数で変動する直流電圧（変動直流電圧）となる。電源変換回路 6 1 は、本発明における「変換回路部」の一例である。また、整流回路 6 1 A が出力する全波整流波形を有する直流電圧は、本発明における「整流電圧」の一例である。

【 0 0 6 2 】

インバータ回路 6 2 は、電源変換回路 6 1 が出力する変動直流電圧をモータ 3 に印加する回路であり、第 1 接続端子 8 A 及び第 2 接続端子 8 B とモータ 3 との間に接続されている。インバータ回路 6 2 の 6 個のスイッチング素子 6 2 A ~ 6 2 F は、3 相ブリッジ形式に接続されており、各ゲートは制御回路部 7 2 に接続され、各ドレイン又は各ソースは、モータ 3 のコイル U、V、W に接続されている。6 個のスイッチング素子 6 2 A ~ 6 2 F は、制御回路部 7 2 から出力される駆動信号（ゲート信号）に基づいて、ロータ 3 2 を所定の回転方向に回転させるための回転磁界を発生させるスイッチング動作を行う。インバータ回路 6 2 は、本発明の「インバータ回路部」の一例である。

【 0 0 6 3 】

制御用電源回路部 7 1 は、制御回路部 7 2 及びその他の回路の電源となる基準電圧 V C C を生成する回路部であり、電源変換回路 6 1 が出力する変動直流電圧を定電圧化する I P D 回路 7 1 A、I P D 回路 7 1 A によって定電圧化された電圧を基準電圧 V C C（本実施の形態においては、5 V）に変換するレギュレータ 7 1 B 及びサージ吸収用のコンデンサ等を含んで構成されている。

【 0 0 6 4 】

制御回路部 7 2 は、モータ 3 の駆動制御に用いる駆動制御プログラム、各種データに基づいて演算を行う中央処理装置（C P U）と、駆動制御プログラム、ユーザ設定回転数とユーザ設定信号との対応を示す設定テーブル、各種データ、各種閾値等を記憶するための R O M と、データを一時記憶するための R A M と、時間を計測する計時部と、6 個のスイッチング素子 6 2 A ~ 6 2 F のゲートに駆動信号を増幅して出力する信号出力部とを備えており、当該駆動制御プログラムに従ったモータ 3 の駆動制御を行う。

【 0 0 6 5 】

制御回路部 7 2 はモータ 3 の駆動制御において、モータ 3 に流れる電流すなわちモータ電流の検出、回転軸 3 1 の回転位置及び回転数（実回転数）の検出、及び、ユーザ設定回転数の検出を行う。なお、本実施の形態においては、回転軸 3 1 の回転位置及び実回転数は、ロータ 3 2 の回転位置及び実回転数とそれぞれ一致する。

【 0 0 6 6 】

モータ電流の検出は、電源変換回路 6 1 とインバータ回路 6 2 との間に設けられたシャント抵抗 6 A の電圧降下値を読み取り、当該電圧降下値から算出することで行われる。回転軸 3 1 の回転位置の検出は、3 個のホール I C 2 3 C、2 3 D、2 3 E から出力されるハイ信号又はロー信号に基づいて算出することで行われる。回転軸 3 1 の実回転数の検出は

10

20

30

40

50

、検出した回転軸 31 の回転位置から算出することで行われる。ユーザ設定回転数の検出は、変速ダイヤル部 9 から出力されるユーザ設定信号の値を読み取り、設定テーブルを参照することで行われる。

【0067】

また、制御回路部 72 は、検出した回転軸 31 の回転位置に基づいて、スイッチング素子 62A ~ 62F のうちの導通させるスイッチング素子を順次切換えるための駆動信号を形成し、信号出力部から駆動信号を増幅してスイッチング素子 62A ~ 62F のそれぞれのゲートに出力する。これにより、モータ 3 のコイル U、V、W のうちの所定のコイルに順次通電して回転磁界を発生させ、ロータ 32 を所定の回転方向に回転させる。この場合、インバータ回路 62 の負電源側ライン（第 2 接続端子 8B 側ライン、マイナスライン）に接続されているスイッチング素子 62D ~ 62F を駆動する（導通させる）ための駆動信号は、パルス幅変調信号（PWM 信号）として出力される。なお、PWM 信号は、デューティ比を変更可能な信号である。

10

【0068】

さらに、制御回路部 72 は、目標回転数を決定し、回転軸 31 の実回転数が目標回転数となるように、モータ 3 を制御する、すなわち、定回転数制御を行う。より詳細には、目標回転数と検出された回転軸 31 の実回転数とを比較し、当該比較結果に応じてスイッチング素子 62D ~ 62F に出力する PWM 信号のデューティ比を変更することで、回転軸 31 の実回転数を目標回転数に近づけるフィードバック制御を行う。制御回路部 72 は、本発明における「回転数制御手段」及び「モータ制御手段」の一例である。

20

【0069】

次に、制御回路部 72 による駆動制御プログラムに従ったモータ 3 の駆動制御について説明する。制御回路部 72 による駆動制御においては、無負荷状態（作業を行っていない状態）における騒音低減及び有負荷状態における作業効率の維持が図られる。

【0070】

モータ 3 が無負荷状態である場合の制御について図 5 を参照しながら説明する。図 5 は、ユーザ設定回転数及び無負荷状態における目標回転数とダイヤル設定状態との関係を示すグラフである。なお、図 5 中の破線 R は、ダイヤル設定状態に応じたユーザ設定回転数を示し、実線 S は、ダイヤル設定状態に応じた目標回転数を示している。

【0071】

図 5 に示されているように、無負荷状態においては、回転軸 31 の実回転数が所定回転数 N_t （本実施の形態においては、 22680 rpm ）を超えると顕著な騒音が発生することに鑑みて、変速ダイヤル部 9 によって設定されたユーザ設定回転数が所定回転数 N_t を超えている場合、ユーザ設定回転数にかかわらず目標回転数を所定回転数 N_t 以下の値とし、回転軸 31 の実回転数が所定回転数 N_t 以下となるように制御する（所定回転数 N_t 以下に制限する、すなわち、実回転数の上限を制限する）。これにより、無負荷状態において顕著な騒音が発生することを抑制する。なお、本実施の形態においては、ダイヤル設定「4」を超えている場合、ユーザ設定回転数が所定回転数 N_t を超えるため、目標回転数を所定回転数 N_t とし、無負荷状態における回転軸 31 の実回転数が所定回転数 N_t となるようにモータ 3 を制御する。なお、本実施の形態においては、無負荷状態において変速ダイヤル部 9 によって設定されたユーザ設定回転数が所定回転数 N_t を超えている場合、目標回転数を所定回転数 N_t としたが、所定回転数 N_t 以下であればよく、これに限られない。所定回転数 N_t は、本発明における「第 3 回転数」の一例である。

30

40

【0072】

他方、無負荷状態において、ユーザ設定回転数が所定回転数 N_t 以下（本実施の形態においては、ダイヤル設定「4」以下）に設定されている場合は、顕著な騒音は発生しないため、ユーザ設定回転数を目標回転数とし、回転軸 31 の実回転数が目標回転数となるように、言い換えれば、設定されたユーザ設定回転数になるようにモータ 3 を制御する。

【0073】

次に、モータ 3 が有負荷状態である場合の制御について説明する。有負荷状態において

50

は、騒音低減よりも作業効率を優先させるため、回転軸 3 1 の実回転数の制限は行わず、回転軸 3 1 の実回転数がユーザによって設定されたユーザ設定回転数になるようにモータ 3 が制御される。すなわち、図 3 に示されているユーザ設定回転数をそのまま目標回転数とする。

【0074】

ここで、回転軸 3 1 の回転数とモータ 3 の駆動中の騒音との関係について説明する。一般に、電動工具のモータの駆動中における騒音は、回転軸の回転数が大きくなるに従って大きくなる。特に、本実施の形態によるディスクグラインダ 1 のように、商用交流電源から出力される交流電圧を変動直流電圧に変換し、当該変動直流電圧をモータのコイルに印加する構成においては、回転軸の実回転数がある値を超えると騒音がより顕著となる。これは、回転軸の回転に起因してモータのコイルで発生する誘起電圧が変動直流電圧の最小値よりも高くなり、当該コイルに電流が流れない無通電期間と当該コイルに電流が流れる通電期間とが交互に生じることで、変動幅の大きい回転数脈動が発生し、電動工具が備えるギヤ機構において互いに噛合するギヤの歯同士が激しく衝突を繰り返し当該衝突毎に大きな衝突音が発生するからである。

【0075】

本実施の形態においては、回転軸 3 1 の実回転数が所定回転数 N_t を超えた場合、無通電期間が生じて変動幅の大きい回転数脈動が発生し、ピニオンギヤ 4 1 と傘歯車 4 2 との噛合箇所で大な衝突音が発生する。このため、無負荷状態において回転軸 3 1 の実回転数を制限するための閾値として所定回転数 N_t を用いている。

【0076】

ここで、本実施の形態において回転数脈動が発生した場合のピニオンギヤ 4 1 及び傘歯車 4 2 の歯同士の衝突について、図 6 を参照しながら説明する。図 6 は、本実施の形態におけるピニオンギヤ 4 1 の歯と傘歯車 4 2 の歯との噛合箇所を模式的に表した図であり、(a) は、ピニオンギヤ 4 1 の歯の下流面 4 1 A が傘歯車 4 2 の歯の上流面 4 2 B に当接している状態を示し、(b) は、ピニオンギヤ 4 1 の歯の上流面 4 1 B が傘歯車 4 2 の歯の下流面 4 2 A に当接している状態を示している。なお、図 6 に示されている矢印 C 1 は、ピニオンギヤ 4 1 の回転方向を示し、矢印 C 2 は、傘歯車 4 2 の回転方向を示している。

【0077】

回転数脈動が発生すると、回転軸 3 1 が減速及び加速を繰り返すため、回転軸 3 1 に固定されているピニオンギヤ 4 1 も減速及び加速を繰り返す。ピニオンギヤ 4 1 の歯の下流面 4 1 A が傘歯車 4 2 の歯の上流面 4 1 B に当接している状態(図 6 (a) に示されている状態、例えば、回転軸 3 1 の実回転数が回転数脈動の変動幅において最大回転数となった瞬間)からピニオンギヤ 4 1 が減速すると、ピニオンギヤ 4 1 が減速する直前の回転速度と同一の回転速度を維持する傘歯車 4 2 に対してピニオンギヤ 4 1 の回転速度は略減速した分だけ遅くなる。これは、傘歯車 4 2 と砥石 T を保持した出力軸部 5 とが一体となって回転する構成であり、その一体となった回転体のイナーシャが大きいいため、僅かな時間であればピニオンギヤ 4 1 によって回転駆動されていなくても傘歯車 4 2 は、回転速度を維持することができるためである。

【0078】

ピニオンギヤ 4 1 の回転速度が傘歯車 4 2 の回転速度に対して遅くなると、ピニオンギヤ 4 1 の歯の下流面 4 1 A と傘歯車 4 2 の歯の上流面 4 2 B とが離間し、ピニオンギヤ 4 1 の歯の上流面 4 1 B が傘歯車 4 2 の歯の下流面 4 2 A に衝突する(図 6 (b) に示されている状態)。この衝突の瞬間に衝突音が発生する。当該衝突音の大きさは、ピニオンギヤ 4 1 の減速の程度、すなわち、減速率(回転数の下降率、下降の傾き)に依存し、減速の程度が大きい程衝突音も大きくなる。

【0079】

さらに、上述の衝突後、ピニオンギヤ 4 1 の歯の上流面 4 1 B が傘歯車 4 2 の歯の下流面 4 2 A に当接している状態(図 6 (b) に示されている状態)からピニオンギヤ 4 1 が加速すると、ピニオンギヤ 4 1 の回転速度は傘歯車 4 2 の回転速度に対して略加速した分

だけ速くなり、ピニオンギヤ 4 1 の歯の上流面 4 1 B と傘歯車 4 2 の歯の下流面 4 2 A とが離間し、ピニオンギヤ 4 1 の歯の下流面 4 1 A が傘歯車 4 2 の歯の上流面 4 2 B に衝突する（図 6（a）に示されている状態）。この衝突の瞬間に再び衝突音が発生する。当該衝突音の大きさは、ピニオンギヤ 4 1 の加速の程度（回転数の上昇率、上昇の傾き）に依存し、加速の程度が大きい程衝突音も大きくなる。この後も上述の衝突を高速で繰り返す。

【0080】

このように、回転軸 3 1 において回転数脈動が発生すると、ピニオンギヤ 4 1 と傘歯車 4 2 とが高速で衝突を繰り返し、当該衝突毎にギヤ衝突音が発生する。また、回転数脈動の変動幅が大きくなる程（減速及び加速の程度が大きくなる程）、ギヤ衝突音が大きくなり、モータ 3 駆動中の騒音が顕著となる。

10

【0081】

ここで、図 7 及び図 8 を参照しながら、本実施の形態における無通電期間が生じる場合及び無通電期間が生じない場合の 2 つの場合に関して、回転数脈動の変動幅とギヤ衝突音に起因する騒音の程度との関係について説明する。図 7 及び図 8 は、回転軸 3 1 の実回転数、変動直流電圧、モータ電流、ギヤ衝突音の変化を示すタイムチャートであり、図 7 は、仮に、無負荷状態で目標回転数を 3 2 4 0 0 r p m（ダイヤル設定「6」）とした場合を示し、図 8 は、無負荷状態で目標回転数を 2 2 6 8 0 r p m（ダイヤル設定「4」）とした場合を示している。なお、図 7 の場合、フィードバック制御に起因して P W M 信号のデューティ比は、8 0 % を中心に僅かに変動し、図 8 の場合、デューティ比は、6 0 % を中心に僅かに変動する。また、図 7 及び図 8 に示されているギヤ衝突音は、その大きさを示すために描かれたにすぎず、その発生タイミングは実際の発生タイミングとは異なる。

20

【0082】

図 7 に示されているように、仮に、無負荷状態で目標回転数を 3 2 4 0 0 r p m（ダイヤル設定「6」）とした場合、インバータ回路 6 2 を介してモータ 3 に印加される変動直流電圧は、6 0 V（最小値）～1 4 1 V（最大値）の間で周期的に変動し、モータ 3 において発生する誘起電圧は、約 1 0 0 V となる。すなわち、誘起電圧は、変動直流電圧の最小値と最大値との間の値となる（最小値が誘起電圧以下となる）。このため、変動直流電圧が誘起電圧以下となりモータ電流が流れない無通電期間 X と、変動直流電圧が誘起電圧超となりモータ電流が流れる通電期間 Y と、が交互に生じる。無通電期間 X においては、モータ電流が流れないため、回転軸 3 1 が減速し回転数が落ち、他方、通電期間 Y においては、最大 1 0 A のモータ電流が流れるため、回転軸 3 1 が加速し回転数が上昇する。すなわち、モータ電流の変動幅が 1 0 A と大きいため、回転軸 3 1 の加速及び減速の程度が大きくなり、その結果、回転軸 3 1 において、3 0 0 0 0 ～3 2 4 0 0 r p m の間を変動する回転数脈動すなわち 2 4 0 0 r p m もの大きな変動幅を有する回転数脈動が発生する。これにより、ピニオンギヤ 4 1 及び傘歯車 4 2 の歯同士の衝突音が大きくなり、顕著な騒音が発生する。

30

【0083】

図 8 に示されているように、無負荷状態で目標回転数を 2 2 6 8 0 r p m（ダイヤル設定「4」）とした場合、モータ 3 に印加される変動直流電圧は、1 0 0 V（最小値）～1 4 1 V（最大値）の間で周期的に変動し、モータ 3 において発生する誘起電圧は、約 8 0 V となる。すなわち、誘起電圧は、変動直流電圧の最小値よりも小さい値となり、変動直流電圧が常に誘起電圧を超えている状態となる。このため、モータ電流が流れない無通電期間が発生せず、モータ電流は 3 ～5 A の間で変動し（変動幅 2 A）、回転軸 3 1 の加速及び減速の程度は、無負荷状態で仮に目標回転数を 3 2 4 0 0 r p m とした場合（図 7）と比較して、大幅に小さい。この結果、回転軸 3 1 において、2 2 0 0 0 ～2 2 6 8 0 r p m の間を変動する回転数脈動すなわち 6 8 0 r p m 程度の小さな変動幅の回転数脈動が発生するのみである。この場合、ピニオンギヤ 4 1 及び傘歯車 4 2 の歯同士の衝突音は小さいものとなり、顕著な騒音は発生しない。なお、変動直流電圧の最小値が図 7 の場合と図 8 の場合とで異なるのは、駆動制御におけるデューティ比が異なりモータ 3 に供給する

40

50

電流が異なることに起因する。より具体的には、デューティ比及びモータ電流は、図 8 の場合よりも図 7 の場合の方が大きく、図 7 の場合の方が電源変換回路 6 1 の平滑コンデンサ 6 1 B の端子間電圧が降下するためである。

【 0 0 8 4 】

次に、図 9 を参照しながら、制御回路部 7 2 によるモータ 3 の駆動制御の具体的な処理について説明する。図 9 は、制御回路部 7 2 による駆動制御を示すフローチャートである。

【 0 0 8 5 】

ディスクグライнда 1 の電源コード 8 を商用交流電源 P に接続すると、制御回路部 7 2 による駆動制御が開始され、S 1 0 1 において、駆動スイッチ 2 1 D がオン位置であるか否かを判断する。当該判断は、駆動スイッチ 2 1 D から始動信号が出力されているか否かで判断する。

10

【 0 0 8 6 】

駆動スイッチ 2 1 D がオン位置でない場合 (S 1 0 1 : N o)、再び、S 1 0 1 で駆動スイッチ 2 1 D がオン位置であるか否かを判断する。すなわち、駆動スイッチ 2 1 D がオン位置となるまで S 1 0 1 の判断を繰り返しながら待機する。

【 0 0 8 7 】

一方、駆動スイッチ 2 1 D がオン位置である場合 (S 1 0 1 : Y e s)、S 1 0 2 でユーザ設定回転数が所定回転数 N t 以下であるか否かを判断する。なお、所定回転数 N t は、予め、制御回路部 7 2 に記憶されている。

20

【 0 0 8 8 】

ユーザ設定回転数が所定回転数 N t 以下である場合 (S 1 0 2 : Y e s)、S 1 0 3 において、目標回転数をユーザ設定回転数とし、S 1 0 4 でモータ 3 の駆動を開始する。例えば、ユーザによってダイヤル設定が「 1 」とされている場合であれば、ユーザ設定回転数は 9 1 5 6 r p m であるため、目標回転数を 9 1 5 6 r p m とし、回転軸 3 1 が 9 1 5 6 r p m で回転するようにモータ 3 の制御 (定回転制御) を開始する。モータ 3 が駆動されると、ロータ 3 2、回転軸 3 1 及びピニオンギヤ 4 1 が一体に回転し、ピニオンギヤ 4 1 の回転により傘歯車 4 2 及び砥石 T を保持している出力軸部 5 が一体に回転し、作業可能な状態となる。

【 0 0 8 9 】

30

モータ 3 の駆動を開始した後は、S 1 0 5 において、駆動スイッチ 2 1 D がオフ位置となっているか否かを判断する。駆動スイッチ 2 1 D がオフ位置でない場合 (S 1 0 5 : N o)、再び、駆動スイッチ 2 1 D がオフ位置となっているか否かを判断する。すなわち、駆動スイッチ 2 1 D がオフ位置となるまで S 1 0 5 の判断を繰り返しながらモータ 3 の駆動を継続する。

【 0 0 9 0 】

駆動スイッチ 2 1 D がオフ位置である場合 (S 1 0 5 : Y e s)、モータ 3 の駆動を停止し、S 1 0 1 に戻り、再び、駆動スイッチ 2 1 D がオン位置となるまで待機する。

【 0 0 9 1 】

S 1 0 2 に戻り、ユーザ設定回転数が所定回転数 N t 以下でない場合 (S 1 0 2 : N o)、S 1 0 7 において目標回転数を所定回転数 N t とし、S 1 0 8 でモータ 3 の駆動を開始する。例えば、ユーザによってダイヤル設定が「 6 」とされている場合であれば、ユーザ設定回転数は 3 2 4 0 0 r p m であるが、これにかかわらず目標回転数を所定回転数 N t とし、回転軸 3 1 が所定回転数 N t で回転するようにモータ 3 の制御 (定回転制御) を開始する。

40

【 0 0 9 2 】

モータ 3 の駆動を開始した後は、S 1 0 9 で、駆動スイッチ 2 1 D がオフ位置となっているか否かを判断する。駆動スイッチ 2 1 D がオフ位置である場合 (S 1 0 9 : Y e s)、S 1 0 6 でモータ 3 を停止し、S 1 0 1 に戻り、再び、駆動スイッチ 2 1 D がオン位置となるまで待機する。

50

【 0 0 9 3 】

駆動スイッチ 2 1 D がオフ位置でない場合 (S 1 0 9 : N o)、S 1 1 0 においてモータ電流 (I) を検出し、S 1 1 1 でモータ電流 (I) が電流閾値 I_t 以下であるか否かを判断する。当該判断は、モータ 3 が無負荷状態であるか有負荷状態であるかを判別するためであり、モータ電流 (I) が電流閾値 I_t 以下である場合、無負荷状態であると判別し、モータ電流 (I) が電流閾値 I_t 以下でない場合、無負荷状態でない (有負荷状態である) と判別する。本実施の形態においては、電流閾値 I_t は、例えば、8 A であるが、これに限られず、無負荷状態であるか有負荷状態であるかを判別可能な値であればよい。なお、電流閾値 I_t は、予め制御回路部 7 2 に記憶されている。制御回路部 7 2 は、本発明における「無負荷判別手段」の一例である。

10

【 0 0 9 4 】

モータ電流 (I) が電流閾値 I_t 以下である場合 (S 1 1 1 : Y e s)、無負荷状態であると判断して目標回転数を所定回転数 N_t に維持した状態で S 1 0 9 に戻る。一方、モータ電流 (I) が電流閾値 I_t 以下でない場合 (S 1 1 1 : N o)、有負荷状態であると判断し、目標回転数を所定回転数 N_t からユーザ設定回転数に変更し、S 1 0 9 に戻る。

【 0 0 9 5 】

すなわち、S 1 0 9 ~ S 1 1 2 までの処理においては、ユーザによって駆動スイッチ 2 1 D がオフ位置とされない限り、無負荷状態となると目標回転数を所定回転数 N_t として回転軸 3 1 が所定回転数 N_t で回転するようにモータ 3 を制御し、有負荷状態となると目標回転数をユーザ設定回転数として回転軸 3 1 がユーザ設定回転数で回転するようにモータ 3 を制御する。例えば、ユーザによってダイヤル設定が「6」とされている場合であれば、無負荷状態から有負荷状態になると回転軸 3 1 の実回転数は所定回転数 N_t 付近から 3 2 4 0 0 r p m 付近まで上昇する。逆に、有負荷状態から無負荷状態になると回転軸 3 1 の実回転数は 3 2 4 0 0 r p m 付近から所定回転数 N_t 付近まで降下する。なお、電源コード 8 と商用交流電源 P とを非接続状態となった場合、制御回路部 7 2 による駆動制御は終了する。

20

【 0 0 9 6 】

上述したように、本発明の実施の形態によるディスクグライнда 1 は、回転軸 3 1 を有するモータ 3 と、回転軸 3 1 の回転数を設定するための手動操作可能な変速ダイヤル部 9 と、を備えており、制御回路部 7 2 は、モータ 3 が無負荷状態であるか否かを判別し、無負荷状態でない場合、変速ダイヤル部 9 によって設定されたユーザ設定回転数で回転軸 3 1 が回転するようにモータ 3 を制御し、無負荷状態である場合、ユーザ設定回転数にかかわらず回転軸 3 1 が所定回転数 N_t 以下で回転するようにモータ 3 を制御するように構成されている。

30

【 0 0 9 7 】

このような構成によると、無負荷状態である場合に回転軸 3 1 の回転数 (実回転数) を所定回転数 N_t 以下に制限することができる。このため、大きな騒音が発生しない回転数を所定回転数 N_t として採用することで、無負荷状態 (無負荷時) の騒音を低減することができる。

【 0 0 9 8 】

また、本実施の形態における制御回路部 7 2 は、無負荷状態であり、且つ、ユーザ設定回転数が所定回転数 N_t を超えている場合、所定回転数 N_t 以下の回転数範囲において最大回転数である所定回転数 N_t で回転軸 3 1 が回転するようにモータ 3 を制御する。このため、無負荷状態から作業を開始して無負荷状態でない状態 (有負荷状態) となった場合に回転軸の回転数を短時間で設定回転数まで上昇させることができ、作業効率を向上させることができる。

40

【 0 0 9 9 】

また、本実施の形態において、制御回路部 7 2 は、モータ電流に基づいてモータ 3 が無負荷状態であるか否かを判別している。これにより、簡易な構成で確実に無負荷状態であるか否かを判断できる。

50

【0100】

また、本実施の形態によるディスクグライнда1は、商用交流電源Pと接続可能な第1接続端子8A及び第2接続端子8Bと、商用交流電源Pが出力する交流電圧を整流平滑することで変動直流電圧に変換して出力する電源変換回路61と、変動直流電圧をモータ3に印加するインバータ回路62とを備えており、電源変換回路61は、当該交流電圧を整流し整流後の整流電圧を出力する整流回路61Aと、回転軸31が所定回転数 N_t 超で回転した場合は変動直流電圧の最小値がモータ3に発生する誘起電圧以下となり且つ回転軸31が該所定回転数 N_t 以下で回転している場合は当該最小値が当該誘起電圧よりも高くなるように当該整流電圧を平滑する平滑コンデンサと、を有している。

【0101】

10

このような構成によると、回転軸31の実回転数が所定回転数 N_t 以下で回転している状態では、無通電期間が発生せず、回転数脈動の変動幅も小さいため、顕著な騒音は発生しない。また、仮に、回転軸31の実回転数が所定回転数 N_t 超となった場合には、無通電期間が生じて回転数脈動が発生し、騒音が顕著となるが、無負荷状態においては、回転軸31の実回転数は所定回転数 N_t 以下に制限されているため、顕著な騒音が発生することを抑制できる。

【0102】

また、ディスクグライнда1においては、変速ダイヤル部9の被操作量すなわちダイヤル9Aのダイヤル設定「1」の状態を基準とした回動角度に基づいて、回転軸31の回転数を9156rpmから32400rpmまでの範囲において制御する制御回路部72を備えており、回転軸31の実回転数は、無負荷状態でない場合、当該回動角度が0°から200°まで増加するに従って、9156rpmから32400rpmまで増加する。また、無負荷状態である場合、回転軸31の実回転数は、当該回動角度が0°から120°まで増加するに従って、9156rpmから所定回転数 N_t まで増加し、120°から200°まで増加する間、所定回転数 N_t 以下に制限される。このため、無負荷状態である場合に回転軸31の実回転数は所定回転数 N_t 以下に制限される。これにより、大きな騒音が発生しない回転数を所定回転数 N_t として採用することで、無負荷状態（無負荷時）の騒音を低減することができる。

20

【0103】

また、本実施の形態においては、回転軸31の実回転数は、無負荷状態である場合において、ダイヤル9Aのダイヤル設定「1」の状態を基準とした回動角度が120°から200°まで増加する間、所定回転数 N_t に維持される。このため、無負荷状態であり、且つ、当該回動角度が120°を超える場合、回転軸31の実回転数は、所定回転数 N_t 以下の回転数範囲において最大回転数である所定回転数 N_t に維持される。これにより、無負荷状態から作業を開始して無負荷状態でない状態（有負荷状態）となった場合に回転軸31の実回転数を短時間で当該回動角度に応じた実回転数（所定回転数 N_t よりも大きい回転数）まで上昇させることができ、作業効率を向上させることができる。

30

【0104】

本発明による電動工具は、上述した実施の形態に限定されず、特許請求の範囲に記載された発明の要旨の範囲内で種々の変更が可能である。例えば、上記の実施の形態においては、ディスクグライнда1を例にとって説明したが、これに限定されず、マルチカッタ、セーバソー、サンダ、ポリッシャ等に適用可能である。

40

【0105】

また、本実施の形態においては、ユーザ設定回転数は変速ダイヤル部9のダイヤル9Aのダイヤル設定「1」の状態からの回動角度（被操作量）で設定したが、これに限られない。例えば、変速ダイヤル部9に替えて押ボタン式スイッチを設けユーザ設定回転数を押ボタン式スイッチの押圧回数で設定する構成としてもよい。この場合、被操作量は、押ボタンの押圧回数となる。さらに、変速ダイヤル部9に替えて液晶タッチパネルを設けユーザ設定回転数をタッチ回数で設定する構成としてもよい。この場合、被操作量は、タッチ回数となる。

50

【 0 1 0 6 】

また、本実施の形態においては、モータ 3 は、ブラシレスモータであったが、ブラシ付モータであってもよい。この場合、上述したピニオンギヤ 4 1 及び傘歯車 4 2 の歯同士の衝突音に起因する顕著な騒音は発生しないが、上述した無負荷状態における回転軸 3 1 の実回転数を制限する制御を行うことにより、無負荷状態における騒音を低減することができる。

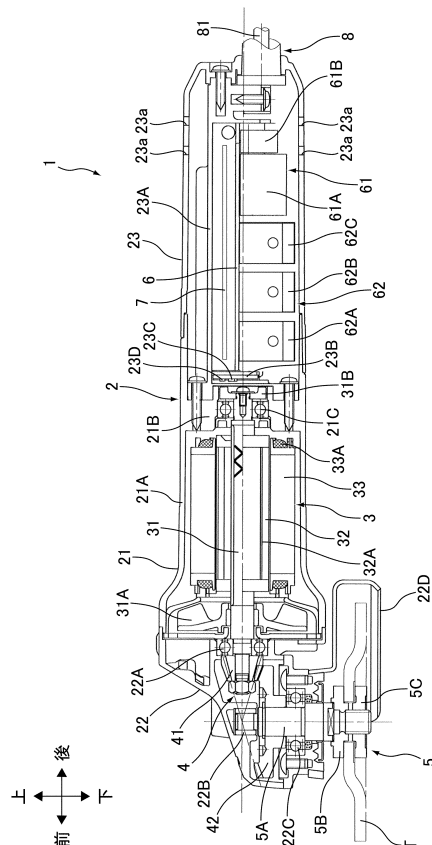
【符号の説明】

【 0 1 0 7 】

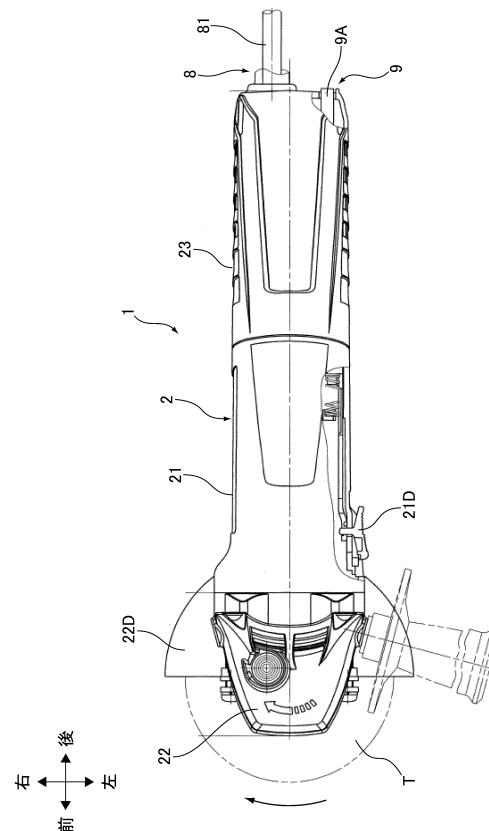
1 ... ディスクグライнда 2 ... ハウジング 3 ... モータ 4 ... 動力伝達機構 5 ... 出力軸部 6 ... 第1基板 7 ... 第2基板 8 ... 電源コード 8 A ... 第1接続端子 8 B ... 第2接続端子 9 ... 変速ダイヤル部 9 A ... ダイヤル 2 1 ... モータハウジング 2 2 ... ギヤハウジング 2 3 ... リアハウジング 3 1 ... 回転軸 3 2 ... ロータ 4 1 ... ピニオンギヤ 4 2 ... 傘歯車 6 1 ... 電源変換回路 6 1 A ... 整流回路 6 1 B ... 平滑コンデンサ 6 2 ... インバータ回路 7 1 ... 制御用電源回路部 7 2 ... 制御回路部 I t ... 電流閾値 N t ... 所定回転数 P ... 商用交流電源 T ... 砥石 V C C ... 基準電圧

10

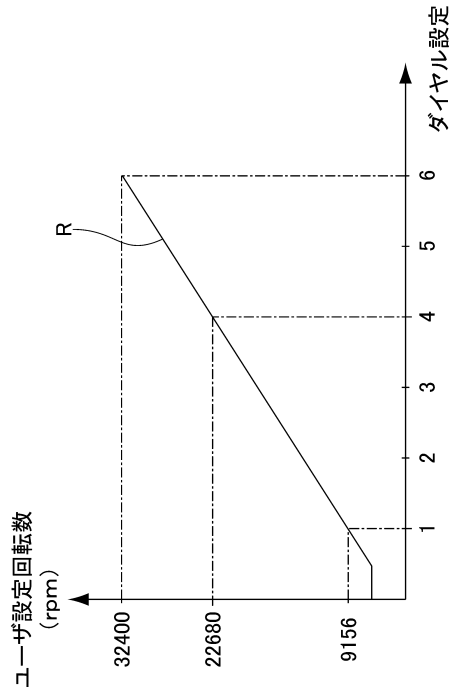
【圖 1】



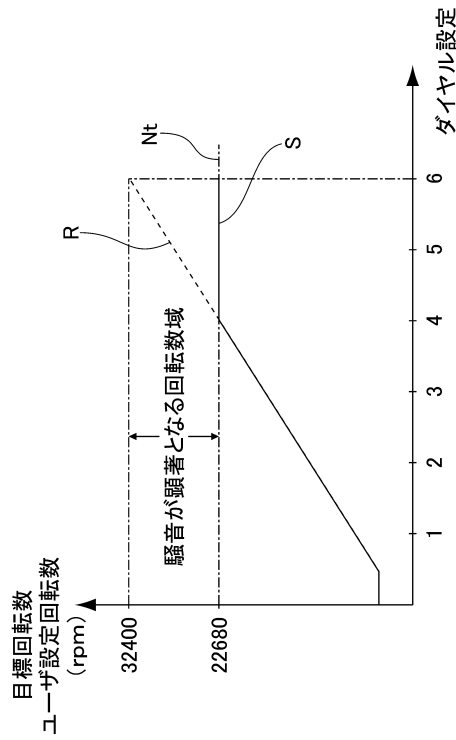
【圖 2】



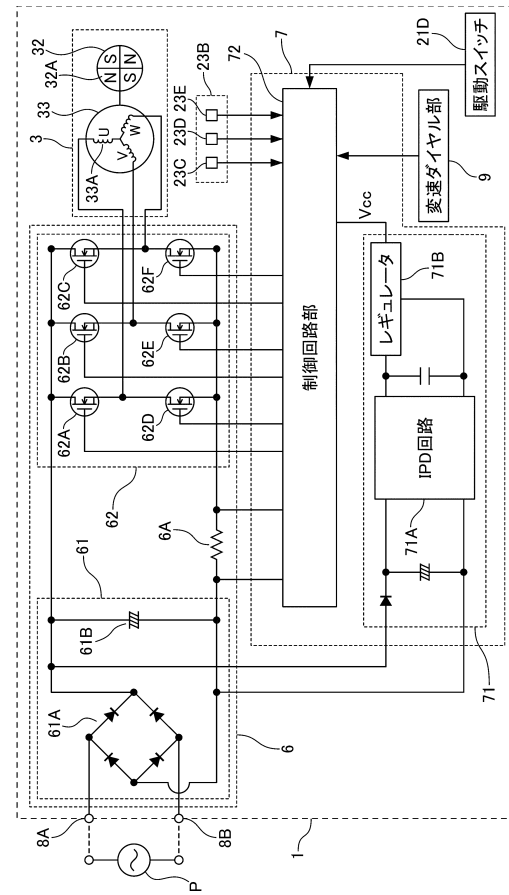
【図 3】



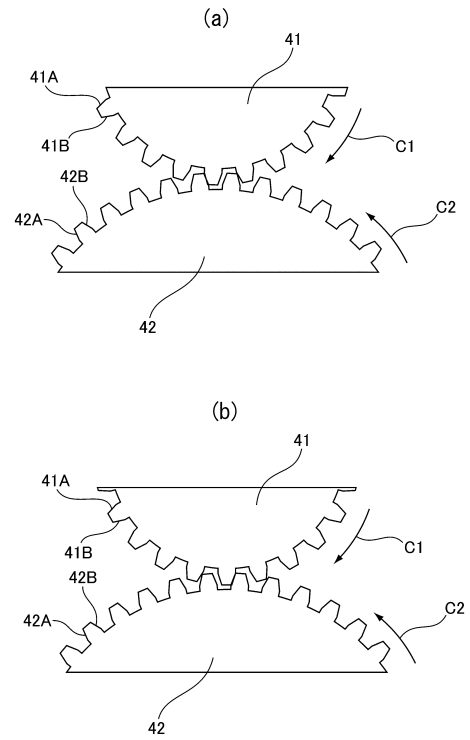
【図 5】



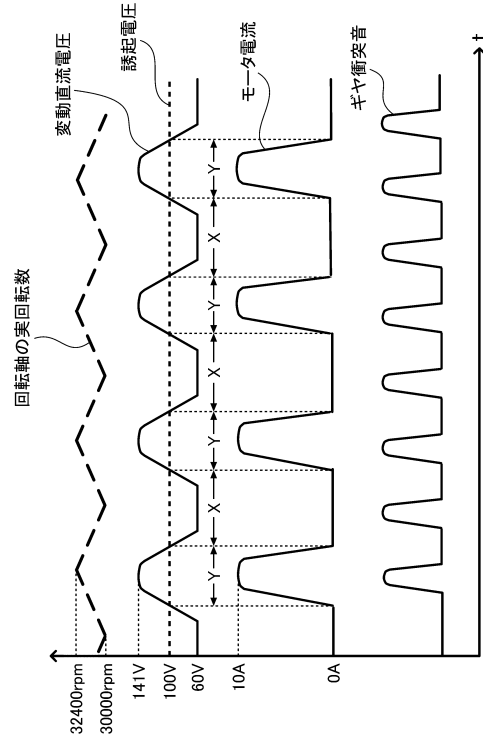
【図 4】



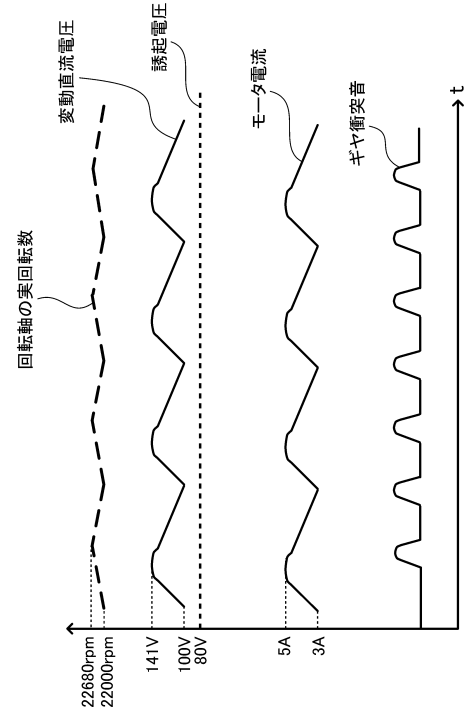
【図 6】



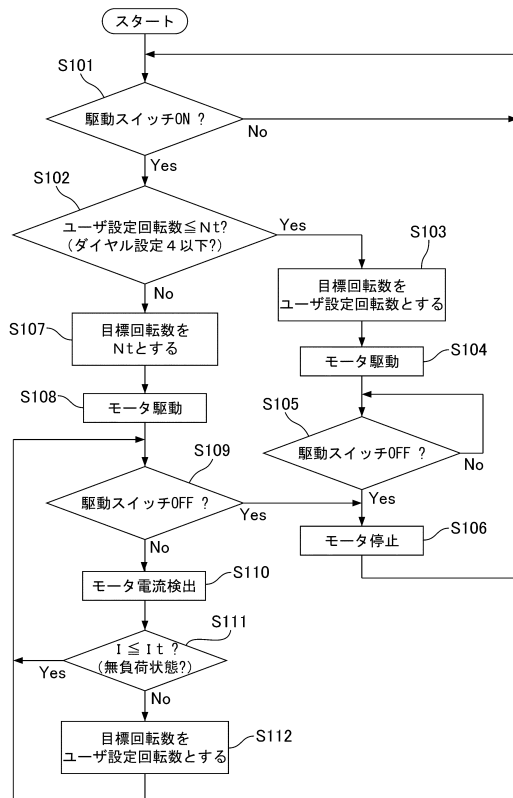
【図 7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

(72)発明者 小泉 俊彰
茨城県ひたちなか市武田1060番地 日立工機株式会社内

審査官 亀田 貴志

(56)参考文献 特開2012-196724(JP,A)
特開2012-196725(JP,A)
特開2014-091167(JP,A)
特開2013-202774(JP,A)
特開2013-226626(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B25F 5/00
B24B 23/00
H02P 6/00 - 6/34