

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公 開 特 許 公 報(A)

(11)特許出願公開番号
特開2022-167672
(P2022-167672A)

(43)公開日 令和4年11月4日(2022. 11. 4)

(51)Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
<i>H02P 6/15 (2016.01)</i>	H02P 6/15	3C064
<i>B25F 5/00 (2006.01)</i>	B25F 5/00	5H560

審査請求 未請求 請求項の数 12 OL (全 16 頁)

(21)出願番号 特願2021-73623(P2021-73623)
 (22)出願日 令和3年4月23日(2021. 4. 23)

(71)出願人 000005094
 工機ホールディングス株式会社
 東京都港区港南二丁目15番1号
 (74)代理人 100079290
 弁理士 村井 隆
 (74)代理人 100136375
 弁理士 村井 弘実
 (72)発明者 門前 哲也
 茨城県ひたちなか市武田1060番地
 (72)発明者 鈴木 祥太
 茨城県ひたちなか市武田1060番地

最終頁に続く

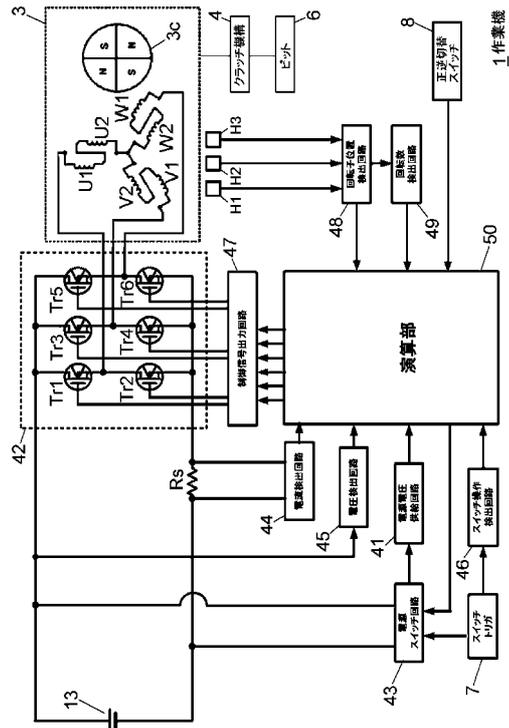
(54) 【発明の名称】 作業機

(57) 【要約】

【課題】無負荷状態でモータの回転数を一定に維持することができる作業機を提供する。

【解決手段】作業機1は、モータ3と、モータ3の回転数を検出する回転数検出回路49と、モータ3に駆動電流を供給するインバータ回路42と、回転数検出回路49からの信号が入力され、インバータ回路42を制御する演算部50と、を備える。演算部50は、モータ3に外部からの負荷がかかっていない無負荷状態において、モータ3の回転数の変化に応じてモータ3の進角を制御するよう構成される。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

ブラシレスモータと、
前記ブラシレスモータの回転数を検出する回転数検出部と、
前記ブラシレスモータを駆動する駆動回路と、
前記回転数検出部からの信号が入力され、前記駆動回路を制御する制御部と、を備えた作業機であって、

前記制御部は、前記ブラシレスモータに外部からの負荷がかかっていない無負荷状態において、前記ブラシレスモータの回転数の変化に応じて前記ブラシレスモータの進角を制御するよう構成される、

ことを特徴とする作業機。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載の作業機であって、

前記制御部は、前記ブラシレスモータの回転数が設定回転数より大きい場合に初期進角に対して前記進角を小さくし、前記設定回転数より小さい場合に前記初期進角に対して前記進角を大きくするよう構成される、

ことを特徴とする作業機。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 に記載の作業機であって、

前記駆動回路は、前記ブラシレスモータに接続される複数のスイッチング素子を有し、
前記制御部は、前記複数のスイッチング素子をパルス幅変調制御するよう構成され、
前記ブラシレスモータを起動した後の前記無負荷状態において、前記パルス幅変調制御の
パルス幅変調信号のデューティ比を 100% とする、

ことを特徴とする作業機。

20

【請求項 4】

請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の作業機であって、

前記ブラシレスモータの駆動源となる電源を備え、
前記制御部は、前記電源の電圧に応じて前記進角を制御するよう構成される、
ことを特徴とする作業機。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の作業機であって、
前記制御部は、前記電源の電圧の変化に伴う前記回転数の変化に応じて前記進角を制御するよう構成される、

ことを特徴とする作業機。

30

【請求項 6】

請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の作業機であって、

前記ブラシレスモータの起動及び停止を指示するトリガと、
前記ブラシレスモータの動力が伝達される先端工具と、
前記ブラシレスモータと前記先端工具との間に設けられ、前記ブラシレスモータの動力を前記先端工具に伝達する伝達状態と、前記ブラシレスモータの動力を前記先端工具に伝達しない遮断状態と、を切り替え可能な伝達機構と、を備え、

前記作業機は、前記伝達機構が遮断状態のときに前記トリガを操作して前記ブラシレスモータを駆動させる前記無負荷状態での作業を有するボード用ドライバである、

ことを特徴とする作業機。

40

【請求項 7】

ブラシレスモータと、

前記ブラシレスモータの回転数を検出する回転数検出部と、

前記ブラシレスモータを駆動する駆動回路と、

前記回転数検出部からの信号が入力され、前記駆動回路を制御する制御部と、を備えた作業機であって、

50

前記制御部は、前記ブラシレスモータに負荷がかかっていない無負荷状態において、前記ブラシレスモータの回転数を一定又は所定の範囲内に維持するよう進角を制御するよう構成される、

ことを特徴とする作業機。

【請求項 8】

請求項 7 に記載の作業機であって、

前記制御部は、前記ブラシレスモータの回転数の変化に応じて前記ブラシレスモータの進角を制御するよう構成される、

ことを特徴とする作業機。

【請求項 9】

請求項 7 又は 8 に記載の作業機であって、

前記駆動回路は、前記ブラシレスモータに接続される複数のスイッチング素子を有し、

前記制御部は、前記複数のスイッチング素子をパルス幅変調制御するよう構成され、

前記ブラシレスモータを起動した後の前記ブラシレスモータに負荷がかかっていない無負荷状態において、前記パルス幅変調制御のパルス幅変調信号のデューティ比を 100% とする、

ことを特徴とする作業機。

【請求項 10】

ブラシレスモータと、

前記ブラシレスモータの回転数を検出する回転数検出部と、

複数のスイッチング素子を有し、前記ブラシレスモータを駆動する駆動回路と、

前記回転数検出部からの信号が入力され、前記複数のスイッチング素子を制御する制御部と、を備えた作業機であって、

前記制御部は、前記複数のスイッチング素子をパルス幅変調制御するよう構成され、

前記制御部は、前記ブラシレスモータを起動した後、前記パルス幅変調制御のパルス幅変調信号のデューティ比を 100% とするとともに、前記ブラシレスモータの進角を制御し、前記ブラシレスモータの回転数を一定又は所定の範囲内に維持するよう構成した、

ことを特徴とする作業機。

【請求項 11】

請求項 10 に記載の作業機であって、

前記制御部は、前記ブラシレスモータを起動した後の前記ブラシレスモータに負荷がかかっていない無負荷状態において、前記デューティ比を 100% にするとともに前記進角を制御するよう構成される、

ことを特徴とする作業機。

【請求項 12】

請求項 10 又は 11 に記載の作業機であって、

前記制御部は、前記ブラシレスモータの回転数の変化に応じて前記ブラシレスモータの進角を制御するよう構成される、

ことを特徴とする作業機。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ボード用ドライバ（スクリュードライバ）等の作業機に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 には、モータ（作業具）に加わる負荷の大きさに応じて電気進角を変更すること、具体的には、負荷の増加に伴って電気進角を大きくすることで、モータの回転数を設定された一定の回転数に維持することが記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 3 】

【特許文献1】特開2015-027710号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 4 】

特許文献1は、モータに負荷が加わった状態で電気進角を制御することを記載しているが、無負荷状態での制御については記載していない。すなわち、特許文献1では、無負荷状態でモータの回転数を一定に維持する制御が必要な作業機のこととは考慮されていない。一方、電池パックで駆動する作業機は作業時間の確保が必要となる。

【 0 0 0 5 】

本発明は、無負荷状態でモータの回転数を一定に維持することができる作業機を提供すること、無負荷状態での作業を安定することができる作業機を提供すること、及び作業時間を確保することができる作業機を提供すること、の少なくともいずれかを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 6 】

本発明のある態様は、作業機である。この作業機は、
ブラシレスモータと、
前記ブラシレスモータの回転数を検出する回転数検出部と、
前記ブラシレスモータを駆動する駆動回路と、
前記回転数検出部からの信号が入力され、前記駆動回路を制御する制御部と、を備えた
作業機であって、

前記制御部は、前記ブラシレスモータに外部からの負荷がかかっていない無負荷状態において、前記ブラシレスモータの回転数の変化に応じて前記ブラシレスモータの進角を制御するよう構成される。

この態様によれば、無負荷状態でのモータの回転数を一定にでき、安定した無負荷運転が可能となる。また、無負荷状態でのモータの電流を抑えることができ、作業時間を長く確保できる。

【 0 0 0 7 】

前記制御部は、前記ブラシレスモータの回転数が設定回転数より大きい場合に初期進角に対して前記進角を小さくし、前記設定回転数より小さい場合に前記初期進角に対して前記進角を大きくするよう構成されてもよい。

【 0 0 0 8 】

前記駆動回路は、前記ブラシレスモータに接続される複数のスイッチング素子を有し、
前記制御部は、前記複数のスイッチング素子をパルス幅変調制御するよう構成され、
前記ブラシレスモータを起動した後の前記無負荷状態において、前記パルス幅変調制御の
パルス幅変調信号のデューティ比を100%としてもよい。

これによれば、スイッチングロスを低減し、作業時間を長く確保できる。

【 0 0 0 9 】

前記ブラシレスモータの駆動源となる電源を備え、
前記制御部は、前記電源の電圧に応じて前記進角を制御するよう構成されてもよい。
前記制御部は、前記電源の電圧の変化に伴う前記回転数の変化に応じて前記進角を制御するよう構成される、

これによれば、安定した無負荷運転が可能となる。

【 0 0 1 0 】

前記ブラシレスモータの起動及び停止を指示するトリガと、
前記ブラシレスモータの動力が伝達される先端工具と、
前記ブラシレスモータと前記先端工具との間に設けられ、前記ブラシレスモータの動力を前記先端工具に伝達する伝達状態と、前記ブラシレスモータの動力を前記先端工具に伝達しない遮断状態と、を切り替え可能な伝達機構と、を備え、

前記作業機は、前記伝達機構が遮断状態のときに前記トリガを操作して前記ブラシレス

10

20

30

40

50

モータを駆動させる前記無負荷状態での作業を有するボード用ドライバであってもよい。

これによれば、無負荷状態での作業時間が長いボード用ドライバにおいて適切な制御を実施できる。

【0011】

本発明の別の態様は、作業機である。この作業機は、

ブラシレスモータと、

前記ブラシレスモータの回転数を検出する回転数検出部と、

前記ブラシレスモータを駆動する駆動回路と、

前記回転数検出部からの信号が入力され、前記駆動回路を制御する制御部と、を備えた作業機であって、

10

前記制御部は、前記ブラシレスモータに負荷がかかっていない無負荷状態において、前記ブラシレスモータの回転数を一定又は所定の範囲内に維持するよう進角を制御するよう構成される。

この態様によれば、安定した無負荷運転が可能となる。

【0012】

前記制御部は、前記ブラシレスモータの回転数の変化に応じて前記ブラシレスモータの進角を制御するよう構成されてもよい。

【0013】

前記駆動回路は、前記ブラシレスモータに接続される複数のスイッチング素子を有し、

前記制御部は、前記複数のスイッチング素子をパルス幅変調制御するよう構成され、

前記ブラシレスモータを起動した後の前記ブラシレスモータに負荷がかかっていない無負荷状態において、前記パルス幅変調制御のパルス幅変調信号のデューティ比を100%としてもよい。

20

これによれば、スイッチングロスを低減し、作業時間を長く確保できる。

【0014】

本発明のさらに別の態様は、作業機である。この作業機は、

ブラシレスモータと、

前記ブラシレスモータの回転数を検出する回転数検出部と、

複数のスイッチング素子を有し、前記ブラシレスモータを駆動する駆動回路と、

前記回転数検出部からの信号が入力され、前記複数のスイッチング素子を制御する制御部と、を備えた作業機であって、

30

前記制御部は、前記複数のスイッチング素子をパルス幅変調制御するよう構成され、

前記制御部は、前記ブラシレスモータを起動した後、前記パルス幅変調制御のパルス幅変調信号のデューティ比を100%とするとともに、前記ブラシレスモータの進角を制御し、前記ブラシレスモータの回転数を一定又は所定の範囲内に維持するよう構成される。

この態様によれば、スイッチングロスを低減し、またモータの電流を抑え、作業時間を長く確保できる。

【0015】

前記制御部は、前記ブラシレスモータを起動した後の前記ブラシレスモータに負荷がかかっていない無負荷状態において、前記デューティ比を100%にするとともに前記進角を制御するよう構成されてもよい。

40

【0016】

前記制御部は、前記ブラシレスモータの回転数の変化に応じて前記ブラシレスモータの進角を制御するよう構成されてもよい。

【0017】

なお、以上の構成要素の任意の組合せ、本発明の表現を方法やシステムなどの間で変換したものもまた、本発明の態様として有効である。

【発明の効果】

【0018】

本発明によれば、無負荷状態でモータの回転数を一定に維持することができる作業機を

50

提供すること、無負荷状態での作業を安定することができる作業機を提供すること、及び作業時間を確保することができる作業機を提供すること、の少なくともいずれかが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】作業機1の側面図。

【図2】作業機1のモータ3の模式断面図。

【図3】作業機1によるビス打ち作業の流れを示す説明図。

【図4】作業機1のブロック図。

【図5】(A)は、モータ3の電気進角が 0° 、通電角が 120° の場合の、位置センサH1~H3のオンオフ及びスイッチング素子Tr1~Tr6のオンオフのタイミングを示すタイムチャート。(B)は、モータ3の電気進角が 30° 、通電角が 120° の場合の、位置センサH1~H3のオンオフ及びスイッチング素子Tr1~Tr6のオンオフのタイミングを示すタイムチャート。

10

【図6】作業機1の制御フローチャート。

【図7】図3に示すビス打ち作業におけるモータ3の回転数、電気進角、駆動電流、及び電池パック13の出力電圧の時間経過を示すグラフ。

【図8】作業機1を連続無負荷運転した場合における、電池パック13の出力電圧の低下に対するモータ3の回転数及び駆動電流の変化を、実施の形態の制御例1及び比較例の各場合について示したグラフ。

20

【図9】作業機1を連続無負荷運転した場合における、電池パック13の出力電圧の低下に対するモータ3の回転数及び駆動電流の変化を、実施の形態の制御例2及び比較例の各場合について示したグラフ。

【図10】作業機1を連続無負荷運転した場合におけるモータ回転数の時間変化を実施の形態の制御例1及び比較例の各場合について示したグラフ。

【発明を実施するための形態】

【0020】

以下において、各図面に示される同一または同等の構成要素、部材等には同一の符号を付し、適宜重複した説明は省略する。実施の形態は、発明を限定するものではなく例示である。実施の形態に記述されるすべての特徴やその組み合わせは、必ずしも発明の本質的なものであるとは限らない。

30

【0021】

本実施の形態は、作業機1に関する。作業機1は、着脱可能な電池パック13の電力で動作するコードレスタイプのボード用ドライバ(スクリュードライバ)である。図1により、作業機1の互いに直交する前後及び上下の各方向を定義する。前後方向は、ビット6の長さ方向と平行な方向である。作業機1の機械構成は従来と同様でよく、以下では簡単な説明に留める。作業機1は、ハウジング2、ギヤカバー5、ストップスリーブ9、ストップパ10、及びストップリング11を備える。

【0022】

ハウジング2は、例えば樹脂成形体であり、モータ収容部2a、ハンドル部2b、及び電池着脱部2cを含む。モータ収容部2aは、図2に示すモータ3を内部に収容する。ハンドル部2bは、D型ハンドルであって、モータ収容部2aの後端部に接続される。ハンドル部2bには、モータ3の起動及び停止を指示するスイッチトリガ(操作スイッチ)7が設けられる。ハンドル部2bには、また、使用者がモータ3の正転、逆転を切り替えるための正逆切替スイッチ8が設けられる。なお、図示しないオンロックスイッチを設けても良い。オンロックスイッチは、スイッチトリガ7から手を離してもスイッチトリガ7がオン状態を維持するように固定(ロック)するオンロックの有効、無効を使用者が切り替えるためのスイッチである。電池着脱部2cは、ハンドル部2bの下端部に設けられ、電源としての電池パック13を着脱可能に装着する。電池パック13の定格電圧は、10.8V、14.4V、18V、36V等、限定されるものではない。また、商用電源で駆動

40

50

するようにしても良い。

【 0 0 2 3 】

ギヤカバー 5 は、例えば樹脂成形体であり、モータ収容部 2 a の前端部に接続される。ギヤカバー 5 は、図 4 に示すクラッチ機構（伝達機構）4 を収容すると共に、先端工具としてのビット 6 を保持する図示しない先端工具保持部を収容する。ギヤカバー 5 にストッパスリーブ 9 が取り付けられ、ストッパスリーブ 9 にストッパ 1 0 が取り付けられる。ストッパリング 1 1 は、ストッパ 1 0 の前端部に設けられる。ビット 6 は、先端工具保持部に着脱可能に保持され、ストッパ 1 0 の前面から前方に突出する。

【 0 0 2 4 】

図 2 に示すように、モータ 3 は、インナーロータ型のブラシレスモータであり、ハウジング 2 のモータ収容部 2 a に収容される。モータ 3 の出力軸 3 a は、ハウジング 2 に対して回転可能に支持される。モータ 3 は、出力軸 3 a の周囲に設けられて出力軸 3 a と一体に回転するロータ 3 b と、ロータ 3 b の外周を囲むように設けられたステータ 3 e と、を含む。ロータ 3 b は、複数の永久磁石 3 c を含む。ステータ 3 e は、U 相ステータコイル U 1、U 2、V 相ステータコイル V 1、V 2、W 相ステータコイル W 1、W 2 を含む。モータ 3 は、ここでは 4 極 6 スロット構成であり、永久磁石 3 c を 4 個、ステータコイルを 6 個含む。3 つの位置センサ H 1 ~ H 3 は、モータ 3 の周方向に 6 0 度ずつ離間して設けられる。

10

【 0 0 2 5 】

図 3 (A) ~ (F) は、作業機 1 により軽量鉄骨下地 1 6 に石膏ボード 1 7 をビス（ねじ）1 5 で固定する作業の流れを示す。軽量鉄骨下地 1 6 は、軽天とも呼ばれ、建物内部の天井等に取り付けられ、石膏ボード 1 7 等の下地となる骨組みとなる。図 3 (A) は、使用者がスイッチトリガ 7 を引いた（操作した）直後の状態を示す。スイッチトリガ 7 を引くのに先だって、ビット 6 にはビス 1 5 が係合している（嵌まっている）。スイッチトリガ 7 が引かれるとモータ 3 のソフトスタート（スロースタート）制御が開始され、所定時間経過後の図 3 (B) においてモータ 3 が最高回転数（目標回転数）に達する。図 3 (A)、(B) の段階では、モータ 3 は回転するが、クラッチ機構 4 は遮断状態であってビット 6 及びビス 1 5 は回転しない。すなわち、モータ 3 は、外部からの負荷がかかっていない無負荷状態である。使用者は、モータ 3 の駆動音により、モータ 3 が最高回転数に達したことを知る。

20

30

【 0 0 2 6 】

使用者は、図 3 (C) に示すように、ビス 1 5 を石膏ボード 1 7 の所定位置に合わせ、作業機 1 を石膏ボード 1 7 に向けて押し付け始める。これによりクラッチ機構 4 が伝達状態（接続状態）となり（モータ 3 に外部からの負荷がかかり始め）、モータ 3 の回転（動力）がクラッチ機構 4 を介してビット 6 に伝達され、ビット 6 及びビス 1 5 が回転し、図 3 (D) に示すように石膏ボード 1 7 を挟んで軽量鉄骨下地 1 6 へのビス 1 5 の締付け（打込み）が完了する。使用者は、図 3 (E) に示すように作業機 1 を石膏ボード 1 7 から離し、図 3 (F) においてスイッチトリガ 7 をオフ状態にする。複数のビス 1 5 を連続して打ち込んでいく場合は、図 3 (E) の後、スイッチトリガ 7 をオフせずにビット 6 にビス 1 5 をセットし、図 3 (B) のところから再度同様の作業を行えばよい。

40

【 0 0 2 7 】

図 4 は、作業機 1 のブロック図である。駆動回路としてのインバータ回路 4 2 は、3 相ブリッジ接続された F E T や I G B T 等の 6 つのスイッチング素子 T r 1 ~ T r 6 からなり、モータ 3 に駆動電流を供給してモータ 3 を駆動する。抵抗 R s は、モータ 3 の駆動電流（以下「モータ電流」）の経路に設けられる。ホール I C 等の 3 つの位置センサ H 1 ~ H 3 は、モータ 3 の回転位置（ロータ回転位置）に応じた信号を出力する。

【 0 0 2 8 】

電流検出回路 4 4 は、抵抗 R s の両端の電圧を基にモータ電流を検出し、演算部 5 0 に送信する。電圧検出回路 4 5 は、電池パック 1 3 の出力電圧（以下「電池電圧」）を検出し、演算部 5 0 に送信する。電源スイッチ回路 4 3 は、スイッチトリガ 7 が引かれると電

50

池電圧を電源電圧供給回路41に供給する回路(電源電圧供給回路41を動作させる回路)である。電源電圧供給回路41は、電池電圧を演算部50等の電源電圧に変換して演算部50等に供給する。演算部50は、起動すると、電源スイッチ回路43に保持信号を印加し、スイッチトリガ7の操作が解除されても自身への電源供給を一定時間維持する。

【0029】

スイッチ操作検出回路46は、スイッチトリガ7の操作(オンオフ)を検出し、演算部50に送信する。制御信号出力回路47は、演算部50の制御に従い、スイッチング素子Tr1~Tr6の各制御端子(各ゲート)に駆動信号を印加する。回転子位置検出回路48は、3つの位置センサH1~H3の出力信号を基にモータ3の回転位置を検出し、演算部50に送信する。回転数検出部としての回転数検出回路49は、回転子位置検出回路48の出力信号を基にモータ3の回転数を検出し、演算部50に送信する。

10

【0030】

制御部としての演算部50は、制御信号出力回路47を介してインバータ回路42のスイッチング素子Tr1~Tr6を制御(例えばパルス幅変調制御)し、モータ3を回転駆動する。モータ3の回転は、クラッチ機構4を介してビット6に伝達される。クラッチ機構4は、モータ3の正転方向の回転を、ビット6を前方に押し付けたときはビット6に伝達し、押し付けていないときはビット6に伝達しない。クラッチ機構4は、モータ3の逆転方向の回転は、ビット6の押し付けに関わらずビット6に伝達する。

【0031】

インバータ回路42は、それぞれ直列に接続された2つのスイッチング素子Tr1、Tr2と、2つのスイッチング素子Tr3、Tr4と、2つのスイッチング素子Tr5、Tr6と、を有し、それぞれは、電池パック13の正極端子と負極端子とに接続される。2つのスイッチング素子Tr1、Tr2の間には、直列接続されたU相ステータコイルU1、U2の一方の端子が接続される。2つのスイッチング素子Tr3、Tr4の間には、直列接続されたV相ステータコイルV1、V2の一方の端子が接続される。2つのスイッチング素子Tr5、Tr6の間には、直列接続されたW相ステータコイルW1、W2の一方の端子が接続される。各相のステータコイルの他方の端子は、相互に接続される。

20

【0032】

例えばスイッチング素子Tr1、Tr4がオンされると、U相ステータコイルU1、U2及びV相ステータコイルV1、V2に電流が流れる。演算部50は、スイッチング素子Tr1~Tr6のオンオフのタイミングを制御することにより、各ステータコイルの通電タイミングを制御し、モータ3の進角や通電角を制御する。進角は、電気角で表した電気進角である。通電角も電気角で表される。モータ3は4極6スロット構成のため、モータ3の機械角180度は電気角360度に対応する。

30

【0033】

図5(A)は、モータ3の電気進角が0°、通電角が120°の場合の、位置センサH1~H3のオンオフ及びスイッチング素子Tr1~Tr6のオンオフのタイミングを示すタイムチャートである。図5(B)は、モータ3の電気進角が30°、通電角が120°の場合の、位置センサH1~H3のオンオフ及びスイッチング素子Tr1~Tr6のオンオフのタイミングを示すタイムチャートである。図5(A)、(B)において、横軸のロータ回転角(機械角)の0°は、図2の状態とする。ステータ3eに対するロータ3bの回転方向は、図2における時計回りとする。

40

【0034】

位置センサH1~H3は、ロータ3bの極間の境界(永久磁石3cの円周方向の境界)が位置センサH1~H3の正面を横切るときに、オンオフが切り替わる。ロータ3bには4つの永久磁石3cが設けられるので、それぞれの位置センサH1~H3は、ロータ3bが90度回転する毎にオンオフが切り替わる。3つの位置センサH1~H3は、円周方向に60度ずつずれた配置のため、相互に60度の位相でオンオフの切り替わりのタイミングがずれる。

【0035】

50

図5(A)に示すように、電気進角が0度の場合、例えば、ロータ3bが図2で示す0度の位置から機械角で180度回転したときには、スイッチング素子Tr1がオフからオンに切り替えられ、U相ステータコイルU1、U2に電流が供給される。各ステータコイルには、ロータ3bが機械角で180度、電気角で360度回転する間に、機械角で60度、電気角で120度の範囲において電流が供給されるので、各ステータコイルの通電角は120度である。

【0036】

図5(B)に示すように、電気進角が30度の場合、0度の場合と比較して、ステータ3eに対するロータ3bの回転位置が電気角で30度(機械角で15度)だけ手前のタイミングで、スイッチング素子Tr1~Tr6のオンオフが切り替えられる。電気進角には、最高効率となる電気進角(以下「最高効率進角」と、無負荷回転数が最高となる電気進角(以下「最高回転数進角」と、が存在する。最高効率進角及び最高回転数進角は、モータの仕様、例えばロータの極数やステータのスロット数等によって決まる。最高効率進角から進角を高めると無負荷回転数は上がるが、電気進角を最高回転数進角まで高めた後は無負荷回転数は頭打ちとなる。

【0037】

図6は、作業機1の制御フローチャートである。演算部50は、正逆切替スイッチ8が正転の状態(S1のYES)でスイッチトリガ7がオンの場合(S2のYES)、ソフトスタート制御(S3、S4)を実行する。具体的には、演算部50は、スイッチング素子Tr1~Tr6の駆動信号のデューティ(以下、単に「デューティ」)が100%でなければ(S3のNO)、デューティを所定の上昇率、例えば1.5%/msで上昇させる(S4)。モータ3の起動時の初期デューティは例えば10%とする。デューティが100%(最大値)になると(S3のYES)、ソフトスタート制御は終了する。

【0038】

演算部50は、ソフトスタート制御(S3、S4)と並行して、モータ3の電気進角の設定に係る処理(S5~S21)を実行する。S5~S20の処理は、電気進角の準備処理であり、S5~S20で準備した電気進角がS21においてスイッチング素子Tr1~Tr6の駆動信号の電気進角として設定(適用)される。S5~S8の処理は、起動後経過時間が500msまでの電気進角を決定するための処理である。S9~S20の処理は、起動後経過時間が500ms以降の電気進角を決定するための処理である。S9~S20の処理における電気進角の初期値(初期進角)は30度とする。

【0039】

演算部50は、正逆切替スイッチ8が正転の状態(S1のYES)でスイッチトリガ7がオンの場合(S2のYES)において、モータ3の起動後(すなわちスイッチトリガ7のターンオン後)の経過時間(以下「起動後経過時間」)が150ms以下の場合(S5のYES、S6のYES)、電気進角を最高効率進角の一例である30度とする(S7)。演算部50は、起動後経過時間が150ms~500msの場合(S5のYES、S6のNO)、電気進角を最高回転数進角の一例である50度とする(S8)。演算部50は、S7、S8で導出した電気進角によるスイッチング素子Tr1~Tr6の制御、すなわちモータ3の駆動制御を行い(S21)、S2に戻る。

【0040】

演算部50は、正逆切替スイッチ8が正転の状態(S1のYES)でスイッチトリガ7がオンの場合(S2のYES)、進角変更のタイマカウント値をアップさせる(S9)。演算部50は、タイマカウント値が100ms未満の場合(S10のNO)、S9に戻る。100msは、進角変更(更新)の時間間隔の一例である。演算部50は、タイマカウント値が100msになると(S10のYES)、現在のモータ3の回転数(以下「モータ回転数」)が所定値以下、例えば6950rpm以下の場合(S11のYES)、電気進角を1度高くし(S12)、タイマカウント値をクリアする(S15)。演算部50は、モータ回転数が所定値以上、例えば7050rpm以上の場合(S13のYES)、電気進角を1度低くし(S14)、タイマカウント値をクリアする(S15)。演算部50

10

20

30

40

50

は、モータ回転数が6950rpm~7050rpmの場合(S11のNO、S13のNO)、電気進角を変更せずにタイマカウント値をクリアする(S15)。

【0041】

演算部50は、S9~S15で導出した電気進角が50度以上の場合(S16のYES)は電気進角を50度とし(S17)、電気進角が30度以下の場合(S18のYES)電気進角を30とする(S19)。演算部50は、起動後経過時間が500msを超えている場合(S20のNO)、S9~S19で導出した電気進角によるスイッチング素子Tr1~Tr6の制御、すなわちモータ3の駆動制御を行い(S21)、S2に戻る。演算部50は、起動後経過時間が500ms以下の場合(S20のYES)、S9に戻る。

【0042】

演算部50は、正逆切替スイッチ8が逆転の状態(S1のNO)でスイッチトリガ7がオンの場合(S31のYES)において、電気進角を30度に設定する(S32)と共にS3、S4と同様のソフトスタート制御を行う(S33、S34)。

【0043】

演算部50は、S2又はS31においてスイッチトリガ7がオフの場合(S2のNO又はS31のNO)、電気進角を0度、デューティを0%に設定し(S35)、モータ3の駆動制御を終了する。

【0044】

図7は、図3に示すビス打ち作業におけるモータ3の回転数、電気進角、モータ電流、及び電池電圧の時間経過を示すグラフである。図7に示すA~Fの時刻ないし時刻範囲は、それぞれ図3(A)~(F)に示す作業の時刻ないし時刻範囲に対応する。Aに対応する0sにおいてスイッチトリガ7がターンオンされると、演算部50は、最初の150msは電気進角30度でモータ3を駆動し、その後Bに対応する500msまでは電気進角50度でモータ3を駆動する。演算部50は、ソフトスタート制御を実行しており、モータ回転数は無負荷回転数の設定値の一例である7000rpmまで500ms程度かけて緩やかに上昇する。また、200msに向けてモータ電流が立ち上がり、これにより電池電圧が低下する。電池電圧の低下は、電池パック13の内部抵抗による電圧降下による。電池パック13の出力電流(モータ電流)が大きいほど電池電圧の低下幅も大きくなる。200ms以降、モータ電流は低下し、500msを少し過ぎたところで無負荷運転時の電流値となる。

【0045】

B~Cの時刻範囲では、無負荷運転となり、演算部50は、モータ回転数を7000rpmに維持するためにモータ3の電気進角を調整する一方、デューティは最大値(100%)に固定する。Cの時刻において作業機1が石膏ボード17に向けて押し付け始められると、Dの時刻においてビス15の締付け(打込み)が完了するまで、モータ3にかかる負荷が増大し、モータ回転数が低下しモータ電流が上昇する。この間、モータ回転数が7000rpmを下回るため、演算部50は電気進角を高めていく(デューティは最大値に固定したままとする)。Dの時刻以降、Eの時刻範囲の前半で、無負荷運転に戻っていく(モータ回転数が上昇しモータ電流が低下する)。Eの時刻範囲の中間においてモータ3は無負荷運転となり、演算部50は、モータ回転数を7000rpmに維持するためにモータ3の電気進角を調整する(デューティは最大値に固定したままとする)。Fの時刻においてスイッチトリガ7がターンオフされると、演算部50は、モータ3の駆動を停止する。

【0046】

図8は、作業機1を連続無負荷運転した場合における、電池電圧の低下に対するモータ回転数及びモータ電流の変化を、実施の形態の制御例1及び比較例の各場合について示したグラフである。横軸の電池電圧V1は、電池パック13の満充電に対応する電圧値である。電池電圧V2は、最高効率進角(B度)かつデューティ最大でモータ回転数が設定回転数となる電圧値である。電池電圧V3は、最高回転数進角(C度)かつデューティ最大でモータ回転数が設定回転数となる電圧値である。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 7 】

実施の形態の制御例 1 は、電池電圧 V 3 以上において、デューティを最大に固定したまま電気進角を制御することでモータ回転数を設定回転数に維持する制御である。電池電圧 V 1 において電気進角を最高効率進角 (B 度) よりも低い A 度としているのは、モータ回転数が設定回転数を超えないようにするためである。演算部 5 0 は、電池電圧 V 1 ~ V 2 の範囲において、電池電圧の低下に合わせて電気進角を A 度から最高効率進角 (B 度) に向けて上昇させていくことで、モータ回転数を設定回転数に維持する。この過程で、モータ電流は低下する。効率を優先し、モータ回転数が設定回転数を超えることを許容する場合は、電池電圧 V 1 ~ V 2 の範囲において電気進角を最高効率進角 (B 度) に固定してもよい。演算部 5 0 は、電池電圧 V 2 ~ V 3 の範囲において、電池電圧の低下に合わせて電気進角を最高効率進角 (B 度) から最高回転数進角 (C 度) に向けて上昇させていくことで、モータ回転数を設定回転数に維持する。この過程で、モータ電流は上昇する。電池電圧 V 3 以下の範囲において、演算部 5 0 は、電気進角を最高回転数進角 (C 度) に維持する。このため、モータ回転数は電池電圧の低下と共に低下する。

10

【 0 0 4 8 】

比較例は、電池電圧 V 3 以上において、電気進角を最高回転数進角 (C 度) に固定したままデューティを制御することでモータ回転数を設定回転数に維持する制御である。この制御では、電池電圧 V 1 においてデューティを低く設定しておき、電池電圧 V 1 ~ V 3 の範囲において、電池電圧の低下に合わせてデューティを最大値 (1 0 0 %) に向けて上昇させていくことで、モータ回転数を設定回転数に維持する。この過程で、モータ電流は低下する。電池電圧 V 3 以下の範囲において、デューティは最大値に維持され、モータ回転数は電池電圧の低下と共に低下する。比較例では、電気進角を最高回転数進角 (C 度) に固定するため、最高効率進角 (B 度) 及びその近傍の電気進角を利用できない。このため、電池電圧 V 1 ~ V 3 の範囲において、実施の形態の制御例 1 よりもモータ電流が大きくなる。

20

【 0 0 4 9 】

図 9 は、作業機 1 を連続無負荷運転した場合における、電池電圧の低下に対するモータ回転数及びモータ電流の変化を、実施の形態の制御例 2 及び比較例の各場合について示したグラフである。実施の形態の制御例 2 は、図 8 の制御例 1 と比較して、電池電圧 V 1 ~ V 2 の範囲において、電気進角を最高効率進角 (B 度) に固定し、デューティを制御することでモータ回転数を設定回転数に維持する点で相違し、その他の点で一致する。演算部 5 0 は、電池電圧 V 1 においてデューティを低く設定し、電池電圧 V 1 ~ V 2 の範囲において、電池電圧の低下に合わせてデューティを最大値 (1 0 0 %) に向けて上昇させていくことで、モータ回転数を設定回転数に維持する。実施の形態の制御例 2 では、電池電圧 V 1 ~ V 2 の範囲において電気進角を最高効率進角 (B 度) に固定することで、同範囲におけるモータ電流を図 8 の制御例 1 より低下させられる。

30

【 0 0 5 0 】

図 1 0 は、作業機 1 を連続無負荷運転した場合におけるモータ回転数の時間変化を実施の形態の制御例 1 及び比較例の各場合について示したグラフである。運転開始時の電池パック 1 3 の充電状態が同じであれば、図 1 0 に示すように、実施の形態の制御例 1 のほうが比較例よりも、モータ回転数を設定回転数に維持できる時間が 1 0 % 以上長くなる。図示は省略したが、実施の形態の制御例 2 も、モータ回転数を設定回転数に維持できる時間が比較例よりも 1 0 % 以上長くなる。

40

【 0 0 5 1 】

本実施の形態によれば、下記の効果を奏することができる。

【 0 0 5 2 】

(1) モータ 3 に外部からの負荷がかかっていない無負荷状態において、電気進角の制御によりモータ回転数を設定回転数に維持する構成のため、デューティ制御によらずモータ回転数を設定回転数に維持できる。また、制御例 1 では全ての電池電圧範囲において、制御例 2 では電池電圧 V 2 以下の電圧範囲において、デューティは最大 (1 0 0 %) で固定の

50

ため、スイッチングロスを低減でき、効率が良い。

【 0 0 5 3 】

(2) 電池電圧 V_3 よりも高い電圧範囲では、最高回転数進角よりも効率が良い電気進角による制御を行い、特に電池電圧 V_2 付近では最高効率進角ないしその近傍の電気進角による制御を行うため、電気進角を最高回転数進角に固定した比較例の制御よりも効率が良くなり、電池パック 13 の電力消費が抑制され、モータ回転数を設定回転数により長時間維持できる（設定回転数による作業時間を長く確保できる）。無負荷状態での作業時間が長いボード用ドライバでは、こうした効果の有意性が高い。

【 0 0 5 4 】

(3) 演算部 50 は、正転制御において、スイッチトリガ 7 のターンオン後の最初の 150 ms の電気進角をモータ回転数によらず最高効率進角とするため、高いトルクでモータ回転数の立ち上がりを効率的に速くできる。演算部 50 は、逆転制御において、時間及びモータ回転数によらず電気進角を最高効率進角とするため、高いトルクでモータ回転数の立ち上がりを効率的に速くできる。逆転では最初からビット 6 にビス 15 が嵌まって作業機 1 が石膏ボード 17 に押し付けられているため、モータ回転数の立ち上がりが重要であり、終始最高効率進角とするのがよい。

【 0 0 5 5 】

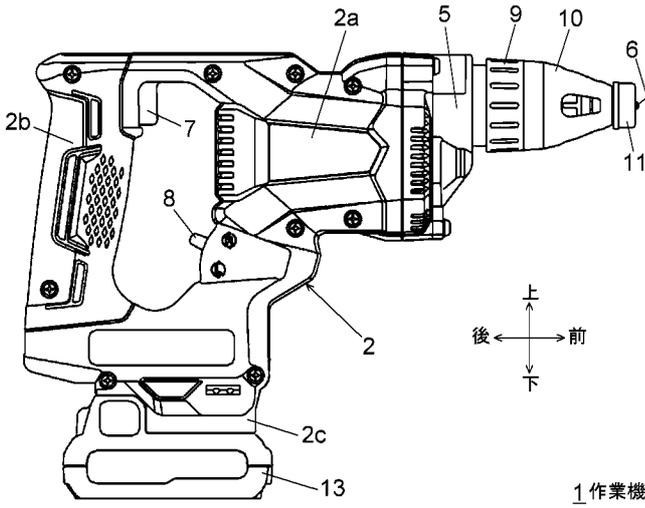
以上、実施の形態を例に本発明を説明したが、実施の形態の各構成要素や各処理プロセスには請求項に記載の範囲で種々の変形が可能であることは当業者に理解されるところである。実施の形態で例示したモータ回転数やモータ電流、電池電圧、電気進角など具体的な数値は、発明の範囲を何ら限定するものではなく、要求される仕様に合わせて任意に変更できる。

【 符号の説明 】

【 0 0 5 6 】

1 作業機（ボード用ドライバ）、2 ハウジング、2 a モータ収容部、2 b ハンドル部、2 c 電池着脱部、3 モータ（ブラシレスモータ）、3 a 出力軸、3 b ロータ、3 c 永久磁石、3 e ステータ、4 クラッチ機構（伝達機構）、5 ギヤカバー、6 ビット（先端工具）、7 スwitchトリガ（操作スイッチ）、8 正逆切替スイッチ、9 ストップスリーブ、10 ストップ、11 ストップリング、13 電池パック、15 ビス（ねじ）、16 軽量鉄骨下地（軽天）、17 石膏ボード、41 電源電圧供給回路、42 インバータ回路、43 電源スイッチ回路、44 電流検出回路、45 電圧検出回路、46 スwitch操作検出回路、47 制御信号出力回路、48 回転子位置検出回路、49 モータ回転数検出回路、50 演算部、H1～H3 ホールIC（磁気センサ）。

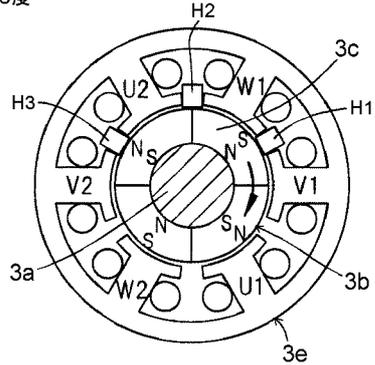
【図1】



1 作業機

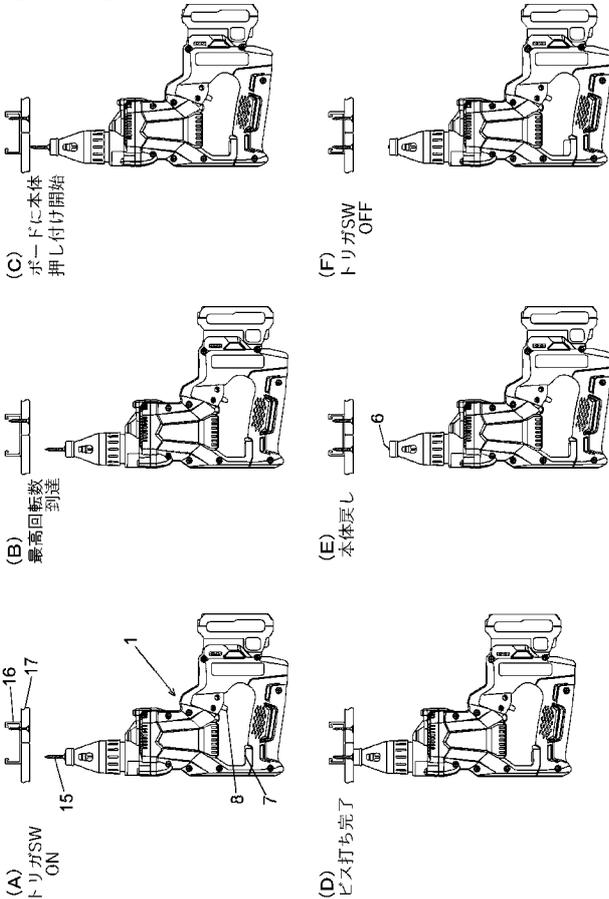
【図2】

ロータ回転角0度

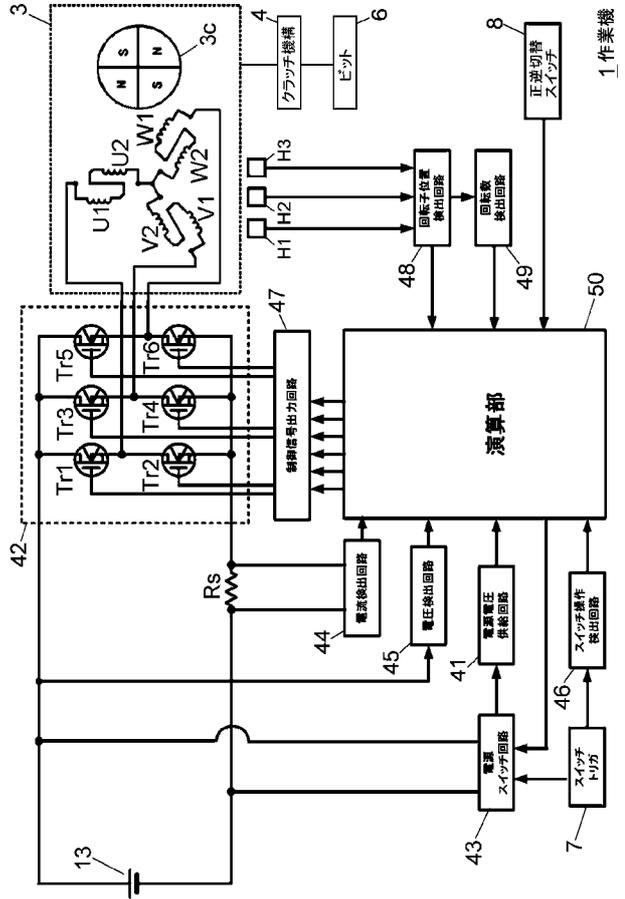


3 モータ

【図3】

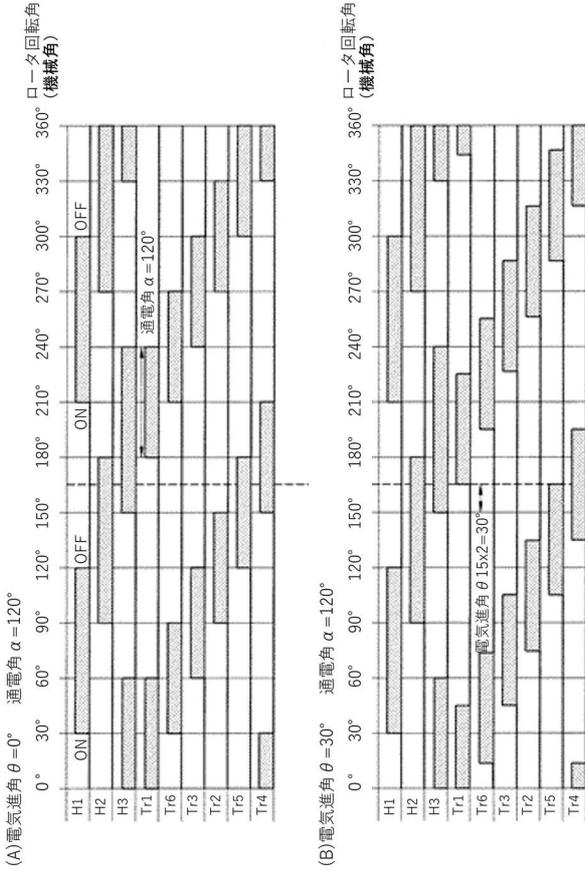


【図4】

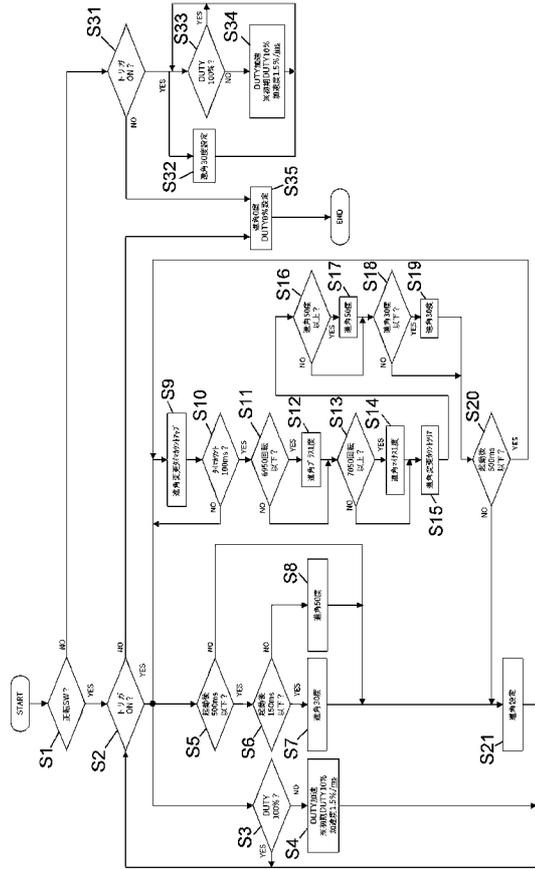


1 作業機

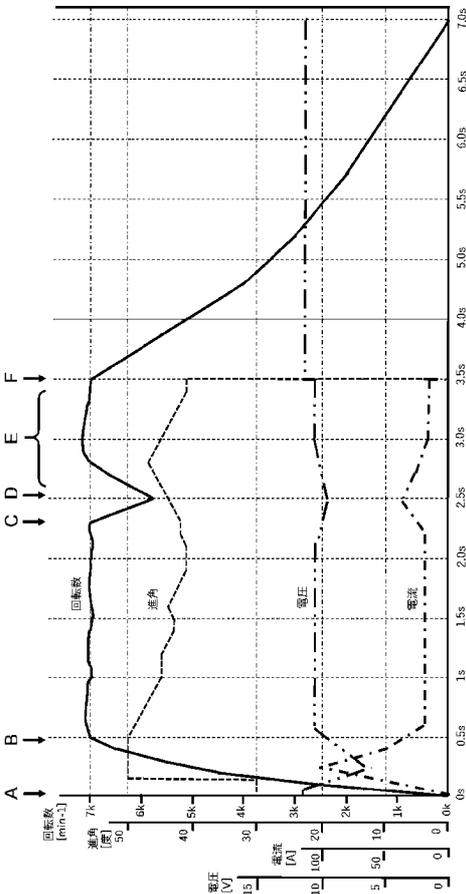
【図5】



【図6】

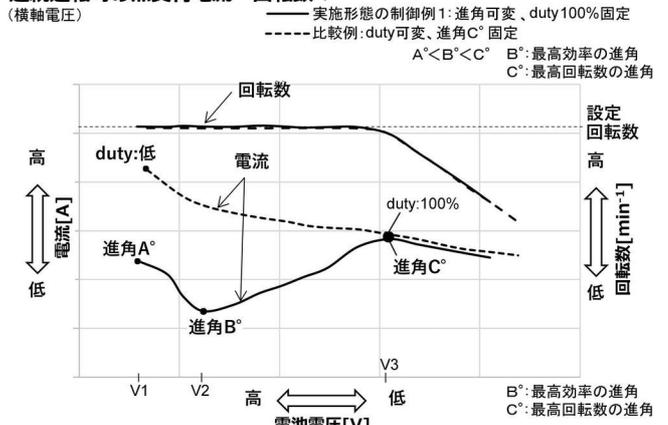


【図7】



【図8】

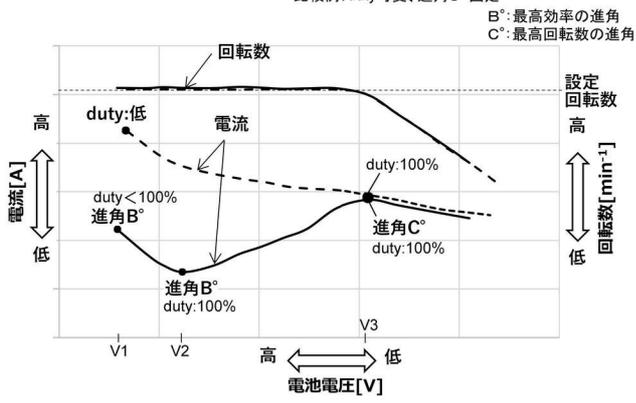
連続運転時の無負荷電流・回転数1 (横軸電圧)



【図9】

連続運転時の無負荷電流・回転数 2

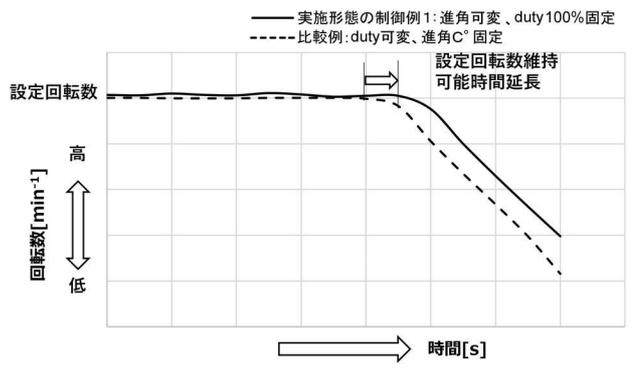
(横軸電圧)



【図10】

連続運転時の無負荷回転数

(横軸時間)



フロントページの続き

F ターム(参考) 3C064 AA01 AB02 AC02 BA12 BA36 BB55 CA09 CA10 CA41 CA53 CA71 CA72 CA75 CA76
CA78 CA79 CA80 CA82 CB17 CB19 CB62 CB73 CB74 DA02 DA11 DA13 DA25 DA37
DA56 DA59 DA65 DA78
5H560 AA10 BB04 BB07 BB12 DA03 DA19 DB20 DC12 DC13 EC02 HA01 SS02 UA05 UA06
XA12 XA15