

(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2018-58189
(P2018-58189A)

(43) 公開日 平成30年4月12日(2018.4.12)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
B25F 5/00 (2006.01)	B25F 5/00 C	2D058
B25D 16/00 (2006.01)	B25D 16/00	3C029
B25B 21/00 (2006.01)	B25B 21/00 530Z	3C036
B23B 45/00 (2006.01)	B25F 5/00 G	
B23B 47/00 (2006.01)	B23B 45/00 Z	
審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 24 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2016-199175 (P2016-199175)
(22) 出願日 平成28年10月7日 (2016.10.7)

(71) 出願人 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 砂辺 光
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 山本 浩克
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 長田 高明
愛知県安城市住吉町3丁目11番8号 株式会社マキタ内
Fターム(参考) 2D058 AA14 DA45

最終頁に続く

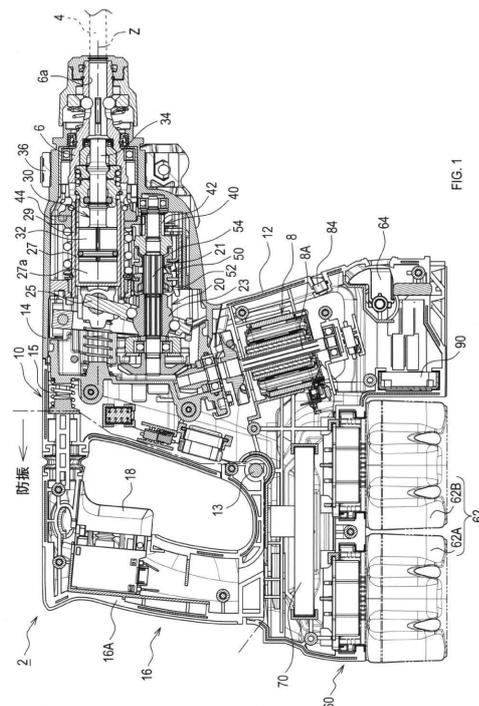
(54) 【発明の名称】 電動工具

(57) 【要約】

【課題】 加速度センサを利用して工具本体が振り回されたことを検出するように構成された電動工具において、工具本体が振り回されたことを精度よく検出できるようにする。

【解決手段】 電動工具は、モータと、モータにより回転駆動され先端工具を取付可能な出力軸と、モータ制御部と、これらが収納されるハウジングと、ハウジングに加わる加速度を検出する加速度センサと、振り回され検出部と、を備える。振り回され検出部は、加速度センサを介して出力軸周りの回転方向の加速度を取得し、過去一定時間内に取得した加速度を積算することで速度を算出し、その速度に基づきハウジングが振り回されたことを検出する。モータ制御部は、振り回され検出部にてハウジングが振り回されたことが検出されるとモータの駆動を停止する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

モータと、

前記モータにより回転駆動され、軸方向一端側に先端工具を取付可能な出力軸と、外部からの指令に従い前記モータを駆動するモータ制御部と、前記モータ、前記出力軸及び前記モータ制御部が収納されるハウジングと、前記ハウジングに加わる加速度を検出する加速度センサと、前記加速度センサを介して前記出力軸周りの回転方向の加速度を取得し、該加速度を積分することで速度を算出し、該速度に基づき前記ハウジングが前記出力軸周りに振り回されたことを検出する振り回され検出部と、

10

を備え、前記モータ制御部は、前記振り回され検出部にて前記ハウジングが振り回されたことが検出されると、前記モータの駆動を停止するよう構成され、

前記振り回され検出部は、前記加速度センサから過去一定時間内に取得した加速度を積分することで、前記速度を算出するよう構成されている、電動工具。

【請求項 2】

前記振り回され検出部は、取得時からの経過時間が長い程重みが小さくなるように、前記過去一定時間内に取得した加速度に重み付けし、該重み付けした加速度を積算するよう構成されている、請求項 1 に記載の電動工具。

【請求項 3】

前記振り回され検出部は、前記過去一定時間を直近の第 1 区間と該第 1 区間以前の第 2 区間とに区分し、該第 2 区間内に取得した加速度に対し、前記第 1 区間内に取得した加速度よりも重みが小さく、且つ、取得時からの経過時間が長い程重みが小さくなるように重み付けし、前記過去一定時間内の加速度を積算するよう構成されている、請求項 1 に記載の電動工具。

20

【請求項 4】

前記振り回され検出部は、前記過去一定時間を時間軸上で複数に区分し、直近の区間に比べ、過去の区間の方が重みが小さくなるように、各区間内に取得した加速度毎に重み付けし、前記過去一定時間内の加速度を積算するよう構成されている、請求項 1 に記載の電動工具。

【請求項 5】

前記振り回され検出部は、前記加速度センサからの検出信号を、ハイパスフィルタとして機能するデジタルフィルタにてフィルタリング処理し、該フィルタリング処理後の検出信号から前記加速度を取得するよう構成されている、請求項 1 ~ 請求項 4 の何れか 1 項に記載の電動工具。

30

【請求項 6】

前記振り回され検出部は、前記加速度を積分することで算出した速度を、更に過去一定時間分積分することで、前記ハウジングの前記出力軸周りの回転角度を算出し、該回転角度に基づき、前記ハウジングが振り回されたことを検出するよう構成されている、請求項 1 ~ 請求項 5 の何れか 1 項に記載の電動工具。

【請求項 7】

前記振り回され検出部は、前記加速度を積分することで算出した速度に基づき、前記ハウジングが振り回されたことを検出してから前記モータが停止するまでの前記ハウジングの回転角度を予測し、該予測した回転角度を、前記速度を積分することで算出した前記回転角度に加算し、該加算した回転角度に基づき、前記ハウジングが振り回されたことを検出するよう構成されている、請求項 6 に記載の電動工具。

40

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本開示は、モータの回転により先端工具を回転させる電動工具に関する。

【背景技術】

50

【 0 0 0 2 】

電動工具として、先端工具の回転により被加工材の穴あけを行う穿孔工具や、ねじやボルトの締め付けを行う緊締工具が知られている。

この種の電動工具では、先端工具が被加工材等に食い付き、工具本体が、先端工具が取り付けられた出力軸周りに振り回されることがある。

【 0 0 0 3 】

そこで、この種の電動工具では、工具本体が出力軸周りに回転し、振り回されたことを、回転加速度センサを用いて検出して、モータの駆動を停止することが提案されている（例えば、特許文献1参照）。

【 先行技術文献 】

10

【 特許文献 】

【 0 0 0 4 】

【 特許文献 1 】 特許第 3 6 3 8 9 7 7 号 公 報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 5 】

上記提案の電動工具によれば、回転加速度センサからの検出信号を、前後2段の積分回路にて積分することで、工具本体の回転角度を算出し、回転角度が所定角度を越えるとモータを停止させる。

【 0 0 0 6 】

20

従って、検出信号の積分をノイズ等の影響を受けることなく実施できれば、電動工具が大きく振り回される前にモータを停止させることができる。

しかし、電動工具に設けられる加速度センサからの検出信号には、ノイズ等の不要信号が重畳されることから、検出信号の積分結果には誤差が積算される。

【 0 0 0 7 】

このため、電動工具の使用期間中、連続的に検出信号の積分を実施するようにすると、積分によって得られる速度や回転角度は、誤差の積算によって無限に増加或いは減少してゆき、工具本体が振り回されたことを正常に検出できなくなることが考えられる。

【 0 0 0 8 】

本開示の一面は、加速度センサを利用して工具本体が振り回されたことを検出するように構成された電動工具において、工具本体が振り回されたことを精度よく検出できるようにすることが望ましい。

30

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 9 】

本開示の一面の電動工具は、モータと、モータにより軸周りに回転駆動され、軸方向一端側に先端工具を取付可能な出力軸と、外部からの指令に従いモータを駆動するモータ制御部と、これら各部が収納されるハウジングとを備える。

【 0 0 1 0 】

また、電動工具には、ハウジングに加わる加速度を検出する加速度センサと、振り回され検出部が備えられている。

40

振り回され検出部は、加速度センサを介して出力軸周りの回転方向の加速度を取得し、その取得した加速度を積分することで出力軸周りの速度を算出し、その速度に基づきハウジングが出力軸周りに振り回されたことを検出するものである。

【 0 0 1 1 】

また、振り回され検出部は、加速度センサから過去一定時間内に取得した加速度を積分することで、速度を算出するように構成されており、モータ制御部は、振り回され検出部にてハウジングが振り回されたことが検出されると、モータの駆動を停止する。

【 0 0 1 2 】

このように、振り回され検出部は、モータ制御部がモータを駆動している間、連続的に加速度を積分するのではなく、過去一定時間内に取得した加速度を積分することで、速度

50

を算出する。従って、振り回され検出部において、ノイズ等によって速度に蓄積される誤差を低減できることになる。

【 0 0 1 3 】

よって、本開示の電動工具によれば、モータ制御部によりモータが長時間駆動されているときに、先端工具が被加工材等に食い付き、ハウジングが振り回されたときにでも、振り回され検出部にてその旨を検出して、モータの駆動を停止させることができるようになる。

【 0 0 1 4 】

ここで、振り回され検出部は、取得時からの経過時間が長い程重みが小さくなるように、過去一定時間内に取得した加速度に重み付けし、その重み付けした加速度を積算するよう構成されていてもよい。

10

【 0 0 1 5 】

このようにすれば、ハウジングが出力軸周りにゆっくりと回転しているときには、以前取得した加速度が積算されても、その積算値は小さくなり、ハウジングが出力軸周りに急峻に回転したときには、加速度の積算値は大きくなる。このため、ハウジングの振り回され状態をより良好に検知できることになる。

【 0 0 1 6 】

なお、振り回され検出部は、過去一定時間を直近の第1区間と第1区間以前の第2区間とに区分し、第2区間内に取得した加速度に対し、第1区間内に取得した加速度よりも重みが小さく、且つ、取得時からの経過時間が長い程重みが小さくなるように重み付けし、過去一定時間内の加速度を積算するよう構成されていてもよい。

20

【 0 0 1 7 】

また、振り回され検出部は、過去一定時間を時間軸上で複数に区分し、直近の区間に比べ、過去の区間の方が重みが小さくなるように、各区間内に取得した加速度毎に重み付けし、過去一定時間内の加速度を積算するよう構成されていてもよい。

【 0 0 1 8 】

このようにしても、加速度を重み付けして積算することになるので、上記と同様、ハウジングの振り回され状態をより良好に検知できることになる。

一方、振り回され検出部は、加速度センサからの検出信号を、ハイパスフィルタとして機能するデジタルフィルタにてフィルタリング処理し、フィルタリング処理後の検出信号から加速度を取得するよう構成されていてもよい。

30

【 0 0 1 9 】

このようにすれば、ハイパスフィルタとしてのデジタルフィルタによって、検出信号から、重力加速度成分等の不要な低周波信号成分を除去することができるだけでなく、アナログフィルタを利用した場合に比べて、加速度の検出精度を高めることができる。

【 0 0 2 0 】

つまり、加速度の検出信号をアナログフィルタで信号処理するようにした場合、電動工具への電源投入直後には、ハイパスフィルタを含む検出回路の基準電圧が0Vから規定電圧に急上昇するので、検出回路から出力される検出信号が安定するのに時間がかかる。

【 0 0 2 1 】

これに対し、加速度の検出信号をデジタルフィルタにてフィルタリング処理するようにすれば、電源投入直後の検出信号の信号レベルを初期値に設定できるので、検出信号(データ)が変動することがない。

40

【 0 0 2 2 】

このため、電動工具への電源投入直後から加速度を精度よく検出できるようになり、加速度の検出誤差によって、振り回され状態の検出精度が低下するのを抑制できる。

また次に、振り回され検出部は、加速度を積分することで算出した速度を、更に過去一定時間分積分することで、ハウジングの出力軸周りの回転角度を算出し、その回転角度に基づき、ハウジングが振り回されたことを検出するよう構成されていてもよい。

【 0 0 2 3 】

50

また、振り回され検出部は、加速度を積分することで算出した速度に基づき、ハウジングが振り回されたことを検出してからモータが停止するまでのハウジングの回転角度を予測し、その予測した回転角度を、速度を積分することで算出した回転角度に加算し、加算した回転角度に基づきハウジングが振り回されたことを検出するよう構成されていてもよい。

【0024】

そして、このようにすれば、ハウジングが出力軸周りに振り回される際の許容回転角度を規定することができるようになり、振り回され発生時に、より適切なタイミングでモータ（延いてはハウジング）の回転を停止させることができる。

【図面の簡単な説明】

10

【0025】

【図1】実施形態のハンマドリルの構成を表す断面図である。

【図2】ハンマドリルの外観を表す斜視図である。

【図3】集塵装置が取り付けられたハンマドリルを表す側面図である。

【図4】ハンマドリルの駆動系の電氣的構成を表すブロック図である。

【図5】モータ制御部の制御回路にて実行される制御処理を表すフローチャートである。

【図6】図5に示す入力処理の詳細を表すフローチャートである。

【図7】図5に示すモータ制御処理の詳細を表すフローチャートである。

【図8】図7に示すソフトノーロード処理の詳細を表すフローチャートである。

【図9】図5に示すA/D変換処理にて実行される電流負荷検出処理を表すフローチャートである。

20

【図10】図5に示す出力処理の詳細を表すフローチャートである。

【図11】図10に示すモータ駆動、回転方向出力処理の詳細を表すフローチャートである。

【図12】振り回され検出部の加速度検出回路にて実行される加速度負荷検出処理を表すフローチャートである。

【図13】振り回され検出部の加速度検出回路にて実行される振り回され検出処理を表すフローチャートである。

【図14】図13に示す振り回され検出処理にて実行される加速度・速度の積分動作を説明する説明図である。

30

【図15】図12及び図13に示す検出処理におけるハイパスフィルタの動作をアナログフィルタと比較して表す説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0026】

以下に本発明の実施形態を図面と共に説明する。

本実施形態のハンマドリル2は、ハンマビット等の先端工具4を、長軸方向に打撃動作させたり、長軸周りに回転動作させたりすることで、被加工材（例えば、コンクリート）に対しハツリ作業や穴あけ作業を行うためのものである。

【0027】

図1に示すように、ハンマドリル2は、ハンマドリル2の外郭を形成する本体ハウジング10を主体として構成されており、本体ハウジング10の先端領域には、先端工具4が、出力軸としての筒状のツールホルダ6を介して取り外し可能に取り付けられる。

40

【0028】

先端工具4は、ツールホルダ6のビット挿入孔6a内に挿入され、ツールホルダ6に対して、長軸方向への相対的な往復動が可能で、且つ、長軸方向周りの周方向への相対的な回転が規制された状態で保持される。

【0029】

本体ハウジング10は、モータ8を収容するモータハウジング12と、運動変換機構20、打撃要素30、回転伝達機構40、及び、モード切替機構50を収容するギヤハウジング14と、を主体として構成されている。

50

【0030】

本体ハウジング10において、先端工具4が取り付けられるツールホルダ6とは反対側には、ハンドグリップ16が接続されている。ハンドグリップ16には、作業者が把持する把持部16Aが形成されている。この把持部16Aは、先端工具4の長軸（換言すればツールホルダ6の中心軸）に交差する方向（図1の上下方向）に長くなっており、その把持部16Aの一部は、先端工具の長軸の延長線（長軸線）上に位置する。

【0031】

ハンドグリップ16において、把持部16Aの一端側（先端工具4の長軸線に近接した側）は、ギヤハウジング14に接続されており、把持部16Aの他端部（先端工具4の長軸線から離間した側）は、モータハウジング12に接続されている。

10

【0032】

ハンドグリップ16は、モータハウジング12に対し支持軸13を介してその軸周りに揺動可能に固定され、ハンドグリップ16とギヤハウジング14とは、防振用のスプリング15を介して接続されている。

【0033】

このため、先端工具4の打撃動作によってギヤハウジング14（換言すれば本体ハウジング10）に発生した振動は、スプリング15により抑制され、ハンドグリップ16は、本体ハウジング10に対し防振されることになる。

【0034】

なお、以下の説明では、説明の便宜上、先端工具4の長軸方向に関して、先端工具4側を前側と規定し、ハンドグリップ16側を後側と規定する。また、先端工具4の長軸方向に直交し、把持部16Aが延在する方向（図1の上下方向）に関して、ハンドグリップ16とギヤハウジング14との接続部側を上側と規定し、ハンドグリップ16とモータハウジング12との接続部側を下側と規定する。

20

【0035】

また、以下の説明では、ツールホルダ6に装着された先端工具4の長軸（換言すれば出力軸としてのツールホルダ6の中心軸）をZ軸、このZ軸に直交する上下方向をY軸、これら各軸に直交する左右方向（換言すれば本体ハウジング10の幅方向）をX軸と規定する（図2参照）。

【0036】

本体ハウジング10には、先端工具4の長軸方向に関して、前方側にギヤハウジング14が配置され、ギヤハウジングの14の下方側にモータハウジング12が配置されている。そして、ギヤハウジング14の後方にハンドグリップ16が連結されている。

30

【0037】

本実施形態では、モータハウジング12に収容されるモータ8として、ブラシレスモータが利用される。モータ8は、回転軸8Aが先端工具4の長軸方向に延在する軸線（つまりZ軸）に交差するように配置されている。すなわち、モータ8の回転軸8Aは、ハンマドリル2の上下方向に延在する。

【0038】

図2に示すように、ギヤハウジング14において、先端工具4が突出される先端領域の外周部分には、環状の固定部材36を介して、保持グリップ38が取り付けられている。保持グリップ38は、ハンドグリップ16と同様、使用者が把持するためのものであり、使用者は左右の手でハンドグリップ16と保持グリップ38を把持することで、ハンマドリル2をしっかりと保持することができる。

40

【0039】

図3に示すように、モータハウジング12の前側には集塵装置66を装着できるようになっている。このため、図1、図2に示すように、モータハウジング12において、モータ8の下方の前側には、集塵装置66を固定するための凹部が設けられており、この凹部には、集塵装置66と電氣的に接続するためのコネクタ64が設けられている。

【0040】

50

また、モータハウジング 1 2 において、モータ 8 の下方には、穴あけ作業のために先端工具 4 を回転動作させた際に先端工具 4 が被加工材に食い付いて本体ハウジング 1 0 が振り回されたことを検出する振り回され検出部 9 0 が収納されている。

【 0 0 4 1 】

次に、モータハウジング 1 2 において、振り回され検出部 9 0 の収納領域よりも後方には、ハンマドリル 2 の電源となる 2 つのバッテリーパック 6 2 A、6 2 B が設けられている。この 2 つのバッテリーパック 6 2 A、6 2 B は、モータハウジング 1 2 の下方に設けられたバッテリー装着部 6 0 に着脱自在に装着されている。

【 0 0 4 2 】

バッテリー装着部 6 0 は、振り回され検出部 9 0 の収納領域の下方端面（換言すれば底部）よりも上方に位置し、バッテリーパック 6 2 A、6 2 B を装着した際に、バッテリーパック 6 2 A、6 2 B の下方端面が、振り回され検出部 9 0 の収納領域の下方端面と一致するようになっている。

【 0 0 4 3 】

また、モータハウジング 1 2 において、バッテリー装着部 6 0 の上方には、バッテリーパック 6 2 A、6 2 B から電力供給を受けて、モータ 8 を駆動制御するためのモータ制御部 7 0 が設けられている。

【 0 0 4 4 】

モータ 8 の回転軸 8 A の回転は、運動変換機構 2 0 によって直線運動に変換された上で打撃要素 3 0 に伝達され、打撃要素 3 0 によって先端工具 4 の長軸方向の衝撃力が発生される。また、モータ 8 の回転軸 8 A の回転は、回転伝達機構 4 0 によって減速された上で先端工具 4 に伝達され、先端工具 4 が長軸周りに回転駆動される。なお、モータ 8 は、ハンドグリップ 1 6 に配置されたトリガ 1 8 の引き操作に基づいて駆動される。

【 0 0 4 5 】

図 1 に示すように、運動変換機構 2 0 は、モータ 8 の回転軸 8 A の上方に配置されている。

運動変換機構 2 0 は、回転軸 8 A によって回転駆動される中間軸 2 1 と、中間軸 2 1 に取り付けられた回転体 2 3 と、中間軸 2 1（回転体 2 3）の回転に伴いハンマドリル 2 の前後方向に揺動される揺動部材 2 5 と、揺動部材 2 5 の揺動に伴ってハンマドリル 2 の前後方向に往復移動する筒状のピストン 2 7 と、ピストン 2 7 を収容するシリンダ 2 9 を主体として構成されている。

【 0 0 4 6 】

中間軸 2 1 は回転軸 8 A に交差するように配置される。ピストン 2 7 は有底筒状部材であり、内部にストライカ 3 2 を摺動可能に収容している。シリンダ 2 9 は、ツールホルダ 6 の後方領域を形成しており、ツールホルダ 6 と一体に形成されている。

【 0 0 4 7 】

図 1 に示すように、打撃要素 3 0 は、運動変換機構 2 0 の前方であって、ツールホルダ 6 の後方に配置されている。打撃要素 3 0 は、ピストン 2 7 内に摺動可能に配置された打撃子としてのストライカ 3 2 と、ストライカ 3 2 の前方に配置され、ストライカ 3 2 が衝突するインパクトボルト 3 4 を主体として構成されている。

【 0 0 4 8 】

なお、ストライカ 3 2 の後方のピストン 2 7 内部の空間は、空気バネとして機能する空気室 2 7 a を形成している。したがって、ハンマドリル 2 の前後方向に関する揺動部材 2 5 の揺動によって、ピストン 2 7 が前後方向に往復移動され、これにより、ストライカ 3 2 が駆動される。

【 0 0 4 9 】

すなわち、ピストン 2 7 が前方に向かって移動することで、空気バネの作用によりストライカ 3 2 が前方に移動されて、インパクトボルト 3 4 に衝突する。これにより、インパクトボルト 3 4 が前方に移動され、先端工具 4 に衝突する。その結果、先端工具 4 が被加工材を打撃する。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 0 】

また、ピストン 2 7 が後方に向かって移動することで、空気室 2 7 a 内の空気の圧力が大気圧より負圧となり、ストライカ 3 2 が後方に移動される。また、先端工具 4 が被加工材を打撃した時の反力によっても、ストライカ 3 2 およびインパクトボルト 3 4 が後方に移動される。

【 0 0 5 1 】

これにより、ストライカ 3 2 およびインパクトボルト 3 4 が、ハンマドリル 2 の前後方向に往復移動する。なお、ストライカ 3 2 およびインパクトボルト 3 4 は、空気室 2 7 a の空気バネの作用によって駆動されるため、ピストン 2 7 の前後方向の動きに対して遅れるように前後方向に動く。

10

【 0 0 5 2 】

図 1 に示すように、回転伝達機構 4 0 は、運動変換機構 2 0 の前方であって、打撃要素 3 0 の下方に配置されている。回転伝達機構 4 0 は、中間軸 2 1 と共に回転する第 1 ギヤ 4 2 と、第 1 ギヤ 4 2 と係合する第 2 ギヤ 4 4 等の複数のギヤからなるギヤ減速機構を主体として構成されている。なお、モータ 8 の出力軸 8 A の先端に設けられた第 1 ベベルギヤと、中間軸 2 1 の後端に設けられ第 1 ベベルギヤと噛合する第 2 ベベルギヤによっても減速がなされる。

【 0 0 5 3 】

第 2 ギヤ 4 4 は、ツールホルダ 6 (シリンダ 2 9) と一体に取り付けられており、第 1 ギヤ 4 2 の回転をツールホルダ 6 に伝達する。これにより、ツールホルダ 6 に保持された先端工具 4 が回転される。

20

【 0 0 5 4 】

次に、本実施形態のハンマドリル 2 は、駆動モードとして、ハンマモード、ハンマドリルモード、及び、ドリルモードを備えている。

ハンマモードにおいては、先端工具 4 が長軸方向の打撃動作を行い、被加工材に対し打撃作業が行われる。ハンマドリルモードにおいては、先端工具 4 が長軸方向の打撃動作と長軸周りの回転動作を行う。これにより、被加工材に対してハンマドリル作業が行われる。ドリルモードにおいては、先端工具 4 は打撃動作を行わず、長軸周りの回転動作だけを行う。これにより、被加工材に対してドリル作業が行われる。

【 0 0 5 5 】

この駆動モードは、モード切替機構 5 0 によって切り替えられる。モード切替機構 5 0 は、図 1 に示す回転伝達部材 5 2 , 5 4 と、図 3 に示す切替ダイヤル 5 8 を主体として構成されている。

30

【 0 0 5 6 】

回転伝達部材 5 2 , 5 4 は、略円筒状部材であり、中間軸 2 1 に対して中間軸 2 1 の軸方向に移動可能である。この回転伝達部材 5 2 , 5 4 は、中間軸 2 1 とスプライン結合しており、中間軸 2 1 と一体に回転する。

【 0 0 5 7 】

そして、回転伝達部材 5 2 は、中間軸 2 1 の後方に移動することで、回転体 2 3 の前側に形成された係合溝と係合して、モータ 8 の回転を回転体 2 3 に伝達する。この結果、ハンマドリル 2 の駆動モードは、ハンマモード又はハンマドリルモードとなる。

40

【 0 0 5 8 】

また、回転伝達部材 5 4 は、中間軸 2 1 の前方に移動することで、第 1 ギヤ 4 2 と係合して、モータ 8 の回転を第 1 ギヤ 4 2 に伝達する。この結果、ハンマドリル 2 の駆動モードは、ハンマドリルモード又はドリルモードとなる。

【 0 0 5 9 】

切替ダイヤル 5 8 は、使用者により回動操作されることにより、回転伝達部材 5 2 , 5 4 を中間軸 2 1 上で変位させる。そして、切替ダイヤル 5 8 は、図 3 に示す 3 つの回動位置に切り替えられることで、ハンマドリル 2 の駆動モードを、ハンマモード、ハンマドリルモード、及び、ドリルモードの何れかに設定する。

50

【 0 0 6 0 】

次に、モータ制御部 7 0 及び振り回され検出部 9 0 の構成について図 4 を用いて説明する。

まず、振り回され検出部 9 0 は、3 軸 (X , Y , Z) 方向の加速度を検出する加速度センサ 9 2 と、この加速度センサ 9 2 からの検出信号を信号処理して本体ハウジング 1 0 が振り回されたことを検出する加速度検出回路 9 4 とを備える。なお、これら各部は、共通の回路基板に実装され、ケース内に収納されている。

【 0 0 6 1 】

加速度検出回路 9 4 は、CPU、ROM、RAM等を含むMCU (Micro Controller Unit) にて構成されている。そして、加速度検出回路 9 4 は、後述する振り回され検出処理にて、本体ハウジング 1 0 がハンマドリル 2 の出力軸である Z 軸周りに所定角度以上回転したことを、加速度センサ 9 2 からの検出信号 (詳しくは加速度の X 軸方向の出力) に基づき検出する。

10

【 0 0 6 2 】

また、加速度検出回路 9 4 は、加速度センサ 9 2 を利用して、先端工具 4 の打撃動作によって本体ハウジング 1 0 に生じる 3 軸方向の振動を検出する、加速度負荷検出処理も実行する。そして、この加速度負荷検出処理では、本体ハウジング 1 0 の振動 (つまり加速度) が閾値を越えると、先端工具 4 に負荷が加わったことを検出する。

【 0 0 6 3 】

一方、モータ制御部 7 0 は、駆動回路 7 2 と、制御回路 8 0 とを備える。なお、これら各部は、後述する各種検出回路と共に共通の回路基板に実装され、ケース内に収納されている。

20

【 0 0 6 4 】

駆動回路 7 2 は、バッテリーパック 6 2 (詳しくはバッテリーパック 6 2 A と 6 2 B の直列回路) から電力供給を受けて、モータ 8 (詳しくは 3 相ブラシレスモータ) 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 Q 1 ~ Q 6 を備える。

【 0 0 6 5 】

駆動回路 7 2 において、スイッチング素子 Q 1 ~ Q 3 は、モータ 8 の各端子 U , V , W と、バッテリーパック 6 2 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。

30

【 0 0 6 6 】

また、スイッチング素子 Q 4 ~ Q 6 は、モータ 8 の各端子 U , V , W と、バッテリーパック 6 2 の負極側に接続されたグラウ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。

【 0 0 6 7 】

なお、バッテリーパック 6 2 から駆動回路 7 2 に至る電力供給経路には、バッテリー電圧の電圧変動を抑制するためのコンデンサ C 1 が設けられている。

制御回路 8 0 は、加速度検出回路 9 4 と同様、CPU、ROM、RAM等を含むMCU にて構成されており、駆動回路 7 2 内のスイッチング素子 Q 1 ~ Q 6 をオン / オフさせることで、モータ 8 の各相巻線に電流を流し、モータ 8 を回転させるものである。

40

【 0 0 6 8 】

つまり、制御回路 8 0 は、トリガスイッチ 1 8 a、変速指令部 1 8 b、上限速度設定部 9 6 及び回転方向設定部 1 9 からの指令に従い、モータ 8 の指令回転速度及び回転方向を設定して、モータ 8 を駆動制御する。

【 0 0 6 9 】

ここで、トリガスイッチ 1 8 a は、トリガ 1 8 が引き操作されることによりオン状態となって、制御回路 8 0 にモータ 8 の駆動指令を入力するためのものである。また、変速指令部 1 8 b は、トリガ 1 8 の引き操作量 (換言すれば操作割合) に応じた信号を発生することで、その操作量に応じて指令回転速度を変化させるためのものである。

50

【 0 0 7 0 】

また、上限速度設定部 9 6 は、使用者により操作位置が段階的に切り替えられるダイヤル等にて構成されており、その操作位置によって、モータ 8 の回転速度の上限を設定するためのものである。

【 0 0 7 1 】

なお、この上限速度設定部 9 6 は、後述のソフトノーロード制御での無負荷回転速度よりも高い回転速度から低い回転速度までの範囲内で、モータ 8 の回転速度の上限を設定できるようにされている。

【 0 0 7 2 】

また、回転方向設定部 1 9 は、使用者が、外部操作によって、モータ 8 を穴あけ作業時の正方向に回転させるか、逆転させるかを設定するためのものであり、図 2、図 3 に示すように、本実施形態ではトリガ 1 8 の上方に設けられている。

10

【 0 0 7 3 】

制御回路 8 0 は、変速指令部 1 8 b からの信号と上限速度設定部 9 6 を介して設定された上限回転速度とに基づき、モータ 8 の指令回転速度を設定する。具体的には、制御回路 8 0 は、上限速度設定部 9 6 にて設定された上限回転速度をトリガ 1 8 の最大操作時の回転速度として、トリガ 1 8 の操作量（操作割合）に応じた指令回転速度を設定する。

【 0 0 7 4 】

そして、制御回路 8 0 は、設定した指令回転速度及び回転方向に応じて、駆動回路 7 2 を構成するスイッチング素子 Q 1 ~ Q 6 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駆動回路 7 2 に出力することで、モータ 8 を回転駆動させる。

20

【 0 0 7 5 】

次に、モータハウジング 1 2 の前方には、照明用の LED（照明 LED）8 4 が設けられており、制御回路 8 0 は、トリガスイッチ 1 8 a がオン状態となると、照明 LED 8 4 を点灯させて、先端工具 4 による被加工材の加工位置を照らすようになっている。

【 0 0 7 6 】

また、モータ 8 には、モータ 8 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 8 1 が設けられており、モータ制御部 7 0 には、この回転位置センサ 8 1 からの検出信号に基づきロータ位置を検出するロータ位置検出回路 8 2 が備えられている。

【 0 0 7 7 】

また、モータ制御部 7 0 には、電圧検出回路 7 8、電流検出回路 7 4、温度検出回路 7 6、及び、ロータ位置検出回路 8 2 が備えられおり、制御回路 8 0 には、これら各検出回路からの検出信号や、振り回され検出部 9 0 からの検出信号も入力される。

30

【 0 0 7 8 】

そして、制御回路 8 0 は、これら各検出回路からの検出信号に基づき、モータ 8 駆動時の回転速度を制限したり、モータ 8 の駆動を停止したりする。

なお、電圧検出回路 7 8 は、バッテリーパック 6 2 から供給されるバッテリー電圧を検出するためのものであり、電流検出回路 7 4 は、モータ 8 への通電経路に設けられた抵抗 R 1 を介してモータ 8 に流れた電流を検出するためのものである。

【 0 0 7 9 】

また、温度検出回路 7 6 は、モータ制御部 7 0 の温度を検出するためのものであり、ロータ位置検出回路 8 2 は、回転位置センサ 8 1 からの検出信号に基づき、モータ 8 の各巻線への通電タイミングを設定するのに必要なロータ位置を検出するためのものである。

40

【 0 0 8 0 】

一方、制御回路 8 0 は、MCU にて構成されているため、一定の電源電圧 V_{cc} を供給する必要がある。このため、モータ制御部 7 0 には、バッテリーパック 6 2 から電力供給を受けて一定の電源電圧 V_{cc} を生成し、制御回路 8 0 に供給するレギュレータ（図示せず）も設けられている。

【 0 0 8 1 】

また、振り回され検出部 9 0 の加速度検出回路 9 4 には、このレギュレータにて生成さ

50

れた電源電圧 V_{cc} が供給される。そして、加速度検出回路 94 は、X 軸方向の加速度から本体ハウジング 10 が振り回されたことを検出すると、エラー有り信号を制御回路 80 に出力する。

【0082】

なお、このエラー有り信号は、モータ 8 の駆動を停止させるためのものである。そして、加速度検出回路 94 は、本体ハウジング 10 が振り回されていないときには、エラー無し信号を制御回路 80 に出力する。

【0083】

また、加速度検出回路 94 は、本体ハウジング 10 の振動（つまり加速度）から先端工具 4 に負荷が加わっていることを検出すると、制御回路 80 に、先端工具 4 は負荷状態であることを表すロード信号を出力する。また、加速度検出回路 94 は、先端工具 4 に負荷が加わっていることを検出できなければ、制御回路 80 に、先端工具 4 は無負荷状態であることを表すノーロード信号を出力する。

10

【0084】

一方、モータハウジング 12 の前側に装着される集塵装置 66 は、上記各駆動モードでの先端工具 4 の打撃動作や回転動作によって被加工材のハツリ作業や穴あけ作業を行ったときに発生する粉塵を吸引するためのものである。

【0085】

このため、図 4 に示すように、集塵装置 66 には、集塵モータ 67 とこれを駆動するための回路基板 69 が設けられている。また、集塵装置 66 をモータハウジング 12 に装着すると、モータハウジング 12 に設けられた照明 LED 84 が隠れてしまうので、集塵装置 66 には、この照明 LED 84 に代えて被加工材の加工位置を照らすための照明 LED 68 が備えられている。

20

【0086】

そして、集塵装置 66 がモータハウジング 12 に装着されると、回路基板 69 に形成された通電経路を介して、バッテリーパック 62 から集塵モータ 67 に駆動電流を供給できるようになっている。

【0087】

また、集塵装置 66 がモータハウジング 12 に装着されると、回路基板 69 は、コネクタ 64 を介して、制御回路 80 に接続される。そして、回路基板 69 には、集塵モータ 67 への通電経路を導通・遮断するためのスイッチング素子 Q7 が設けられており、このスイッチング素子 Q7 は、制御回路 80 によりオン・オフ状態が切り替えられる。また、照明 LED 68 も、制御回路 80 からの駆動信号により点灯できるようになっている。

30

【0088】

次に、制御回路 80 にて実行される制御処理について、図 5 ~ 図 11 に示すフローチャートに沿って説明する。なお、この制御処理は、制御回路 80 を構成する CPU が、不揮発性の記憶媒体である ROM に記憶されたプログラムを実行することにより実現される。

【0089】

図 5 に示すように、この制御処理では、まず、S110（S はステップを表す）にて、モータ駆動の制御周期である所定のタイムベースが経過したか否かを判断することにより、前回 S120 以降の処理を実行してからタイムベースが経過するのを待つ。

40

【0090】

そして、S110 にてタイムベースが経過したと判断すると、S120 の入力処理、S130 の A/D 変換処理、S140 のモータ制御処理、及び、S150 の出力処理を順次実行し、再度 S110 に移行する。つまり、この制御処理では、S120 ~ S150 の一連の処理を、所定のタイムベースで周期的に実行する。

【0091】

ここで、S120 の入力処理では、図 6 に示すように、まず、S210 にて、トリガスイッチ 18a からトリガ 18 の操作状態を取り込むトリガスイッチ（トリガ SW）入力処理を実行する。また、続く S220 では、回転方向設定部 19 から、モータ 8 の回転方向

50

を取り込む回転方向入力処理を実行する。

【 0 0 9 2 】

次に、続く S 2 3 0、S 2 4 0 では、振り回され検出部 9 0 から振り回され検出結果（エラー有り信号又はエラー無し信号）及び加速度負荷検出結果（ロード信号又はノーロード信号）をそれぞれ取り込む、振り回され検出入力処理及び加速度負荷検出入力処理を実行する。

【 0 0 9 3 】

そして、最後に、S 2 5 0 にて、バッテリー電圧を集塵装置 6 6 のコネクタ 6 4 を経由して検出する集塵装置入力処理を実行し、S 1 2 0 の入力処理を終了する。なお、S 2 5 0 の集塵装置入力処理でバッテリー電圧を検出するのは、集塵装置 6 6 がモータハウジング 1 2 に装着されているか否かを判断できるようにするためである。

10

【 0 0 9 4 】

次に、S 1 3 0 の A / D 変換処理では、変速指令部 1 8 b、上限速度設定部 9 6、電圧検出回路 7 8、電流検出回路 7 4、温度検出回路 7 6 等から、トリガ 1 8 の引き操作量や上限速度、或いは、電圧、電流、温度等の検出信号（電圧）を A / D 変換して取り込む。

【 0 0 9 5 】

また、S 1 4 0 のモータ制御処理では、図 7 に示すように、まず S 3 1 0 にて、モータ 8 を駆動するか否かを判断する。

この判断は、トリガスイッチ 1 8 a がオン状態で、S 1 3 0 で取り込んだ電圧、電流、温度が正常であり、振り回され検出部 9 0 にて本体ハウジング 1 0 の振り回され状態が検出されていない（エラー無し信号入力）、というモータ駆動条件が成立しているか否かを判断することにより実行される。

20

【 0 0 9 6 】

モータ駆動条件が成立していて、S 3 1 0 にてモータ 8 を駆動すると判断されると、S 3 2 0 に移行して、変速指令部 1 8 b からの信号と上限速度設定部 9 6 を介して設定された上限回転速度とに基づき指令回転速度を設定する、指令回転速度設定処理を実行する。

【 0 0 9 7 】

また、続く S 3 3 0 では、先端工具 4 が無負荷（ノーロード）状態であるときに、モータ 8 の指令回転速度を、予め設定された無負荷回転速度 N t h 以下に制限する、ソフトノーロード処理を実行し、S 3 4 0 に移行する。

30

【 0 0 9 8 】

S 3 4 0 では、S 3 2 0 にて設定されるか、或いは、S 3 3 0 にて無負荷回転速度 N t h 以下に制限された指令回転速度から、モータ 8 の駆動デューティ比を設定する制御量設定処理を実行し、当該モータ制御処理を終了する。

【 0 0 9 9 】

なお、S 3 4 0 において、モータ 8 の駆動デューティ比を設定する際には、指令回転速度がトリガ操作等で設定される回転速度から無負荷回転速度、或いは、その逆方向に切り替わったときに、その変化に応じて駆動デューティ比が急変することのないようにされている。

【 0 1 0 0 】

つまり、S 3 4 0 では、駆動デューティ比の変化速度（換言すれば傾き）を制限することで、モータ 8 の回転速度を徐々に変化させる。これは、先端工具 4 が被加工材に当接されたときや、被加工材から離されたときに、モータ 8 の回転速度が急変するのを抑制するためである。

40

【 0 1 0 1 】

また、モータ駆動条件が成立しておらず、S 3 1 0 にてモータ 8 を駆動しないと判断されると、S 3 5 0 に移行して、モータ 8 の駆動停止を設定するモータ停止設定処理を実行し、当該モータ制御処理を終了する。

【 0 1 0 2 】

次に、図 8 に示すように、S 3 3 0 のソフトノーロード処理においては、まず S 3 3 2

50

にて、モータ 8 の指令回転速度を無負荷回転速度 N_{th} 以下に制限するソフトノーロード制御の実行条件（ソフトノーロード条件）が成立しているか否かを判断する。

【0103】

なお、ソフトノーロード条件は、図 9 に示す電流負荷検出処理、及び、振り回され検出部 90 の加速度検出回路 94 にて、先端工具 4 が無負荷状態であると判定され、且つ、ハンマドリル 2 に集塵装置 66 が装着されていないときに成立するように予め設定されている。

【0104】

そして、S332 にて、ソフトノーロード条件が成立していると判断されると、S334 に移行して、指令回転速度が、ソフトノーロード制御の上限回転速度である無負荷回転速度 N_{th} （例えば、11000 rpm）を越えているか否かを判断する。

10

【0105】

S334 にて、指令回転速度が無負荷回転速度 N_{th} を越えていると判断されると、S336 に移行して、指令回転速度に無負荷回転速度 N_{th} を設定し、ソフトノーロード処理を終了する。

【0106】

また、S332 にて、ソフトノーロード条件は成立していないと判断されるか、或いは、S334 にて、指令回転速度は無負荷回転速度 N_{th} を超えていないと判断された場合にも、ソフトノーロード処理を終了する。

【0107】

従って、ソフトノーロード処理によれば、図 9 の電流負荷検出処理及び加速度検出回路 94 の両方で先端工具 4 の無負荷状態であると判定され、且つ、ハンマドリル 2 に集塵装置 66 が装着されていないときに、指令回転速度を無負荷回転速度 N_{th} 以下に制限することになる。

20

【0108】

次に、図 9 に示す電流負荷検出処理は、S130 の A/D 変換処理において、電流検出回路 74 からモータ 8 に流れる電流を取り込んだ際に、その取り込んだ電流値に基づき先端工具 4 が無負荷状態であるか否かを判断するために実行される処理である。

【0109】

この電流負荷検出処理においては、まず S410 にて、A/D 変換して取り込んだ電流値（検出電流）が、予め設定された負荷判定用の電流閾値 I_{th} を越えているか否かを判断する。

30

【0110】

そして、検出電流が電流閾値 I_{th} を越えている場合には、S420 にて、負荷判定用の負荷カウンタをインクリメント（+1）し、S430 にて、無負荷判定用の無負荷カウンタをデクリメント（-1）し、S440 に移行する。

【0111】

S440 では、負荷カウンタの値が負荷判定用に予め設定された負荷判定値 T_1 を越えたか否かを判断する。そして、負荷カウンタの値が負荷判定値 T_1 を越えていれば、S450 に移行して、先端工具 4 が負荷状態であることを表す電流負荷検出フラグをセットした後、電流負荷検出処理を終了する。

40

【0112】

また、負荷カウンタの値が負荷判定値 T_1 を越えていなければ、そのまま電流負荷検出処理を終了する。なお、電流負荷検出フラグは、ソフトノーロード処理の S332 にて、先端工具 4 の負荷状態が電流値から検出されていること（電流負荷）を検知するのに用いられる。

【0113】

次に、S410 にて、検出電流が電流閾値 I_{th} 以下であると判断された場合には、S460 に移行して、無負荷カウンタをインクリメント（+1）し、続く S470 にて、負荷カウンタをデクリメント（-1）する。

50

【 0 1 1 4 】

そして、続く S 4 8 0 では、無負荷カウンタの値が無負荷判定用に予め設定された無負荷判定値 T 2 を越えたか否かを判断する。そして、無負荷カウンタの値が無負荷判定値 T 2 を越えていれば、S 4 9 0 に移行して、先端工具 4 が無負荷状態であると判断して、電流負荷検出フラグをクリアし、電流負荷検出処理を終了する。

【 0 1 1 5 】

また、無負荷カウンタの値が無負荷判定値 T 2 を越えていなければ、そのまま電流負荷検出処理を終了する。

なお、負荷カウンタ及び無負荷カウンタは、検出電流が電流閾値 I_{th} を越えている時間と越えていない時間を計測するためのものであり、電流負荷検出処理では、負荷判定値 T 1 及び無負荷判定値 T 2 を用いて、その計測時間が所定時間に達したか否かを判断する。この負荷判定値 T 1 は、本開示の第 1 閾値時間に相当し、無負荷判定値 T 2 は、本開示の第 2 閾値時間に相当する。

10

【 0 1 1 6 】

そして、本実施形態では、先端工具 4 の負荷状態をより早く検出して、モータ 8 の回転速度をトリガ操作量に対応した指令回転速度に制御できるようにするため、負荷判定値 T 1 には、無負荷判定値 T 2 よりも小さい値（短い時間）が設定される。例えば、負荷判定値 T 1 には 1 0 0 m s に対応した値が設定され、無負荷判定値 T 2 には 5 0 0 m s に対応した値が設定される。

【 0 1 1 7 】

次に、S 1 5 0 の出力処理では、図 1 0 に示すように、まず、S 5 1 0 にて、駆動回路 7 2 にモータ 8 を指令回転速度で駆動するための制御信号と回転方向を出力するモータ駆動、回転方向出力処理を実行する。

20

【 0 1 1 8 】

また、続く S 5 2 0 では、ハンマドリル 2 に装着された集塵装置 6 6 に対し、集塵モータ 6 7 の駆動信号を出力する集塵出力処理を実行する。そして、S 5 3 0 にて、照明 L E D 8 4 に駆動信号を出力して照明 L E D 8 4 を点灯させる照明出力処理を実行し、当該出力処理を終了する。

【 0 1 1 9 】

なお、S 5 3 0 において、ハンマドリル 2 に集塵装置 6 6 が装着されているときには、集塵装置 6 6 に設けられた照明 L E D 6 8 に駆動信号を出力して照明 L E D 6 8 を点灯させる。

30

【 0 1 2 0 】

また、S 5 1 0 のモータ駆動、回転方向出力処理においては、図 1 1 に示すように、まず S 5 1 1 にて、モータ 8 を駆動するか否かを判断する。なお、S 5 1 1 の処理は、モータ制御処理の S 3 1 0 と同様に実行される。

【 0 1 2 1 】

つまり、S 5 1 1 では、トリガスイッチ 1 8 a がオン状態で、S 1 3 0 で取り込んだ電圧、電流、温度が正常であり、振り回され検出部 9 0 にて本体ハウジング 1 0 の振り回され状態が検出されていない（エラー無し信号入力）、というモータ駆動条件が成立しているか否かを判断する。

40

【 0 1 2 2 】

そして、モータ駆動条件が成立していて、S 5 1 1 にて、モータ 8 を駆動すると判断されると、S 5 1 2 に移行し、モータ駆動出力をオン状態にして、駆動回路 7 2 への制御信号の出力を開始させる。

【 0 1 2 3 】

また、続く S 5 1 3 では、モータ 8 の回転方向は正方向（正転）であるか否かを判断し、モータ 8 の回転方向が正方向（正転）であれば、S 5 1 4 に移行して、駆動回路 7 2 にモータ 8 の回転方向として「正転」を出力し、当該モータ駆動、回転方向出力処理を終了する。

50

【 0 1 2 4 】

また、S 5 1 3 にて、モータ 8 の回転方向は正方向ではないと判断されると、S 5 1 5 に移行して、駆動回路 7 2 にモータ 8 の回転方向として「逆転」を出力し、当該モータ駆動、回転方向出力処理を終了する。

【 0 1 2 5 】

また、モータ駆動条件が成立しておらず、S 5 1 1 にて、モータ 8 は駆動しないと判断されると、S 5 1 6 にて、モータ駆動出力をオフ状態にして、駆動回路 7 2 への制御信号の出力を停止させる。

【 0 1 2 6 】

次に、振り回され検出部 9 0 の加速度検出回路 9 4 において実行される加速度負荷検出処理及び振り回され検出処理を、図 1 2 及び図 1 3 のフローチャートに沿って説明する。

図 1 2 に示すように、加速度負荷検出処理においては、S 6 1 0 にて、先端工具 4 の負荷判定のために予め設定されたサンプリング時間が経過したか否かを判断することにより、前回 S 6 2 0 以降の処理を実行してから所定のサンプリング時間が経過するのを待つ。

【 0 1 2 7 】

そして、S 6 1 0 にて、サンプリング時間が経過したと判断されると、S 6 2 0 に移行して、トリガスイッチ 1 8 a がオン状態であるか否か（つまり、使用者からモータ 8 の駆動指令が入力されているか否か）を判断する。

【 0 1 2 8 】

S 6 2 0 にて、トリガスイッチ 1 8 a がオン状態であると判断されると、S 6 3 0 に移行する。S 6 3 0 では、加速度センサ 9 2 から 3 軸（X，Y，Z）方向の加速度を A / D 変換して取り込み、続く S 6 4 0 にて、その取り込んだ加速度データをフィルタリング処理することで、各軸方向の加速度データから、それぞれ、重力加速度成分を除去する。

【 0 1 2 9 】

なお、S 6 4 0 でのフィルタリング処理は、重力加速度成分を除去するための処理であるため、重力加速度に対応した低周波成分を除去するために、カットオフ周波数が 1 ~ 1 0 H z 程度のハイパスフィルタ（H P F）としての処理が実行される。

【 0 1 3 0 】

次に、S 6 4 0 にて、3 軸方向の加速度がそれぞれフィルタリング処理されると、S 6 5 0 に移行して、フィルタリング処理後の加速度を D / A 変換し、例えば、D / A 変換後の加速度信号を全波整流することで、加速度 [G] の絶対値を取得する。

【 0 1 3 1 】

また、続く S 6 6 0 では、S 6 5 0 で取得した 3 軸方向の加速度 [G] の絶対値を、ローパスフィルタ（L P F）を使って平滑化させることで、平滑加速度を取得し、S 6 7 0 に移行する。

【 0 1 3 2 】

S 6 7 0 では、各軸の平滑加速度と負荷・無負荷判定用に予め設定された設定された閾値とを比較し、3 軸のうちの何れかの平滑加速度が閾値を越える状態が、連続的に一定時間以上経過したか否かを判断する。

【 0 1 3 3 】

S 6 7 0 にて、3 軸のうちの何れかの平滑加速度が閾値を越える状態が、連続的に一定時間以上経過したと判断されると、先端工具 4 が負荷状態にあると判断して、S 6 8 0 に移行する。そして、S 6 8 0 では、先端工具 4 が負荷状態であることを表すロード信号を制御回路 8 0 へ出力し、S 6 1 0 に移行する。

【 0 1 3 4 】

また、S 6 7 0 にて、3 軸のうちの何れかの平滑加速度が閾値を越える状態が、連続的に一定時間以上経過していないと判断されるか、或いは、S 6 2 0 にて、トリガスイッチ 1 8 a はオフ状態であると判断されると、S 6 9 0 に移行する。

【 0 1 3 5 】

S 6 9 0 では、制御回路 8 0 へノーロード信号を出力することで、先端工具 4 は無負荷

10

20

30

40

50

状態であることを制御回路 80 に通知し、S 6 1 0 に移行する。

この結果、制御回路 80 側では、加速度検出回路 94 から出力されるロード信号又はノーロード信号を取り込むことで、先端工具 4 の負荷状態（加速度負荷）が検出されているか否か、延いては、ソフトノーロード条件が成立しているか否か、を判断できることになる。

【 0 1 3 6 】

次に、図 1 3 に示すように、振り回され検出処理においては、S 7 1 0 にて、振り回され検出のために予め設定されたサンプリング時間が経過したか否かを判断することにより、前回 S 7 2 0 以降の処理を実行してから所定のサンプリング時間が経過するのを待つ。

【 0 1 3 7 】

そして、S 7 1 0 にて、サンプリング時間が経過したと判断されると、S 7 2 0 に移行して、トリガスイッチ 1 8 a がオン状態であるか否かを判断し、トリガスイッチ 1 8 a がオン状態であれば、S 7 3 0 に移行する。

【 0 1 3 8 】

S 7 3 0 では、当該振り回され検出処理にてハンマドリル 2 が振り回されたことが検出されて、現在エラー状態になっているか否かを判断し、エラー状態になっていければ、S 7 1 0 に移行し、エラー状態になっていなければ、S 7 4 0 に移行する。

【 0 1 3 9 】

S 7 4 0 では、加速度センサ 9 2 から X 軸方向の加速度を A / D 変換して取り込む。そして、続く S 7 5 0 では、上述した S 6 4 0 と同様、HPF としてのフィルタリング処理にて、その取り込んだ X 軸方向の加速度データから、重力加速度成分を除去する。

【 0 1 4 0 】

次に、S 7 6 0 では、フィルタリング処理後の X 軸方向の加速度 [G] から、Z 軸周りの角加速度 [rad/s²] を、演算式「角加速度 = 加速度 G × 9 . 8 / 距離 L」を用いて算出し、S 7 7 0 に移行する。なお、この演算式において、距離 L は、加速度センサ 9 2 と Z 軸との間の距離である。

【 0 1 4 1 】

S 7 7 0 では、S 7 6 0 で求めた角加速度を 1 サンプリング時間分積分し、続く S 7 8 0 にて、角加速度の積分初期値を更新する。この積分初期値は、過去一定時間内の角加速度の積分値であり、S 7 8 0 では、S 7 6 0 にて今回新たに角加速度を算出したので、一定時間以上前にサンプリングした角加速度の 1 サンプリング時間分の積分値を積分初期値から除去する。

【 0 1 4 2 】

そして、続く S 7 9 0 では、S 7 8 0 にて更新した角加速度の積分初期値と、S 7 7 0 にて算出した最新の角加速度の積分値とを加算することで、Z 軸周りの角速度 [rad/s] を算出する。

【 0 1 4 3 】

また次に、S 8 0 0 では、S 7 9 0 で算出した角速度を 1 サンプリング時間分積分し、続く S 8 1 0 にて、角速度の積分初期値を更新する。この積分初期値は、過去一定時間内の角速度の積分値であり、S 8 1 0 では、S 7 9 0 にて今回新たに角速度を算出したので、一定時間以上前に求めた角速度の 1 サンプリング時間分の積分値を積分初期値から除去する。

【 0 1 4 4 】

そして、続く S 8 2 0 では、S 8 1 0 にて更新した角速度の積分初期値と、S 8 0 0 にて算出した最新の角速度の積分値とを加算することで、ハンマドリル 2 の Z 軸周りの回転角度 [rad] を算出する。

【 0 1 4 5 】

次に、S 8 3 0 では、S 7 9 0 にて求めた現在の角速度に基づき、ハンマドリル 2 が Z 軸周りに振り回されたことを検出してからモータ 8 が停止するのに要する回転角度を算出し、S 8 4 0 に移行する。なお、この回転角度は、角速度に、予め設定された予測時間を

10

20

30

40

50

乗じること（回転角度 = 角速度 × 予測時間）で算出される。

【0146】

S840では、S820で算出したZ軸周りの回転角度に、S830で算出した回転角度を加算することで、振り回され検出後の回転角度を含めたZ軸周りの回転角度を予測角度として算出する。

【0147】

次に、S850では、S840で算出した予測角度が振り回され検出用角度として予め設定されている閾値を越え、しかも、その状態が連続して一定時間以上経過したか否かを判断する。

【0148】

そして、S850にて肯定判断されると、S860に移行して、制御回路80へエラー有り信号を出力することで、被加工材の穴開け作業時に先端工具4が被加工材に食い付き、ハンマドリル2の振り回されが始まったことを通知し、S710に移行する。

【0149】

この結果、制御回路80側では、モータ駆動条件が成立していないと判断されて、モータ8の駆動が停止され、ハンマドリル2が大きく振り回されるのを抑制できることになる。

【0150】

一方、S850にて否定判断された場合には、S870に移行して、制御回路80へエラー無し有り信号を出力することで、ハンマドリル2は振り回されていないことを通知し、S710に移行する。

【0151】

また、S720にて、トリガスイッチ18aはオン状態ではないと判断された場合には、ハンマドリル2は動作を停止しているので、S880に移行して、角加速度及び角速度の積分値及び積分初期値をリセットし、S870に移行する。

【0152】

以上説明したように、本実施形態のハンマドリル2においては、振り回され検出部66の加速度検出回路94が振り回され検出処理を実行することで、先端工具4の回転駆動時に本体ハウジング10がZ軸（出力軸）周りに振り回されたか否かを判定する。

【0153】

そして、本体ハウジング10がZ軸周りに振り回されたことが検出されると、制御回路80がモータ8の駆動を停止し、本体ハウジング10がより大きく振り回されるのを抑制する。

【0154】

また、振り回され検出処理では、加速度センサ92からのX軸方向の加速度信号を一定のサンプリング周期で順次サンプリングして、Z軸周りの角加速度に変換し、過去一定時間内に得られた角加速度にサンプリング時間を乗じて積算することにより、角加速度の積分値である角速度を算出する。

【0155】

このため、本実施形態によれば、積分回路を利用して加速度信号を積分するようにした場合に比べて、Z軸周りの角速度を精度よく検出することができる。

つまり、加速度信号を積分回路に入力してZ軸周りの角速度を検出するようにした場合、加速度信号は順次連続的に積分されることになるので、得られる角速度には誤差が蓄積されて、角速度の検出精度が低くなる。

【0156】

これに対し、本実施形態では、図14に示すように、過去一定時間 T内にサンプリングした加速度信号だけを使って、角速度を算出するので、ノイズ等によって角速度に蓄積される誤差を少なくし、角速度の検出精度を高めることができるようになるのである。

【0157】

なお、図13のS780にて、過去一定時間の角加速度の積分値である積分初期値を更

10

20

30

40

50

新する際には、図 1 4 に示す特性 A のように、過去一定時間内に得られた角加速度をそのまま利用して、各サンプリング期間毎の角速度を求め、加算するようによい。

【 0 1 5 8 】

また、図 1 4 に示す特性 B ~ E のように、過去一定時間内に得られた角加速度に対し重み係数を乗じることで、取得時からの経過時間が長い程重みが小さくなるように、各角加速度を重み付けし、その重み付けした各角加速度にサンプリング時間に乗じて、角サンプリング期間毎の角速度を求め、加算するようによい。

【 0 1 5 9 】

そして、このように過去一定時間内に得られた角加速度に重み付けして角速度を求めるようによい、過去一定時間内に得られた角加速度の内、最近得られた角加速度を、角速度に大きく反映させることができる。

10

【 0 1 6 0 】

このため、上記のように算出された角速度は、本体ハウジング 1 0 の Z 軸周りの振り回され状態をより忠実に反映したものとなり、その角速度から、本体ハウジング 1 0 の振り回され状態を良好に検知できることになる。

【 0 1 6 1 】

なお、図 1 4 に示す特性 B は、過去一定時間 T を直近の第 1 区間 T 1 と第 1 区間 T 1 以前の第 2 区間 T 2 とに区分し、第 2 区間 T 2 内に取得した加速度に対し、第 1 区間 T 1 内に取得した加速度よりも重みが小さく、且つ、取得時からの経過時間が長い程重みが小さくなるように、重み付けすることを表している。

20

【 0 1 6 2 】

また、図 1 4 に示す特性 C は、過去一定時間 T を時間軸上で複数の区間 T 1 ~ T 4 に区分し、直近の区間 T 1 に比べ、過去の区間 T 2 ~ T 4 の方が重みが小さくなるように、各区間 T 2 ~ T 4 内に取得した加速度毎に重み付けすることを表している。

【 0 1 6 3 】

また、図 1 4 に示す特性 D、E は、取得時からの経過時間が長い程重みが小さくなるように、過去一定時間 T 内に得られた角加速度全てに対し連続的に変化する重み係数を乗じることを表している。また、特性 D は、重み係数の変化割合を一定にした状態を表し、特性 E は、重み係数の変化割合を変化させた状態を表している。

30

【 0 1 6 4 】

そして、図 1 4 に示す特性 A ~ 特性 E については、振り回され検出の対象となる電動工具に適したものを利用すればよく、重み係数の変化割合等については、適宜設定すればよい。

【 0 1 6 5 】

また、本実施形態では、上記のように算出した角速度を過去一定時間分記憶し、各角速度にサンプリング時間に乗じて積算することにより、角速度の積分値である回転角度を算出するが、この回転速度の算出にも、図 1 4 に例示した特性 A ~ E を利用すればよい。そして、このように回転速度を算出することで、回転速度の精度を高めることができる。

【 0 1 6 6 】

また、本実施形態では、このように角速度から算出した回転速度を使って、本体ハウジング 1 0 の振り回され状態を判定するが、その判定時には、モータ 8 が停止するのに要する回転角度を予測し、その予測した回転速度を、判定に用いる回転速度に加算する。

40

【 0 1 6 7 】

このため、本実施形態によれば、本体ハウジング 1 0 が Z 軸周りに振り回される際の許容回転角度を規定することができるようになり、振り回され発生検出時に、より適切なタイミングでモータ 8 (延いては本体ハウジング 1 0) の回転を停止させることが可能となる。

【 0 1 6 8 】

また次に、本実施形態では、加速度検出回路 9 4 が加速度センサ 9 2 から検出信号 (加

50

速度信号)を取り込む際には、ハイパスフィルタとして機能するデジタルフィルタにてフィルタリング処理し、フィルタリング処理後の検出信号から加速度を取得するようにされている。

【0169】

このため、加速度センサ92からの検出信号をアナログフィルタ(ハイパスフィルタ)に入力することで、重力加速度成分等を除去するようにした場合に比べ、加速度の検出精度を高めることができる。

【0170】

つまり、加速度センサ92からの検出信号は、本体ハウジング10に加わる加速度に応じて変動するが、ハンマドリル2に電源が投入されていないときには、変動中心がグラウンド電位となる。

10

【0171】

そして、ハンマドリル2に電源が投入されると、図15の上段に示すように、加速度検出信号の変動中心は、入力回路の基準電圧(一般に電源電圧 V_{cc} の中間電圧： $V_{cc}/2$)に重力加速度成分(V_g)を加えた電圧値まで持ち上げられる。

【0172】

また、ハンマドリル2への電源投入時には、モータ8も駆動停止しているので、本体ハウジング10に加速度は発生していないと考えられる。従って、加速度センサ92からの入力信号(加速度検出信号)は一定電圧「 $(V_{cc}/2) + V_g$ 」まで立ち上がることになる。

20

【0173】

この場合、加速度検出信号を、アナログフィルタ(ハイパスフィルタ：HPF)に入力して、重力加速度成分(V_g)を除去するようにしていると、図15の中段に示すように、アナログフィルタからの出力は、電源投入後に急峻に立ち上がり、基準電圧($V_{cc}/2$)よりも高くなる。そして、その後は、基準電圧($V_{cc}/2$)に収束することになるが、そのように安定するまでには、時間がかかる。

【0174】

これに対し、本実施形態のように、加速度の検出信号をデジタルフィルタにてフィルタリング処理するようにすれば、図15の下段に示すように、電源投入直後の検出信号の信号レベルを初期値に設定できるので、検出信号(データ)が変動することがない。

30

【0175】

従って、本実施形態によれば、ハンマドリル2への電源投入直後から加速度を精度よく検出できるようになる。

また、振り回され検出部90は、モータ制御部70とは別体に構成されていることから、これらを一体化した場合に比べて小型化できる。このため、振り回され検出部90は、本体ハウジング10内の空きスペースを利用して、本体ハウジング10の挙動(加速度)を検出し易い位置に配置できるようになる。

【0176】

以上、本発明を実施するための形態について説明したが、本発明は上述の実施形態に限定されることなく、種々変形して実施することができる。

40

例えば、上記実施形態では、ハンマドリル2がZ軸周りに振り回されたことを検出するのに、本体ハウジング10のZ軸周りの回転角度を算出するものとして説明したが、振り回され状態の検出には、必ずしも回転角度を求める必要はない。つまり、回転角度を求めるのに用いた角速度から、振り回され状態を検出するようにしてもよい。

【0177】

また、上記実施形態では、加速度センサ92から得られるX軸方向の加速度を角加速度に変換して、角速度を求めるものとして説明したが、X軸方向の加速度を上記と同様の手順で積分して、X軸方向の速度を求め、その速度から振り回され状態を検出するようにしてもよい。また、X軸方向の速度を積分することで、本体ハウジング10のZ軸周りの回転角度を求め、その回転角度に基づき、振り回され状態を検出するようにしてもよい。

50

【0178】

また、上記実施形態では、電動工具としてハンマドリル2を例にとり説明したが、本開示の技術は、先端工具を回転させて被加工材の穴開け作業やねじやボルト等の締め付け作業を行う穿孔工具、緊締工具等の回転電動工具であれば、上記と同様に適用できる。

【0179】

また、上記実施形態における1つの構成要素が有する複数の機能を、複数の構成要素によって実現したり、1つの構成要素が有する1つの機能を、複数の構成要素によって実現したりしてもよい。また、複数の構成要素が有する複数の機能を、1つの構成要素によって実現したり、複数の構成要素によって実現される1つの機能を、1つの構成要素によって実現したりしてもよい。また、上記実施形態の構成の一部を省略してもよい。また、上記実施形態の構成の少なくとも一部を、他の上記実施形態の構成に対して付加又は置換してもよい。なお、特許請求の範囲に記載した文言のみによって特定される技術思想に含まれるあらゆる態様が本発明の実施形態である。

10

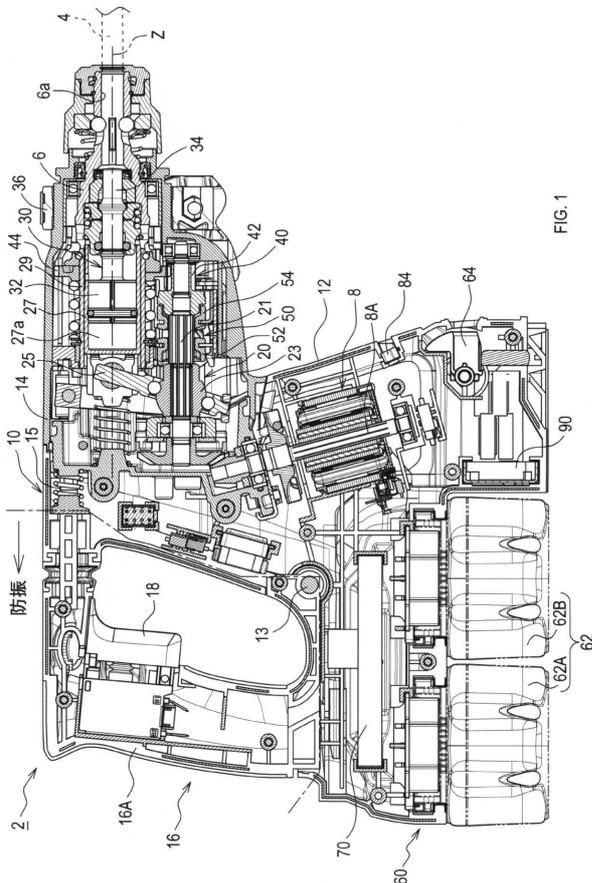
【符号の説明】

【0180】

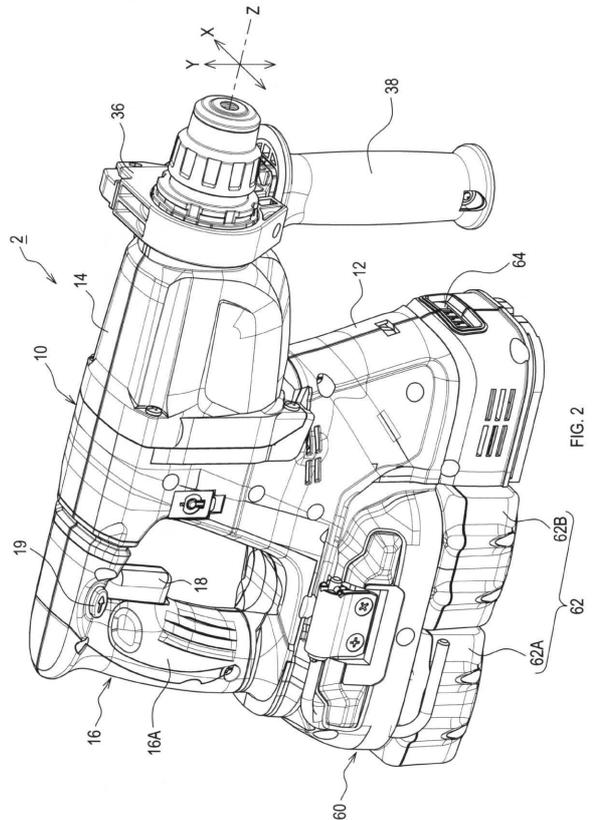
2...ハンマドリル、4...先端工具、6...ツールホルダ、8...モータ、10...本体ハウジング、12...モータハウジング、14...ギヤハウジング、16...ハンドグリップ、18...トリガ、18a...トリガスイッチ、18b...変速指令部、20...運動変換機構、30...打撃要素、38...保持グリップ、40...回転伝達機構、50...モード切替機構、58...切替ダイヤル、60...バッテリー装着部、62, 62A, 62B...バッテリーパック、64...コネクタ、66...集塵装置、70...モータ制御部、74...電流検出回路、80...制御回路、90...振り回され検出部、92...加速度センサ、94...加速度検出回路、96...上限速度設定部。

20

【図1】



【図2】



【図3】

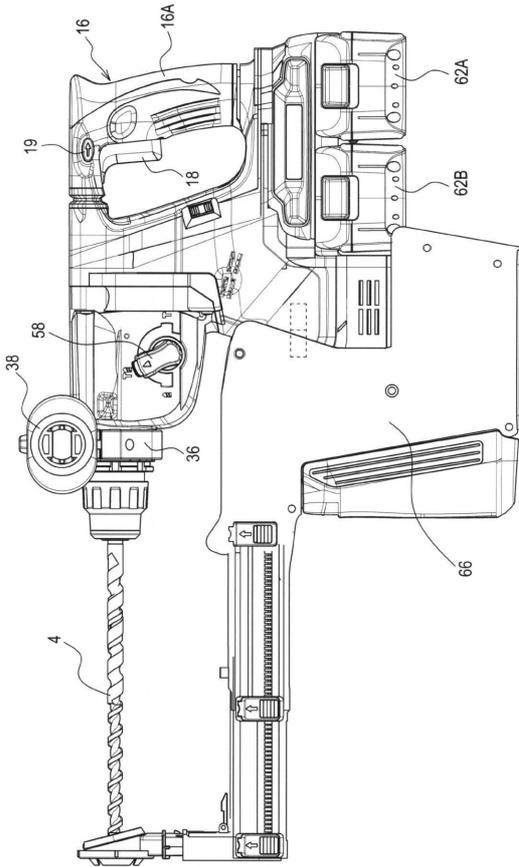
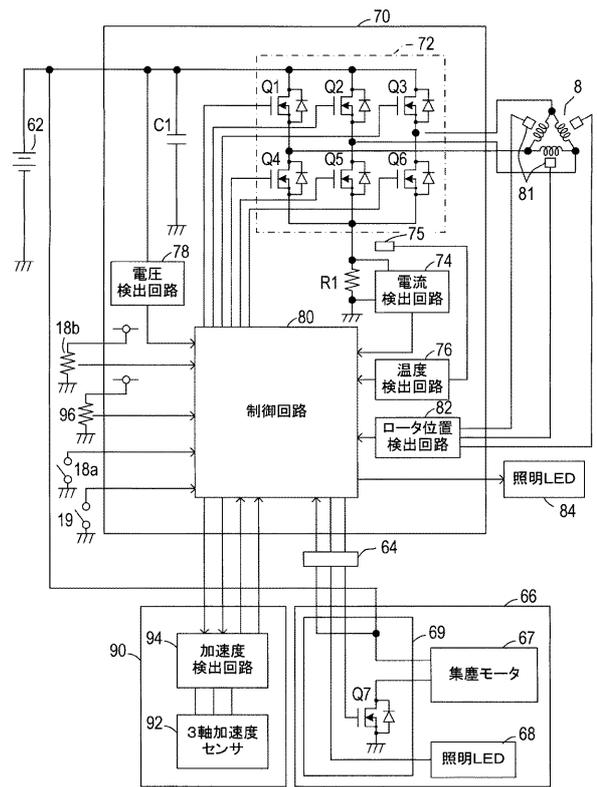
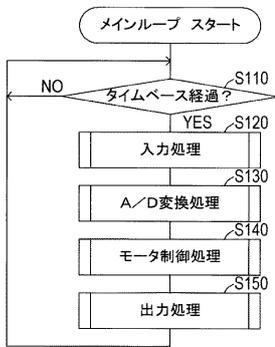


FIG. 3

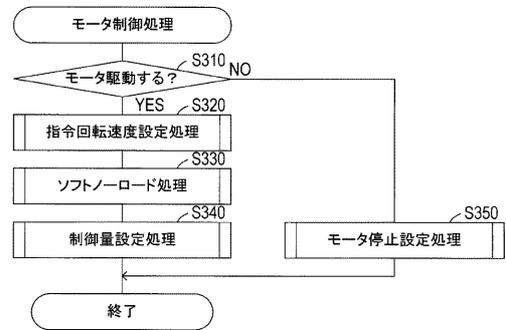
【図4】



【図5】



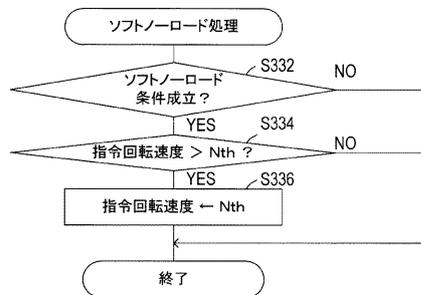
【図7】



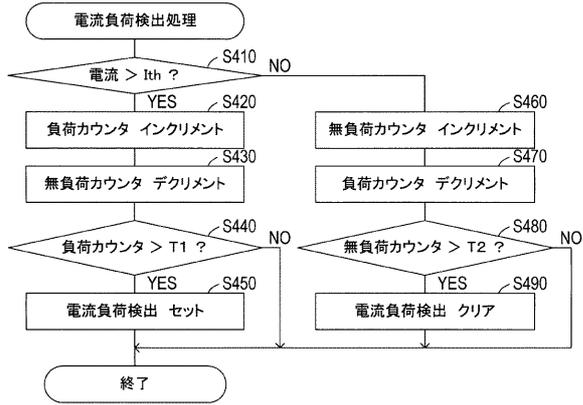
【図6】



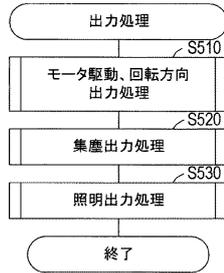
【図8】



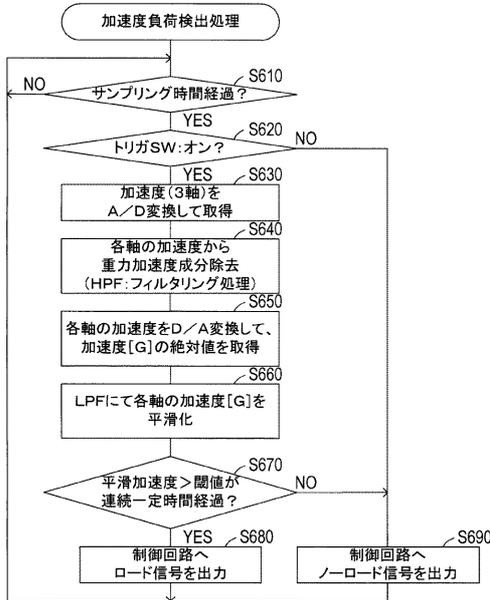
【図9】



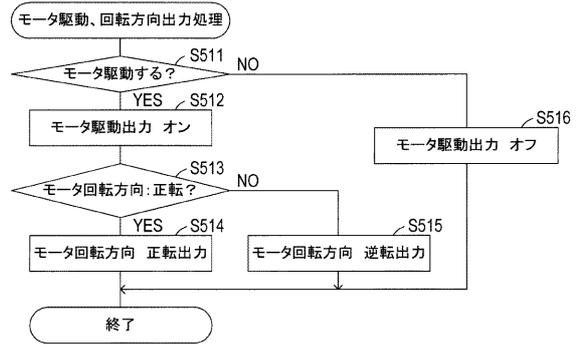
【図10】



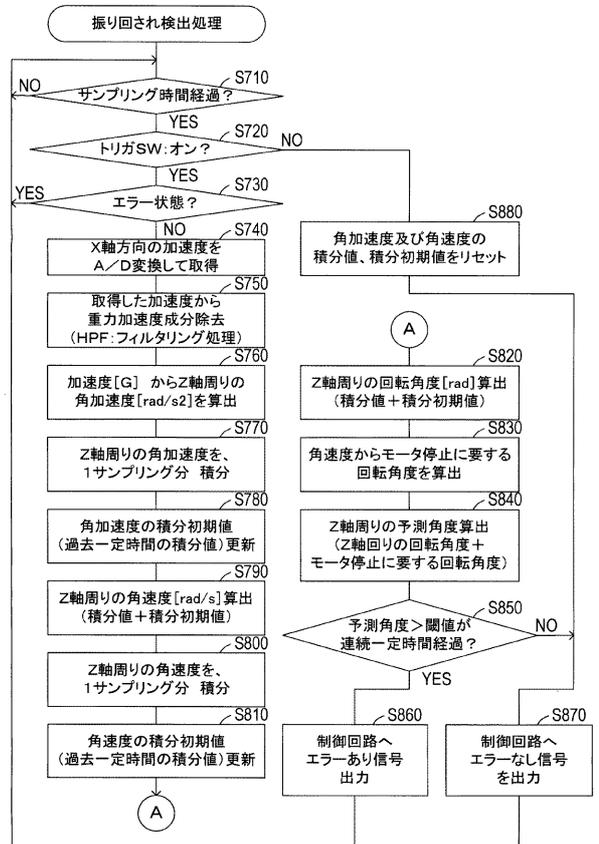
【図12】



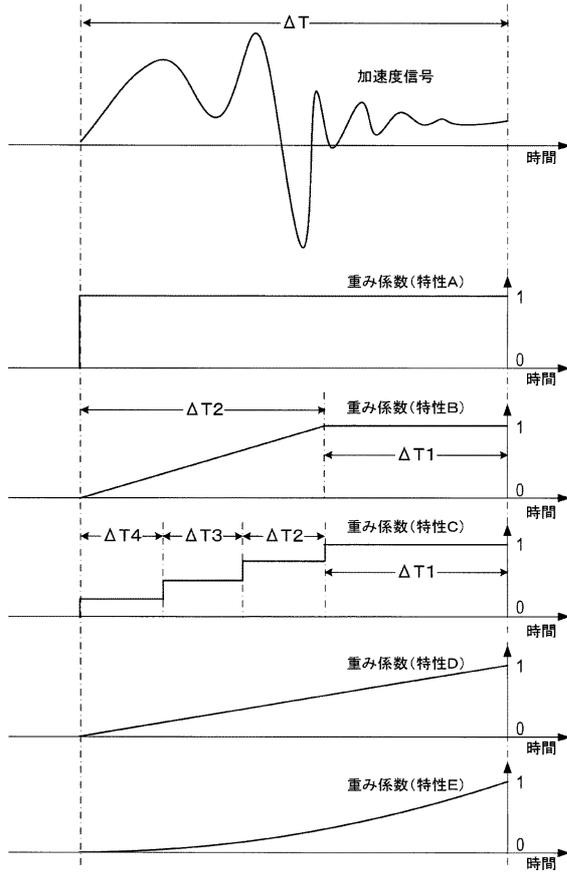
【図11】



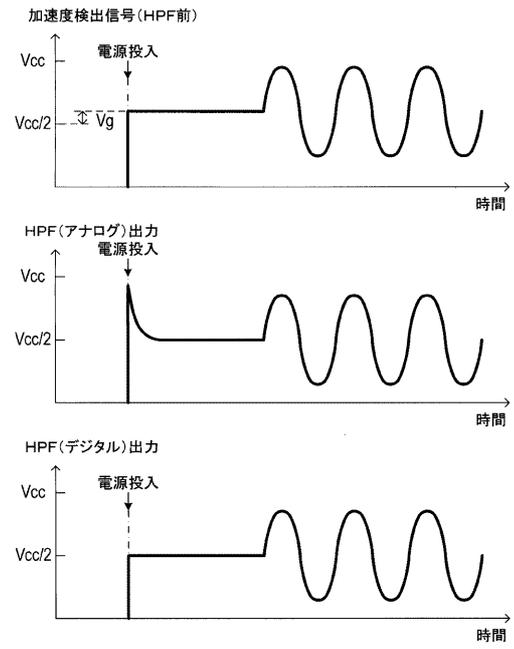
【図13】



【 図 1 4 】



【 図 1 5 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
B 2 3 Q 17/00 (2006.01)	B 2 3 B 47/00	C
B 2 3 Q 17/09 (2006.01)	B 2 3 Q 17/00	Z
	B 2 3 Q 17/09	A

F ターム(参考) 3C029 CC01 EE01
3C036 EE18 LL08