

(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2020-201830

(P2020-201830A)

(43) 公開日 令和2年12月17日(2020.12.17)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G05B 19/414 (2006.01)	G05B 19/414	3C269
H02P 5/46 (2006.01)	H02P 5/46	5H572

審査請求 有 請求項の数 11 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2019-109759 (P2019-109759)	(71) 出願人	000146847
(22) 出願日	令和1年6月12日 (2019.6.12)		D M G 森精機株式会社
(11) 特許番号	特許第6692966号 (P6692966)		奈良県大和郡山市北郡山町106番地
(45) 特許公報発行日	令和2年5月13日 (2020.5.13)	(74) 代理人	110002745
			特許業務法人河崎・橋本特許事務所
		(72) 発明者	河本 道生
			奈良県大和郡山市北郡山町106番地 D
			M G 森精機株式会社内
		Fターム(参考)	3C269 AB01 BB05 EF25 GG05 MN08
			QB17
			5H572 AA14 BB10 DD02 EE04 EE05
			HA04 HB07 HC06 HC09 LL07
			LL31

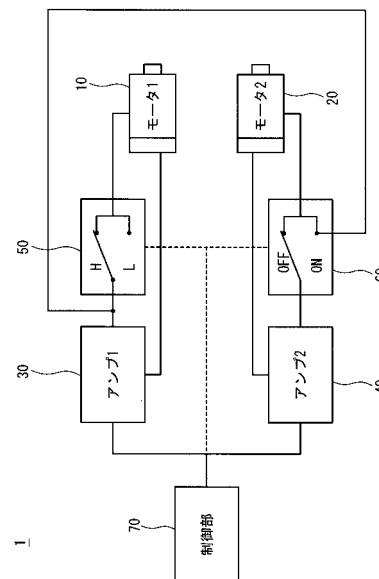
(54) 【発明の名称】 工作機械の電力制御装置および電力制御方法

(57) 【要約】

【課題】 工作機械の電力制御装置および電力制御方法において、2つまたはそれ以上のモータのうちの1つのモータが休止状態にあるとき、複数のアンプを用いて、1つのモータを高出力で駆動する。

【解決手段】 電力制御装置は、第1モータおよび第2モータと、第1アンプおよび第2アンプと、前記第1モータのインピーダンスを高値(H)と低値(L)との間で切替可能な第1切替部と、前記第1アンプからの第1電力を前記第1モータに供給するとともに前記第2アンプからの第2電力を前記第2モータに供給する第1状態(OFF)と、前記第1電力および前記第2電力を前記第1モータに供給する第2状態(ON)との間で切替可能な第2切替部と、を備える。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 モータおよび第 2 モータと、
第 1 アンプおよび第 2 アンプと、
前記第 1 モータのインピーダンスを高値（H）と低値（L）との間で切替可能な第 1 切替部と、

前記第 1 アンプからの第 1 電力を前記第 1 モータに供給するとともに前記第 2 アンプからの第 2 電力を前記第 2 モータに供給する第 1 状態（OFF）と、前記第 1 電力および前記第 2 電力を前記第 1 モータに供給する第 2 状態（ON）との間で切替可能な第 2 切替部と、を備えた工作機械の電力制御装置。

10

【請求項 2】

前記第 1 アンプならびに前記第 2 アンプ、および前記第 1 切替部ならびに前記第 2 切替部を制御する制御部をさらに備え、

前記制御部は、前記第 2 モータが休止しているとき、前記高値から前記低値に切り替えるように（H→L）前記第 1 切替部を制御するとともに、前記第 1 状態から前記第 2 状態に切り替えるように（OFF→ON）前記第 2 切替部を制御する、請求項 1 に記載の工作機械の電力制御装置。

【請求項 3】

前記制御部は、前記第 1 アンプおよび前記第 2 アンプの制御手順を示す制御プログラムを先読みし、先読みしたブロックに前記第 2 モータの回転指令がないと判断したとき、前記第 2 モータが休止していると判断する、請求項 2 に記載の工作機械の電力制御装置。

20

【請求項 4】

前記制御部は、前記第 2 モータが休止した後、再び回転するとき、前記低値から前記高値に切り替えるように（L→H）前記第 1 切替部を制御するとともに、前記第 2 状態から前記第 1 状態に切り替えるように（ON→OFF）前記第 2 切替部を制御する、請求項 2 または 3 に記載の工作機械の電力制御装置。

【請求項 5】

前記制御部は、前記第 1 アンプおよび前記第 2 アンプの制御手順を示す制御プログラムを先読みし、先読みしたブロックに前記第 2 モータの回転指令があると判断したとき、前記第 2 モータが回転すると判断する、請求項 4 に記載の工作機械の電力制御装置。

30

【請求項 6】

前記第 1 アンプならびに前記第 2 アンプ、および前記第 1 切替部ならびに前記第 2 切替部を制御する制御部をさらに備え、

前記制御部は、前記第 2 モータが駆動しているとき、前記高値（H）から前記低値（L）に切り替えるように（H→L）前記第 1 切替部を制御するとともに、前記第 1 状態（OFF）を維持するように前記第 2 切替部を制御する、請求項 1 に記載の工作機械の電力制御装置。

【請求項 7】

第 1 モータおよび第 2 モータと第 1 アンプおよび第 2 アンプとを備えた工作機械の電力制御方法であって、

40

前記第 1 モータのインピーダンスを高値から低値に切り替える第 1 切替工程と（H→L）、

前記第 1 アンプからの第 1 電力を前記第 1 モータに供給するとともに前記第 2 アンプからの第 2 電力を前記第 2 モータに供給する第 1 状態から、前記第 1 電力および前記第 2 電力を前記第 1 モータに供給する第 2 状態に切り替える第 2 切替工程と（OFF→ON）、を備えた工作機械の電力制御方法。

【請求項 8】

前記第 1 切替工程および前記第 2 切替工程は、前記第 2 モータが休止しているときに行われる、請求項 7 に記載の工作機械の電力制御方法。

【請求項 9】

50

前記第 1 アンプおよび前記第 2 アンプの制御手順を示す制御プログラムを先読みする先読工程をさらに備え、

前記第 1 切替工程および前記第 2 切替工程は、先読みしたブロックに第 2 モータの回転指令がないときに行われる、請求項 8 に記載の工作機械の電力制御方法。

【請求項 10】

前記第 2 モータが休止した後、再び回転するとき、前記低値から前記高値に切り替える第 3 切替工程と（L→H）、

前記第 2 状態から前記第 1 状態に切り替える第 4 切替工程と（ON→OFF）と、をさらに備えた請求項 8 または 9 に記載の工作機械の電力制御方法。

【請求項 11】

前記第 1 アンプおよび前記第 2 アンプの制御手順を示す制御プログラムを先読みする先読工程をさらに備え、

第 3 切替工程および第 4 切替工程は、先読みしたブロックに前記第 2 モータの回転指令があるときに行われる、請求項 10 に記載の工作機械の電力制御方法。

【請求項 12】

第 1 モータと第 1 アンプとを備えた工作機械の電力制御方法であって、

第 1 モータのインピーダンスを高値（H）から低値（L）に切り替える切替工程（H→L）、を備えた工作機械の電力制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、工作機械の電力制御装置および電力制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、複数のサーボモータと、各サーボモータを駆動する複数のサーボアンプとを備えた工作機械が知られていた。例えば特許文献 1 には、2 つのモータ（例えば工具主軸用モータおよび（ワークが載置された）テーブル駆動用モータ）と、各モータを同期して駆動するサーボアンプ（例えば工具軸アンプおよびワーク軸アンプ）を備えた工作機械において、電力制御装置が故障した場合または電力制御装置と 2 つのモータとの間の通信路に異常が生じた場合に、2 つの軸を同期して制御する電力制御装置（同期制御装置）が記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2014-191727 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、工作機械に実装された 2 つまたはそれ以上のアンプは、異なるモータを必ずしも同期して駆動させる必要はなく、互いに独立して駆動させる場合がある。例えば一方のアンプがテーブル駆動用モータを駆動させて、ワークを移動させ、所定位置に配置して、テーブル駆動用モータを静止させた（ワークを固定させた）後、他方のアンプが工具主軸用モータを駆動させて、ワークを切削加工等の機械加工を行う場合がある。

【0005】

すなわちテーブル駆動用モータを休止させた状態でワークを機械加工するとき、通常、テーブル駆動用モータを駆動するワーク軸アンプは休止状態にあり、工具軸アンプのみが工具主軸用モータを駆動し、むしろワーク軸アンプおよび工具軸アンプがともに各モータを駆動することは稀である。

【0006】

また工具軸アンプは、工具主軸用モータがより大きなトルクで（より高速で）ワークを機械加工するためには、より大きな電力を工具主軸用モータに供給する必要がある。すなわちワーク軸アンプが休止状態にあるとき、工具軸アンプから工具主軸用モータへより大きな電力を供給して、より大きなトルクで機械加工を実現するために、工具軸アンプおよびワーク軸アンプの両方が工具主軸用モータに電力を供給することが好ましい。

【課題を解決するための手段】

【0007】

そこで本発明に係る第1の態様は、工作機械の電力制御装置に関し、この電力制御装置は、第1モータおよび第2モータと、第1アンプおよび第2アンプと、前記第1モータのインピーダンスを高値（H）と低値（L）との間で切替可能な第1切替部と、前記第1アンプからの第1電力を前記第1モータに供給するとともに前記第2アンプからの第2電力を前記第2モータに供給する第1状態（OFF）と、前記第1電力および前記第2電力を前記第1モータに供給する第2状態（ON）との間で切替可能な第2切替部と、を備える。

10

【0008】

また電力制御装置は、前記第1アンプならびに前記第2アンプ、および前記第1切替部ならびに前記第2切替部を制御する制御部をさらに備える。前記制御部は、前記第2モータが休止しているとき、前記高値から前記低値に切り替えるように（H→L）前記第1切替部を制御するとともに、前記第1状態から前記第2状態に切り替えるように（OFF→ON）前記第2切替部を制御するように構成されている。

20

【0009】

また前記制御部は、前記第1アンプおよび前記第2アンプの制御手順を示す制御プログラムを先読みし、先読みしたブロックに前記第2モータの回転指令がないと判断したとき、前記第2モータが休止していると判断してもよい。

【0010】

さらに前記制御部は、前記第2モータが休止した後、再び回転するとき、前記低値から前記高値に切り替えるように（L→H）前記第1切替部を制御するとともに、前記第2状態から前記第1状態に切り替えるように（ON→OFF）前記第2切替部を制御してもよい。

30

【0011】

また前記制御部は、前記第1アンプおよび前記第2アンプの制御手順を示す制御プログラムを先読みし、先読みしたブロックに前記第2モータの回転指令があると判断したとき、前記第2モータが回転すると判断することが好ましい。

【0012】

択一的には、前記電力制御装置は、前記第1アンプならびに前記第2アンプ、および前記第1切替部ならびに前記第2切替部を制御する制御部をさらに備え、前記制御部は、前記第2モータが駆動しているとき、前記高値（H）から前記低値（L）に切り替えるように（H→L）前記第1切替部を制御するとともに、前記第1状態（OFF）を維持するように前記第2切替部を制御してもよい。

40

【0013】

本発明に係る第2の態様は、工作機械の電力制御方法に関し、とりわけ第1モータおよび第2モータと第1アンプおよび第2アンプとを備えた工作機械の電力制御方法に関し、この電力制御方法は、前記第1モータのインピーダンスを高値から低値に切り替える第1切替工程と（H→L）、前記第1アンプからの第1電力を前記第1モータに供給するとともに前記第2アンプからの第2電力を前記第2モータに供給する第1状態から、前記第1電力および前記第2電力を前記第1モータに供給する第2状態に切り替える第2切替工程と（OFF→ON）、を備える。

【0014】

好適には、前記電力制御方法において、前記第1切替工程および前記第2切替工程は、

50

前記第 2 モータが休止しているときに行われる。

【0015】

また好適には、前記電力制御方法は、前記第 1 アンプおよび前記第 2 アンプの制御手順を示す制御プログラムを先読みする先読工程をさらに備え、前記第 1 切替工程および前記第 2 切替工程は、先読みしたブロックに第 2 モータの回転指令がないときに行われる。

【0016】

また好適には、前記電力制御方法は、前記第 2 モータが休止した後、再び回転するとき、前記低値から前記高値に切り替える第 3 切替工程と（L→H）、前記第 2 状態から前記第 1 状態に切り替える第 4 切替工程と（ON→OFF）と、をさらに備える。

【0017】

また前記電力制御方法は、前記第 1 アンプおよび前記第 2 アンプの制御手順を示す制御プログラムを先読みする先読工程をさらに備え、第 3 切替工程および第 4 切替工程は、先読みしたブロックに前記第 2 モータの回転指令があるときに行われる。

【0018】

択一的には、第 1 モータと第 1 アンプとを備えた工作機械の電力制御方法は、インピーダンスを高値（H）から低値（L）に切り替える切替工程（H→L）を備える。

【発明の効果】

【0019】

本発明に係る態様によれば、工作機械の電力制御装置および電力制御方法において、2 つまたはそれ以上のモータのうちの 1 つのモータが休止状態にあるとき、複数のアンプを用いて、1 つのモータを高出力で駆動することができる。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図 1】本発明の実施形態に係る工作機械の電力制御装置の概略的構成を示すブロック図である。

【図 2】本実施形態に係るインピーダンス切替部の具体的構成を示す概略的な回路図である。

【図 3】回転速度に対する第 1 モータの出力およびトルクを示すグラフである。

【図 4】回転速度に対する第 1 モータの出力およびトルクを示すグラフである。

【図 5】本実施形態に係る電力制御方法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】

【0021】

添付図面を参照して、本発明に係る工作機械の電力制御装置および電力制御方法の実施形態を以下説明する。なお、各図面において電力制御装置の同一の構成部品には同一の符号を用いて示す。

【0022】

図 1 は、本発明の実施形態に係る工作機械の電力制御装置の概略的構成を示すブロック図である。図 1 に示すように、本実施形態に係る電力制御装置 1 は、概略、第 1 モータ 10 および第 2 モータ 20 と、第 1 アンプ 30 および第 2 アンプ 40 と、インピーダンス切替部 50（第 1 切替部ともいう）と、アンプ切替部 60（第 2 切替部ともいう）と、制御部 70 とを備える。制御部 70 は、第 1 アンプ 30 ならびに第 2 アンプ 40、およびインピーダンス切替部 50 ならびにアンプ切替部 60 を制御するように構成されている。第 1 モータ 10 および第 2 モータ 20 は、エンコーダを有し、回転速度および／または回転位置を示す信号をそれぞれ第 1 アンプ 30 および第 2 アンプ 40 に出力して速度制御および／または位置制御を行うサーボモータであってもよい。

【0023】

インピーダンス切替部 50 は、制御部 70 からの第 1 切替信号を受けて（図 1 の破線）、第 1 モータ 10 のインピーダンスを高値（H）と低値（L）との間で切り替えることができるように構成されている。

【0024】

一方、アンプ切替部 60 は、第 1 状態 (OFF) と第 2 状態 (ON) との間で切り替えることができるように構成されている。本願において、第 1 状態 (OFF) とは、第 1 アンプ 30 からの第 1 電力を第 1 モータ 10 に供給するとともに第 2 アンプ 40 からの第 2 電力を第 2 モータ 20 に供給する状態をいい、第 2 状態 (ON) とは、第 1 電力および第 2 電力を第 1 モータ 10 にのみ供給する状態をいう。

【0025】

図 2 は、インピーダンス切替部 50 の具体的構成を示す概略的な回路図である。第 1 モータ 10 は、例えば線間電圧が 200 V (図 2 の + と - の間の電圧) の三相誘導電動機であって、巻線を複数ターン (N ターン、例えば 20 ターン) 巻回して構成された U 相コイル 11、V 相コイル 13、および W 相コイル 15 を備え、これらは第 1 アンプ 30 のインバータ回路 32 に接続されている。また U 相コイル 11、V 相コイル 13、および W 相コイル 15 はそれぞれ、図 2 に示すように、2 つのサブコイル (U1 サブコイル 12a と U2 サブコイル 12b、V1 サブコイル 14a と V2 サブコイル 14b、および W1 サブコイル 16a と W2 サブコイル 16b) で構成されている。

【0026】

インピーダンス切替部 50 は、第 1 モータ 10 の U 相コイル 11、V 相コイル 13、および W 相コイル 15 のそれぞれに接続された 3 つの直列並列スイッチ SW1 ~ SW3 を有する。直列並列スイッチ SW1 ~ SW3 はそれぞれ、U 相コイル 11、V 相コイル 13、および W 相コイル 15 の各サブコイル 12a, 12b; 14a, 14b; 16a, 16b を直列接続または並列接続に同期して切り替えることができる。図 2 は、各サブコイル 12a, 12b; 14a, 14b; 16a, 16b が直列に接続された状態 (H) を示す。

【0027】

一般に、コイルのインピーダンス Z はベクトルとして表され、その大きさは [数 1] で表される。

[数 1]

$$Z = [R^2 + (\omega L)^2]^{1/2}$$

ここで R はコイルの抵抗、 L はコイルのリアクタンス、 ω は角周波数を示す。

【0028】

例えば U 相コイル 11 のサブコイル 12a, 12b が直列に接続されているときの U 相コイル 11 の合成インピーダンス Z_s は、サブコイル 12a, 12b のインピーダンス Z_1 , Z_2 を用いて [数 2] で表され、直列並列スイッチ SW1 の切替により、サブコイル 12a, 12b が並列に接続されているときの U 相コイル 11 の合成インピーダンス Z_p は、[数 3] で表される。

[数 2]

$$Z_s = Z_1 + Z_2$$

[数 3]

$$Z_p = (Z_1^{-1} + Z_2^{-1})^{-1}$$

【0029】

U 相コイル 11 のサブコイル 12a, 12b のインピーダンス Z_1 (抵抗値 R およびリアクタンス L) が同一である場合、直列接続時の合成インピーダンス Z_s および並列接続時の合成インピーダンス Z_p は、次のように表される。

[数 4]

$$Z_s = 2Z_1$$

[数 5]

$$Z_p = Z_1 / 2$$

【0030】

V 相コイル 13 および W 相コイル 15 のサブコイル 14a, 14b; 16a, 16b の直列接続時または並列接続時の合成インピーダンス Z も同様に表される。このようにインピーダンス切替部 50 は、第 1 モータ 10 全体の合成インピーダンス Z を直列接続時の高値 (H) と並列接続時の低値 (L) との間で切り替えることができる。そして [数 4] お

よび〔数 5〕から明らかなように、合成インピーダンス Z の高値 (H) は、低値 (L) の 4 倍となる。換言すると、インピーダンス切替部 50 は、第 1 モータ 10 のインピーダンス Z を高値 (H) から、その $1/4$ 倍の低値 (L) に切り替え ($H \rightarrow L$)、または低値 (L) からその 4 倍の高値 (H) に切り替えることができる ($L \rightarrow H$)。

【0031】

一方、直列接続されたサブコイル 12a, 12b を並列接続にすると、U 相コイル 11 の巻数 (ターン数) は、例えば 20 ターンから 10 ターンに半減する ($1/2$ 倍になる)。V 相コイル 13 および W 相コイル 15 も同様である。図 3 は、回転速度 N に対する第 1 モータ 10 の出力 W (実線) およびトルク T (破線) を示すグラフであって、インピーダンス Z が高値 (H) および低値 (L) である場合 (ただし第 1 モータ 10 に供給する電力 (例えば 10 kW) は同一) を示す。

10

【0032】

第 1 モータ 10 のインピーダンス Z が高値 (H) である場合、第 1 モータ 10 に供給する電流 I をゼロから (例えば 100 A まで) 徐々に増大させて第 1 モータ 10 を始動させると、トルク T_1 は一定で (図 3 の短い破線で示す。)、回転速度 N が定格回転速度 N_1 に達したとき、一定の定格出力 W_1 が出力される。

【0033】

一般に、出力 W はトルク T と回転速度 N に線形比例し ($W = T \times N$)、トルク T はトルク定数 K と電流 I に線形比例するので ($T \propto K \times I$)、回転速度 N がゼロから定格回転速度 N_1 に至るまでの出力 W (実線) を示すグラフの傾きは、インピーダンス Z が高値 (H) であるときの第 1 モータ 10 のトルク定数 K_1 に対応する。また、回転速度 N が定格回転速度 N_1 を超えて増大すると、定格出力 W_1 が一定であるため、図 3 の短い破線で示すように、トルク T_1 が回転速度 N に反比例するように小さくなる。

20

【0034】

第 1 モータ 10 のインピーダンス Z が低値 (L) である場合、第 1 モータ 10 に供給する電流 I をゼロから徐々に増大させて第 1 モータ 10 を始動させると、トルク T_2 は一定で (図 3 の長い破線で示す。)、回転速度 N が定格回転速度 N_2 に達したとき、一定の定格出力 W_1 が出力される。

【0035】

同様に、回転速度 N がゼロから定格回転速度 N_2 に至るまでの出力 W (実線) を示すグラフの傾きは、インピーダンス Z が低値 (L) であるとき、すなわちサブコイル 12a, 12b が並列接続されて巻数 (ターン数) が半減したときの第 1 モータ 10 のトルク定数 K_2 に対応する。

30

【0036】

したがって、第 1 モータ 10 に流れる電流 I が同じ (例えば 100 A) であるとき、巻数 (ターン数) が半減したことに起因して、第 1 モータ 10 のトルク定数 K_2 は、トルク定数 K_1 の $1/2$ 倍 (傾きが半分) となる。また、回転速度 N が定格回転速度 N_2 を超えて増大すると、定格出力 W_1 が一定であるため、同様に図 3 の短い破線で示すように、トルク T_2 が回転速度 N に反比例するように小さくなる。すなわち、トルク T_1 およびトルク T_2 は、回転速度 N が定格回転速度 N_2 を超えるとき、同一の軌跡上を推移する (長い破線と短い破線が重なり合う)。

40

【0037】

再び図 1 を参照して、制御部 70 は、インピーダンス Z の高値 (H) から低値 (L) に切り替えるように ($H \rightarrow L$) インピーダンス切替部 50 を制御する一方、第 1 状態 (OFF) を維持するようにアンプ切替部 60 を制御すると、第 1 モータ 10 の出力 W_1 およびトルク T_1, T_2 は、図 3 を参照して上記説明したように推移する。インピーダンス Z が高値 (H) から低値 (L) に低減しても、第 1 モータ 10 のコイルの銅損 (= インピーダンス Z と電流 I の二乗の積) と、モータの鉄損 (回転数 N の二乗に比例) の合計許容値は変わらない。したがって、銅損が減少した分、鉄損の上限値を大きくすることができるので、回転数の上限値を大きくすることができる。結果として、アンプ切替部 60 が通常状

50

態にあって、インピーダンス切替部 50 のみを高値 (H) から低値 (L) に切り替えたとき、通常の最大回転速度 N_{MAX} より高い回転速度 N_{SUP} で第 1 モータ 10 を回転させることができる。

【0038】

さらに換言すると、上述のようにインピーダンス切替部 50 (H→L) およびアンプ切替部 60 (OFF を維持) を制御すると、第 1 モータ 10 の最大回転速度を増大させることができる。この電力制御装置および電力制御方法は、工作機械で用いられる工具主軸用モータのトルクは小さくても、大きな回転速度を必要とする場合に有用である。

【0039】

[本実施形態に係る電力制御方法]

次に、本実施形態に係る電力制御方法において、第 2 モータ 20 が休止しているとき、インピーダンス Z の高値 (H) から低値 (L) に切り替えるように (H→L) インピーダンス切替部 50 を制御するとともに、第 1 状態から第 2 状態に切り替えるように (OFF→ON) アンプ切替部 60 を制御する場合について詳細に以下説明する。

【0040】

このとき、インピーダンス切替部 50 は、第 1 モータ 10 のインピーダンス Z を高値 (H) から、その $1/4$ 倍の低値 (L) に切り替える (H→L) とともに、第 1 モータ 10 の巻数 (ターン数) を例えば 20 ターンから 10 ターンに切り替える。

【0041】

一方、アンプ切替部 60 は、第 2 モータ 20 が休止しているとき、第 1 アンプ 30 および第 2 アンプ 40 から供給される第 1 電力および第 2 電力を第 1 モータ 10 にのみ供給するように切り替える。一例として、線間電圧が 200 V で、第 1 状態では第 1 アンプ 30 から 10 kW の第 1 電力 ($I = 100$ A の電流) が第 1 モータ 10 に供給されていたところ、第 2 状態では第 1 アンプ 30 および第 2 アンプ 40 から第 1 電力および第 2 電力 (合計 20 kW = 10 kW × 2) が第 1 モータ 10 にのみ供給される。

【0042】

図 4 は、回転速度 N に対する第 1 モータ 10 の出力 W (実線) およびトルク T (破線) を示すグラフであって、高値 (H) のインピーダンス Z に第 1 アンプ 30 から第 1 電力が供給される場合と、低値 (L) のインピーダンス Z に第 1 アンプ 30 および第 2 アンプ 40 から電力が供給される場合を示す。

【0043】

高値 (H) のインピーダンス Z に第 1 アンプ 30 から第 1 電力 (10 kW) が供給される場合において、回転速度 N に対する第 1 モータ 10 の出力 W (実線) およびトルク T (破線) は、図 3 で説明したとおりである。すなわち、第 1 モータ 10 に供給する電流 I をゼロから (例えば 100 A まで) 徐々に増大させて第 1 モータ 10 を始動させると、トルク T_1 は一定で (図 4 の短い破線で示す。)、回転速度 N が定格回転速度 N_1 に達したとき、一定の定格出力 W_1 が出力される。

【0044】

一方、インピーダンス切替部 50 は、第 1 モータ 10 のインピーダンス Z を高値 (H) から、その $1/4$ 倍の低値 (L) に切り替えた (H→L) と、トルク定数 K はコイルの巻数に線形比例するので、第 1 モータ 10 の U 相コイル 11、V 相コイル 13、および W 相コイル 15 のサブコイル 12a, 12b; 14a, 14b; 16a, 16b が並列接続されて巻数 (ターン数) が半減すると、第 1 モータ 10 のトルク定数 K も切替前の $1/2$ 倍になる。

【0045】

ただし第 1 モータ 10 は、第 1 アンプ 30 および第 2 アンプ 40 の両方から電力供給 (例えば 20 kW) を受けて 2 倍の電流 I が供給される。トルク T はトルク定数 K と電流 I に線形比例するので ($T \propto K \times I$)、トルク定数 K が半減しても電流 I が 2 倍になるので、低速時のトルク T_3 はトルク T_1 に等しく (図 4 の短い破線で示す)、定格回転速度 N_3 で一定の定格出力 W_3 が出力されるまでの出力 W (実線) を示すグラフの傾きは、高値

10

20

30

40

50

(H) のインピーダンス Z に第 1 アンプ 30 から第 1 電力 (10 kW) が供給される場合と一致する。すなわち、回転速度 N に対する第 1 モータ 10 の出力 W (実線) を示すグラフは、回転速度 N がゼロと N_1 の間にあるとき、高値 (H) のインピーダンス Z に第 1 アンプ 30 から第 1 電力 (10 kW) が供給される場合と、低値 (L) のインピーダンス Z に第 1 アンプ 30 から第 1 電力および第 2 電力 (20 kW) が供給される場合とで重なり合っている。

【0046】

第 1 モータ 10 のコイルの巻数が半減すると、定格回転速度 N_3 は定格回転速度 N_1 の 2 倍になり、定格出力 W_3 は定格出力 W_1 の 2 倍になるので、回転速度 N が定格回転速度 N_3 を超えて増大するとき、同様に図 4 の長い破線で示すように、トルク T_3 は回転速度 N に反比例するように小さくなる。すなわちトルク T_3 は、同じ回転速度 N に対して、トルク T_1 の 2 倍となる。

【0047】

このように構成された工作機械の電力制御装置および電力制御方法によれば、第 2 モータ 20 および第 2 アンプ 40 が休止状態にあるとき、第 1 アンプ 30 からの第 1 電力に加えて、第 2 アンプ 40 からの第 2 電力を第 1 モータ 10 に供給することにより、第 1 モータ 10 の高速回転時のトルク T_3 および出力 W_3 を倍増させることができる。これは、工作機械に搭載可能なアンプの数に制約がある場合であっても、休止している第 1 アンプ 30 を有効活用することにより、大きなトルクおよび出力で工具主軸用モータ (第 1 モータ 10) を駆動することができる。これにより、例えば加工時間の短縮や、高速回転を要する加工を容易に実現することができる。

【0048】

なお、第 1 電力および第 2 電力はともに例えば 10 kW であり、第 1 モータ 10 のインピーダンス Z の高値 (H) が低値 (L) の 4 倍であるとして上記説明したが、これに限定されるものではなく、第 1 電力および第 2 電力は互いに異なる任意の値であってもよいし、高値 (H) と低値 (L) の比率も任意の値であってもよい。

【0049】

(制御プログラムの先読み)

ところで工作機械の制御部 70 は、一般に、数値制御装置で構成され、制御プログラムに従ってアンプ等の構成部品の駆動または処理を制御する。また制御プログラムとは、制御部 70 による処理が円滑かつ能率よく実行されるよう補助する機能をもつ管理プログラムであり、NC (数値制御) プログラムとも呼ばれている。制御部 70 は、NC プログラムに特別の指令がなければ、順次 1 ブロックずつ読み込むように構成されているが、複数のブロックを事前に読み込む (プログラムを先読みする) ことにより、例えば NC プログラム指令により実現されるワークの指令形状を判定し、ワークの機械特性に最適な工具ツール (モータ) の速度や加速度を決定することができる。すなわち制御部 70 は、例えば高速で高品位の機械加工のために NC プログラムを先読みすることができる。

【0050】

図 5 は、本実施形態に係る電力制御方法を示すフローチャートである。

まず制御部 70 は、第 1 アンプ 30 および第 2 アンプ 40 の制御手順を示す制御プログラムを先読みする (ステップ S T 0 1)。制御部 70 は、先読みした複数のブロックの中に第 2 モータ 20 の回転指令があるか否かを判定し (ステップ S T 0 2)、回転指令がある場合 (YES の場合) には第 2 モータ 20 は回転していると判断してステップ S T 0 3 に進み、回転指令がない場合 (NO の場合) には第 2 モータ 20 は休止していると判断してステップ S T 0 4 に進む。

【0051】

制御部 70 は、ステップ S T 0 3 において、第 1 モータ 10 のインピーダンス Z を高値 (H) から低値 (L) に切り替えるように (H → L) インピーダンス切替部 50 を制御するとともに、第 1 状態から第 2 状態に切り替えるように (OFF → ON) アンプ切替部 60 を制御する。こうして、第 1 アンプ 30 からの第 1 電力に加えて、第 2 アンプ 40 から

の第2電力を第1モータ10に供給して、第1モータ10の高速回転時のトルク T_3 および出力 W_3 を倍増させることができる。したがって、第2モータ20に電力供給することなく休止している第2アンプ40を有効活用することにより、大きなトルクおよび出力で工具主軸用モータ（第1モータ10）を駆動することができる。よって本実施形態に係る電力制御方法によれば、加工時間を短縮し、高速回転を要する加工を容易に実現することができる。

【0052】

制御プログラムの先読み（ステップST01～ST03）は、反復して行われる。制御部70は、先読みした複数のブロックの中に第2モータ20の回転指令がないと判定したとき（ステップST02）、第2モータ20が休止した後、再び回転すると判断し、ステップST04において、第1モータ10のインピーダンスZを低値（L）から高値（H）に切り替えるように（L→H）インピーダンス切替部50を制御するとともに、第2状態から第1状態に切り替えるように（ON→OFF）アンプ切替部60を制御する。こうして通常状態に戻し、第1モータ10は第1アンプ30から給電され、第2モータ20は第2アンプ40から給電される。

【0053】

図示しないが、第2モータ20（第2アンプ40）の駆動／停止に拘わらず、制御部70は、図3で上記説明したように、インピーダンスZの高値（H）から低値（L）に切り替えるように（H→L）インピーダンス切替部50を制御する一方、アンプ切替部60は第1状態（OFF）を維持するように制御してもよい。このとき、通常の最大回転速度 N_{MAX} より高い回転速度 N_{SUP} で第1モータ10を回転させることができる。上記制御方法は、小さいトルクで大きな回転速度を必要とする工具主軸用モータに特に有利である。

【0054】

上述の実施形態の説明は、すべての点で例示であって、制限的なものではない。当業者にとって変形および変更が適宜可能である。本発明の範囲は、上述の実施形態ではなく、特許請求の範囲によって示される。さらに、本発明の範囲には、特許請求の範囲内と均等の範囲内での実施形態からの変更が含まれる。

【産業上の利用可能性】

【0055】

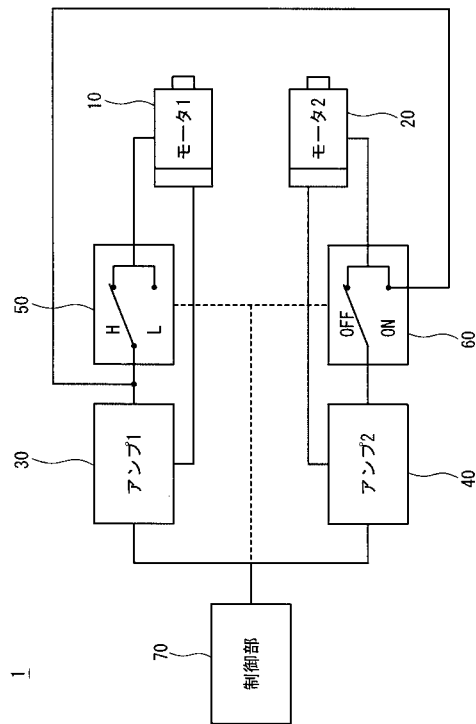
本発明は、工作機械の電力制御装置および電力制御方法に利用することができる。

【符号の説明】

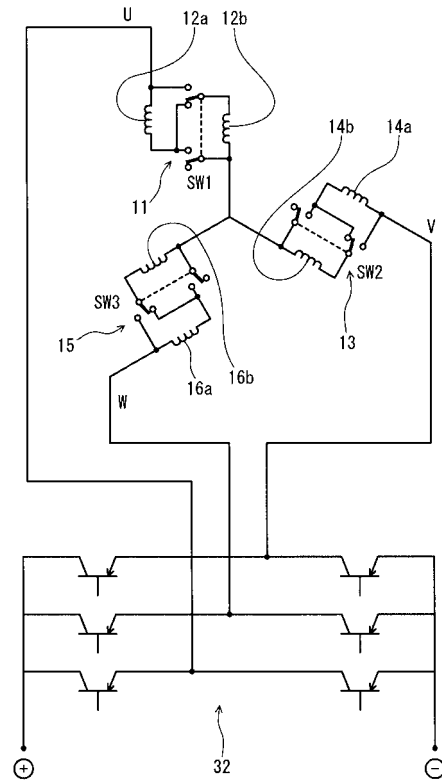
【0056】

1…電力制御装置、10…第1モータ、11…U相コイル、13…V相コイル、15…W相コイル、12a, 12b; 14a, 14b; 16a, 16b…サブコイル、20…第2モータ、30…第1アンプ、40…第2アンプ、50…インピーダンス切替部50（第1切替部）、60…アンプ切替部（第2切替部）、70…制御部

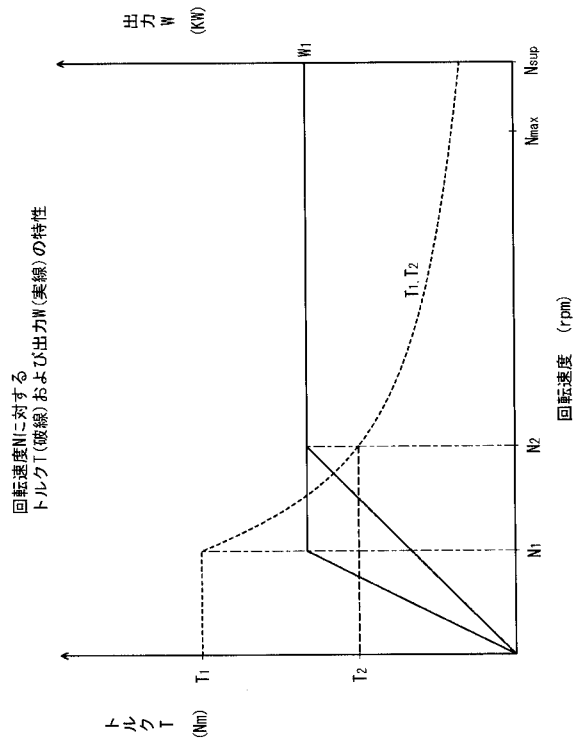
【図 1】



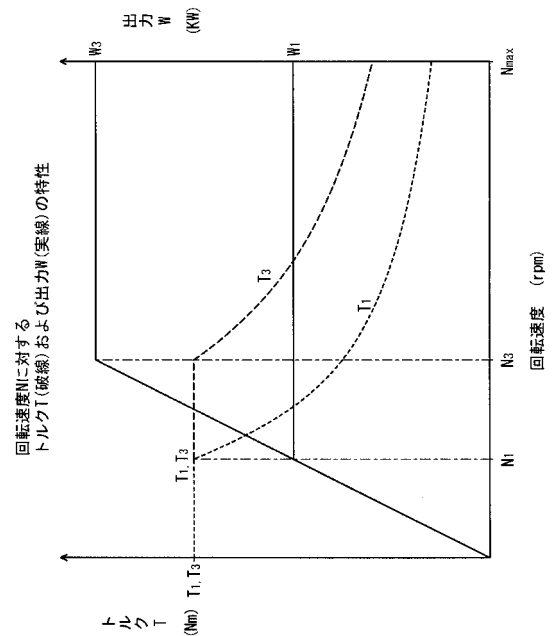
【図 2】



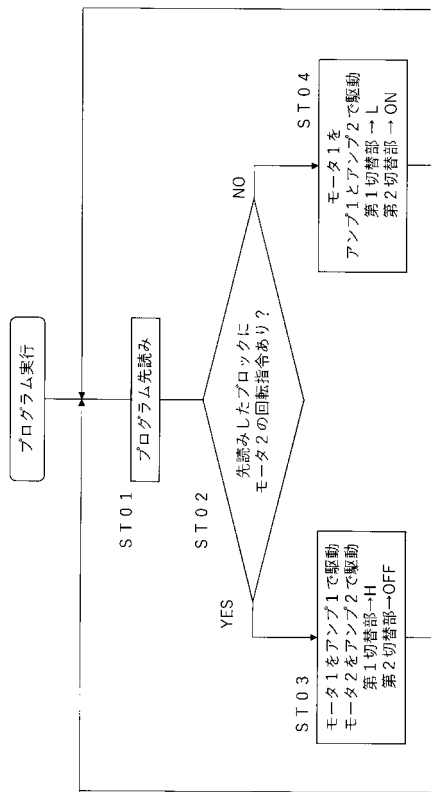
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【手続補正書】

【提出日】 令和2年3月2日 (2020.3.2)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】 特許請求の範囲

【補正対象項目名】 全文

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 モータおよび第 2 モータと、

第 1 アンプおよび第 2 アンプと、

前記第 1 モータのインピーダンスを高値（H）と低値（L）との間で切替可能な第 1 切替部と、

前記第 1 アンプからの第 1 電力を前記第 1 モータに供給するとともに前記第 2 アンプからの第 2 電力を前記第 2 モータに供給する第 1 状態（OFF）と、前記第 1 電力および前記第 2 電力を前記第 1 モータに供給する第 2 状態（ON）との間で切替可能な第 2 切替部と、を備えた工作機械の電力制御装置。

【請求項 2】

前記第 1 アンプならびに前記第 2 アンプ、および前記第 1 切替部ならびに前記第 2 切替部を制御する制御部をさらに備え、

前記制御部は、前記第 2 モータが休止しているとき、前記高値から前記低値に切り替えるように（H→L）前記第 1 切替部を制御するとともに、前記第 1 状態から前記第 2 状態に切り替えるように（OFF→ON）前記第 2 切替部を制御する、請求項 1 に記載の工作機械の電力制御装置。

【請求項 3】

前記制御部は、前記第 1 アンプおよび前記第 2 アンプの制御手順を示す制御プログラムを先読みし、先読みしたブロックに前記第 2 モータの回転指令がないと判断したとき、前記第 2 モータが休止していると判断する、請求項 2 に記載の工作機械の電力制御装置。

【請求項 4】

前記制御部は、前記第 2 モータが休止した後、再び回転するとき、前記低値から前記高値に切り替えるように（L→H）前記第 1 切替部を制御するとともに、前記第 2 状態から前記第 1 状態に切り替えるように（ON→OFF）前記第 2 切替部を制御する、請求項 2 または 3 に記載の工作機械の電力制御装置。

【請求項 5】

前記制御部は、前記第 1 アンプおよび前記第 2 アンプの制御手順を示す制御プログラムを先読みし、先読みしたブロックに前記第 2 モータの回転指令があると判断したとき、前記第 2 モータが回転すると判断する、請求項 4 に記載の工作機械の電力制御装置。

【請求項 6】

前記第 1 アンプならびに前記第 2 アンプ、および前記第 1 切替部ならびに前記第 2 切替部を制御する制御部をさらに備え、

前記制御部は、前記第 2 モータが駆動しているとき、前記高値（H）から前記低値（L）に切り替えるように（H→L）前記第 1 切替部を制御するとともに、前記第 1 状態（OFF）を維持するように前記第 2 切替部を制御する、請求項 1 に記載の工作機械の電力制御装置。

【請求項 7】

第 1 モータおよび第 2 モータと第 1 アンプおよび第 2 アンプとを備えた工作機械の電力制御方法であって、

前記第 1 モータのインピーダンスを高値から低値に切り替える第 1 切替工程と（H→L）、

前記第 1 アンプからの第 1 電力を前記第 1 モータに供給するとともに前記第 2 アンプからの第 2 電力を前記第 2 モータに供給する第 1 状態から、前記第 1 電力および前記第 2 電力を前記第 1 モータに供給する第 2 状態に切り替える第 2 切替工程と（OFF→ON）、を備えた工作機械の電力制御方法。

【請求項 8】

前記第 1 切替工程および前記第 2 切替工程は、前記第 2 モータが休止しているときに行われる、請求項 7 に記載の工作機械の電力制御方法。

【請求項 9】

前記第 1 アンプおよび前記第 2 アンプの制御手順を示す制御プログラムを先読みする先読工程をさらに備え、

前記第 1 切替工程および前記第 2 切替工程は、先読みしたブロックに第 2 モータの回転指令がないときに行われる、請求項 8 に記載の工作機械の電力制御方法。

【請求項 10】

前記第 2 モータが休止した後、再び回転するとき、前記低値から前記高値に切り替える第 3 切替工程と（L→H）、

前記第 2 状態から前記第 1 状態に切り替える第 4 切替工程と（ON→OFF）と、をさらに備えた請求項 8 または 9 に記載の工作機械の電力制御方法。

【請求項 11】

前記第 1 アンプおよび前記第 2 アンプの制御手順を示す制御プログラムを先読みする先読工程をさらに備え、

第 3 切替工程および第 4 切替工程は、先読みしたブロックに前記第 2 モータの回転指令があるときに行われる、請求項 10 に記載の工作機械の電力制御方法。