

(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2011-62725
(P2011-62725A)

(43) 公開日 平成23年3月31日(2011.3.31)

(51) Int.Cl. F I テーマコード(参考)
B30B 15/14 (2006.01) B30B 15/14 K 4E089
 B30B 15/14 B

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2009-215179 (P2009-215179)
 (22) 出願日 平成21年9月17日 (2009.9.17)

(71) 出願人 000100861
 アイダエンジニアリング株式会社
 神奈川県相模原市緑区大山町2番10号
 (74) 代理人 100134212
 弁理士 堤中 清彦
 (72) 発明者 長瀬 博
 神奈川県相模原市大山町2番10号 アイ
 ダエンジニアリング株式会社内
 (72) 発明者 田中 泰彦
 神奈川県相模原市大山町2番10号 アイ
 ダエンジニアリング株式会社内
 (72) 発明者 鈴木 健志
 神奈川県相模原市大山町2番10号 アイ
 ダエンジニアリング株式会社内

最終頁に続く

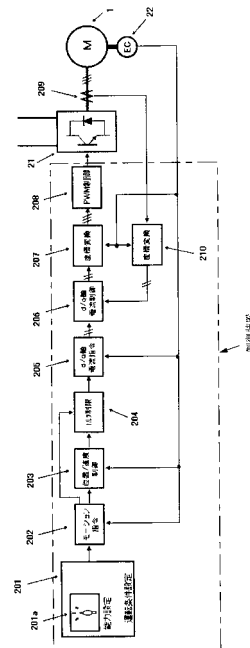
(54) 【発明の名称】 プレス機械及び制御方法

(57) 【要約】

【課題】 簡単かつ安価な構成でありながら、様々な要求特性に応じてプレス能力を可変に制御可能なプレス機械を提供する。

【解決手段】 本発明は、モータ1によりスライド6を駆動するプレス機械であって、モータ1の駆動を制御する制御装置を備えると共に、モータの界磁制御を利用してプレス機械の能力を可変制御可能に構成する。具体的には、スライド6を昇降可能かつ可変位置/速度制御する交流モータ1と、交流モータ1を駆動する電力変換器21と、電力変換器を制御する制御装置を備え、能力設定部201aでプレス能力の設定を行う。この選択に応じて、モータ11のトルク指令制限204を実施し、トルク指令制限部204からの実トルク指令に応じてd/q軸電流指令部205から電流指令を出す。これによって、交流モータ1の界磁制御を実施する。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

モータによりスライドを駆動するプレス機械であって、
前記モータの駆動を制御する制御装置を備えると共に、モータの界磁制御を利用してプレス能力を可変制御可能に構成したことを特徴とするプレス機械。

【請求項 2】

前記プレス能力には、プレス機械のトルク能力が含まれることを特徴とする請求項 1 に記載のプレス機械。

【請求項 3】

前記プレス能力には、S P M 或いはスライドの移動速度が含まれることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載のプレス機械。

【請求項 4】

前記プレス能力の可変制御は、スライド位置に対する加圧力発生特性、ワークに作用する最大加圧力、最大加圧力発生時の加工速度、最大加圧力を発生させる能力発生位置の少なくとも 1 つを可変制御することによりなされることを特徴とする請求項 1 に記載のプレス機械。

【請求項 5】

前記プレス能力の可変制御の内容に基づいて、モータへのトルク指令に制限を加えることを特徴とする請求項 4 に記載のプレス機械。

【請求項 6】

前記モータが交流モータである場合に、「モータの回転速度」及び/または「トルク指令」及び/または「モータを駆動する電力変換器の直流電圧」に基づいて d 軸電流に関連する情報を取得して界磁制御を行うことを特徴とする請求項 1 ~ 請求項 5 の何れか 1 つに記載のプレス機械。

【請求項 7】

プレス機械の運転パターンに応じて、界磁制御における d 軸電流の指令を変更することを特徴とする請求項 1 ~ 請求項 5 の何れか 1 つに記載のプレス機械。

【請求項 8】

作業頻度に応じて、界磁制御における d 軸電流の指令を変更することを特徴とする請求項 1 ~ 請求項 7 の何れか 1 つに記載のプレス機械。

【請求項 9】

モータによりスライドを駆動するプレス機械の制御方法であって、
前記モータの駆動を制御する一方で、モータの界磁制御を利用してプレス能力を可変制御可能に構成したことを特徴とするプレス機械の制御方法。

【請求項 10】

プレス機械の運転パターンに応じて、界磁制御における d 軸電流の指令を変更することを特徴とする請求項 9 に記載のプレス機械の制御方法。

【請求項 11】

作業頻度に応じて、界磁制御における d 軸電流の指令を変更することを特徴とする請求項 9 または請求項 10 に記載のプレス機械の制御方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、プレス機械及び制御方法に関する。

【背景技術】**【0002】**

例えば、特許文献 1 などに記載されているように、サーボプレス装置は、スライドの動作がさまざまな要求によって可変制御でき、その運転パターンを選択できることに特徴がある。

【0003】

10

20

30

40

50

サーボプレス装置においては、適用するサーボモータの能力でプレス装置のトルク能力（下死点手前何ミリのところで、どれだけの圧力の発生が可能であるかという能力）や、そのときに達成し得るプレス動作速度（SPM）が決まる。

【0004】

すなわち、モータの最高回転速度や最大トルク特性によりプレス装置のトルク能力と生産速度の特性が決まるため、適用するモータではそれぞれ不足するときは、サーボモータとリニアモータの複数のモータを用いて加圧したり（特許文献2等参照）、プレス装置の工程によって複数のモータを切換えて使用する方法が提案されている（特許文献3等参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2006-192467号公報

【特許文献2】特開2001-150193号公報

【特許文献3】特開2008-119737号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

特許文献2や特許文献3に記載された方法は、プレス加工を含むプレス工程の目的を達成することができるが、モータを複数使い、使い分けるために装置が複雑になるといった恐れがある。

【0007】

本発明は、かかる実情に鑑みなされたもので、簡単かつ安価な構成でありながら、様々な要求特性に応じてトルク能力（或いは往復運動するスライドの1行程内における加圧力発生特性（以下、行程圧力特性とも称する））や生産速度などのプレス機械の能力（プレス能力）を可変に制御可能なプレス機械及び制御方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明は、モータによりスライドを駆動するプレス機械であって、前記モータの駆動を制御する制御装置を備えると共に、モータの界磁制御を利用してプレス能力を可変制御可能に構成したことを特徴とする。

【0009】

本発明において、前記プレス能力には、プレス機械のトルク能力（或いは行程圧力特性）が含まれることを特徴とすることができる。

【0010】

本発明において、前記プレス能力には、SPM或いはスライドの移動速度が含まれることを特徴とすることができる。

【0011】

本発明において、前記プレス能力の可変制御は、スライド位置に対する加圧力発生特性、ワークに作用する最大加圧力、最大加圧力発生時の加工速度、最大加圧力を発生させる能力発生位置の少なくとも1つを可変制御することによりなされることを特徴とすることができる。

【0012】

本発明において、プレス能力の可変制御の内容に基づいて、モータへのトルク指令に制限を加えることを特徴とすることができる。

【0013】

本発明において、前記モータが交流モータである場合に、「モータの回転速度」及び/または「トルク指令」及び/または「モータを駆動する電力変換器の直流電圧」に基づいてd軸電流に関連する情報を取得して界磁制御を行うことを特徴とすることができる。

【0014】

10

20

30

40

50

本発明において、プレス機械の運転パターンに応じて、界磁制御における d 軸電流の指令を変更することを特徴とすることができる。

【0015】

本発明において、作業頻度に応じて、界磁制御における d 軸電流の指令を変更することを特徴とすることができる。

【0016】

また、本発明は、モータによりスライドを駆動するプレス機械の制御方法であって、前記モータの駆動を制御する一方で、モータの界磁制御を利用してプレス能力を可変制御可能に構成したことを特徴とする。

【0017】

本発明において、プレス機械の運転パターンに応じて、界磁制御における d 軸電流の指令を変更することを特徴とすることができる。

【0018】

本発明において、作業頻度に応じて、界磁制御における d 軸電流の指令を変更することを特徴とすることができる。

【発明の効果】

【0019】

本発明によれば、簡単かつ安価な構成とし、モータや制御装置、電源設備の大型化や複雑化を抑制しながら、様々な要求特性に応じてトルク能力（或いは往復運動するスライドの 1 行程内における加圧力発生特性（行程圧力特性））や生産速度などのプレス能力を可変に制御可能なプレス機械及び制御方法を提供することができる。

【0020】

本発明では、例えば、界磁制御を利用してトルク能力（ワークに作用する加圧力の発生能力）を可変に制御可能であり、更には界磁制御を利用してモータの出力を可変に制御することで、プレスストローク中においてトルク能力（ワークに作用する加圧力の発生能力）を連続的に変更制御することができる。

【0021】

なお、本発明においては、プレス加工の要求の中で、トルク能力を重視するか、加圧時の作業速度を重視するかによって能力を選択することなどが可能である。

【0022】

また、本発明のようにプレス機械の能力の可変制御を可能にした場合でも、その可変制御の内容に応じてモータへのトルク指令に制限を加えるようにすれば、設定最大加圧力を越えないプレス機械を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】本発明が適用されるプレス機械の構成例である。

【図2】本発明の実施例1、2、3に係る制御装置の制御ブロック図である。

【図3】同上実施例の制御方式の d / q 軸電流指令の設定例を示す図（マップ）である。

【図4】図3の d / q 軸電流指令の有無（界磁制御の有無）によるモータ回転速度に対する最大（発生）トルクの特性の相違を例示した図である。

【図5】同上実施例の制御方式を適用したプレス機械のスライド動作の特性設定例を示す図である。

【図6】同上実施例の制御方式を適用したプレス機械のスライド動作の他の特性設定例を示す図である。

【図7】図6の特性を実現するトルク指令制限の例を示す図である。

【図8】同上実施例の制御方式を適用したプレス機械のスライド動作のさらに別の特性設定例を示す図である。

【図9】図8の特性を実現するトルク指令制限の例を示す図である。

【図10】本発明の実施例4に係る制御装置の制御ブロック図である。

【図11】同上実施例の制御方式の d 軸電流指令の設定例を示す図（マップ）である。

10

20

30

40

50

【図 1 2】本発明の実施例 5 に係る制御装置の制御ブロック図である。

【図 1 3】同上実施例の制御方式の d 軸電流指令の設定例を示す図（マップ）である。

【図 1 4】図 1 3 の d / q 軸電流指令の有無（界磁制御の有無）によるモータ回転速度に対する最大（発生）トルクの特性の相違を例示した図である。

【発明を実施するための形態】

【0024】

以下、本発明の実施の形態を、添付の図 1 ~ 図 1 1 に基づいて説明する。なお、以下で説明する実施の形態により、本発明が限定されるものではない。

【0025】

図 1 は、本発明が適用される一例として簡易表現したサーボプレス機械を示す。

10

ここでは、プレス機械として、クランク機構を利用してサーボモータの出力である回転運動をスライドの往復運動に変換する構成のクランクプレスに適用した例を示す。交流モータ 1 の軸 1 S に接続されたギヤ 2 にメインギヤ 3 が噛み合わされ、メインギヤ 3 にはクランク機構（クランク軸 4、コンロッド 5）が接続されている。

【0026】

スライド 6 は、クランク機構により、静止側のボルスタ 7 に対して、図 1 中矢印方向に昇降（接離）可能に形成されている。

【0027】

クランク軸 4 は、交流モータ 1 の正転、逆転、速度可変制御に連動して回転駆動されるので、定常的で一方向にのみ回転されるクランク機構によるスライド 6 のモーション（以下、スライド 6 のモーション（動作）をスライドモーションとも称する）以外のスライドモーションや、静止を含む成形体に適合したスライドモーションや、あるいは、正逆振り子モーションなど各種スライドモーションを自在に設定でき、これらの各種スライドモーションから適宜に選択して切替使用が可能である。

20

【0028】

このために、プレス成形体に対する加工精度、更には生産性などに対する適応性を拡大できる。

【0029】

交流モータ 1 としては、永久磁石を用いた同期モータや、誘導モータ、リラクタンスモータなどが利用できる。さらに、交流モータでなく直流モータを採用することもできる。

30

【0030】

また、図 1 はクランクプレスを例にとったが、他の構造のプレス機械、例えば、ボールネジを利用したものや、リニアモータを利用した構造でもよい。

【実施例 1】

【0031】

図 2 は、図 1 のサーボプレス機械の制御を行なう装置の実施例を示す。

実施例 1 は、モータの最大発生（出力）トルクは同じであるが、界磁制御により、その発生位置（スライド 6 の下死点上位置（クランク角度位置））を変更、すなわちスライド 6 の下死点上位置（クランク角度位置）に対するトルクの発生態様を変更するようにした一例である。

40

【0032】

なお、界磁制御については、モータ（電動機）の場合は回転速度が所定以上の高速回転速度域に入ると逆起電力（発電電圧）が増大して制御が困難となり出力低下を招くため、弱め界磁制御として界磁を弱めるなどの種々の手法が提案されており、本実施例ではこのような既知の界磁制御手法を利用することができる。

【0033】

インバータ 2 1 の直流側は図示しない直流電源に接続され、インバータ 2 1 に電力が供給される。インバータ 2 1 の交流側は交流モータ 1 に接続され、インバータ 2 1 からの可変周波数、可変電圧の交流電圧により交流モータ 1 は駆動される。交流モータ 1 の回転速

50

度や回転位置はエンコーダ 2 2 で検出される。

【 0 0 3 4 】

次に制御装置について説明する。制御系はデジタル回路で構成され、演算は CPU により行われ、演算に必要なプログラムやパラメータはメモリに格納されている。この制御システムの構成は周知なので詳述は省略する。

【 0 0 3 5 】

交流モータ 1 に対する回転位置 / 回転速度の指令（以下、単に位置 / 速度指令とも称する）は、モーション指令部 2 0 2 から出される。モーション指令部 2 0 2 からの信号は次のようにして設定され出力される。

【 0 0 3 6 】

能力設定部 2 0 1 a において、プレス機械に要求される最大加圧力及びその発生位置（下死点上位置）、すなわちプレス機械のトルク能力が選択される。

【 0 0 3 7 】

さらに、加工条件にあわせたプレス運転パターンなどが運転条件設定部 2 0 1 で設定される。起動信号が入力されると設定されたプレス運転パターン、すなわちこれを実現するモータ運転パターンとして、交流モータ 1 を駆動するためのモーション指令がモーション指令部 2 0 2 から出力される。

能力設定部 2 0 1 a については後で詳述する。

【 0 0 3 8 】

位置 / 速度制御部 2 0 3 は、モーション指令部 2 0 2 からの位置 / 速度指令、およびエンコーダ 2 2 からのフィードバック信号によって動作し、交流モータ 1 へのトルク指令を出力する。この信号はトルク制限部 2 0 4 に入力される。

【 0 0 3 9 】

トルク制限部 2 0 4 では、能力設定部 2 0 1 a で選択された条件に従って実際に交流モータ 1 に与えるトルク指令に制限を加えることができるように機能する。位置 / 速度制御部 2 0 3 からのトルク指令信号が制限内であればトルク制限部 2 0 4 ではトルク制限を実施しない。ここでは、トルク制限部 2 0 4 の出力を実トルク指令と呼ぶ。トルク制限部 2 0 4 からの実トルク指令は d / q 軸電流指令部 2 0 5 に入力され、交流モータ 1 の d 軸電流、q 軸電流を指令する信号が出力される。

【 0 0 4 0 】

図 2 の d / q 軸電流指令部 2 0 5 は、実トルク指令信号とモータ回転速度に応じて d / q 軸の電流指令を出力する。

【 0 0 4 1 】

図 3 は、トルク制限部 2 0 4 からの実トルク指令とモータ回転速度とに基づいて、マップ等を参照して、d / q 軸電流指令部 2 0 5 において設定される信号（d 軸電流指令及び q 軸電流指令）の設定例の一例を示す。ここでは、実トルク指令に対してモータ発生トルクが大きくなり、かつ、回転速度 N に対してモータの端子電圧が所定値を越えないように制御するパターンとしている。

【 0 0 4 2 】

図 3 に示したように、d 軸電流指令はモータ回転速度が増加すると負の値で絶対値が大きくなり、また、トルク指令が増加すると負の値で絶対値が大きくなるように決められる。このように、d 軸電流指令値が決められると（図 3 中に示す（式 1））によって、q 軸電流指令値が決められる。図示の d 軸電流指令のパターンは一例であって、モータの構造や所望トルク制御精度によって、理論式での計算、あるいは、簡易式での計算、実験式や実験値などが適宜選択される。図 3 中の（式 1）の演算も同様に一例であり、この演算をせずに近似計算や実験式により求めてもよい。また、これらの実際の d / q 軸電流指令は、式によって演算しても、メモリマップを利用したパターンで実現してもよく、制御系の構成によって適宜選択される。

【 0 0 4 3 】

このような d / q 軸電流指令により交流モータ 1 が制御されるが、図 3 のパターンによ

10

20

30

40

50

り永久磁石モータの磁束が変化する所謂交流モータの界磁制御を実現している。

ここでは、交流モータ 1 が永久磁石同期モータの場合について示したが、巻線型同期モータの場合は界磁巻線電流制御で界磁制御が実施できる。さらに界磁巻線電流制御と d/q 軸電流制御を併用してもよい。また、誘導モータ、リラクタンسモータの場合も同様の考え方で実施できる。さらに、直流モータの界磁巻線電流制御とすることもできる。

【0044】

一方、交流モータの界磁制御は、直交座標上で d/q 軸電流指令として与えるのではなく、円筒座標上で電流の大きさと位相の指令として与えることによっても実現できる。

【0045】

ここで、図 3 のように d/q 軸電流を制御した場合のモータの回転速度と最大トルクの関係の一例を図 4 に示す。なお、図 4 において破線で示す曲線は、図 3 のような d/q 軸電流を制御しない場合（界磁制御を行わない場合）におけるモータの回転速度と最大トルクの関係の一例を示している。

10

【0046】

図 4 において実線で示したように、 d/q 軸電流を制御（界磁制御を実行）した場合には、回転速度が零から N_A となる A 点まで最大トルク T_A が保たれるが、 N_A より回転速度が上がると、回転速度が上昇するに連れて最大トルクは低下し、回転速度 N_B では B 点のトルク T_B となる。

すなわち、回転速度零から回転速度 N_A までは電流制限で決まる最大トルク T_A 、回転速度 N_A 以上の回転速度域では電流および電圧制限で決まるトルクカーブを描く。このよ

20

【0047】

界磁制御を実施しない場合、すなわち、 d 軸電流指令 = 0 のときは、図 4 において破線で示したように、速度が零から N_A までの最大トルクは T_A よりやや低下し、さらに、速度 N_A より高速域では発生トルクは急激に低下して、速度 N_A より高速域ではトルクの発生は期待できない。

【0048】

図 2 に戻って、 d/q 軸電流指令部 205 からの d/q 軸電流指令は、 d/q 軸電流制御部 206 に入力される。

30

【0049】

インバータ 21 からの出力交流電流は電流検出器 209 により検出される。検出した電流検出器 209 の信号を、座標変換部 210 で d/q 軸上の d/q 軸電流検出信号として検出する。 d/q 軸電流制御部 206 は、 d/q 軸電流指令部 205 の指令信号と座標変換部 210 からのフィードバック信号によって動作し、 d/q 軸の電圧を指令する信号を出力する。この信号は、座標変換部 207 を介して静止座標系の電圧指令となって PWM 制御部 208 に入力され、インバータ 21 は PWM (Pulse Width Modulation) 制御される。

【0050】

これら図 2 に示した d/q 軸電流制御部 206、座標変換部 207、PWM 制御部 208、電流検出器 209、座標変換部 210 の構成によりインバータ 21 の交流電流を制御する方式は、交流モータ 1 のベクトル制御として周知であるので詳細な説明は省略する。

40

【0051】

次に、能力設定部 201 a の動作を、図 5 により説明をする。

図 5 は、図 1 のプレスでストローク長さなどの機械的な寸法を同じに固定した場合の行程圧力曲線を示し、縦軸はスライドの加圧力を、横軸はスライド昇降が一番下になったスライド下面位置（下死点）から現スライド下面までの距離を示す。このとき、交流モータ（サーボモータ）1 は、図 4 の回転速度と最大トルクの曲線をもつものとする。

【0052】

図 5 の例では、このサーボモータ 1 の発生トルクが図 4 の T_A のとき下死点上位置 S_1

50

以下でこのプレス機械の最大加圧力 P_A (圧力能力) が得られる。このときの行程圧力曲線は A_1 (実線) である。

行程圧力曲線 A_1 はモータトルクが T_A のときの特性なので、図 4 に示したようにモータ回転速度が N_A 以下であり、すなわち、これに対応するプレスの動作速度 (以下、 SPM (Stroke 数 Per Minutes) と略す) は W_A 以下である。

【0053】

一方、モータトルクが T_B のとき下死点上位置 S_3 以下でこのプレス機械の最大加圧力 P_A が得られる。このときの行程圧力曲線は B_1 (破線) である。

行程圧力曲線 B_1 はモータトルクが T_B のときの特性なので、図 4 に示したようにモータ回転速度が N_B 以下であり、すなわち、これに対応するプレス SPM は W_B 以下である。

10

【0054】

ここで、能力設定部 201a は、 SPM が W_A の行程圧力特性 A_1 とするか、 SPM が W_B の行程圧力特性 B_1 とするかを選択する。

A_1 を設定したときは、下死点上位置 S_1 まで W_A の SPM での最大加圧力 P_A のプレス加工が保証され、 B_1 と設定したときは、下死点上位置 S_3 まで W_B の SPM での最大加圧力 P_A のプレス加工が保証される。

【0055】

このとき、 $W_A < W_B$ である。すなわち、下死点上高い位置 (下死点から遠い位置) から最大加圧力が必要な加工の場合、特性 A_1 を設定し、これに伴い保証される SPM は W_A となる。

20

一方、下死点上低い位置 (下死点から近い位置) から最大加圧力を発揮できればよい場合は、特性 B_1 を設定すれば、これに伴い保証されるプレス SPM は W_B に上げることができることとなり、プレス作業の効率、生産性の向上を図ることができる。

【0056】

このように、最大加圧力を出す能力発生位置とこのときの SPM のトレードオフに基づいてプレスの能力を選択することができる。すなわち、例えば、最大加圧力を出す能力発生位置 (トルク能力) を重視するか、プレス作業速度を重視するかに応じて能力を選択することができる。本実施例の設定例では、モータの最大トルクは、図 4 のトルク特性に沿って運転されるので、トルク制限部 204 でのモータの実トルク指令制限は図 4 の回転速度対最大トルクの特性を設定する。

30

【0057】

なお、例えば、特性 A_1 を選択した場合、モータ回転速度が N_A より大きくなるモーションが指令されたとき、すなわち、 SPM が W_A より大きく指令されたとする。このときは、図 4 のように回転速度が N_A より大きくなると最大トルクが低下するので、 A_1 の行程圧力曲線が保証されず、それよりトルクの小さな行程圧力曲線なる。要求される加圧力が高い場合には加工に支障を来すことになるので、モーション設定時あるいは、運転時にアラームなどで警告をしてもよい。ただし、モータの運転自体には支障がないので、プレス時に速度低下しても問題がない加工であれば運転は継続できる。次に、特性 B_1 を選択した場合も同様である。例えば、 SPM が W_B で本来なら A_1 の特性が必要なプレス時の位置が S_1 のとき最大加圧力が必要な加工の場合、 W_B での作業はできなくなるので、モーション設定時あるいは、運転時にアラームなどで警告をしてもよい。ただし、モータの運転自体には支障がないので、プレス時に速度低下しても問題ない加工であれば運転は継続できる。

40

【0058】

高い SPM 時に最大モータトルクが低下する運転特性は、特に大きなモータトルクが不要なスライドモーション、例えば、プレス加工時以外にプレス加工時よりスライドを高速で駆動するモーションに利用できる。すなわち、プレス加工時以外に高速でスライドを運転するために、スライドの加減速のトルクが必要な用途に利用できる。

このようなモーションは、プレス加工時の能力 (スライド位置、速度、トルク能力) と

50

生産性との両立を図ることができるモーションとして利用できる。

【0059】

このようにして、本実施例では、行程圧力特性の選択によって、プレス能力が選択される。この能力選択は、 d/q 軸電流制御を行う界磁制御を利用するので、インバータの最大電流や最大出力電圧の能力を変えず、また、モータ自体のサイズを上げたりすることなく、所望の加工を条件に応じて選択することができる。

【0060】

界磁制御を実施しないときは、モータの発生トルクは図4の破線のように回転速度 N_A 以上の回転速度域で急激に低下するから、行程圧力特性の設定変更自体に意味を持たない（行程圧力特性の差が小さいので、実質上意味がない）。

10

【0061】

一方、本実施例のように界磁制御を用いてプレスのトルク能力を選択できるようにすると、目的に応じて、あるときは図5のA1のような能力を持ったプレスに、またあるときは図5のB1のような能力を持ったプレスへと、プレスの能力を選択的に可変とすることができる。

【0062】

なお、ここでは2つの能力設定を選択切り換えする場合の例を示したが、2つ以上の能力設定から選択可能に構成することもでき、さらに連続的に（滑らかに）切換、設定できるようにしてもよい。能力選択は手動入力だけでなく、使用する金型に対応させて自動入力させることもでき、あるいは上位制御系から設定してもよい。また、プレスストローク中においてトルク能力（ワークに作用する加圧力の発生能力）を変更制御することも可能である。

20

【0063】

また、本実施例では、能力設定部201aでの設定は行程圧力曲線（トルク能力）を選択するようにしたが、上記説明から分かるように、能力設定部201aでプレスのトルク能力を保證するプレスSPMあるいはモータ回転速度を設定する（例えば、最大SPMを設定すれば最大モータトルクが決まり、行程圧力曲線が決まる）ようにしてもよい。

【0064】

また、下死点上位置、すなわち、最大加圧力を保證する能力発生位置を適宜に変更するように行程圧力曲線（トルク能力）を選択可能に構成することもできる。さらに、SPMや能力発生位置などに対する要求に応じて、これらを適宜に組み合わせて設定変更可能に行程圧力曲線（トルク能力）を選択切り換えする構成とすることもできる。

30

なお、最大加圧力を保證する能力発生位置を変更可能に構成することは、単なるクランクプレスでは必要とされる加圧力に対し、ギヤ強度（耐トルク）によって能力発生位置が決まるため、有効なものである。

さらに、本実施例の主旨を活かせる他の設定とすることもできる。

【実施例2】

【0065】

図6は、図5とは異なる行程圧力曲線を設定した例を示す。

なお、実施例2は、界磁制御により、モータの最大発生（出力）トルクに制限を加えると共に、スライド6の下死点上位置（クランク角度位置）に対するトルクの発生様を変更するようにした一例である。

40

本実施例に係る能力設定部201aでは、スライド6の制御上の最大加圧力（圧力能力）が選択される。同じ能力発生位置、すなわち、同じ下死点上位置における制御上の最大加圧力が選択される。つまり、例えば、図6に示すPAまたはPBが選択される。

【0066】

今、制御上の最大加圧力として、図6に示されるような、PAに対応した行程圧力曲線A1を設定すると、トルク制限部204は、トルク指令の最大値がTA（図4等参照）となるよう制限する動作をする。このとき、モータトルクがTAのときの加圧力は、モータ速度 N_A （これに対応するプレスSPMはWA）以下の場合、下死点上位置がS1以上の

50

とき、図6の曲線A1(図5のA1と同じ)のような行程圧力曲線となり、スライド6の下死点上位置に応じて曲線A1のカーブを描き、S1から下死点のとき、機械的な限界PAの加圧力となる。

【0067】

次に、能力選択部209aで制御上の最大加圧力がPBの行程圧力曲線B2を設定すると、トルク制限部204はトルク指令の最大値がTB(図4等参照)となるように制限する動作をする。モータ速度NB(これに対応するプレスSPMはWB)以下の場合、下死点上位置がS1以上のとき、図6の曲線B2のような行程圧力曲線となり、スライド6の下死点上位置に応じて曲線B2のカーブを描き、S1から下死点のとき、設定した値PBの加圧力となる。

10

【0068】

このとき、S1より下死点に近づくときモータの最大トルクをTBとしていると、加圧力はPBを越えるので、PBを越えないようにスライド6の下死点上位置に応じてモータトルクの最大値をTBより下げるように制御する。これをトルク制限部204が実行する。

【0069】

図7は、制御上の最大加圧力がPB(図6参照)に設定されたときのトルク制限の一例である。このようにモータトルク制限をすると、得られる加圧力は、設定した加圧力(最大加圧力)以下に保たれるので、金型などに異常を生じさせることなどを防止することができる。

【0070】

例えば、上死点上位置S1より下死点に近づくプレスストロークに応じて界磁を連続的に変化させてモータの最大トルクを連続的に低下させることにより、最大加圧能力(圧力能力)を一定に保つことができる。

20

【0071】

行程圧力曲線をA1(制御上の最大加圧力をPA)に設定したときは、WAまでのSPMで最大加圧力PAが保証され、行程圧力曲線をB2(制御上の最大加圧力をPB)と設定したときは、WBまでのSPMで最大加圧力PBが保証される。

【0072】

このとき、 $WA < WB$ である。すなわち、高い加圧力が必要な加工の場合、高い最大加圧力のPAの曲線A1を設定すると、これを保証するSPMはWAとなる。一方、低い加圧力でもよい場合は、加圧力PBの曲線B2を設定すれば、これを保証するプレスSPMはWBに上げることができ、プレス作業の効率、生産性を向上させることができる。

30

【0073】

このように、制御上の最大加圧力と、このときのSPMと、のトレードオフに基づいてプレスの能力を選択することができる。すなわち、加圧力を重視するか、プレス作業速度を重視するかに応じて能力を選択することができる。なお、例えば、行程圧力曲線A1を選択した場合、モータ回転速度がNA(図4等参照)より大きくなるモーションが指令されたとき、すなわち、SPMがWAより大きく指令されたとする。このときは、図4のように回転速度がNAより大きくなると最大トルクが低下するので、A1の行程圧力曲線が保証されず、それよりトルクの小さな行程圧力曲線となり、高い加圧力が要求されるスライド位置にスライド6がある場合には加工に支障を来すことになるので、実施例1と同様にモーション設定時あるいは、運転時にアラームなどで警告をしてもよい。ただし、モータの運転自体には支障がないので、プレス時に速度低下しても問題がない加工であれば運転は継続できる。行程圧力曲線B2を選択した場合も同様である。

40

【0074】

従って、このような運転特性は、特に大きなモータトルクが不要なスライドモーション、例えば、プレス加工時以外にプレス加工時よりスライドを高速で駆動するモーションに利用できる。

【0075】

すなわち、スライド6の一往復行程内においてプレス加工時以外に高速でスライド6を

50

運転するような用途（スライド 6 を動作させるためのトルクを出力できれば足りるような用途）に利用できる。このようなモーションは、プレス加工と生産性の両立を図ることができるモーションとして利用できる。

【 0 0 7 6 】

なお、ここでは 2 つの能力設定を選択切り換えする場合の例を示したが、2 つ以上の能力設定から選択可能に構成することもでき、さらに連続的に（滑らかに）切換、設定できるようにしてもよい。能力選択は手動入力だけでなく、使用する金型に対応させて自動入力させることもでき、あるいは上位制御系から設定してもよい。また、プレスストローク中においてトルク能力（ワークに作用する加圧力の発生能力）を変更制御することも可能である。

10

【 0 0 7 7 】

また、上記説明から分かるように、能力設定部 2 0 1 a で制御上の最大の加圧力を設定したり、あるいは、これを保証するプレス S P M あるいはモータ回転速度を設定するようにすることもできる。加えて、これらを組み合わせて設定することもできる。

さらに、本実施例の主旨を活かせる他の設定とすることもできる。

【 実施例 3 】

【 0 0 7 8 】

図 8 は、図 5、図 6 とは異なる行程圧力曲線を設定した例を示す。

なお、実施例 3 は、界磁制御により、モータの最大発生（出力）トルクに制限を加える一方で、最大発生（出力）トルクに到るまでのスライド 6 の下死点上位置（クランク角度位置）に対するトルクの発生状態を種々選択し得るようにした一例である。

20

本実施例は、制御上の最大加圧力の設定を能力設定部 2 0 1 a で行うのは実施例 2 と同様であるが、行程圧力曲線が実施例 2 で説明したものと異なる。制御上の最大加圧力（圧力能力）を P A と設定したときの行程圧力曲線は A 1 と変わらないが、制御上の最大加圧力を P B と設定したとき、行程圧力曲線がモータ速度（プレス S P M）により B 2 ~ B 3 の特性をとる。

【 0 0 7 9 】

制御上の最大加圧力を P A と設定したときは実施例 1 や実施例 2 の場合と変わらないので説明を省略し、最大加圧力を P B と設定したときについて、以下説明する。

【 0 0 8 0 】

図 6 に示したように、W B のプレス S P M で運転しているときは、行程圧力曲線は B 2 で、加圧力 P B を出せる下死点上位置は S 1 以下あるが、S P M が低下する、すなわち、モータ回転速度が N B から低下するに従ってモータの最大トルクは増加するので、設定した加圧力が出せる下死点上位置が高くなる。

30

【 0 0 8 1 】

回転速度が N B から N A に低下すれば、モータの図 4 の回転速度対トルク曲線で A 点に相当する運転域となる。このときの S P M は W A になる。

すなわち、図 8 に示したように、S P M が W A の場合、設定された最大加圧力が P B のときは一点鎖線 B 3 の曲線をたどる。

【 0 0 8 2 】

このように、下死点 ~ S 1 では、S P M を W B とすることが可能であるが、S 1 を越えて下死点から離れると S P M は徐々に下がり、S 2 では S P M は W A (< W B) である。S P M が W B から W A になるのに応じて、行程圧力曲線は B 2 から B 3 に徐々に移行する。

40

【 0 0 8 3 】

加圧力を P B に設定したときの下死点上位置に対するモータのトルク制限を図 9 に示す。

トルク制限は、図 9 のように下死点上 S 2 以上は最大トルクの T A であり、S 2 からトルクを徐々に低下させ、S 1 では T B に制限する。S 1 以下の下死点に近い領域は、図 7 と同じになる。

50

【0084】

以上の例のように、スライド位置に応じてプレス能力を変える設定をすることができる。ここでは2つの能力設定を切り換える場合の例を示したが、2つ以上の能力設定から選択可能に構成することもでき、さらに連続的に（滑らかに）切換、設定できるようにしてもよい。他の実施例と同様に、能力選択は手動入力だけでなく、使用する金型に対応させて自動入力させることもでき、あるいは上位制御系から設定してもよい。

【実施例4】

【0085】

図10に、本発明に係る実施例4の構成例を示す。

実施例4は、図2の実施例と比較してd/q軸の電流指令の与え方が異なる。図10において、符号が図2と同じものは同じ要素を表わす。

10

【0086】

実施例4の構成では、図10に示すように、インバータ21に入力する主回路の直流電圧を電圧検出器1001で検出し、検出した直流電圧（直流電圧値）をd/q軸電流指令部1002に入力する。

【0087】

図11は、d軸電流指令パターンの一例である。図3と同様なd軸電流指令であるが、トルク指令が増大するのに応じて、図11の実線の指令パターンとして指令され、これに加え、さらに直流電圧が所定値から低下すると、低下に応じて点線のようにd軸電流指令値が設定されるようになっている。

20

このように設定すると、直流電圧に応じてもd軸電流値が変更される。この方法は直流電圧の変動が大きい装置に有効である。

【0088】

図11のd軸電流指令のパターンは一例であって、モータの構造や所望トルク制御精度によって適宜選択される。q軸電流指令は図3と同様に決められる。

【0089】

また、d/q軸電流指令は、メモリマップを利用したパターンでして実現してもよいし、実験式によって導出してもよい。制御系の構成によって適宜選択される。このようにd/q軸電流を指令しても交流モータ1の界磁制御が実現できる。

【0090】

上記d/q軸電流指令において、能力設定部201aでのプレス能力設定は先に述べたいろいろな設定方法が採用できる。なお、このとき、直流電圧値によってモータの回転速度に対するトルク特性が変化するので、当該変化を考慮して設定を行う。

30

【実施例5】

【0091】

図12は、本発明に係る実施例5の構成例を示す。図2の実施例と比較してトルク制限の与え方と、d/q軸電流指令の与え方が異なる。図12において、符号が図2と同じものは同じ要素を表わす。

【0092】

プレス装置の負荷率によって交流モータ1の連続定格は異なる。同じプレス負荷を同じモーションで作業（プレス加工）させても、これを低頻度で繰り返すか、高頻度で繰り返すかによって、すなわち、平均SPM（スライド位置などに応じて時々刻々と変化する概念ではなく、時間単位などの比較的長期間における平均値としてのSPM）によってモータの連続定格が異なる。

40

【0093】

モータの連続定格の値は熱的要素、すなわち、損失で決まる。界磁制御を行うとd軸電流を流すために電機子電流が増加して銅損が増加する。しかもd軸電流を大きくするほど電機子電流が増加するので損失が増加する。一方、モータ定数によって決まるが、界磁制御の領域でd軸電流を適切に大きくした方が界磁制御の効果により最大トルクを増加できる。

50

【0094】

低頻度でのプレス加工（作業）の場合、界磁制御を行う領域の最大トルクを大きくとれる界磁制御パターンが好ましい。一方、高頻度でのプレス加工（作業）の場合、界磁制御を行う領域の最大トルクを多少低下させても連続定格が高くとれる界磁制御パターンが好ましい。

【0095】

図12の制御ブロック図において、運転条件設定部201から、上述した実施例で説明したと同様の信号に加え、低頻度作業（低頻度プレス加工）か、高頻度作業（高頻度プレス加工）かを表す信号がトルク制限部2041とd/q軸電流指令部2051に与えられる。

10

【0096】

図13は、実施例5の場合の界磁制御パターンの一例で、d/q軸電流指令部2051において生成されるd軸電流指令信号の例を示す。

本実施例では、低頻度作業のときは図13中の実線、高頻度作業のときは図13中の点線のようにパターンを選択する。

【0097】

このときのモータの最大トルクの例を、図14に示す。

図14中の実線で示される低頻度作業の方が、図14中の破線で示される高頻度作業の場合より最大トルクは大きく、回転速度NBでの最大トルクは、低頻度トルクTB1 > 高頻度トルクTB2である。

20

【0098】

図14に示すように、低頻度作業の場合は最大トルクは大きいものの、図13のように、低頻度作業の方が高頻度作業よりd軸電流値（絶対値）は大きいため銅損が多くモータ損失は大きくなる。

q軸電流指令は、上述した他の実施例と同じで、図3中の（式1）に基づき取得され、d軸電流指令に応じて適切に指令される。

【0099】

このように、本実施例では、高頻度作業の場合と、低頻度作業の場合と、で、d/q軸電流の指令パターンを図13のように変更する。また、そのときのトルク特性に合わせてトルク制限部2041の制限値を、図14のように変更する。

30

【0100】

これを実現するため、本実施例では、能力設定部201aにおいて、低頻度作業なのか高頻度作業なのかを設定するように構成される、あるいは、運転条件設定部201で繰り返しを含むプレス運転パターンからこれを判定するように構成される。

【0101】

なお、上記の説明は、低頻度作業か、高頻度作業かの2つの形態の選択としたが、作業頻度の選択数をさらに増やしても、あるいは連続的に選択できるようにしてもよい。このときは、d/q軸電流指令部での界磁制御の選択パターンは選択に応じて変える。

【0102】

さらに、d軸電流指令のパターンの最適な選択は、プレス運転パターンの最高SPMによっても異なるので、最高SPMによって変更するように構成することができる。すなわち、運転パターンによりモータの最高回転速度が、図14のNAより少し上まで到達する場合と、NBまで到達する場合、あるいは、NBを越える最高回転速度まで到達する場合とでは、d軸電流指令の適正值が異なるため、これに対応して設定することが好ましい。また、特に、d軸電流指令がメモリマップ等を参照して与えられる場合、設定されるパターンの数に制限があるときなどに有効となる。

40

【0103】

このように、本実施例では、作業頻度やモータの最高回転速度などのプレス装置の運転パターンによってd/q軸電流指令パターンを変更する。なお、本実施例は、先の実施例と組み合わせて実施させることができる。

50

【 0 1 0 4 】

以上説明したように、本発明によれば、界磁制御を実施することにより、プレス能力の選択ができる。なお、前述の各実施例ではクランク機構を利用したプレス機械を代表的に述べたが、クランク機構以外の他の機構を利用したプレス機械（例えば、ボールネジを利用したものや、リニアモータを利用したもの）において同様の考え方で能力を可変にできるものである。

【 0 1 0 5 】

その他、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において、種々変更を加え得ることは可能である。

【 産業上の利用可能性 】

10

【 0 1 0 6 】

本発明に係るプレス機械によれば、簡単かつ安価な構成でありながら、様々な要求特性に応じて能力（トルク能力やSPMなど）を可変に制御でき有益である。

【 符号の説明 】

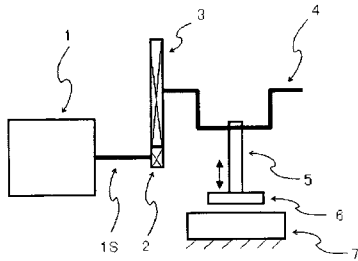
【 0 1 0 7 】

- 1 交流モータ
- 2 ギヤ
- 3 メインギヤ
- 4 クランク軸
- 5 コンロッド
- 6 スライド
- 7 ボルスタ
- 2 1 インバータ
- 2 2 エンコーダ
- 2 0 1 運転条件設定部
- 2 0 1 a 能力設定部
- 2 0 2 モーション指令部
- 2 0 3 位置 / 速度制御部
- 2 0 4 トルク制限部
- 2 0 5 d / q 軸電流指令部
- 2 0 6 d / q 軸電流制御部
- 2 0 7 座標変換部
- 2 0 8 P W M 制御部
- 2 0 9 電流検出器
- 2 1 0 座標変換部
- 1 0 0 1 電圧検出器
- 1 0 0 2 d / q 軸電流指令部
- 2 0 5 1 d / q 軸電流指令部

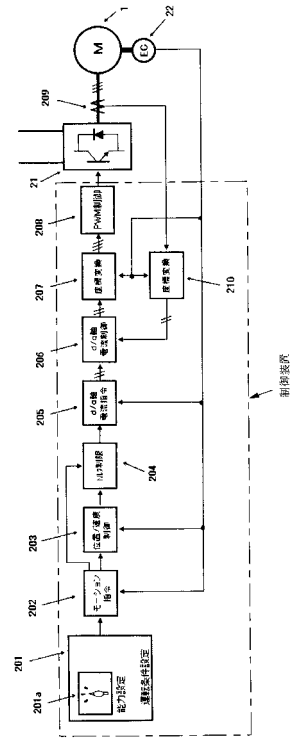
20

30

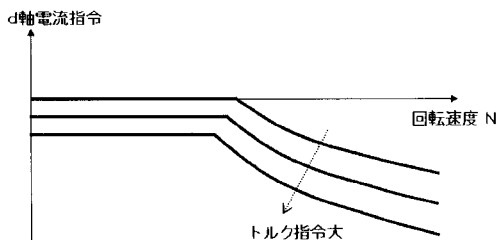
【 図 1 】



【 図 2 】



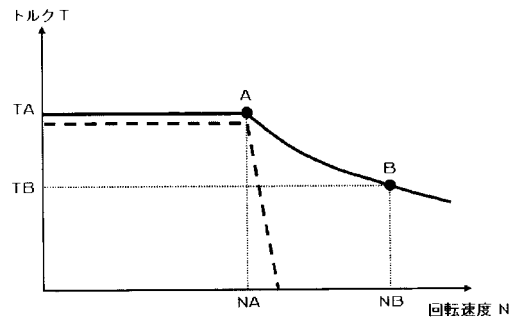
【 図 3 】



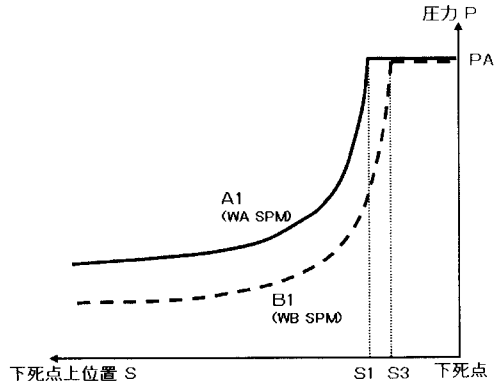
$$d\text{-軸電流指令} = K \frac{\text{トルク指令}}{\text{永久磁石磁束} + (L_d + L_q) \cdot d\text{-軸電流指令}} \quad (\text{式1})$$

ここで、
 K: 定数
 L_d, L_q: それぞれ、モータの d, q 軸インダクタンス

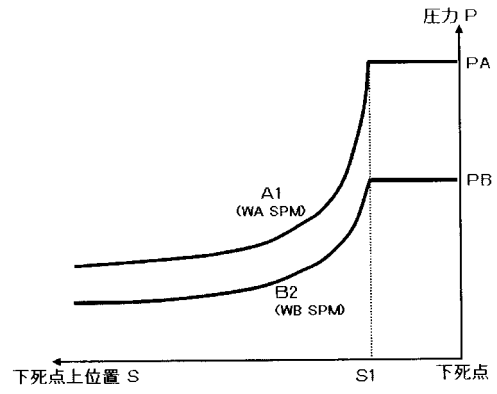
【 図 4 】



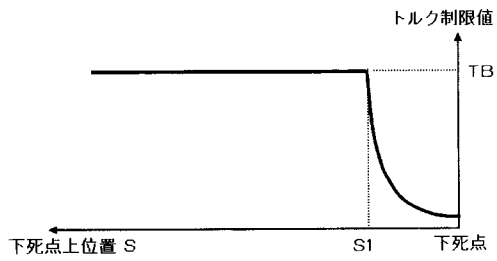
【 図 5 】



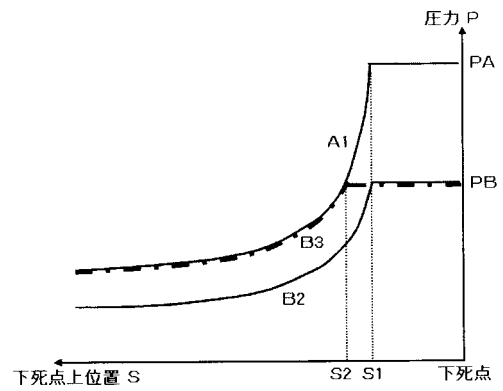
【 図 6 】



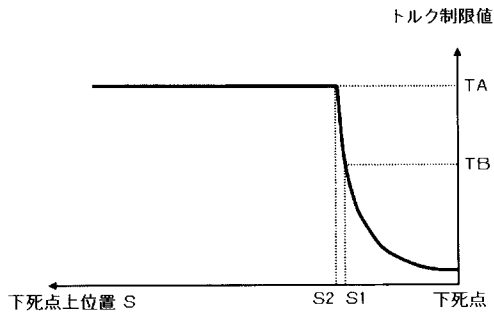
【 図 7 】



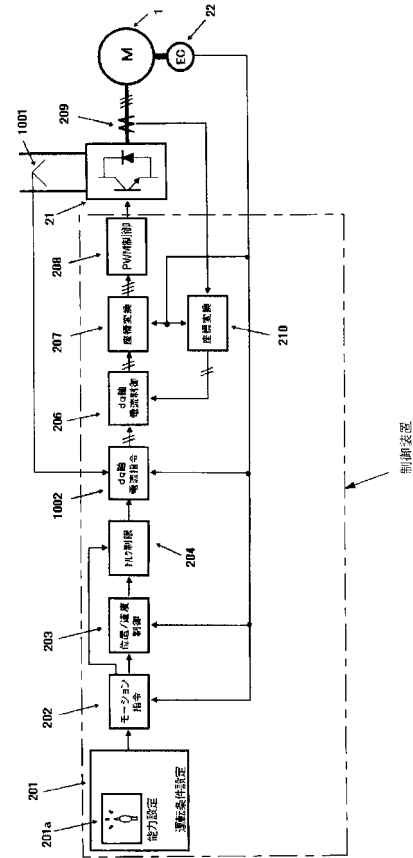
【 図 8 】



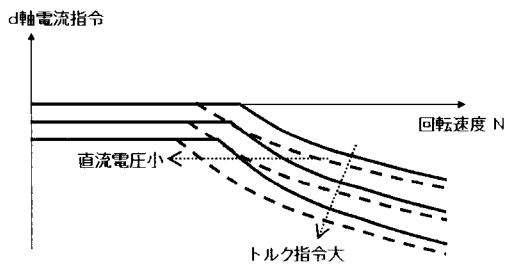
【 図 9 】



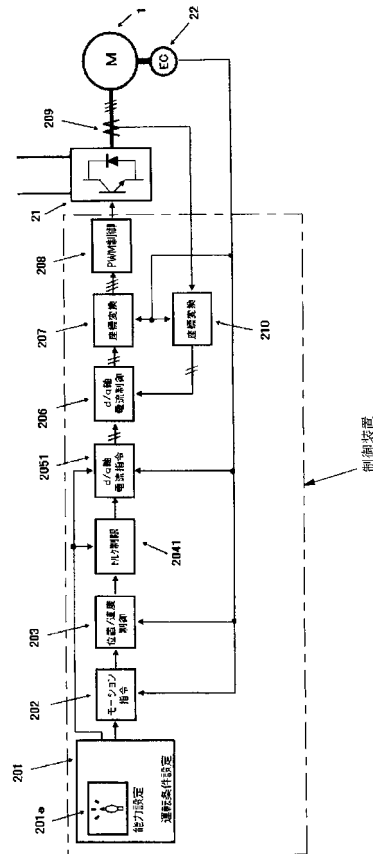
【 図 10 】



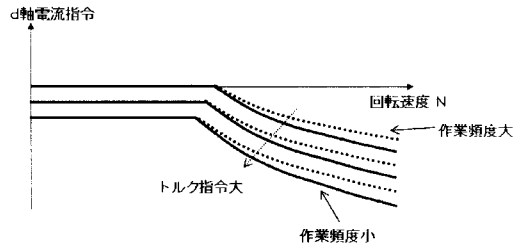
【 図 11 】



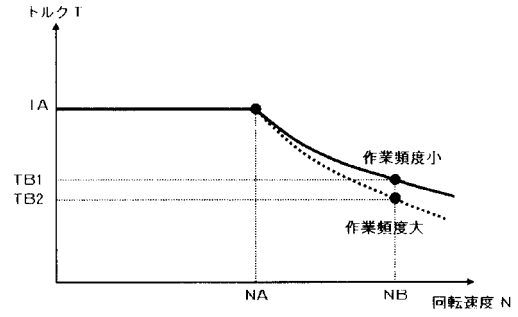
【 図 12 】



【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



フロントページの続き

(72)発明者 吉田 博昭

神奈川県相模原市大山町2番10号 アイダエンジニアリング株式会社内

Fターム(参考) 4E089 EA01 EB02 EB03 ED02 EE01 EE03