

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載
【部門区分】第 2 部門第 3 区分
【発行日】平成 16 年 9 月 9 日 (2004.9.9)

【公開番号】特開 2001-162586 (P2001-162586A)
【公開日】平成 13 年 6 月 19 日 (2001.6.19)
【出願番号】特願 平 11-344074
【国際特許分類第 7 版】
 B 2 6 D 1/62
 B 6 5 H 35/08
【F I】
 B 2 6 D 1/62 E
 B 6 5 H 35/08

【手続補正書】
【提出日】平成 15 年 8 月 25 日 (2003.8.25)
【手続補正 1】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】全文
【補正方法】変更
【補正の内容】
【発明の名称】ロータリーカッタの制御装置
【特許請求の範囲】

【請求項 1】走行する材料に追従して、材料を切断するロータリーカッタを減速，加速，定速駆動する電動機を制御する際に、制御応答の遅れにより、前記電動機の応答速度が速度指令に対して遅れるロータリーカッタ制御装置において、
前記速度指令に対する前記電動機の応答速度の遅れ分である整定時間を補償するために、前記整定時間に相当する時間だけ早く速度指令を生成し、この速度指令による電動機の応答速度に前記整定時間の遅れがないようにすることを特徴とするロータリーカッタの制御装置。

【請求項 2】走行する材料の移動速度を検出して、前記移動速度を時間積分して材料の移動距離を求め、前記検出された移動速度から前記整定時間を補償する整定時間補償値を生成し、前記材料の移動距離と前記整定時間補償値とを加算し、この加算した値と、前記走行する材料を切断するために必要な諸条件である材料切断長，ロータリーカッタ切断領域の周長，およびロータリーカッタ周長の値とから、位置指令を演算し、この演算した位置指令を時間微分して前記速度指令を生成することを特徴とする請求項 1 に記載のロータリーカッタ制御装置。

【請求項 3】前記速度指令が、定速間の变速領域において、減速から加速に移行させる速度指令である場合に、前記速度指令は、ロータリーカッタを減速から加速に移すときに、徐々に減速させた後、徐々に加速する速度指令であることを特徴とする請求項 2 に記載の制御装置。

【請求項 4】走行する材料に追従して、材料を切断するロータリーカッタを減速，加速，定速駆動する電動機を制御する際に、制御応答の遅れにより、前記電動機の応答速度が速度指令に対して整定時間だけ遅れる制御装置において、
走行する材料の移動速度を検出するパルスジェネレータと、
前記移動速度を時間積分して材料の移動距離を求める積分器と、
前記検出された移動速度から前記整定時間を補償する整定時間補償値を生成する整定時間補償器と、
前記材料の移動距離と前記整定時間補償値とを加算する加算器と、
前記加算した値と、前記走行する材料を切断するために必要な諸条件である材料切断長，

ロータリーカッタ切断領域の周長，およびロータリーカッタ周長の値とから、位置指令を演算する位置指令発生器と、

前記演算した位置指令を時間微分して前記速度指令を生成する微分器と、

を備えることを特徴とするロータリーカッタ制御装置。

【請求項 5】前記速度指令が、定速間の変速領域において、減速から加速に移行させる速度指令である場合に、前記速度指令は、ロータリーカッタを減速から加速に移すときに、徐々に減速させた後、徐々に加速する速度指令であることを特徴とする請求項 4 に記載の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、連続的に高速で送られる鋼板，アルミニウム板，紙，段ボール等の材料を、数値制御により回転する刃物が材料に追従しながら切断し、切断と切断との間は、数値制御により刃物の回転を変速させて切断長を設定長に一致させるロータリーカッタの制御装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

連続的に高速で送られる鋼板，アルミニウム板，紙，段ボール等の材料を切断する従来のロータリーカッタの制御装置のブロック図を図 15 に、従来の速度指令特性線図を図 9 に示す。

【0003】

図 15 に示すように、軸方向周面に刃を有する一対のロータリーカッタ 2 があり、このロータリーカッタ 2 の主軸 3 には減速ギヤ 4 が取り付けられ、ロータリーカッタ 2 を駆動するための電動機 5 が結合されている。この電動機 5 には、電動機の回転速度と電動機回転角、即ち、ロータリーカッタ 2 の主軸 3 の回転角を検出するためのパルスジェネレータ (PG) 6 が備えられている。

【0004】

一方、走行する材料 1 の移動量を検出するための測長ホイール 8 が備えられ、この測長ホイール 8 の軸には、移動量を検出するためのパルスジェネレータ (PG) 9 が備えられている。さらに、ロータリーカッタ 2 により走行する材料 1 を切断する毎に、切断完了位置を検出する切断完了位置センサ 70 が備えられている。このロータリーカッタ 2 の数値制御装置 30 は、特公昭 61 - 33679 号公報に開示されているように、大きく分けて定尺切断回路部 40 と、停止制御回路部 60 と、比較部 53 とにより構成されている。

【0005】

定尺切断回路部 40 は、材料 1 を設定された所定の長さに正確に切断するための回路であり、切断寸法設定部 41，第 1 演算部 42，切断完了センサ 43，タイミング信号発生部 44，周長設定部 45，材料走行距離検出回路 46，モータ回転数検出回路 47，第 2 演算部 48，D/A 変換器 49，関数発生器 50，F/V 変換器 51，演算増幅器 52 で構成される。

【0006】

この定尺切断回路部では、ロータリーカッタ 2 により走行する材料 1 を切断する毎に、切断完了位置センサ 70 により切断完了位置を検出し、切断完了位置信号を発生する毎に、切断長 L_0 とロータリーカッタ 2 の周長 B_0 との差 $L = L_0 - B_0$ に相当するパルス数を定尺切断回路部 40 の演算部 48 に読込む。

【0007】

材料 1 の走行に伴いパルスジェネレータ 9 より発生するパルス数 a (即ち、材料の移動量) と、ロータリーカッタ 2 の回転に伴いパルスジェネレータ 6 より発生する b (ロータリーカッタ 2 の回転量) との差 $a - b$ 、即ち、 $R = L_0 - B_0 - (a - b)$ を計算しながら、差 R に相当する補償電圧 $V_c = f(R)$ と、パルスジェネレータ (PG) 9 の出力を周波数 - 電圧 (F/V) 変換して得られる電圧、即ち、材料 1 の移動量を表す

電圧 V_a との差 $V_0 = V_a - V_c$ を、 $V_0 > 0$ の時だけ、電動機 5 の駆動制御回路 7 に速度指令として与える。

【0008】

停止制御回路部 60 は、停止距離設定部 61 , 可逆カウンタ 62 , D/A 変換器 63 , 関数発生器 64 , 比較部 65 により構成される。

【0009】

このような停止制御回路部では、ロータリーカッタ 2 の刃が切断完了位置センサ 70 を通過し、切断完了信号が発生する度に、可逆カウンタ 62 は、あらかじめ設定されたロータリーカッタ 2 の刃の停止距離に相当するパルス数 s を読み込むとともに、ロータリーカッタ 2 の回転量を表すパルス数 b を減算し、D/A 変換器 64 は、これに比例した直流電圧 V_b に変換する。

【0010】

比較部 53 は、停止制御回路部 60 の比較部 65 の出力電圧 V_1 と、定尺切断回路 40 の演算増幅器 52 の出力する速度指令電圧 V_0 とを比較し、いずれか高い方を、最終指令電圧 V_2 として、駆動制御回路 7 に与える。

【0011】

以上のような数値制御装置 30 では、材料 1 の速度電圧 V_a に対して補償電圧 V_c を減算して、差 R に従い材料 1 の速度に対して補償すると共に、切断時には差 R が零となって $V_c = 0$ 、即ち、 $V_c = V_a$ としてロータリーカッタ 2 の速度を材料 1 の速度に同期させ、且つ、この間に、 a , b の何れか一方が他方に対して進みあるいは遅れると、その差を零にするように電動機を加減速制御をするデジタルサーボ制御を行うことによって、材料 1 を所定の長さに正確に定尺切断することができる。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、上記従来のロータリーカッタ制御装置には、次のような問題がある。すなわち、図 9 に示すように、加減速レートの速度指令（折線曲線） V_R に対する電動機 の速度応答 V_b は、制御応答の遅れのために、遅れる。この遅れの時間を t_s で示す。したがって、カッタの速度が材料速度に同調する際に、 t_s 分遅れることになる。このような制御応答の遅れがあると切断長に誤差を生じるという問題がある。以下、この明細書では、前記遅れ時間 t_s を、整定時間と言うものとする。

【0013】

また、従来のロータリーカッタ制御装置では、加速および減速は直線的に行われ、加速時の加速レート、および減速時の減速レートは、D/A 変換器のゲインによって決定されるため、固定値となる。

【0014】

加減速レートが固定値であると、切断長、材料の走行速度に関係なく加減速レートが一定のため、効率的な切断ができない問題があった。

【0015】

さらに、加速および減速が直線的であると、減速から加速に移行するような場合には、衝撃的な力が発生し、ギヤーの騒音、摩耗、破損等の障害を生じる。

【0016】

本発明者は、このような問題を解決するために、定速領域間の変速領域での速度指令を折線曲線ではなく、正弦曲線、2 次曲線などの特性になるようにする制御装置を考案した。以降、本明細書では、変速領域での速度指令を表す曲線を変速曲線と言うものとする。

【0017】

変速曲線が折線曲線、あるいは上記のような正弦曲線、2 次曲線等であろうと、制御応答の遅れは共通の問題である。

【0018】

本発明の目的は、上述のような問題を解決するためになされたもので、カッタ速度指令を整定時間相当早く生成して与え、電動機 の速度応答を理想的な応答に一致させ、また、各

々の変速曲線の特徴に応じた効率的な切断ができるロータリーカッタの制御装置を提供することにある。

【0019】

【課題を解決するための手段】

本発明は、走行する材料に追従して、材料を切断するロータリーカッタを減速、加速、定速駆動する電動機を制御する際に、制御応答の遅れにより、前記電動機の応答速度が速度指令に対して遅れるロータリーカッタ制御装置において、前記速度指令に対する前記電動機の応答速度の遅れ分である整定時間を補償するために、前記整定時間に相当する時間だけ早く速度指令を生成し、この速度指令による電動機の応答速度に前記整定時間の遅れがないようにすることを特徴とする。

【0020】

本発明は、さらに、走行する材料の移動速度を検出して、前記移動速度を時間積分して材料の移動距離を求め、前記検出された移動速度から前記整定時間を補償する整定時間補償値を生成し、前記材料の移動距離と前記整定時間補償値とを加算し、この加算した値と、前記走行する材料を切断するために必要な諸条件である材料切断長、ロータリーカッタ切断領域の周長、およびロータリーカッタ周長の値とから、位置指令を演算し、この演算した位置指令を時間微分して前記速度指令を生成することを特徴とする。

【0021】

本発明は、さらに、前記速度指令が、定速間の変速領域において、減速から加速に移行させる速度指令である場合に、前記速度指令は、ロータリーカッタを減速から加速に移すときに、徐々に減速させた後、徐々に加速する速度指令であることを特徴とする。

【0022】

【発明の実施の形態】

図1は、本発明のロータリーカッタの制御装置の構成を示すブロック図である。図1に示すように、軸方向周面に刃を有する一对のロータリーカッタ2があり、このカッタ2を駆動するための電動機5がギヤー4によりカッタの主軸3に結合されている。この電動機5には、電動機の回転角、即ち、カッタ2の回転角を検出するためのパルスジェネレータ(PG)6が備えられている。

【0023】

一方、走行する材料1の速度を検出するための測長ロール8が備えられ、この測長ロール8の軸には、パルスジェネレータ(PG)9が備えられている。

【0024】

測長ロール8は、走行する材料1の速度を検出するために、走行する材料1の両面を上下2本の測長ロール8で加圧接触、即ち、ニップし、材料の走行にしたがって生ずる測長ロール8の回転により、パルスジェネレータ9から単位回転毎にパルスが発生させ、そのパルスを計数することにより、連続走行する材料の速度 V_L を検出している。

【0025】

次に、数値制御装置80について説明する。この数値制御装置80は、整定時間補償器10、積分器11、位置指令発生器12、微分器13、積分器14、位置制御器15、速度制御器16、微分器18、19、乗算器17、20、機械定数乗算器21、加算器31～37によって構成されている。

【0026】

材料1の走行に伴いパルスジェネレータ9より発生する材料速度 V_L を、数値制御装置80の整定時間補償器10(後に詳細に説明する)および積分器11に同時に入力する。整定時間補償器10に入力された V_L は、電動機の応答速度の遅れ分(t_s)に相当する整定時間補償信号を出力し、積分器11の出力と共に加算器31により加算し、加算した値は、材料移動距離 x として位置指令発生器12に入力される。この位置指令発生器12は、材料移動距離 x の関数として位置指令 $f(x)$ を与える。微分器13は、位置指令 $f(x)$ を時間微分することにより、カッタ速度指令 $df(x)/dt$ を出力する。

【0027】

一方、ロータリーカッタ 2 の回転に伴いパルスジェネレータ 6 より発生するパルスからロータリーカッタ 2 の移動速度 V_B が得られる。

【 0 0 2 8 】

加算器 3 2 により、速度指令 $df(x)/dt$ と、材料速度 V_L と、カッタ速度 V_B とが加算され、積分器 1 4 に入力され、位置偏差 e として出力する。この位置偏差 e は、

【 0 0 2 9 】

【 数 1 】

$$e = \int_0^t \left[\frac{df(x)}{dt} + V_L - V_B \right] dt$$

【 0 0 3 0 】

で与えられる。この位置偏差 e は、位置制御器 1 5 に入力され補償速度 V_C として出力される。

【 0 0 3 1 】

一方、乗算器 1 7 で、カッタ速度指令 $df(x)/dt$ にフィードフォワード定数 α とを乗算することにより、速度指令フィードフォワード信号として、加算器 3 6 で材料速度 V_L を共に加算する。さらに、加算器 3 3 で補償速度 V_C と加算され、加算器 3 4 でさらに、カッタ速度 V_B と加算されて、速度偏差 ΔV が求められる。速度偏差 ΔV は、

【 0 0 3 2 】

【 数 2 】

$$\Delta V = V_C + \alpha \frac{df(x)}{dt} + V_L - V_B$$

【 0 0 3 3 】

で与えられる。

【 0 0 3 4 】

この速度偏差 ΔV は、速度制御器 1 6 に入力され補正トルク指令 A として出力される。

【 0 0 3 5 】

一方、材料速度 V_L を微分器 1 8 で時間微分して材料加速度 dV_L/dt を得る。また、カッタ速度指令 $df(x)/dt$ を微分器 1 9 で時間微分してカッタ加速度指令 $d^2f(x)/dt^2$ を得る。このカッタ加速度指令 $d^2f(x)/dt^2$ にフィードフォワード定数を乗算器 2 0 で乗算することにより加速度指令フィードフォワード信号とする。この加速度指令フィードフォワード信号と、材料加速度 dV_L/dt とを加算器 3 7 で加算し、機械定数乗算器 2 1 に入力し、機械定数 J を乗算して基準トルク指令 B として出力する。

【 0 0 3 6 】

このように基準トルク指令 B は、機械定数 (J) を乗算することにより求めているが、これは変化する速度指令に対して、その変化率である加速度を機械イナーシャを乗じて電動機トルク指令としてフィードフォワード補償することにより、イナーシャ負荷であるカッタの変化する速度指令に対する追従性を向上させるためである。

【 0 0 3 7 】

この基準トルク指令 B と補正トルク指令 A とが加算器 3 5 により加算され、電動機トルク指令 R 、

【 0 0 3 8 】

【 数 3 】

$$\tau_R = \tau_A + \tau_B$$

【 0 0 3 9 】

となつて、駆動制御回路 7 を通して電動機 5 に指令を与える。

【 0 0 4 0 】

ここで、整定時間を補償した変速曲線のうち、図 7 に示す折線曲線について説明する。図において、 V_L はロータリーカッタの定速領域での速度を示す。定速領域では、ロータリーカッタの速度は、材料速度に同期する。時刻 T は、ロータリーカッタが定速になる時刻を示す。

【 0 0 4 1 】

一般的には、ロータリーカッタは、機械の構成上、機械損失が少なく電動機にとってはイナーシャ負荷となっている。また、図 1 に示す駆動制御回路 7 は、高速の電流ループを有した制御回路を使用しているため、トルク応答は速度制御応答に比べ十分速いので、速度制御器 16 により得られる速度応答は 1 次遅れ応答となり、電動機を含めた機械定数を J 、速度制御ループゲインを K_V 、時定数 $T_m = J / K_V$ とするとカッタ速度 V_B は、

【 0 0 4 2 】

【数 4】

$$V_B = \frac{1}{1 + T_m S} V_R$$

【 0 0 4 3 】

となる。

【 0 0 4 4 】

通常、図 1 に示した速度指令フィードフォワードゲイン を 1、および加速度指令フィードフォワードゲイン を 1 とすることは過補償となり、図 7 に示すカッタ速度 V_B は、折線コーナの部分でオーバーシュート（図示しない）を生じて精度不良を招くため、 < 1 および < 1 とせざるを得ない。この場合は、オーバーシュートを抑制することが可能である反面、応答遅れが生じることになるが、本発明では整定時間を補償しているので、応答遅れを生じない。

【 0 0 4 5 】

遅れのない応答について、図 1 の制御装置に基づいて説明をする。カッタ速度指令 $df(x) / dt$ に対して、カッタ速度 V_B は、

【 0 0 4 6 】

【数 5】

$$V_B = \frac{1 + \frac{\alpha}{K_p} S + \beta \frac{T_m}{K_p} S^2}{1 + \frac{1}{K_p} S + \frac{T_m}{K_p} S^2} \cdot \frac{df(x)}{dt}$$

【 0 0 4 7 】

となる。 $K_p = (1 -) / T_m$ である。

【 0 0 4 8 】

ここで、補償器 10 による整定時間補償を

【 0 0 4 9 】

【数 6】

$$\frac{\frac{1-\alpha}{K_p} + (1-\beta) \frac{T_m}{K_p} S}{1 + \frac{\alpha}{K_p} S + \beta \frac{T_m}{K_p} S^2} = t_s \frac{1 + \frac{1-\beta}{1-\alpha} T_m S}{1 + \frac{\alpha}{K_p} S + \beta \frac{T_m}{K_p} S^2}$$

【 0 0 5 0 】

とすると (但し、 $t_s = (1 -) / K_p$)、カット速度指令は、

【 0 0 5 1 】

【 数 7 】

$$\frac{df(x)}{dt} = \frac{1 + \frac{1}{K_p} S + \frac{T_m}{K_p} S^2}{1 + \frac{\alpha}{K_p} S + \beta \frac{T_m}{K_p} S^2} V_L$$

【 0 0 5 2 】

となり、 $df(x) / dt = df(x) / dx \cdot dx / dt$ と表せるので、

【 0 0 5 3 】

【 数 8 】

$$V_B = \frac{df(x)}{dx} V_L$$

【 0 0 5 4 】

となり、遅れのない応答が得られることになる。ここで、 $= 0$ とすると、

【 0 0 5 5 】

【 数 9 】

$$V_B = \frac{1}{1 + t_s S} \cdot \frac{df(x)}{dt}$$

【 0 0 5 6 】

となる。

【 0 0 5 7 】

整定時間補償器 10 がない場合は、 $df(x) / dt = V_L$ であるため、

【 0 0 5 8 】

【 数 10 】

$$V_B = \frac{1}{1 + t_s S} \cdot \frac{df(x)}{dx} V_L$$

【 0 0 5 9 】

となり、カット速度 V_B が速度指令 $df(x) / dx \cdot V_L$ に対し整定時間 t_s 遅れた応答になる。このため、整定時間補償器 10 は、遅れ伝達特性の逆特性を与えることになるが、この実施例では、 $t_s \cdot V_L$ が材料移動距離にフィードフォワード補償されて $dx / dt = (1 + t_s S) V_L$ となり、図 8 の速度指令 $(1 + t_s S) \cdot df(x) / dx \cdot V_L$ が与えられ、カット速度 V_B は、

【 0 0 6 0 】

【 数 11 】

$$V_B = \frac{df(x)}{dx} V_L$$

【 0 0 6 1 】

となり、図 8 に示すような遅れのない応答が得られる。なお、図 7 および図 8 において、(1) ~ (5) は、同じタイミングを示している。

【 0 0 6 2 】

次に、本発明の整定時間補償を適用できる変速曲線の他の例について説明する。ロータリカッタ 2 が直線状に減速して速度が零になると直ちに直線状に加速を始める折線曲線について説明する。

【 0 0 6 3 】

この折線曲線を求めると、カッタ速度指令 $df(x)/dt$ は、 $0 \leq t/T \leq 1/2$ の時、 $-(2/T)V_L t$ となり、 $1/2 \leq t/T \leq 1$ の時、 $V_L \{1 - (2/T)(t - (T/2))\}$ となる。ここで、 $V_L T = 2(L_0 - B_0)$ であるから、位置指令 $f(x)$ は、

【 0 0 6 4 】

【 数 1 2 】

$$f(x) = \begin{cases} -V_L T \left(\frac{t}{T}\right)^2 = -2(L_0 - B_0) \left(\frac{t}{T}\right)^2 \\ -V_L T \left\{ \frac{1}{2} - \left(1 - \frac{t}{T}\right)^2 \right\} = -2(L_0 - B_0) \left\{ \frac{1}{2} - \left(1 - \frac{t}{T}\right)^2 \right\} \end{cases}$$

【 0 0 6 5 】

となる。これに $t = X/V_L$ 、 $T = (L_0 - B_w)/V_L$ を代入すると、位置指令 $f(x)$ は、

【 0 0 6 6 】

【 数 1 3 】

$$f(x) = \begin{cases} -2(L_0 - B_0) \left(\frac{X}{L_0 - B_w}\right)^2, & 0 \leq \frac{X}{L_0 - B_w} \leq \frac{1}{2} \\ -2(L_0 - B_0) \left\{ \frac{1}{2} - \left(1 - \frac{X}{L_0 - B_w}\right)^2 \right\}, & \frac{1}{2} \leq \frac{X}{L_0 - B_w} \leq 1 \end{cases}$$

【 0 0 6 7 】

となる。但し、 B_w は、図 6 に示すカッタの切断領域の周長を示す。

【 0 0 6 8 】

上式において切断長 L_0 と切断領域の周長 B_w との差分 $L_0 - B_w$ は、材料移動距離 x に対するカッタの変速領域を示し、あらかじめ切断長 L_0 に応じて演算されている。また、切断長 L_0 とカッタ周長 B_0 との差分 $L_0 - B_0$ も、材料移動の見送り量として切断長 L_0 に応じて演算して与えられる。

【 0 0 6 9 】

位置指令発生器 12 は、材料移動距離 x に応じて上式(数 13)に基づいて実時間で高速で位置指令 $f(x)$ を演算し出力する。この位置指令 $f(x)$ を微分器 13 で微分すれば、前述した折線曲線の速度指令が得られる。

【 0 0 7 0 】

このような速度指令では、減速から加速に移るときに、衝撃が生じる。そこで、以下の例

では、このような衝撃の生じない変速曲線の例を説明する。

【 0 0 7 1 】

まず、正弦曲線の速度指令 V_R について説明する。このような速度指令は、次式で与えられる。

【 0 0 7 2 】

【 数 1 4 】

$$V_R = V_L \left(1 - \frac{\pi}{4} \sin \frac{\pi}{T} t \right)$$

$$\text{但し、} 0 \leq \frac{t}{T} \leq 1 \quad , \quad T = (L_0 - B_w) / V_L$$

【 0 0 7 3 】

従って、カット速度指令 $df(x)/dt$ は、変速領域の速度指令として次式によって与えられる。

【 0 0 7 4 】

【 数 1 5 】

$$\frac{df(x)}{dt} = V_R - V_L = \frac{-\pi}{4} V_L \sin \frac{\pi}{T} t$$

【 0 0 7 5 】

ここで、 $V_L T = 2 (L_0 - B_0)$ であるから、位置指令 $f(x)$ は、

【 0 0 7 6 】

【 数 1 6 】

$$f(x) = \int_0^t \frac{f(x)}{dt} dt = -\frac{V_L T}{4} \left(1 - \cos \frac{\pi}{T} t \right) = -\frac{L_0 - B_0}{2} \left(1 - \cos \frac{\pi}{T} t \right)$$

【 0 0 7 7 】

となる。この式に $t = X / V_L$ 、 $T = (L_0 - B_w) / V_L$ を代入すると位置指令 $f(x)$ は、

【 0 0 7 8 】

【 数 1 7 】

$$f(x) = -\frac{L_0 - B_0}{2} \left(1 - \cos \frac{\pi}{L_0 - B_w} X \right) \quad , \quad 0 \leq \frac{X}{L_0 - B_w} \leq 1$$

【 0 0 7 9 】

となる。但し、 B_w は、図 6 に示すカッタの切断領域の周長を示す。

【 0 0 8 0 】

上式において切断長 L_0 と切断領域の周長 B_w との差分 $L_0 - B_w$ は、材料移動距離 x に対するカッタの変速領域を示し、あらかじめ切断長 L_0 に応じて演算されている。また、切断長 L_0 とカッタ周長 B_0 との差分 $L_0 - B_0$ も、材料移動の見送り量として切断長 L_0 に応じて演算して与えられる。

【 0 0 8 1 】

位置指令発生器 12 は、材料移動距離 x に応じて上式（数 17）に基づいて実時間で位置指令 $f(x)$ を演算し出力する。この位置指令 $f(x)$ を微分器 13 で微分すれば、前述した正弦曲線の速度指令が得られる。

【 0 0 8 2 】

以上の速度指令の加速度は、

【 0 0 8 3 】

【 数 1 8 】

$$\frac{d^2 f(x)}{dt^2} = -\frac{\pi^2}{4} \frac{V_L}{T} \cos \frac{\pi}{T} t$$

【 0 0 8 4 】

で表され、ピークの加速度は、

【 0 0 8 5 】

【 数 1 9 】

$$\left. \frac{d^2 f(x)}{dt^2} \right|_{t=0} = -\frac{\pi^2}{4} \frac{V_L}{T} \quad \left. \frac{d^2 f(x)}{dt^2} \right|_{t=T} = \frac{\pi^2}{4} \frac{V_L}{T}$$

【 0 0 8 6 】

で表され、加速度の実効値 (R M S) は、

【 0 0 8 7 】

【 数 2 0 】

$$\sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T \left\{ \frac{d^2 f(x)}{dt^2} \right\}^2 dt} = \frac{\pi^2}{4} \frac{V_L}{T} \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T \cos^2 \frac{\pi}{T} t dt} = \frac{\pi^2}{4\sqrt{2}} \frac{V_L}{T}$$

【 0 0 8 8 】

で表され、半周期の加速度平均値は、

【 0 0 8 9 】

【 数 2 1 】

$$\frac{2}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} \frac{d^2 f(x)}{dt^2} dt = \frac{2}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} \left(-\frac{\pi^2}{4} \frac{V_L}{T} \cos \frac{\pi}{T} t \right) dt = -\frac{\pi}{2} \frac{V_L}{T}$$

【 0 0 9 0 】

で表される。

【 0 0 9 1 】

比較のために、前述した減速から加速に移行する折線曲線について検討する。折線曲線の場合の加速度 $d^2 f(x) / dt^2$ は、

【 0 0 9 2 】

【 数 2 2 】

$$\frac{d^2 f(x)}{dt^2} = \begin{cases} -\frac{2}{T} V_L & 0 \leq \frac{t}{T} \leq \frac{1}{2} \\ \frac{2}{T} V_L & \frac{1}{2} \leq \frac{t}{T} \leq 1 \end{cases}$$

【 0 0 9 3 】

で表され、加速度の実効値 (R M S) は、

【 0 0 9 4 】

【 数 2 3 】

$$\sqrt{\frac{1}{T} \left[\int_0^{\frac{T}{2}} \left(-\frac{2}{T} V_L \right)^2 dt + \int_{\frac{T}{2}}^T \left(\frac{2}{T} V_L \right)^2 dt \right]} = 2 \frac{V_L}{T}$$

【 0 0 9 5 】

で表され、半周期の加速度平均値は、

【 0 0 9 6 】

【 数 2 4 】

$$\frac{2}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} \left(-\frac{2}{T} V_L \right) dt = -2 \frac{V_L}{T}$$

【 0 0 9 7 】

で表される。

【 0 0 9 8 】

以上により、最大加速度変化率は、正弦曲線の場合、0 から $(-2/T) V_L$ から $(2/T) V_L$ であり、従って、 $(4/T) V_L$ となる。

【 0 0 9 9 】

また、折線曲線の場合、最大加速度変化率は、 $(-2/T) V_L$ から $(2/T) V_L$ であり、従って、 $(4/T) V_L$ となる。

【 0 1 0 0 】

従って、折線曲線の場合は、電動機が減速から加速に転ずる時に発生する衝撃的な力は大きな加速度変化比に依存するが、正弦曲線の場合は、加速度変化比が小さく、更に、電動機が減速から加速に転ずる時に発生する衝撃的な力はほぼ零となる。

【 0 1 0 1 】

図 9 で説明したように、いずれの変速曲線も、ロータリーカッタの速度指令 V_R に対して、電動機の応答速度 (カッタ速度 V_B) の遅れ分 (t_s) が生じるため、整定時間 (t_s) 分補償する必要がある。

【 0 1 0 2 】

従って、整定時間 t_s を位置指令発生器 1 2 の入力変数である材料移動距離に換算して補正することにより、カッタ速度指令 V_R を整定時間相当早く生成して与えて、応答速度 (カッタ速度 V_B) を理想的な応答 ($t_s = 0$) に一致させることができる。

【 0 1 0 3 】

以上のような折線曲線および正弦曲線の速度指令について、本発明により整定時間補償を行って、整定時間 t_s だけ早く生成した速度指令 V_R を図 2 および図 3 に示す。また、正弦曲線の速度指令 $df(x)/dt$ を図 4 に示す。速度応答 V_B に応答遅れがないことが

わかる。図 5 は、整定時間補償された位置指令 $f(x)$ を示す。

【0104】

変速曲線の他の例としては、3 次曲線、5 次曲線、サイクロイド曲線、変形台形曲線、変形正弦曲線がある。

【0105】

3 次曲線における整定時間補償を行った速度指令 V_R を図 10 に、5 次曲線における整定時間補償を行った速度指令 V_R を図 11 に、サイクロイド曲線における整定時間補償を行った速度指令 V_R を図 12 に、変形台形曲線における整定時間補償を行った速度指令 V_R を図 13 に、変形正弦曲線における整定時間補償を行った速度指令 V_R を図 14 に各々示す。

【0106】

以上のように整定時間補償を行って、応答速度（カット速度 V_B ）を理想的な応答（ $t_s = 0$ ）に一致させ、加速度の実効値を低減させることができる。

【0107】

例えば、変速曲線である各曲線に整定時間補償を実施した場合の加速度の実効値を求めると、折線曲線は $(L_0 - B_0)^2 / 2(2)^{1/2} T^2$ 、3 次曲線は $(L_0 - B_0)^2 (3)^{1/2} / T^2$ 、5 次曲線は $(L_0 - B_0)^2 (120/7)^{1/2} / T^2$ を、サイクロイド曲線は $(L_0 - B_0)^2 (2)^{1/2} / T^2$ 、変形台形曲線は $(L_0 - B_0)^2 4(3)^{1/2} / \{(+ 2) T^2 \}$ を、変形正弦曲線 $(L_0 - B_0)^2 2(2)^{1/2} / \{(+ 4) T^2 \}$ となる。

【0108】

この求めた整定時間補償した各曲線の加速度の実効値を各々 1 とし、整定時間を補償しない場合との比較を表 1 に示す。

【0109】

【表 1】

曲線名	整定時間を補償した実効値	整定時間の補償しない場合の実効値
折線	1	$\frac{1}{\sqrt{1-2ts/T}}$
正弦	1	$\frac{1}{1-(4-\pi)/2 \cdot ts/T} \frac{1}{\sqrt{1-2ts/T}}$
3 次	1	$\frac{1}{1-1/2 \cdot ts/T} \frac{1}{\sqrt{1-2ts/T}}$
5 次	1	$\frac{1}{1-1/8 \cdot ts/T} \frac{1}{\sqrt{1-2ts/T}}$
サイクロイド	1	$\frac{1}{\sqrt{1-2ts/T}}$
変形台形	1	$\frac{1}{\sqrt{1-2ts/T}}$
変形正弦	1	$\frac{1}{1-(4-\pi)/(4+\pi) \cdot 2ts/T} \frac{1}{\sqrt{1-2ts/T}}$

【 0 1 1 0 】

表 1 に示すように、走行する材料を切断するための整定時間を補償した変速曲線を有する最適な加減速レートにより電動機を制御し、ロータリーカッタの加減速の加速度（トルク）の実効値を低減させることにより、切断精度を落とすことなく整定時間領域を不要にし、かつ不必要な急加減速をなくし加速度（トルク）の実効値を低減させて生産性の向上を図ることができる。

【 0 1 1 1 】

【 発明の効果 】

本発明によれば、加減速レートの整定時間を位置指令発生器の入力変数である材料の移動量に換算して整定時間分を補償することにより、カッタ速度指令を整定時間相当早く生成して与え、電動機の速度応答を理想的な応答に一致させ、また、折線状の速度指令に限定されることのない任意の速度指令を容易に生成できるので、各々の変速曲線の特徴に応じた効率的な切断ができるロータリーカッタの制御装置を実現できる。

【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】 本発明のロータリーカッタの制御構成を示すブロック図である。

【 図 2 】 折線曲線の速度指令特性を示す図である。

【 図 3 】 正弦曲線の速度指令特性を示す図である。

【 図 4 】 正弦曲線の速度指令特性を示す図である。

【 図 5 】 正弦曲線の位置特性を示す図である。

【 図 6 】 カッタの移動と材料との関係を示す図である。

【 図 7 】 折線曲線における整定時間補償を含む速度指令特性を示す図である。

【 図 8 】 折線曲線における整定時間補償を含む速度指令特性を示す図である。

【 図 9 】 従来における折線曲線の整定時間との慣例を示す図である。

【 図 1 0 】 3 次曲線における整定時間補償との関連を示す図である。

【 図 1 1 】 5 次曲線における整定時間補償との関連を示す図である。

【 図 1 2 】 サイクロイド曲線における整定時間補償との関連を示す図である。

【 図 1 3 】 変形台形曲線における整定時間補償との関連を示す図である。

【 図 1 4 】 変形正弦曲線における整定時間補償との関連を示す図である。

【 図 1 5 】 従来のロータリーカッタの制御ブロックを示す図である。

【 符号の説明 】

- 1 材料
- 2 ロータリーカッタ
- 3 主軸
- 4 減速ギヤー
- 5 電動機
- 6 パルスジェネレータ
- 7 駆動制御回路
- 8 測長ロール
- 9 パルスジェネレータ
- 1 0 整定時間補償器
- 1 1 積分器
- 1 2 位置指令発生器
- 1 3 微分器
- 1 4 積分器
- 1 5 位置制御器
- 1 6 速度制御器
- 1 7 速度指令フィードフォワード器 ()
- 1 8 , 1 9 微分器
- 2 0 加速度指令フィードフォワード器 ()
- 2 1 機械定数乗算器 (J)

3 0 数値制御装置
 3 1 ~ 3 6 加算器
 4 0 定尺切断回路部
 4 1 切断寸法設定部
 4 2 第 1 演算部
 4 3 切断完了センサ
 4 4 タイミング信号発生部
 4 5 周長設定部
 4 6 材料走行距離検出回路
 4 7 モータ回転数検出回路
 4 8 第 2 演算部
 4 9 , 6 3 D / A 変換器
 5 0 , 6 4 関数発生器
 5 1 F / V 変換器
 5 2 演算増幅器
 5 3 切換回路
 6 0 停止制御回路部
 6 1 停止距離設定部
 6 2 可逆カウンタ
 6 5 比較部
 7 0 切断完了センサ
 8 0 数値制御装置

【手続補正 2】

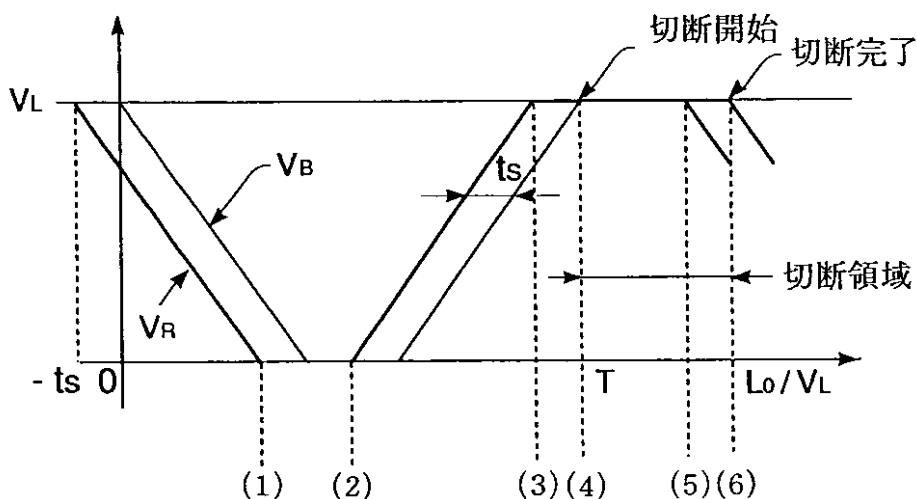
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 7

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図 7】



【手続補正 3】

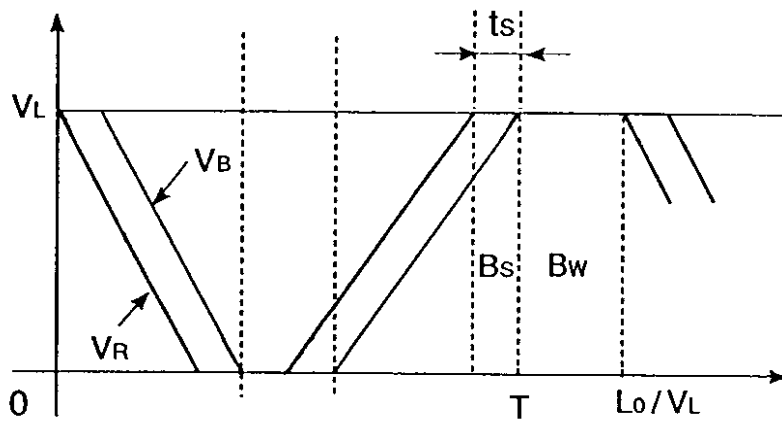
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 8

【補正方法】変更

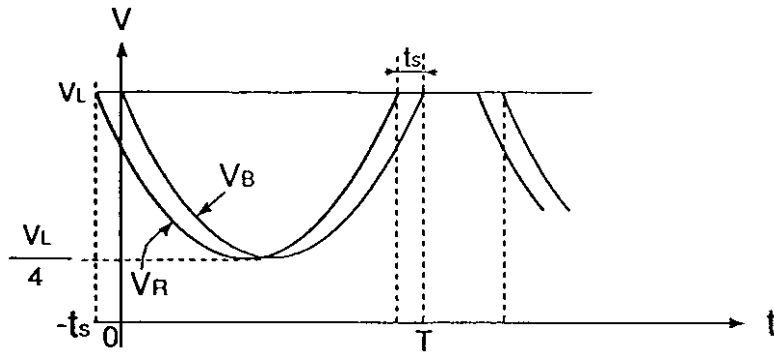
【補正の内容】

【 図 9 】



【補正の内容】

【図 1 0】



【手続補正 6】

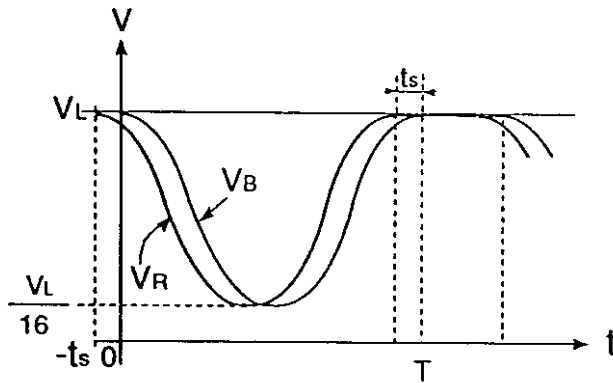
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 1 1

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図 1 1】



【手続補正 7】

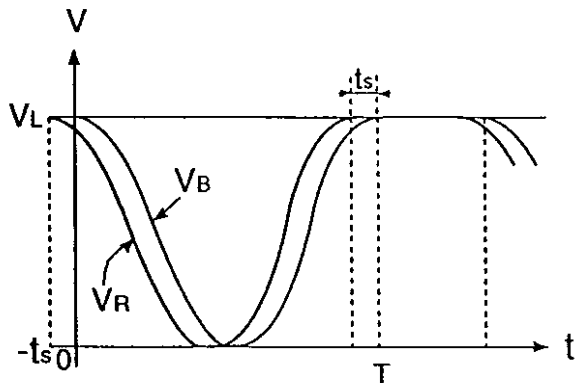
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 1 2

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図 1 2】



【手続補正 8】

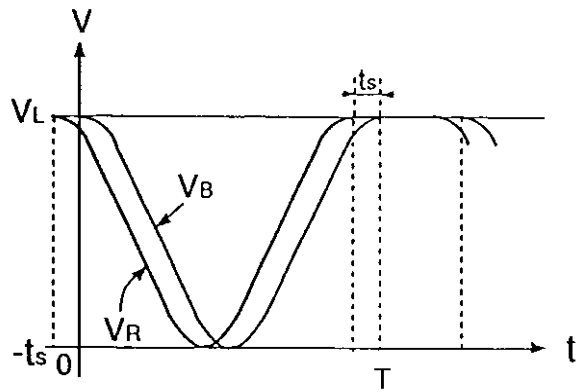
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 1 3

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図 1 3】



【手続補正 9】

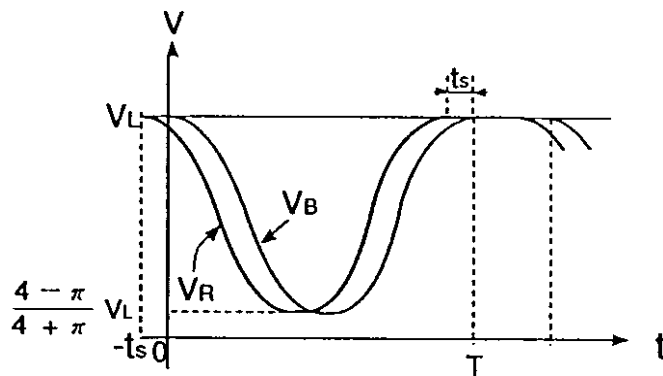
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 1 4

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図 1 4】



【手続補正 10】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 1 5

【補正方法】変更

【補正の内容】

