

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2022年9月22日(22.09.2022)



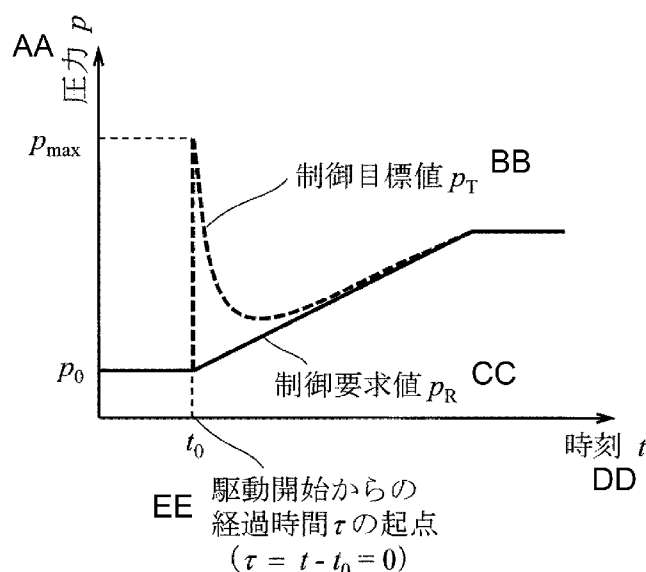
(10) 国際公開番号

WO 2022/196252 A1

- (51) 国際特許分類:
F15B 11/08 (2006.01) *F16K 31/06* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2022/006784
- (22) 国際出願日: 2022年2月18日(18.02.2022)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2021-046444 2021年3月19日(19.03.2021) JP
- (71) 出願人: 日立建機株式会社 (HITACHI CONSTRUCTION MACHINERY CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1100015 東京都台東区東上野二丁目1番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 岡村 潤(OKAMURA Jun); 〒3000013 茨城県土浦市神立町650番地 日立建機株式会社 土浦工場内 Ibaraki (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人開知国際特許事務所 (KAICHI IP); 〒1030022 東京都中央区日本橋室町四丁目3番16号 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JM, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,

(54) Title: HYDRAULIC SYSTEM

(54) 発明の名称: 油圧システム



AA Pressure p
BB Control target value p_T
CC Control request value p_R
DD Time t
EE Starting point of elapsed time τ
from start of driving ($\tau = t - t_0 = 0$)

(57) Abstract: The purpose of the invention of the present application is to provide a hydraulic system capable of causing a control pressure output from a solenoid valve to quickly follow a control request value at the start of driving the solenoid valve. To that end, the hydraulic system comprises: a solenoid valve for generating a control pressure for operating a control valve; an operation device for performing an operation for inputting a control request value being a request value of the control pressure; and a controller which sets a control target value being a target value of the control pressure on the basis of the control request value and which drives the solenoid valve in accordance with the control target value, wherein the controller sets the control target value so that the control target value reaches a maximum output pressure within a working range of the solenoid valve at the start point in time of driving the solenoid valve and becomes asymptotic to the control request value with the lapse of time after the maximum output pressure has been reached.

NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))
-

(57) 要約: 本願発明は、電磁弁の駆動開始時において、電磁弁から出力される制御圧力を制御要求値に速やかに追従させることが可能な油圧システムを提供することを目的とする。そのために、制御弁を動作させるための制御圧力を生成する電磁弁と、前記制御圧力の要求値である制御要求値を入力するための操作が行われる操作装置と、前記制御要求値に応じて前記制御圧力の目標値である制御目標値を設定し、前記制御目標値によって前記電磁弁を駆動するコントローラとを備えた油圧システムにおいて、前記コントローラは、前記電磁弁の駆動開始時点においては前記電磁弁の使用範囲における最大出力圧力となり、前記最大出力圧力となった後においては時間の経過とともに前記制御要求値に漸近するように、前記制御目標値を設定する。

明 細 書

発明の名称：油圧システム

技術分野

[0001] 本発明は、建設機械等の油圧回路に使用される電磁弁の制御装置に関わり、特に電磁弁の駆動開始時において電磁弁のソレノイドに過励磁電流を流したのちに、電磁弁の所要の動作を保持させるための電流を流す駆動方法を用いた制御装置に関する。

背景技術

[0002] 近年、油圧ショベル等の建設機械に対して自動運転化の要望が高まっており、建設機械の電子制御化が進んでいる。建設機械の電子制御化の手法としては、電磁弁を用いたものがあり、例えば、油圧シリンダ、油圧モータ等の建設機械のメインのアクチュエータを制御するためのコントロールバルブを、電磁弁により制御された油圧力で操作する方法が知られている。

[0003] 一方で、建設機械の電子制御化に当たっては、建設機械による施工精度が重視されており、上記のような電子制御の手法に使用される電磁弁では、所定の精度で建設機械を運転するために油圧力を制御要求圧力にいち早く追従させることが必要となる。特に電磁弁の駆動開始時における油圧力応答のむだ時間は、コントロールバルブの操作に遅れを生じさせるため、建設機械の動作開始時点において目標動作からの乖離を生じ、施工精度悪化につながる。したがって、電磁弁の駆動開始時における油圧力立ち上がりのむだ時間の低減は建設機械の電子制御化にあたって重要な課題となる。

[0004] 電磁弁の駆動開始時のむだ時間を低減させるための手法として、電磁弁の駆動開始時にはソレノイドに過励磁電流を流すことで電磁弁を高速に開弁させ、開弁後は所要の油圧力を保持するために保持電流を流す方法が公知である。

[0005] 例えば、特許文献1では、ソレノイドに流す過励磁電流値と保持電流値および過励磁電流の供給時間を、電磁弁ユニットに設置された温度センサで測

定される温度情報の関数として、あらかじめ電磁弁駆動制御装置内に記憶しておく方法を提案している。

[0006] 作動油をはじめとする電磁弁の作動流体の粘性には温度依存性があるため、電磁弁駆動時の応答も作動流体の温度に依存する。すなわち低温時には作動流体の粘性が高くなり、その粘性抵抗によって電磁弁駆動開始時の弁体の運動が阻害されるため、むだ時間増大を招く。

[0007] 特許文献 1 によれば、低温時の過励磁電流値と過励磁電流の供給時間が高温時よりも大きく設定された関数を電磁弁駆動制御装置内に記憶しておき、これを基にソレノイドの供給電流を制御することで、ソレノイドは低温時において作動流体の粘性力に対抗しうる力を出力することができ、全温度範囲にわたって油圧力応答のむだ時間を低減することができる。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：特許 6 6 4 6 7 4 0 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] ところで、建設機械に多く使用される電磁弁として電磁比例式圧力制御弁がある。電磁比例式圧力制御弁はソレノイドへの供給電流に比例して出力圧力を制御する機能を有した電磁弁であり、制御要求圧力に応じた電流を供給することで圧力制御を行う。そして、電磁比例式圧力制御弁は駆動開始時において常に同じ制御要求圧力にて駆動されるわけではなく、建設機械のその時々々の要求動作速度に応じて駆動開始時の制御要求圧力の変化勾配が異なる。すなわち駆動開始時の制御要求電流もその時々に応じて変化勾配が異なる。

[0010] 特許文献 1 に示される電流制御方法を、上記の電磁比例式圧力制御弁の制御に適用する場合、電磁弁のソレノイドの制御目標電流値を、電磁弁駆動開始には温度に応じた所定時間だけ過励磁電流値に設定するとともに、その後

は制御要求圧力に応じた制御要求電流値まで下げるように設定し、この制御目標電流値に沿って供給電流を制御することとなる。しかし、過励磁電流の供給時間を制御要求圧力値（制御要求電流値）の変化勾配によらず定めると、電磁比例式圧力制御弁の駆動開始時において、ある特定の制御要求圧力値（制御要求電流値）の時間変化勾配に対してはむだ時間低減効果を発揮するものの、それとは異なる制御要求圧力値（制御要求電流値）の時間変化勾配に対しては、過励磁時間の長さが過剰となり電磁比例式圧力制御弁の弁体が過剰に変位して出力圧力が制御要求圧力値を大きく上回る、あるいは過励磁時間の長さが過小となり電磁比例式圧力制御弁の弁体が十分に変位せずむだ時間低減効果が得られないといった問題を生ずる。

[0011] 本発明は上記の問題に鑑みてなされたものであり、その目的は、電磁弁の駆動開始時において、電磁弁から出力される制御圧力を制御要求値に速やかに追従させることが可能な油圧システムを提供することにある。

課題を解決するための手段

[0012] 上記目的を達成するために、本発明は、油圧ポンプと、前記油圧ポンプから吐出された圧油によって駆動される油圧アクチュエータと、前記油圧ポンプから吐出される圧油の前記油圧アクチュエータに対する供給及び排出を制御する制御弁と、前記制御弁を動作させるための制御圧力を生成する電磁弁と、前記制御圧力の要求値である制御要求値を入力するための操作が行われる操作装置と、前記制御要求値に応じて前記制御圧力の目標値である制御目標値を設定し、前記制御目標値によって前記電磁弁を駆動するコントローラとを備えた油圧システムにおいて、前記コントローラは、前記電磁弁の駆動開始時点においては前記電磁弁の使用範囲における最大出力圧力となり、当該最大出力圧力となった後においては時間の経過とともに前記制御要求値に漸近するように、前記制御目標値を設定するものとする。

[0013] 以上のように構成した本発明によれば、電磁弁の駆動開始時点の制御目標値が制御要求値によらず、電磁弁の使用範囲における最大出力圧力に設定されるため、電磁弁の駆動開始時点から制御圧力が立ち上がるまでの遅れ時間

が短縮される。また、電磁弁の駆動開始時点からの時間の経過とともに制御目標値が制御要求値に漸近するため、制御圧力が立ち上がった後は制御圧力は制御要求値に漸近する。これにより、電磁弁の駆動開始時において、電磁弁から出力される制御圧力を制御要求値に速やかに追従させることが可能となる。

発明の効果

[0014] 本発明によれば、電磁弁の駆動開始時において、電磁弁から出力される制御圧力を制御要求値に速やかに追従させることが可能となる。

図面の簡単な説明

- [0015] [図1]本発明の第1の実施例による電磁弁制御装置の回路図である。
- [図2]本発明の第1の実施例による電磁比例式減圧弁の部分断面図である。
- [図3]本発明の第1の実施例による油圧システムの機能ブロック図である
- [図4]本発明の第1の実施例による制御要求値と制御目標値の時刻歴波形である。
- [図5]本発明の第1の実施例による制御目標値決定部における処理を表すフローチャートである。
- [図6]本発明の第1の実施例による制御要求値、制御目標値、および電磁比例式減圧弁から出力される制御圧力の時刻歴波形を示す図である。
- [図7]本発明の第2の実施例による制御要求値と制御目標値の時刻歴波形を示す図である。
- [図8]本発明の第3の実施例による制御要求値と制御目標値の時刻歴波形である。

発明を実施するための形態

[0016] 以下、本発明の実施形態による油圧システムを油圧ショベルに搭載した場合を例に挙げ、図面に従って詳細に説明する。なお、各図中、同等の要素には同一の符号を付し、重複した説明は適宜省略する。

実施例 1

[0017] 図1は、本発明の第1の実施例による油圧システム100の回路図である。図1において、油圧ポンプ1はタンク2と共にメインの油圧源を構成している。油圧ポンプ1は、例えば大型油圧ショベルの原動機（図示せず）によって回転駆動され、タンク2内から吸込んだ作動油を高圧の圧油として吐出する。

[0018] 作業用の油圧シリンダ3は油圧アクチュエータの代表例を示している。この油圧シリンダ3は、例えば油圧ショベルの作業装置に設けられるブームシリンダ、アームシリンダまたはバケットシリンダ（いずれも図示せず）等を構成する。油圧シリンダ3は、チューブ3A、ピストン3Bおよびロッド3C等により構成されている。

[0019] 油圧シリンダ3は、チューブ3A内がピストン3Bにより2つの油室3D、3Eに画成され、ピストン3Bには、ロッド3Cの基端側が固着されている。ロッド3Cの先端側は、チューブ3A外に突出し、油圧ポンプ1からチューブ3A内の油室3D、3Eに給排される圧油により伸長、縮小される。なお、油圧アクチュエータは、油圧シリンダ3に限らず、例えば油圧ショベルの旋回用または走行用の油圧モータであってもよい。

[0020] 方向制御弁4は油圧シリンダ3用のコントロールバルブで、油圧ポンプ1、タンク2と油圧シリンダ3との間に設けられている。この方向制御弁4は、例えば6ポート3位置の油圧パイロット式方向制御弁からなり、左、右両側には油圧パイロット部4A、4Bが設けられている。方向制御弁4の油圧パイロット部4A、4Bは、後述の電磁比例式減圧弁11A、11Bに制御圧管路5A、5Bを介して接続されている。

[0021] 方向制御弁4は、電磁比例式減圧弁11A、11Bから油圧パイロット部4A、4Bに制御圧力 p_A 、 p_B が供給されることにより、中立位置（N）から切り換え位置（L）、（R）のいずれかに切り換えられる。これにより、油圧シリンダ3の油室3D、3Eには、油圧ポンプ1からの圧油が一对の主管路6A、6Bを介して給排され、油圧シリンダ3のロッド3Cは、チューブ3Aから伸縮（駆動）される。このとき、油圧シリンダ3の油室3D、

３Ｅに給排される圧油の流量は、方向制御弁４の変位量（すなわち、後述する操作レバー１０Ａの傾転操作量に基づく操作信号、または後述のコントローラ３０内に予め記憶された油圧ショベルによる施工面の設計情報）に対応して可変に制御される。

[0022] パイロットポンプ７はタンク２と共にパイロット油圧源を構成している。このパイロットポンプ７は、前記原動機によりメインの油圧ポンプ１と一緒に回転駆動される。パイロットポンプ７の吐出側には、タンク２との間に低圧リリーフ弁８が設けられている。この低圧リリーフ弁８は、パイロットポンプ７の吐出圧力を予め決められたリリーフ設定圧以下に抑えるものである。パイロットポンプ７により発生されるパイロット圧力は、後述の一次圧管路１６を介して、電磁比例式減圧弁１１Ａのポンポート１４ａと電磁比例式減圧弁１１Ｂのポンポート１４ｂとにそれぞれ供給される。

[0023] メインの油圧ポンプ１には、その吐出管路１Ａとタンク２との間に高圧リリーフ弁９が設けられている。この高圧リリーフ弁９は、油圧ポンプ１に過剰圧が発生するのを防ぐため、油圧ポンプ１の吐出圧力を予め決められたリリーフ設定圧以下に抑える。このリリーフ設定圧は、低圧リリーフ弁８よりも十分に高い圧力に設定されている。

[0024] 操作レバー装置１０は電気式操作装置であり、油圧シリンダ３の動きを遠隔操作する電気レバー装置として構成されている。この操作レバー装置１０は、油圧ショベルのオペレータにより手動で傾転操作される操作レバー１０Ａを有している。操作レバー装置１０は、操作レバー１０Ａの操作方向と操作量とに対応した操作信号をコントローラ３０を介して電磁比例式減圧弁１１Ａ、１１Ｂにそれぞれ出力する。

[0025] ここで、操作レバー装置１０は、油圧ショベルの運転室を構成するキャブ（図示せず）内に設けられている。一方、電磁比例式減圧弁１１Ａ、１１Ｂは、前記キャブから大きく離間した位置（例えば、方向制御弁４に近い位置）に配置される。即ち、操作レバー装置１０は電気式操作装置であるため、電磁比例式減圧弁１１Ａ、１１Ｂとの間を電気配線（信号線）で接続すれば

よく、両者間の距離は、必要に応じて数メートル以上に延ばすことができる。なお、パイロット油圧配管を用いる場合（即ち、電気レバー装置ではなく、減圧弁型のパイロット操作弁を用いる場合）は、例えば１メートル以内の配管長さに制約するのが一般的である。

[0026] 電磁比例式減圧弁１１Ａ，１１Ｂは、操作レバー装置１０からの操作信号またはコントローラ３０内に予め記憶された施工面の設計情報に応じて、コントローラ３０により制御された電流に比例した制御圧力を制御圧管路５Ａ，５Ｂに供給する。方向制御弁４は、このときの制御圧が油圧パイロット部４Ａ，４Ｂに供給されることにより、中立位置（Ｎ）から切り換え位置（Ｌ）、（Ｒ）のいずれかに切り換えられる。このため、油圧シリンダ３の油室３Ｄ，３Ｅには、油圧ポンプ１からの圧油が一对の主管路６Ａ，６Ｂを介して給排され、油圧シリンダ３のロッド３Ｃは伸縮動作（駆動）される。このように、油圧シリンダ３の伸縮動作は、操作レバー装置１０からの操作信号またはコントローラ３０内に予め記憶された施工面の設計情報に応じて、電磁比例式減圧弁１１Ａ，１１Ｂと方向制御弁４を介して遠隔操作される。

[0027] 一次圧管路１６は、その基端側がパイロットポンプ７の吐出側に接続され、先端側は、電磁比例式減圧弁１１Ａ，１１Ｂのポンプポート１４に接続されている。これにより、ポンプポート１４には、パイロットポンプ７から吐出されるパイロット圧力が電磁比例式減圧弁１１Ａ，１１Ｂ用の一次圧として供給される。ドレン管路１７は、電磁比例式減圧弁１１Ａ，１１Ｂのドレンポート１５をタンク２に常時接続している。

[0028] コントローラ３０では、電磁比例式減圧弁１１Ａ，１１Ｂに印加する電圧をパルス幅変調することで、電磁比例式減圧弁１１Ａ，１１Ｂに流れる電流値が制御される。この詳細については後述する。

[0029] 次に、電磁比例式減圧弁１１Ａ，１１Ｂの具体的構成について、図２を参照して説明する。なお、電磁比例式減圧弁１１Ａ，１１Ｂは、実質的に同様な構成を有しているので、以下の説明では、電磁比例式減圧弁１１Ａを例に挙げて説明し、電磁比例式減圧弁１１Ｂの説明を省略するものとする。

[0030] 電磁比例式減圧弁 11 A は、例えば電磁比例ソレノイドにより構成された電磁アクチュエータ 20 と、該電磁アクチュエータ 20 によりプッシュロッド 20 C を介して切換制御される電磁作動式の圧力制御弁 21 とを含んで構成されている。電磁アクチュエータ 20 は、その外殻をなすアクチュエータケース 20 A と、該アクチュエータケース 20 A に一体に設けられ、コントローラ 30（図 1 参照）に信号線等を介して接続されるコネクタ部 20 B と、前記アクチュエータケース 20 A 内に変位可能に設けられたプッシュロッド 20 C と、前記アクチュエータケース 20 A 内に設けられプッシュロッド 20 C を軸方向（図 2 中の矢示 A 方向または矢示 B 方向）に駆動するソレノイド（図示せず）とを含んで構成されている。

[0031] 図 2 に示すように、電磁アクチュエータ 20 には、コントローラ 30 からの制御電流がコネクタ部 20 B を介して入力され、このときの電流値に比例してアクチュエータケース 20 A からプッシュロッド 20 C が図 2 の矢示 A 方向に伸長するように駆動される。プッシュロッド 20 C は、後述のパイロットスプール 24 から前記ソレノイドの電磁力を上回る負荷（矢示 B 方向の力）を受けると、前記矢示 A 方向とは逆向き（即ち、矢示 B 方向）に変位できる構成である。

[0032] すなわち、電磁アクチュエータ 20 のプッシュロッド 20 C は、アクチュエータケース 20 A 内に設けられたソレノイド側のスプリング（図示せず）により、後述の戻しばね 26 よりも小さな力でパイロットスプール 24 側（矢示 A 方向）に常に付勢されている。このため、前記ソレノイド側のスプリングが弾性的に撓み変形することにより、プッシュロッド 20 C は前記負荷で矢示 B 方向に変位可能となっている。また、コントローラ 30 からの供給電流値が零となったときには、電磁アクチュエータ 20 のプッシュロッド 20 C は、図 2 に示す最縮小位置に戻される。

[0033] 電磁比例式減圧弁 11 A の圧力制御弁 21 は、その外殻をなすハウジング 12 の電磁弁カートリッジ挿入穴 13 内に嵌合して設けられ、電磁アクチュエータ 20 のプッシュロッド 20 C に対して同軸となるように配置されたス

リーブ２２と、該スリーブ２２の内周側に形成された段付穴２３内に挿嵌して設けられたパイロットスプール２４とを含んで構成されている。

[0034] 圧力制御弁２１のスリーブ２２は、軸方向一侧の外周に電磁アクチュエータ２０のアクチュエータケース２０Ａの他側開口が螺合して取付けられている。これにより、電磁比例式減圧弁１１Ａは、電磁アクチュエータ２０、圧力制御弁２１のスリーブ２２、パイロットスプール２４および戻しばね２６がサブアッシー化された状態で予備組立てされるカートリッジ構造となっている。この状態で、スリーブ２２は、パイロットスプール２４および戻しばね２６と一緒にハウジング１２の電磁弁カートリッジ挿入穴１３内に軸方向一侧から他側に向けて押込むように取付けられる。これにより、スリーブ２２は、軸方向他側の端面が電磁弁カートリッジ挿入穴１３の底部側に後述の仕切板２７およびばね部材２８を介して当接されている。換言すると、電磁アクチュエータ２０のアクチュエータケース２０Ａは、ハウジング１２の電磁弁カートリッジ挿入穴１３およびスリーブ２２のばね収容穴部２３Ａを軸方向一侧から閉塞するようにハウジング１２に固定して設けられている。

[0035] スリーブ２２には、段付穴２３内と連通する径方向の油穴２２Ａ，２２Ｂ，２２Ｃが軸方向に互いに離間して設けられている。このうち、スリーブ２２の軸方向一侧寄りに位置する油穴２２Ａは、ハウジング１２のポンプポート１４に常時連通している。軸方向中間に位置する油穴２２Ｂは、制御圧管路５Ａと常時連通している。スリーブ２２の軸方向他側寄りに位置する油穴２２Ｃは、ドレンポート１５に常時連通している。これらの油穴２２Ａ，２２Ｂ，２２Ｃ間は、スリーブ２２の外周側でＯリング等により互いにシールされている。

[0036] スリーブ２２の内周側に形成された段付穴２３は、その軸方向一侧（開口端側）に位置するばね収容穴部２３Ａと、該ばね収容穴部２３Ａよりも小径に形成された摺動穴部２３Ｂ～２３Ｅとを含んで構成されている。段付穴２３のばね収容穴部２３Ａは、段付穴２３の摺動穴部２３Ｂ～２３Ｅのうち最も軸方向一侧寄りに位置する摺動穴部２３Ｂよりも大きな内径を有する拡径

穴として形成されている。ばね収容穴部 23A の端部（軸方向一側の端部）は、ハウジング 12 の一側でアクチュエータケース 20A の他側開口内に連通（開口）する開口端となっている。

[0037] 段付穴 23 は、スリーブ 22 の内周側に形成されたスプール摺動穴であり、パイロットスプール 24 が挿嵌される複数の摺動穴部 23B, 23C, 23D, 23E を有している。これらの摺動穴部 23B, 23C, 23D, 23E は、スリーブ 22 の軸方向一側から他側に向けて内径寸法が段階的に小さくなるように形成される。このうち、摺動穴部 23B, 23C は、互いに同一の径で形成してもよく、摺動穴部 23D, 23E よりも大径であればよい。摺動穴部 23D, 23E は、摺動穴部 23B, 23C よりも小径であれば互いに同一径に形成してもよい。

[0038] パイロットスプール 24 は、スリーブ 22 の段付穴 23 内へと軸方向に挿嵌されている。この状態で、パイロットスプール 24 は、軸方向一側の閉塞端となるボス部 24A が電磁アクチュエータ 20 のプッシュロッド 20C と常時当接するように取付けられている。パイロットスプール 24 は、プッシュロッド 20C がアクチュエータケース 20A から図 2 中の矢示 A 方向に伸長または矢示 B 方向へと縮小するに伴って、段付穴 23 内を軸方向に移動（摺動変位）する。

[0039] パイロットスプール 24 には、その外周側に 4 つのランド 24B, 24C, 24D, 24E が軸方向に互いに離間して設けられている。このうち、ボス部 24A 側（最も軸方向一側寄り）に位置する一側のランド 24B は、パイロットスプール 24 の先端側（最も軸方向他側）に位置する他側のランド 24E よりも大径に形成されている。一側のランド 24B と他側のランド 24E との間に位置する中間ランド 24C, 24D は、環状の鰐部として形成され、その外径寸法は、一方の中間ランド 24C が他方の中間ランド 24D よりも大径に形成されている。一側のランド 24B と大径側の中間ランド 24C とは、互いに同一径に形成してもよい。また、小径側の中間ランド 24D と他側のランド 24E も同一径に形成してもよい。

[0040] パイロットスプール24をスリーブ22（段付穴23）内に挿嵌した状態で、一側のランド24Bは摺動穴部23B内を軸方向に摺動変位し、他側のランド24Eは摺動穴部23E内を摺動変位するように配置される。中間ランド24C、24Dのうち大径側の中間ランド24Cは、摺動穴部23C内を摺動変位するように配置されている。一方、小径側の中間ランド24Dは、油穴22Bを摺動穴部23Dに連通させる位置に配置されている。大径側の中間ランド24Cが摺動穴部23Cから油穴22Bの位置まで移動（進出）すると、摺動穴部23C（ポンプポート14）が油穴22Bを介して制御圧管路5Aと連通される。このときに、小径側の中間ランド24Dは、摺動穴部23D内に摺動可能に挿嵌された状態となり、油穴22B（制御圧管路5A）をドレンポート15（摺動穴部23D）に対して遮断する。

[0041] このように、大径側の中間ランド24Cは、ポンプポート14と制御圧管路5Aとの間を遮断、連通するためにパイロットスプール24に設けられたランドである。一方、小径側の中間ランド24Dは、制御圧管路5Aとドレンポート15との間を連通、遮断するためにパイロットスプール24に設けられたランドである。

[0042] すなわち、パイロットスプール24は、大径側の中間ランド24Cがスリーブ22の摺動穴部23C内に配置（摺接）されている状態では、油穴22A、22B間（ポンプポート14と制御圧管路5Aとの間）を遮断している。しかし、パイロットスプール24が軸方向他側（図2中の矢示A方向）に移動して、大径側の中間ランド24Cが摺動穴部23Cから油穴22Bの位置に進出したときには、油穴22A、22B間（ポンプポート14と制御圧管路5Aとの間）が連通される。このため、図1に示す一次圧管路16（ポンプポート14）から供給される作動油は、スリーブ22とパイロットスプール24との間の空間を流れて、油穴22Bから制御圧管路5Aを介して方向制御弁4の油圧パイロット部4Aへと導入される。

[0043] このとき、小径側の中間ランド24Dは、スリーブ22の摺動穴部23D内に挿入（摺接）され、油穴22B、22C間（制御圧管路5Aとドレンポ

ート１５との間）を遮断する。このため、制御圧管路５Ａからドレンポート１５に向けて作動油が流通することはない。しかし、パイロットスプール２４が軸方向一侧（図２中の矢示Ｂ方向）に戻されて、小径側の中間ランド２４Ｄが摺動穴部２３Ｄから油穴２２Ｂの位置に達したとき（即ち、図２に示す状態）では、油穴２２Ｂ、２２Ｃ間（制御圧管路５Ａとドレンポート１５との間）が連通される。このため、方向制御弁４の油圧パイロット部４Ａに供給されていた作動油は、制御圧管路５Ａを介して油穴２２Ｂに流通し、スリーブ２２とパイロットスプール２４との間の空間を流れて、ドレンポート１５からドレン管路４３（図１参照）へと戻っていく。

[0044] ここで、大径側の中間ランド２４Ｃの軸方向一侧の端面は、一侧のランド２４Ｂの軸方向他側の端面と受圧面積が等しい。従って、大径側の中間ランド２４Ｃには、矢示Ｂ方向の油圧力が発生する。一方、小径側の中間ランド２４Ｄの軸方向他側の端面は、他側のランド２４Ｅの軸方向一侧の端面と受圧面積が等しい。従って、小径側の中間ランド２４Ｃには、矢示Ａ方向の油圧力が発生する。このため、大径側の中間ランド２４Ｃと小径側の中間ランド２４Ｄとは、油穴２２Ｂを介して制御圧管路５Ａ内の圧力を受圧するときに受圧面積差が生じる。すなわち、中間ランド２４Ｃ、２４Ｄ間には、スリーブ２２内での制御圧力に対する受圧面積差が生じる。これにより、パイロットスプール２４は、大径側の中間ランド２４Ｃと小径側の中間ランド２４Ｄの受圧面積差分の油圧力（押圧力）を、プッシュロッド２０Ｃに対抗する向き（矢示Ｂ方向）の荷重として受ける。

[0045] また、パイロットスプール２４には、その軸方向他側の端面からボス部２４Ａに向けて軸方向に延びる有底の軸穴２４Ｆが設けられている。この軸穴２４Ｆの開口端（後述のダンピング室２９側の端部）側には、筒状のオリフィス２５が設けられ、軸穴２４Ｆは、オリフィス２５を介してダンピング室２９と常時連通している。さらに、パイロットスプール２４には、軸穴２４Ｆの径方向外側に延びる油路２４Ｇ、２４Ｈが形成されている。これらの油路２４Ｇ、２４Ｈは、軸穴２４Ｆ内をスリーブ２２のばね収容穴部２３Ａ内

と油穴 22C 内とに常時連通させている。

[0046] スリーブ 22 のばね収容穴部 23A 内には、ドレンポート 15 から油路 24H、軸穴 24F および油路 24G を介して低圧状態の作動油が導かれる。この作動油は、パイロットスプール 24 のボス部 24A 外周側からプッシュロッド 20C の周囲に沿って電磁アクチュエータ 20 のアクチュエータケース 20A 内へと導かれ、アクチュエータケース 20A の内部を潤滑状態に保ち、前記ソレノイド等を冷却する機能を有している。

[0047] 戻しばね 26 は、パイロットスプール 24 を軸方向一側に向けて常時付勢する付勢部材である。戻しばね 26 は、スリーブ 22（段付穴 23）のばね収容穴部 23A とパイロットスプール 24 のボス部 24A との間に縮装状態で配設されている。図 2 に示すように、パイロットスプール 24 は、戻しばね 26 の付勢力によって、電磁アクチュエータ 20 のプッシュロッド 20C 側に常に押圧された状態で、スリーブ 22（ばね収容穴部 23A）内に収容されている。なお、電磁アクチュエータ 20 のプッシュロッド 20C は、アクチュエータケース 20A 内に設けられた図示しない前記スプリングによって、戻しばね 26 よりも小さな力でパイロットスプール 24 側に付勢されている。

[0048] 仕切板 27 は、電磁弁カートリッジ挿入穴 13 の底部側でスリーブ 22 の軸方向他側端面を閉塞している。電磁弁カートリッジ挿入穴 13 の底部と仕切板 27 との間には、例えば波形ワッシャ等からなるばね部材 28 が設けられ、このばね部材 28 は、仕切板 27 をスリーブ 22 の他側端面に押付けた状態に保持している。仕切板 27 は、パイロットスプール 24 の軸方向他側にダンピング室 29 を形成している。

[0049] ダンピング室 29 は、パイロットスプール 24 を挟んで電磁アクチュエータ 20 とは反対側に配置され、スリーブ 22 の内壁面（摺動穴部 23E）と仕切板 27 とにより囲まれた円形の空間である。ダンピング室 29 は、パイロットスプール 24 の軸穴 24F にオリフィス 25 を介して常時連通している。このため、パイロットスプール 24 がスリーブ 22 内を軸方向他側（図

2中の矢示A方向)に移動するときには、ダンピング室29内の作動油がオリフィス25を介して軸穴24F内に排出される。オリフィス25は、このときの排出油の流れを絞ることにより、パイロットスプール24の急な動きを抑えて移動速度が緩やかになるように調整する。即ち、パイロットスプール24の動き(移動速度)は、オリフィス25の絞り径に応じて調整される。

[0050] 次にコントローラ30の具体的構成について図3を参照して説明する。また以下の説明では電磁比例式減圧弁11Aへの供給電流を制御する場合を例に挙げる。電磁比例式減圧弁11Bについてもコントローラ30内で電磁比例式減圧弁11Aの制御と同様の処理を経ることで、電流を制御することができる。

[0051] コントローラ30は、本発明の実施の第1の実施形態による制御装置であり、制御要求値演算部31、制御目標値決定部32、制御目標値変換部33、施工面設計情報記憶領域34、電流フィードバック制御部35をそれぞれ備えて構成される。

[0052] 制御要求値演算部31では操作レバー装置10の操作信号と後述の施工面設計情報記憶領域34に予め記憶された施工面の設計情報を基に、電磁比例式減圧弁11Aの制御量である制御圧力の制御要求値 p_R を演算し出力される。

[0053] また、制御要求値演算部31では油圧ショベルの運転方法に応じて制御要求値 p_R の演算内容を選択する構成とすることもできる。例えば、操作レバー装置10によって油圧ショベルを手動運転する場合は、操作レバー10Aの操作量に比例した制御要求値 p_R を出力されるようにすることができる。また油圧ショベルを自動運転する場合は、施工面の設計情報(施工面の幅、高さ、傾斜など)に対し、施工時の油圧ショベルの作業装置の軌道を計算し、これに追従するようにブームシリンダ、アームシリンダまたはバケットシリンダの伸縮量を出力するための方向制御弁4への制御圧力を演算し制御要求値 p_R として出力されるようにすることができる。

- [0054] 制御目標値決定部 32 では、制御要求値演算部 31 から出力された制御要求値 p_R に対し補正をかけ、電磁比例式減圧弁 11A の制御圧力の制御目標値 p_T が出力される。制御目標値決定部 32 での詳細な処理の流れは後述する。
- [0055] 制御目標値変換部 33 では、入力された制御目標値 p_T が電磁比例式減圧弁 11A の制御目標電流値 I_T に変換されて出力される。電磁比例式減圧弁 11A への入力電流とそれに対して出力される制御圧力の関係が予め取得され、例えば数値表としてコントローラ 30 内に記憶されており、制御目標値変換部 33 ではこの電流と制御圧力の関係を参照して制御目標値 p_T から制御目標電流値 I_T への変換が行われる。なお、本実施例においては、制御目標値 p_T として、電磁比例式減圧弁 11A の使用範囲における最大出力圧力 p_{max} を超える値が制御目標値変換部 33 に入力された場合、制御目標値変換部 33 は制御目標値 p_T を p_{max} に置き換え、 p_{max} に対応した駆動最大電流値 I_{max} を出力するものとしている。また、制御目標値 p_T が電磁比例式減圧弁 11A の非駆動相当値 p_0 未満であった場合は、制御目標値 p_T を p_0 に置き換え、 p_0 に対応した非駆動相当電流値 I_0 を出力する。ここで非駆動相当電流値 I_0 は電磁アクチュエータ 20 による電磁力が戻しばね 26 の付勢力を上回らない電流値として設定しておく。
- [0056] 施工面設計情報記憶領域 34 では、施工面の設計情報（施工面の幅、高さ、傾斜など）が予め記憶されており、制御要求値演算部 31 における制御要求値 p_R の演算の際にこの施工面の設計情報が参照される。施工面設計情報記憶領域 34 への情報の書き込みは、例えば油圧ショベルの運転室を構成するキャブ（図示せず）内に設けられた制御盤（図示せず）を介して行われる構成としてもよく、また、油圧ショベルに外部との通信機器（図示せず）を設け、有線または無線通信により、外部サーバーから施工面設計情報を取得して書き込みが行われる構成としてもよい。
- [0057] 電流フィードバック制御部 35 において、電流検出器 35C では電磁比例式減圧弁 11A の電磁アクチュエータ 20 に流れる実際の電流（実電流） I

Aが取得されるとともに、実電流 I_A のA/D変換が行われ、実電流がアナログ値 I_A からデジタル値 I_{Af} へと変換される。A/D変換に当たっては必要に応じてノイズ除去等のためにA/D変換後の値にデジタルフィルタをかけ平滑化し、これを実電流のデジタル値 I_{Af} としてもよい。そして制御目標電流値 I_T と実電流 I_{Af} の偏差($I_T - I_{Af}$)が計算され、その計算結果はPID補償器35Aに入力される。

[0058] PID補償器35Aでは制御目標電流値 I_T と実電流値 I_{Af} の偏差($I_T - I_{Af}$)が小さくなるようように補償がなされ、Duty比として出力される。

PWM駆動装置35Bでは、PID補償器35Aから出力されたDuty比に応じて電磁アクチュエータ20に印加される駆動電圧 V_C のパルス幅変調がなされる。そして電磁アクチュエータ20には、駆動電圧 V_C 、電気抵抗およびインダクタなどに応じた実電流 I_A が流れる。

[0059] すなわち、電流フィードバック制御部35では、実電流 I_A を制御量、制御目標電流値 I_T を目標値、駆動電圧 V_C のパルス幅変調におけるDuty比を操作量としたフィードバック制御が行われる。

[0060] ここで制御目標値決定部32での制御要求値 p_R に対する補正計算の内容と詳細な処理の流れとを説明する。

[0061] まず制御目標値決定部32における補正計算の内容を、図4を参照して説明する。図4は制御要求値 p_R （実線で表示）と、制御目標値決定部32によって出力される制御目標値 p_T （破線で表示）の時刻歴波形をそれぞれ模式的に表したものである。

[0062] 制御目標値決定部32では制御要求値 p_R が電磁比例式減圧弁11Aの非駆動相当値 p_0 （例えば $p_R = p_0 = 0 \text{ MPa}$ ）から駆動相当値（例えば $p_R > p_0 = 0 \text{ MPa}$ ）へと切り換わったか否かを判定し、制御要求値 p_R が非駆動相当値から駆動相当値に切り換わった時点から制御要求値 p_R に補正をかけ、電磁比例式減圧弁11Aの制御圧力の制御目標値 p_T を出力する。図4においては制御要求値 p_R は、時刻 t_0 において非駆動相当値 p_0 から

上昇を始め、制御目標値決定部 32 ではこの時点から制御要求値 p_R に対する補正が開始される。時刻 t_0 を駆動開始時刻として、この駆動開始時刻からの経過時間を τ とする（すなわち $\tau = t - t_0$ ）。このとき本発明における実施例では補正の計算式として例えば式（1）を用いている。

[0063] [数1]

$$p_T = (p_{\max} - p_R) \exp(-K \cdot \tau) + p_R \quad \text{式 (1)}$$

[0064] 式（1）において $p_{\max}$ は電磁比例式減圧弁 11A の使用範囲における最大出力圧力、 K は正の所定値である。また関数 $\exp(x)$ はネイピア数を指数の底とし、 x を指数とした指数関数を表す。

[0065] 式（1）の右辺第 1 項には指数関数 $\exp(-K \cdot \tau)$ が含まれており、その指数は駆動開始時刻からの経過時間 τ と定数値の積で表されている。したがって、駆動開始時刻である時刻 t_0 （すなわち $\tau = 0$ ）において、式（1）により制御目標値 p_T を計算すると、指数関数の出力値は 1 となり、 $p_T = p_{\max}$ と計算される。すなわち、駆動開始時刻である時刻 t_0 においては図 4 に示されるように、制御目標値 p_T が電磁比例式減圧弁 11A の使用範囲における最大出力圧力 $p_{\max}$ に設定される。

[0066] 一方、指数関数 $\exp(-K \cdot \tau)$ は、底が $\exp(-K)$ 、指数が τ である。また K は正数としていることから、 $\exp(-K)$ は 1 より小さな値である。したがって、駆動開始時点からの経過時間 τ の増加とともに指数関数 $\exp(-K \cdot \tau)$ は零に漸近してゆく。すなわち式（1）の右辺第 1 項と右辺第 2 項は駆動開始からの時間の経過とともに零に漸近してゆくので、制御目標値 p_T は図 4 に示されるように、制御要求値 p_R に漸近してゆく。

[0067] 制御目標値 p_T の制御要求値 p_R への漸近の度合いは所定値 K によって調整が可能である。所定値 K は例えば、いくつかの制御要求値 p_R の変化勾配に対して、後述のコントローラ 30 による制御圧力のむだ時間の低減効果を鑑みて調整しておくのがよい。またいくつかの作動油温度に対して、先の所定値 K の調整を実施しておき、これを温度の関数としてコントローラ 30 に記憶させ、電磁比例式減圧弁 11A, 11B 近傍に設けたの作動油温計（図

示せず) による計測値に応じて所定値 K を変化させてもよい。

[0068] 以上により、制御目標値決定部32では制御要求値 p_R に対して制御目標値 p_T が、駆動開始時点では電磁比例式減圧弁11Aの使用範囲における最大出力圧力 p_{max} となるように補正され、その後、時間の経過とともに制御目標値 p_T が制御要求値 p_R に漸近していくように補正される。

[0069] 次に制御目標値決定部32での処理の流れを、図5を参照して説明する。制御目標値決定部32では、図5におけるステップS1において制御要求値 p_R を取得し、その後ステップS2において制御要求値 p_R が電磁比例式減圧弁11Aの非駆動相当値 p_0 以下であるか否かが判定される。ステップS2における判定がYESであった場合はステップS3に、判定NOであった場合はステップS5に、その後の処理が分岐する。

[0070] ステップS2における判定がYESであった場合、すなわち、制御要求値 p_R が電磁比例式減圧弁11Aを非駆動とする要求値であった場合は、ステップS3において制御目標値 p_T が非駆動相当値 p_0 に設定される。そしてステップS4において制御要求値 p_R が非駆動相当値 p_0 以下の状態の継続時間、すなわち駆動停止要求の継続時間 T_I がカウントアップされる。そして最後にステップS5にて駆動開始からの経過時間 τ がカウントアップされ、制御目標値決定部32からは制御目標値 p_T ($=p_0$) が出力される。

[0071] 一方、ステップS2における判定がNOであった場合、すなわち、制御要求値 p_R が電磁比例式減圧弁11Aを駆動する要求値であった場合は、ステップS6において駆動停止要求の継続時間 T_I が所定時間 T_C 以上か否かが判定される。所定時間 T_C は零より大きな所定値で、例えば、電磁比例式減圧弁11Aに最大駆動電流 I_{max} が供給されている状態 (すなわち制御圧力は p_{max}) で、駆動電圧を零に落とした瞬間から制御圧力が p_{max} から零に落ちきるまでの時間として設定される。

[0072] ステップS6における判定がYESであった場合は、ステップS7にて τ が零に設定される。またステップS6における判定がNOであった場合は、ステップS7の処理は実行されずステップS8の処理に移行する。ステップ

S 8においては式(1)により制御目標値 p_T が計算され、ステップS 9において駆動停止要求の継続時間 T_I が零に設定される。そして最後にステップS 5にて駆動開始からの経過時間 t がカウントアップされ、制御目標値決定部32からは制御目標値 p_T が出力される。

[0073] 以上の処理はコントローラ30にプログラムとして書き込まれており、図3に示す制御要求値演算部31から電流フィードバック制御部35までの処理を含めて、コントローラ30に設定された一定の制御サンプル時間毎に実行される。

[0074] 本実施の形態による制御装置は上記の構成を有するもので、次に、油圧シヨベルに搭載指される油圧システム100が備える電磁比例式減圧弁11A, 11Bの電流制御に対して、コントローラ30を適用した場合の動作について説明する。なお電磁比例式減圧弁11A, 11B実質的に同様な構成を有しており、供給される電流値が同じであれば、それぞれ同様の動作となるため、ここでは電磁比例式減圧弁11Aを制御する際の動作を例に説明する。

[0075] 以下ではまず、電磁比例式減圧弁11Aへの制御電流供給時および供給停止時の動作から説明する。

[0076] まず、図1に示す操作レバー10Aが中立位置にあり、操作レバー装置10から操作信号が零であるなどで、コントローラ30から電磁アクチュエータ20に電流が供給されない状態では、パイロットスプール24は、戻しばね26により電磁アクチュエータ20のプッシュロッド20C側に付勢されている。このため、パイロットスプール24の中間ランド24Cは、ポンプポート14を制御圧管路5Aから遮断し、制御圧管路5A（すなわち、方向制御弁4の油圧パイロット部4A）は、ドレンポート15に対して連通した状態にある。

[0077] 次に、オペレータが操作レバー10Aを傾転操作して操作レバー装置10から操作信号が送られるなどして、コントローラ30からコネクタ部20Bを介して電磁アクチュエータ20に制御電流が供給されると、電磁アクチュ

エータ 20 はアクチュエータケース 20 A 内の前記ソレノイドが励磁され、可動鉄心がソレノイドコイル（いずれも図示せず）を流れる電流値に応じた電磁力を受ける。この電磁力は、前記可動鉄心からプッシュロッド 20 C を介してパイロットスプール 24 を矢示 A 方向に押圧する力として伝達される。この押圧力（電磁力）が戻しばね 26 による付勢力を上回ると、パイロットスプール 24 はダンピング室 29 側へ移動（摺動変位）する。

[0078] これにより、パイロットスプール 24 は、大径側の中間ランド 24 C が摺動穴部 23 C から油穴 22 B の位置に進出し、油穴 22 A, 22 B 間（ポンプポート 14 と制御圧管路 5 A との間）を連通させる。このとき、小径側の中間ランド 24 D は、スリーブ 22 の摺動穴部 23 D 内へと摺動変位（進出）し、油穴 22 B, 22 C 間（制御圧管路 5 A とドレンポート 15 との間）を遮断する。

[0079] このため、一次圧管路 16 からポンプポート 14 に供給される作動油は、油穴 22 A を介してスリーブ 22 とパイロットスプール 24 との間の空間へと流れ、油穴 22 B から制御圧管路 5 A を介して方向制御弁 4 の油圧パイロット部 4 A 内へと導入される。これにより、方向制御弁 4 の油圧パイロット部 4 A には、電磁比例式減圧弁 11 A から制御圧管路 5 A を介して作動油が供給され、油圧パイロット部 4 A 内の制御圧力 P A が上昇する。

[0080] ここで、パイロットスプール 24 の中間ランド 24 C は、中間ランド 24 D よりも大径に形成されているため、中間ランド 24 C, 24 D 間にはスリーブ 22 内で制御圧力に対する受圧面積差が生じる。この結果、前述の如く、パイロットスプール 24 は、大径側の中間ランド 24 C と小径側の中間ランド 24 D の受圧面積差分の油圧力（押圧力）を、プッシュロッド 20 C に対抗する向き（矢示 B 方向）の荷重として受ける。

[0081] このとき、前記受圧面積差による矢示 B 方向の荷重（油圧力）と戻しばね 26 の付勢力との和が、プッシュロッド 20 C による矢示 A 方向の押圧力（電磁力）よりも小さい間は、パイロットスプール 24 はダンピング室 29 側へと矢示 A 方向に更に移動する。これにより、ポンプポート 14 と制御圧管

路 5 A との間の開口量が増加し、制御圧管路 5 A にはポンプポート 1 4 から作動油が更に供給され、制御圧力が上昇する。

[0082] 一方、前記受圧面積差による矢示 B 方向の荷重と戻しばね 2 6 の付勢力との和が、プッシュロッド 2 0 C による矢示 A 方向の押圧力よりも大きくなると、パイロットスプール 2 4 は電磁アクチュエータ 2 0 側へと矢示 B 方向に押戻される。これにより、パイロットスプール 2 4 は、大径側の中間ランド 2 4 C が摺動穴部 2 3 C 内へと摺動し、ポンプポート 1 4 と制御圧管路 5 A とを遮断する。小径側の中間ランド 2 4 D は、スリーブ 2 2 の摺動穴部 2 3 D 内から油穴 2 2 B の位置まで戻り、制御圧管路 5 A をドレンポート 1 5 に連通させる。このため、方向制御弁 4 の油圧パイロット部 4 A 内の作動油は制御圧管路 5 A を介してドレンポート 1 5 へと排出され、制御圧力は低下される。

[0083] このように、パイロットスプール 2 4 は、スリーブ 2 2 内を軸方向（矢示 A、B 方向）に往復動するような動作を繰返し、方向制御弁 4 の油圧パイロット部 4 A 内には作動油の流入、排出が繰り返される。この結果、パイロットスプール 2 4 に付加されるプッシュロッド 2 0 C の押圧力（電磁力）、戻しばね 2 6 の付勢力および前記受圧面積差による矢示 B 方向の荷重（油圧力）が釣り合うように、方向制御弁 4 の油圧パイロット部 4 A 内の制御圧力が調整される。換言すれば、プッシュロッド 2 0 C による矢示 A 方向の押圧力は、電磁アクチュエータ 2 0 への供給電流の値によって調整されるので、方向制御弁 4 の油圧パイロット部 4 A 内の制御圧力は、結果として電磁アクチュエータ 2 0 への供給電流の値によって可変に制御されることになる。

[0084] なお、このように方向制御弁 4 の油圧パイロット部 4 A 内の制御圧力を調整する過程で、ダンピング室 2 9 にはパイロットスプール 2 4 の移動（軸方向変位）により容積変動が生じる。このとき、ダンピング室 2 9 の容積変動に伴って、オリフィス 2 5 内を作動油が流れるので、オリフィス 2 5 は流動抵抗を発生させ、急な容積変動を抑えるようにダンピング作用を発揮する。このように、オリフィス 2 5 およびダンピング室 2 9 を設けることにより、

パイロットスプール 24 の急激な軸方向変位を抑制でき、振動を緩和することができるので、制御圧力を安定させることができる。

[0085] 一方、オペレータが操作レバー 10A（図 1 参照）を中立位置に戻すなどして、コントローラ 30 から電磁アクチュエータ 20 への制御電流の供給を停止した場合に、電磁アクチュエータ 20 は前記ソレノイドが消磁され、プッシュロッド 20C が矢示 B 方向へと初期状態（待機位置）まで戻される。このため、パイロットスプール 24 は、戻しばね 26 の付勢力により電磁アクチュエータ 20 側へと押し戻される。これにより、ポンポート 14 は、制御圧管路 5A に対して遮断され、制御圧管路 5A は、ドレンポート 15 に連通した状態となる。このため、方向制御弁 4 の油圧パイロット部 4A 内の作動油は、制御圧管路 5A を介してドレンポート 15 へと排出され、制御圧力は、制御電流の停止に伴ってタンク圧まで低下する。

[0086] 次にコントローラ 30 の動作について説明する。コントローラ 30 では、まず制御要求値演算部 31 に操作レバー装置 10 からの操作信号が入力される。制御要求値演算部 31 はこの操作信号と施工面設計情報記憶領域 34 に予め記憶された施工面の設計情報を基に制御要求値 p_R を計算し出力する。

[0087] 制御要求値演算部 31 から出力された制御要求値 p_R は、制御目標値決定部 32 に入力されて補正がかけられる。そして制御目標値決定部 32 はその補正結果を制御目標値 p_T として出力する。この補正処理の動作の詳細については後述する。

[0088] 制御目標値決定部 32 から出力された制御目標値 p_T は、制御目標値変換部 33 において、コントローラ 30 内に予め数値表として記憶された電磁比例式減圧弁 11A の電流と制御圧力の関係に沿って、制御目標電流値 I_T に変換されて出力される。

[0089] そして電流フィードバック制御部 35 において、制御目標電流値 I_T を目標値、電磁アクチュエータ 20 に流れる実電流 I_A を制御量、駆動電圧 V_C のパルス幅変調における Duty 比を操作量としたフィードバック制御が行われる。電磁アクチュエータ 20 は実電流 I_A に応じた電磁力 F_{act} によ

って圧力制御弁 21 を駆動する。

[0090] 以下では図 6 に示した制御要求値 p_R （破線で表示）の入力を例に、制御目標値 p_T （一点鎖線で表示）が出力されるまでの制御目標値決定部 32 内での詳細な処理の流れおよび動作と、制御目標値決定部 32 内の処理を含んだコントローラ 30 によって制御される電磁比例式減圧弁 11A の動作を説明する。

[0091] まず図 6 において時刻 $t_0 \sim t_1$ で区切られる区間 SEC1 に着目すると、制御要求値 p_R は非駆動相当値 p_0 （0 MPa）である。このため、制御目標値決定部 32 では図 5 のステップ S2 の判定において、YES が選択され、区間 SEC1 では、図 5 の S1、ステップ S2, S3, S4, S5 の処理が一連して制御サンプル時間毎に順次繰り返し実行される。したがって、区間 SEC1 では、制御目標値決定部 32 から制御目標値 p_T として、非駆動相当値 p_0 が出力され続ける。このため、制御目標値変換部 33 では非駆動相当値 p_0 に対応した非駆動相当電流値 I_0 （例えば $I_0 = 0$ A）が出力され続ける。

[0092] そして電流フィードバック制御部 35 による電流制御により、実電流 I_A は非駆動相当電流値 I_0 を維持するよう制御される。非駆動相当電流値 I_0 は、電磁アクチュエータ 20 の電磁力 F_{act} が戻しばね 26 の付勢力を上回らない電流値として設定されているため、実電流 I_A が非駆動相当電流値 I_0 に維持され続けることにより、パイロットスプール 24 の中間ランド 24C は、ポンプポート 14 を制御圧管路 5A から遮断し、制御圧管路 5A（すなわち、方向制御弁 4 の油圧パイロット部 4A）は、ドレンポート 15 に対して連通した状態が維持される。したがって電磁比例式減圧弁 11A の制御圧力 p_A は図 6 の実線で示されるように非駆動相当値 p_0 （0 MPa）を出力する。

[0093] また区間 SEC1 では、図 5 のステップ S4 の処理の繰り返しによって、制御要求値 p_R が非駆動相当値 p_0 以下となる停止要求継続時間 T_I が T_{I1} として積算される。ここでは、後の説明の都合上、 T_{I1} は所定時間 T_C

に対し、 $T_I \geq T_C$ を満たしているものとする。

[0094] 次に図6において時刻 $t_1 \sim t_2$ で区切られる区間SEC2に着目すると、時刻 t_1 以降から制御要求値 p_R が非駆動相当値 p_0 を上回る。したがって制御目標値決定部32では図5のステップS2の判定において、NOが選択され、ステップS6の処理に移行する。さらにステップS6では継続時間 T_I と所定時間 T_C との大小関係の判定がなされる。

[0095] 時刻 t_1 においては、 $T_I = T_{I1}$ であり、前述の通り $T_I \geq T_C$ であるので、図5のステップS6ではYESが選択され、ステップS7の処理に移行する。ステップS7では駆動開始時刻からの経過時間 τ が零に設定される。したがって、時刻 t_1 が駆動開始時刻となる。ステップS8では式(1)によって制御目標値 p_T が計算される。時刻 t_1 においては駆動開始時刻からの経過時間 τ は零であるので、式(1)では $p_T = p_{max}$ と計算される。そしてステップS9において停止要求継続時間 T_I は零に設定され、最後にステップS5において駆動開始時刻 t_1 からの経過時間 τ が制御サンプル時間分だけカウントアップされる。

[0096] 制御サンプル時間が経過し、時刻 t_1 より後の時刻では、ステップS2で再びNOが選択され、再びステップS6の処理に移行する。ここで時刻 t_1 におけるステップS9の処理において停止要求継続時間 T_I が零に設定されているため、時刻 t_1 より後の時刻ではステップS6でNOが選択され、ステップS7の処理は実行されずにステップS8に移行する。そしてその後は時刻 t_1 と同様にステップS8、S9、S5の処理が順次実行される。

[0097] すなわち、図6の区間SEC2では、時刻 t_1 において図5のステップS1、S2、S6、S7、S8、S9、S5の処理が一連して実行され、時刻 t_1 より後の時刻では、ステップS1、S2、S6、S8、S9、S5の処理が一連して制御サンプル時間毎に繰り返される。

[0098] この動作により、時刻 t_1 では $p_T = p_{max}$ が出力されるので、制御目標値変換部33からは制御目標電流値 I_T として、最大駆動電流値 I_{max} が出力される。電流フィードバック部はこれ为目标値として電磁アクチュエ

ータ 20 の実電流 I_A を制御する。すなわち、電磁アクチュエータ 20 は駆動開始時刻 t_1 において、使用範囲内で出力しうる最大の電磁力で圧力制御弁 21 のパイロットスプール 24 を押圧するよう制御される。

[0099] また、時刻 t_1 より後の時刻では駆動開始時刻 t_1 からの経過時間 τ の値が増大してゆき、式 (1) の計算に基づいて、制御目標値 p_T は制御要求値 p_R に漸近してゆく。したがって、時刻 t_1 以後では、制御目標電流値 I_T は最大駆動電流値 I_{max} から制御要求値 p_R に対応した電流値に漸近してゆく。

[0100] したがって、本実施の形態の制御装置によれば、パイロットスプール 24 は電磁アクチュエータ 20 による駆動開始時において、使用範囲内での最大の駆動加速度でダンピング室 29 側へ変位するため、大径側の中間ランド 24 C は摺動穴部 23 C から油穴 22 B の位置に進出し、油穴 22 A, 22 B 間（ポンプポート 14 と制御圧管路 5 A との間）を連通させるとともに、小径側の中間ランド 24 D は、スリーブ 22 の摺動穴部 23 D 内へと摺動変位（進出）し、油穴 22 B, 22 C 間（制御圧管路 5 A とドレンポート 15 との間）を遮断するまでの時間が短縮され、制御圧力の上昇時のむだ時間が低減される。

[0101] また、本実施例による油圧システム 100 によれば、制御目標電流値 I_T は制御要求値 p_R に対応した電流値に漸近してゆくので、パイロットスプール 24 が過剰に変位することが抑えられ（ポンプポート 14 と制御圧管路 5 A との間が過剰に開口することが抑えられ）、制御圧力が発生し始めた後は、制御要求値 p_R に対し大きく上回ることなく制御圧力 p_A を制御要求値 p_R に追従させることができる。

[0102] 次に図 6 において時刻 $t_2 \sim t_3$ で区切られる区間 SEC 3 に着目すると、制御要求値 p_R は非駆動相当値 p_0 である。このため、制御目標値決定部 32 は区間 SEC 1 と同様の動作によって、制御目標値 p_T として、非駆動相当値 p_0 が出力され続ける。また制御要求値 p_R が非駆動相当値 p_0 以下となる停止要求継続時間 T_1 が T_{12} として積算される。ここでは、後の説

明の都合上、区間SEC2での制御圧力 p_A が区間SEC3で非駆動相当値 p_0 まで下がりきる前に、次の区間SEC4を迎えるものとし、 T_{I2} は所定時間 T_C に対し、 $T_{I2} < T_C$ を満たしているものとする。

[0103] 図6において時刻 $t_3 \sim t_4$ で区切られる区間SEC4に着目すると、時刻 t_3 以降から再び制御要求値 p_R が非駆動相当値 p_0 を上回る。したがって区間SEC2と同様に、制御目標値決定部32では図5のステップS2の判定において、NOが選択され、ステップS6の処理に移行する。そしてステップS6で継続時間 T_I と所定時間 T_C との大小関係の判定がなされる。

[0104] しかし、時刻 t_3 では、 $T_I = T_{I2}$ であり、前述の通り $T_{I2} < T_C$ であるので、ステップS6では区間SEC2の場合とは異なり、NOが選択され、ステップS7の処理は実行されずにステップS8へ移行し、ステップS8, S9, S5の処理が順次実行される。すなわち時刻 t_3 が駆動開始時刻に設定しなおされることはなく、駆動開始時刻は前回設定された時刻 t_1 のまま処理が進むこととなり、駆動開始時刻からの経過時間 τ も時刻 t_1 を起点としたままカウントアップが進められることとなる。このため、時刻 t_3 ではステップS8の式(1)による制御目標値 p_T の計算において、指数関数 $e \times p(-K \cdot \tau)$ が零に漸近した状態が維持されるので、図6に示されるように時刻 t_3 では制御目標値 p_T は $p_T = p_{max}$ とはならず、制御要求値 p_R に漸近した値として出力される。そして、制御サンプル時間が経過し、時刻 t_3 より後の時刻でも $T_I = 0 < T_C$ が成立しているため、時刻 t_3 と同じ処理が実行され、制御目標値 p_T は制御要求値 p_R に漸近した値として出力される。

[0105] すなわち、区間SEC2の制御要求値 p_R の降下から区間SEC4における駆動開始時にかけて、区間SEC3での停止要求継続時間 T_{I2} が所定時間 T_C 未満であった場合は、制御目標値決定部32による補正はなされず、制御要求値 p_R が制御目標値 p_T として設定される。

[0106] ところで、電磁比例式減圧弁11Aでは、先述の通り、パイロットスプール24の大径側の中間ランド24Cと小径側の中間ランド24Dとが、それ

ぞれ、ポンプポート 1 4 と制御圧管路 5 A との間、および制御圧管路 5 A とドレンポート 1 5 との間を連通・閉鎖させるように、パイロットスプール 2 4 が往復運動することで圧力制御がなされる。すなわち圧力制御中はパイロットスプール 2 4 はこの連通・閉鎖がなされる位置の近傍で往復運動を繰り返している。またパイロットスプール 2 4 はその運動特性上、コントローラ 3 0 での制御要求値 p_R の出力に対し、変位の遅れを生ずる。

[0107] したがって、制御要求値 p_R が非駆動相当値 p_0 に下がり切った状態であっても、パイロットスプール 2 4 の運動の遅れにより、パイロットスプール 2 4 は連通・閉鎖がなされる位置にとどまり、電磁比例式減圧弁 1 1 A は圧力制御の動作を継続している場合がある。

[0108] この状態から制御要求値 p_R を再度上昇させる際、区間 SEC 1 における駆動開始時と同様に、制御目標値 p_T を p_{max} に設定すると、パイロットスプール 2 4 は連通・閉鎖がなされる位置近傍において電磁アクチュエータ 2 0 の最大の電磁力を受けるため、パイロットスプール 2 4 はダンピング室 2 9 側へ過剰に変位し、ポンプポート 1 4 と制御圧管路 5 A との間を過剰に開口させてしまう。その結果、制御圧力 p_A は制御要求値 p_R から大幅に上回ってしまう。

[0109] これに対し、本実施の形態の制御装置では、区間 SEC 4 での時刻 t_3 での動作のように、制御圧力 p_A が十分に下がり切らない時間、すなわち、パイロットスプール 2 4 が連通・閉鎖がなされる位置近傍から、図 2 に示すような非駆動状態まで戻り切らない時間内で、制御要求値 p_R が駆動相当値となった場合は、制御目標値決定部 3 2 において制御目標値 p_T を p_{max} に設定せず、制御要求値 p_R をそのまま出力するので、電磁比例式減圧弁 1 1 A の制御圧力 p_A が制御要求値 p_R から大幅に乖離することを防ぐことができる。

[0110] <まとめ>

本実施例では、油圧ポンプ 1 と、油圧ポンプ 1 から吐出された圧油によって駆動される油圧アクチュエータ 3 と、油圧ポンプ 1 から吐出される圧油の

油圧アクチュエータ 3 に対する供給及び排出を制御する制御弁 4 と、制御弁 4 を動作させるための制御圧力 p_A (p_B) を生成する電磁弁 11A (11B) と、制御圧力 p_A (p_B) の要求値である制御要求値 p_R を入力するための操作が行われる操作装置 10 と、制御要求値 p_R に応じて制御圧力 p_A (p_B) の目標値である制御目標値 p_T を設定し、制御目標値 p_T によって電磁弁 11A (11B) を駆動するコントローラ 30 とを備えた油圧システム 100 において、コントローラ 30 は、電磁弁 11A (11B) の駆動開始時点においては電磁弁 11A (11B) の使用範囲における最大出力圧力 p_{max} となり、最大出力圧力 p_{max} となった後においては時間の経過とともに制御要求値 p_R に漸近するように、制御目標値 p_T を設定する。

[0111] 以上のように構成した本実施例によれば、電磁弁 11A (11B) の駆動開始時点の制御目標値 p_T が制御要求値 p_R によらず、電磁弁 11A (11B) の使用範囲における最大出力圧力 p_{max} に設定される。これにより、電磁弁 11A (11B) の駆動開始直後に電磁弁 11A (11B) の弁体が開弁位置まで高速に変位するため、電磁弁 11A (11B) の駆動開始時点から制御圧力 p_A (p_B) が上昇し始めるまでの遅れ時間を短縮することができる。また、制御圧力 p_A (p_B) が上昇し始めた後は、電磁弁 11A (11B) の駆動開始時点からの経過の経過とともに制御目標値 p_T が制御要求値 p_R に漸近するため、制御圧力 p_A (p_B) が制御要求値 p_R を大きく上回ることを防ぐことができる。これにより、電磁弁 11A (11B) の駆動開始時において、電磁弁 11A (11B) から出力される制御圧力 p_A (p_B) を制御要求値 p_R に速やかに追従させることが可能となる。なお、本実施例では制御目標値 p_T を制御要求値 p_R に漸近させるために指数関数を用いているが、その他の関数（例えば、双曲関数）を用いても良い。

[0112] また、コントローラ 30 は、経過時間 τ の増加とともに制御目標値 p_T と制御要求値 p_R との差分が指数級数的に減少するように制御目標値 p_T を算出する。これにより、コントローラ 30 へ実装する制御目標値 p_T の計算式を簡易な指数関数で定義することが可能となる。また、制御目標値 p_T の制

御要求値 p_R への漸近の度合いを指数関数の底の値の変更のみによって行うことが可能となる。

[0113] また、コントローラ 30 は、電磁弁 11A (11B) の駆動停止時点から次回の駆動開始時点までの時間が所定時間 T_C 未満の場合は、電磁弁 11A (11B) の前回の駆動開始時点の時刻を起点として経過時間 τ を計測し、電磁弁 11A (11B) の駆動停止時点から次回の駆動開始時点までの時間が所定時間 T_C 以上の場合は、電磁弁 11A (11B) の次回の駆動開始時点の時刻を起点として経過時間 τ を計測する。これにより、制御圧力 p_A (p_B) が十分に下がり切らない時間、すなわち、パイロットスプール 24 が連通・閉鎖がなされる位置近傍から、図 2 に示すような非駆動位置まで戻り切らない時間内で、制御要求値 p_R が駆動相当値となった場合は、制御目標値決定部 32 において制御目標値 p_T を p_{max} に設定せず、制御要求値 p_R をそのまま出力するので、電磁弁 11A (11B) の制御圧力 p_A (p_B) が制御要求値 p_R から大幅に乖離することを防ぐことができる。

[0114] また、電磁弁 11A (11B) は、コントローラ 30 から出力される電圧により制御される電磁アクチュエータ 20 と、電磁アクチュエータ 20 によって駆動される圧力制御弁 21 とを有し、コントローラ 30 は、制御目標値 p_T に基づいて電磁アクチュエータ 20 に流す電流 I_A (I_B) の目標値である電流目標値 I_T を算出し、比例補償、微分補償、および積分補償の少なくとも 1 つを用いたフィードバック制御により、電磁アクチュエータ 20 に流れる電流 I_A (I_B) を電流目標値 I_T に追従させる。これにより、電磁アクチュエータ 20 の駆動精度を向上させることが可能となる。

実施例 2

[0115] 本発明の第 2 の実施例による 100 について、図 7 を参照して説明する。

図 7 は、本実施例による油圧システム 100 の機能ブロック図である。以下、第 1 の実施例 (図 3 参照) との相違点を中心に説明する。

[0116] 図 7 において、コントローラ 30 は、制御目標値変換部 33 (図 3 参照) を省略し、電磁アクチュエータ 20 を流れる電流 I_A (I_B) を検出する電

流検出器 35C（図3参照）に代えて、圧力制御弁 21 から出力される制御圧力 p_A （ p_B ）を検出する検出器 35D を備えている。第1の実施例によるコントローラ 30（図3参照）は、比例補償、微分補償、および積分補償の少なくとも1つを用いて、電磁アクチュエータ 20 に流れる電流 I_A （ I_B ）をフィードバック制御するのに対し、本実施例によるコントローラ（図7参照）は、電磁弁 11A（11B）から出力される制御圧力 p_A （ p_B ）をフィードバック制御する。

[0117] <まとめ>

本実施例による油圧システム 100 が備えるコントローラ 30 は、比例補償、微分補償、および積分補償の少なくとも1つを用いたフィードバック制御により、電磁弁 11A（11B）から出力される制御圧力 p_A （ p_B ）を制御目標値 p_T に追従させる。

[0118] 以上のように構成した本実施例によれば、電磁弁 11A（11B）から出力される制御圧力 p_A （ p_B ）がフィードバック制御されるため、制御圧力 p_A （ p_B ）の制御精度を向上させることが可能となる。

実施例 3

[0119] 本発明の第3の実施例について、第1の実施例との相違点を中心に説明する。本実施例では、第1の実施例に対し、図5に示すステップ S8 における制御目標値 p_T の計算内容のみが異なる。

[0120] 本実施例では図5に示すステップ S8 において、次の式（2）によって制御目標値 p_T を計算する。

[0121] [数2]

$$p_T = (p_{\max} - p_C - p_R) \exp(-K_A \cdot \tau) + p_C \exp(-K_B \cdot \tau) + p_R \quad \text{式 (2)}$$

[0122] 式（2）において、 p_C は最大出力圧力 $p_{\max}$ よりも小さく零以上の所定値、 K_A 、 K_B はそれぞれ正の所定値である。また、 K_A は式（2）の右辺第1項が零に漸近する速度を表し、 K_B は式（2）の右辺第2項が零に漸近する速度を表しており、 K_A は K_B よりも大きな値に設定されている。すなわち、式（2）の右辺第2項は、式（2）の右辺第1項よりも緩やかに零

に漸近する。

[0123] 図7に制御要求値 p_R （実線で表示）と、式（2）によって計算される制御目標値 p_T （破線で表示）の時刻歴波形をそれぞれ示す。式（2）の右辺第1項と右辺第2項には指数関数（ $e \times p(-K_A \cdot \tau)$ 、および $e \times p(-K_B \cdot \tau)$ ）が含まれており、その指数は駆動開始時点からの経過時間 τ と定数値の積で表されている。したがって、駆動開始時点である時刻 t_0 （すなわち $\tau = 0$ ）において、式（2）により制御目標値 p_T を計算すると、指数関数の出力値は1となり、 $p_T = p_{max}$ と計算される。すなわち、駆動開始時点である時刻 t_0 においては図7に示されるように、制御目標値 p_T が電磁比例式減圧弁11Aの使用範囲における最大出力圧力 p_{max} に設定される。

[0124] 一方、式（2）の右辺第1項と右辺第2項に含まれる指数関数（ $e \times p(-K_A \cdot \tau)$ 、および $e \times p(-K_B \cdot \tau)$ ）は、それぞれ底が $e \times p(-K_A)$ 、 $e \times p(-K_B)$ であり、いずれも指数は τ である。また K_A 、 K_B はそれぞれ正数としていることから、底 $e \times p(-K_A)$ 、 $e \times p(-K_B)$ はいずれも1より小さな値である。したがって、駆動開始時点からの経過時間 τ の増加とともに指数関数 $e \times p(-K_A \cdot \tau)$ 、および $e \times p(-K_B \cdot \tau)$ はいずれも零に漸近してゆく。すなわち式（2）の右辺第1項と右辺第2項は駆動開始からの時間の経過とともに零に漸近してゆくので、図7に示されるように制御目標値 p_T （破線で表示）は、制御要求値 p_R （実線で表示）に漸近してゆく。

[0125] 以上のように、制御目標値 p_T は制御要求値 p_R に漸近してゆくが、ここで式（2）の見方を変えたと、右辺第1項が零に漸近してゆくことで、図7に示すように、制御目標値 p_T は右辺第2項と制御要求値 p_R の和（一点鎖線で表示）に漸近してゆき、これと同時に右辺第2項が零に漸近してゆくことで、制御目標値 p_T は制御要求値 p_R に漸近してゆくものととらえられる。このため、式（2）による計算を用いることで、制御目標値 p_T は制御要求値 p_R に漸近させつつ、漸近の過程で式（1）に対し、大きめ制御目標値

p_T に設定することができる。

[0126] これにより、本実施の形態では、例えば低温の環境化などのパイロットスプール24に作用する作動油による粘性抵抗が大きい状態で電磁比例式減圧弁11A、11Bを使用し続ける場合や、電磁比例式減圧弁11A、11Bによる圧力制御の安定性を重視し、オリフィス25の絞り径を小さく設定した結果、パイロットスプール24の運動が遅くなる場合などに、第1の実施形態に対してさらに良好なむだ時間の低減効果を得ることができる。

[0127] また所定値 p_c を零に設定することで、式(2)は式(1)と同じ計算内容となり、第1の実施形態として扱うこともできる。

[0128] <まとめ>

本実施例による油圧システム100が備えるコントローラ30は、最大出力圧力 p_{max} から制御要求値 p_R と最大出力圧力 p_{max} よりも小さい所定値 p_c とを差し引いた値を経過時間 τ の増加とともに零に漸近させた第1の値(式(2)の右辺第1項)と、所定値 p_c を経過時間 τ の増加とともに前記第1の値よりも緩やかに零に漸近させた第2の値(式(2)の右辺第2項)と、制御要求値 p_R とを加算した値を制御目標値 p_T として設定する。

[0129] 以上のように構成した本実施例によれば、電磁弁11A(11B)の駆動開始時点の第1の値(式(2)の右辺第1項)と第2の値(式(2)の右辺第2項)との合計は、最大出力圧力 p_{max} から駆動開始時点の制御要求値 p_R を差し引いた値となり、電磁弁11A(11B)の制御目標値 p_T は第1の値と第2の値と駆動開始時点の制御要求値 p_R との合計となる。そのため、電磁弁11A(11B)の駆動開始時点の制御目標値 p_T は、第1の実施例と同様に、制御要求値 p_R によらず一律に電磁弁11A(11B)の最大出力圧力 p_{max} に設定される。

[0130] また、第1の値と第2の値はともに、電磁弁11A(11B)の駆動開始からの経過時間 τ の増加とともに零に漸近していくため、電磁弁11A(11B)の制御目標値 p_T は、第1の実施例と同様に経過時間 τ の増加とともに制御要求値 p_R に漸近する。ここで、第2の値が零に漸近する速度は第1

の値が零に漸近する速度よりも小さいため、電磁弁 11 A (11 B) の応答特性に応じて所定値 p_c を適切に設定することにより、制御目標値 p_T が制御要求値 p_R に漸近する速度が調整される。これにより、例えば低温の環境化などの弁体に作用する作動流体による粘性抵抗が大きい状態で電磁弁 11 A (11 B) を使用し続ける場合や、電磁弁 11 A (11 B) の弁体の運動特性上その変位が遅い場合などに、所定値 p_c を大きくし、制御目標値 p_T が制御要求値 p_R に漸近する速度を抑制することにより、第 1 の実施例よりも良好なむだ時間の低減効果を得ることができる。

[0131] 以上、本発明の実施例について詳述したが、本発明は上記した実施例に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上記した実施例は、本発明を分かり易く説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施例の構成に他の実施例の構成の一部を加えることも可能であり、ある実施例の構成の一部を削除し、あるいは、他の実施例の一部と置き換えることも可能である。

符号の説明

[0132] 1…油圧ポンプ、1 A…吐出管路、2…タンク、3…油圧シリンダ（油圧アクチュエータ）、3 A…チューブ、3 B…ピストン、3 C…ロッド、3 D, 3 E…油室、4…方向制御弁、4 A, 4 B…油圧パイロット部、5 A, 5 B…制御圧管路、6 A, 6 B…主管路、7…パイロットポンプ、8…低圧リリーフ弁、9…高圧リリーフ弁、10…操作レバー装置（操作装置）、11 A, 11 B…電磁比例式減圧弁（電磁弁）、12…ハウジング、13…電磁弁カートリッジ挿入穴、14…ポンプポート、15…ドレンポート、16…一次圧管路、17…ドレン管路、20…電磁アクチュエータ、21…圧力制御弁、22…スリーブ、22 A, 22 B, 22 C…油穴、23…段付穴、23 A…ばね収容穴部、23 B, 23 C, 23 D, 23 E…摺動穴部、24…パイロットスプール、24 A…ボス部、24 B…ランド、24 C, 24 D…中間ランド、24 E…ランド、24 F…軸穴、24 G, 24 H…油路、25

…オリフィス、２７…仕切板、２８…部材、２９…ダンピング室、３０…コントローラ、３１…制御要求値演算部、３２…制御目標値決定部、３３…制御目標値変換部、３４…施工面設計情報記憶領域、３５…電流フィードバック制御部、３５Ａ…ＰＩＤ補償器、３５Ｂ…ＰＷＭ駆動装置、３５Ｃ…電流検出器、４３…ドレン管路、１００…油圧システム。

請求の範囲

[請求項1]

油圧ポンプと、
前記油圧ポンプから吐出された圧油によって駆動される油圧アクチュエータと、
前記油圧ポンプから吐出される圧油の前記油圧アクチュエータに対する供給及び排出を制御する制御弁と、
前記制御弁を動作させるための制御圧力を生成する電磁弁と、
前記制御圧力の要求値である制御要求値を入力するための操作が行われる操作装置と、
前記制御要求値に応じて前記制御圧力の目標値である制御目標値を設定し、前記制御目標値によって前記電磁弁を駆動するコントローラとを備えた油圧システムにおいて、
前記コントローラは、前記電磁弁の駆動開始時点においては前記電磁弁の使用範囲における最大出力圧力となり、当該最大出力圧力となった後においては時間の経過とともに前記制御要求値に漸近するように、前記制御目標値を設定することを特徴とする油圧システム。

[請求項2]

請求項1に記載の油圧システムにおいて、
前記コントローラは、前記最大出力圧力から前記制御要求値と前記最大出力圧力よりも小さい所定値とを差し引いた値を経過時間の増加とともに零に漸近させた第1の値と、前記所定値を経過時間の増加とともに前記第1の値よりも緩やかに零に漸近させた第2の値と、前記制御要求値とを加算した値を前記制御目標値として設定することを特徴とする油圧システム。

[請求項3]

請求項1に記載の油圧システムにおいて、
前記コントローラは、経過時間の増加とともに前記制御目標値と前記制御要求値との差分が指数級数的に減少するように前記制御目標値を算出する

ことを特徴とする油圧システム。

[請求項4]

請求項1に記載の油圧システムにおいて、

前記コントローラは、

前記電磁弁の駆動停止時点から次の駆動開始時点までの時間が所定時間未満の場合は、前記電磁弁の前の駆動開始時点の時刻を起点として経過時間を計測し、

前記電磁弁の駆動停止時点から次の駆動開始時点までの時間が前記所定時間以上の場合は、前記電磁弁の次の駆動開始時点の時刻を起点として経過時間を計測する

ことを特徴とする油圧システム。

[請求項5]

請求項1に記載の油圧システムにおいて、

前記電磁弁は、前記コントローラから出力される電圧により制御される電磁アクチュエータと、前記電磁アクチュエータによって駆動される圧力制御弁とを有し、

前記コントローラは、前記制御目標値に基づいて前記電磁アクチュエータに流す電流の目標値である電流目標値を算出し、比例補償、微分補償、および積分補償の少なくとも1つを用いたフィードバック制御により、前記電磁アクチュエータに流れる電流を前記電流目標値に追従させる

ことを特徴とする油圧システム。

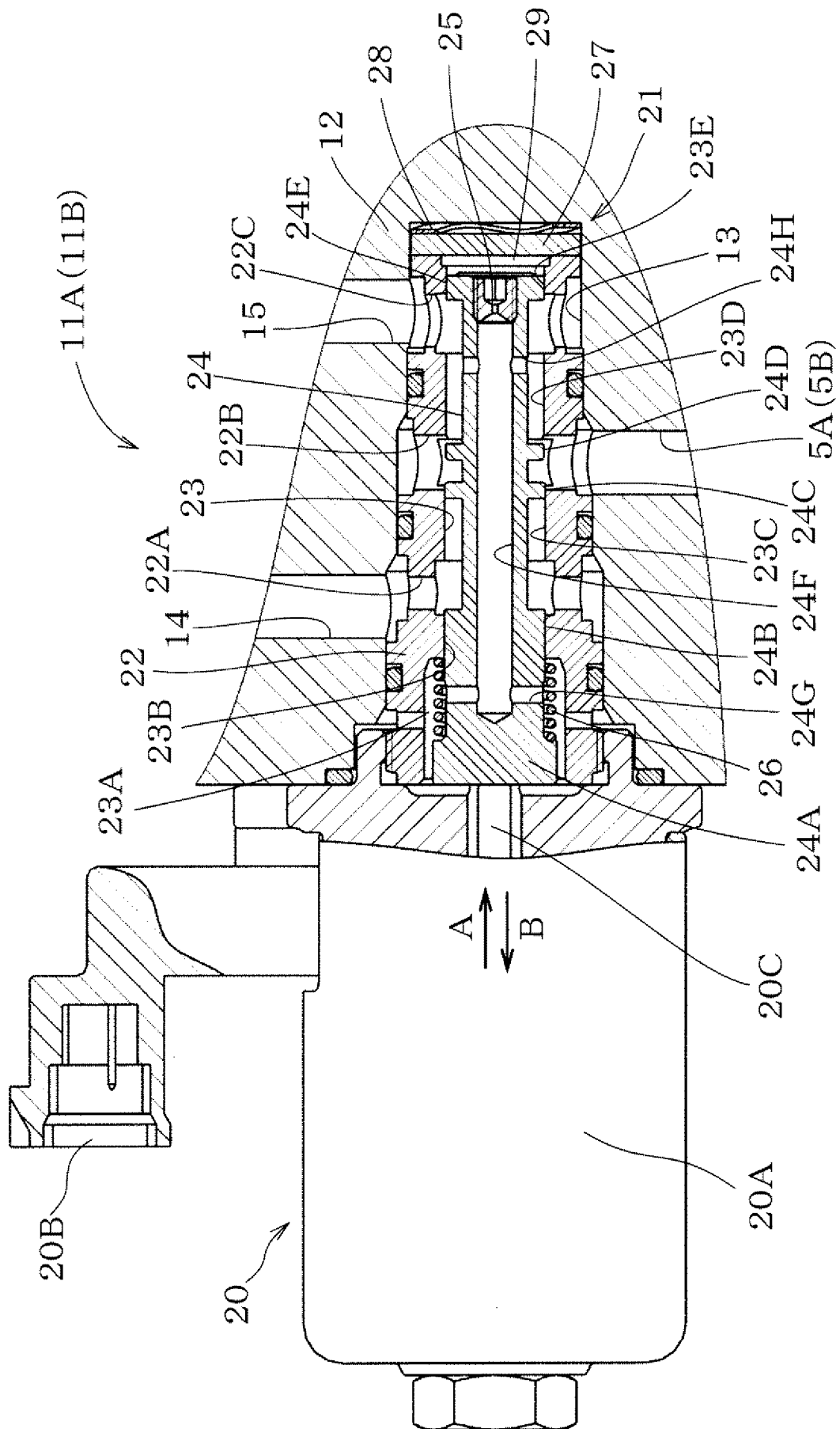
[請求項6]

請求項1に記載の油圧システムにおいて、

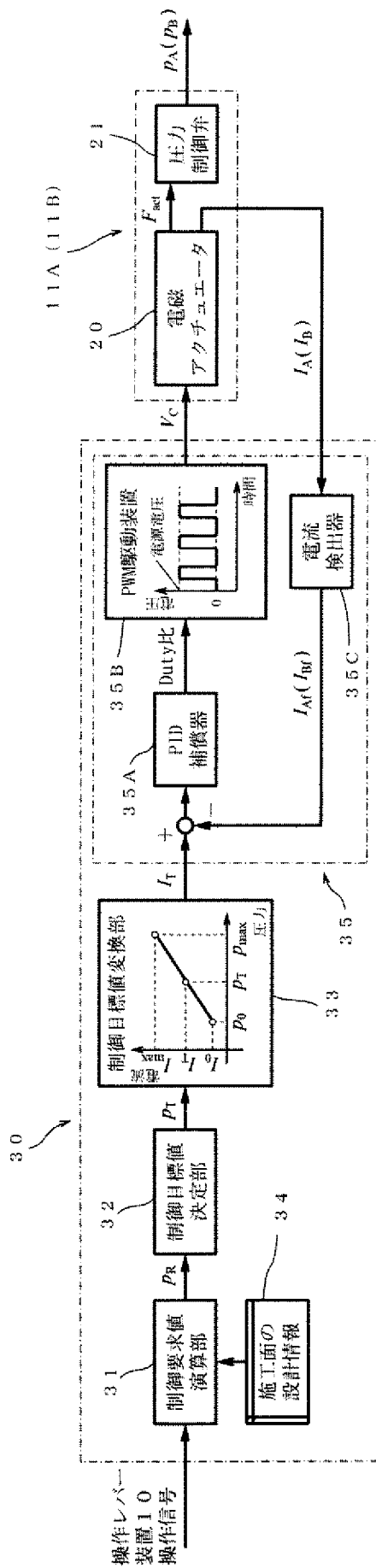
前記コントローラは、比例補償、微分補償、および積分補償の少なくとも1つを用いたフィードバック制御により、前記電磁弁から出力される制御圧力を前記制御目標値に追従させる

ことを特徴とする油圧システム。

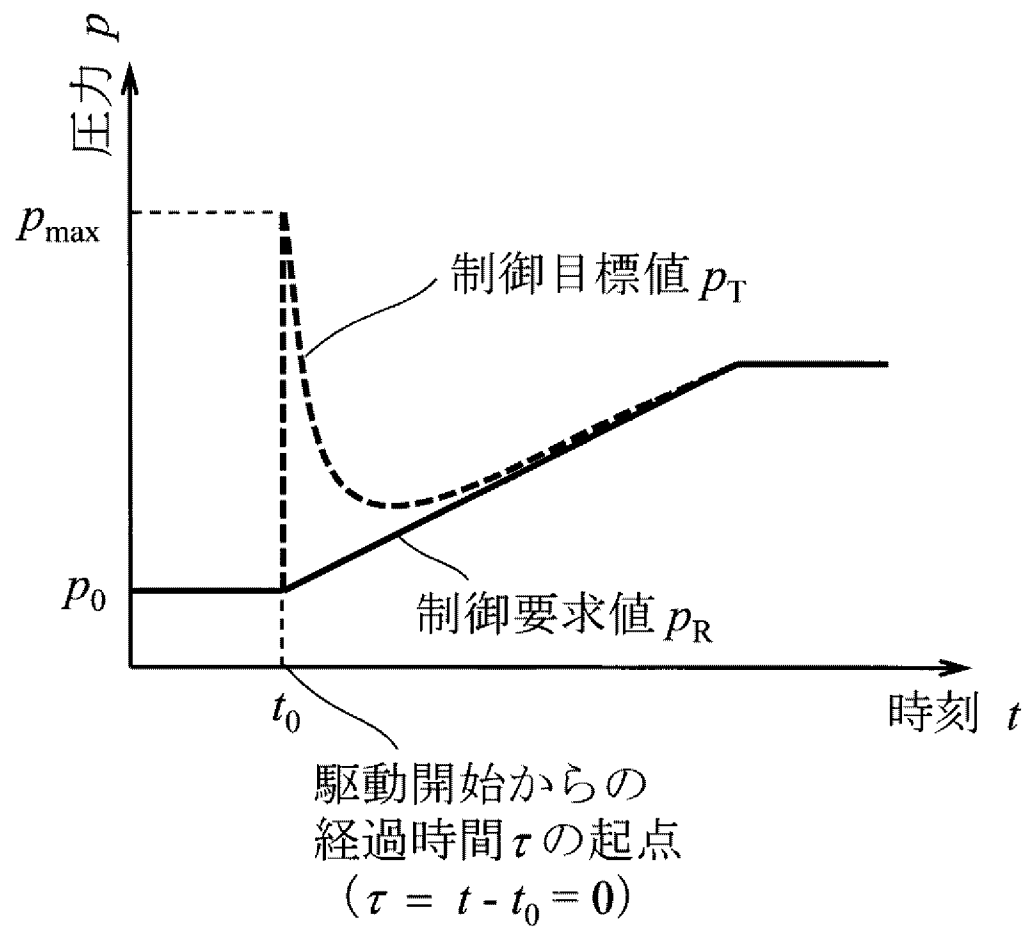
[図2]



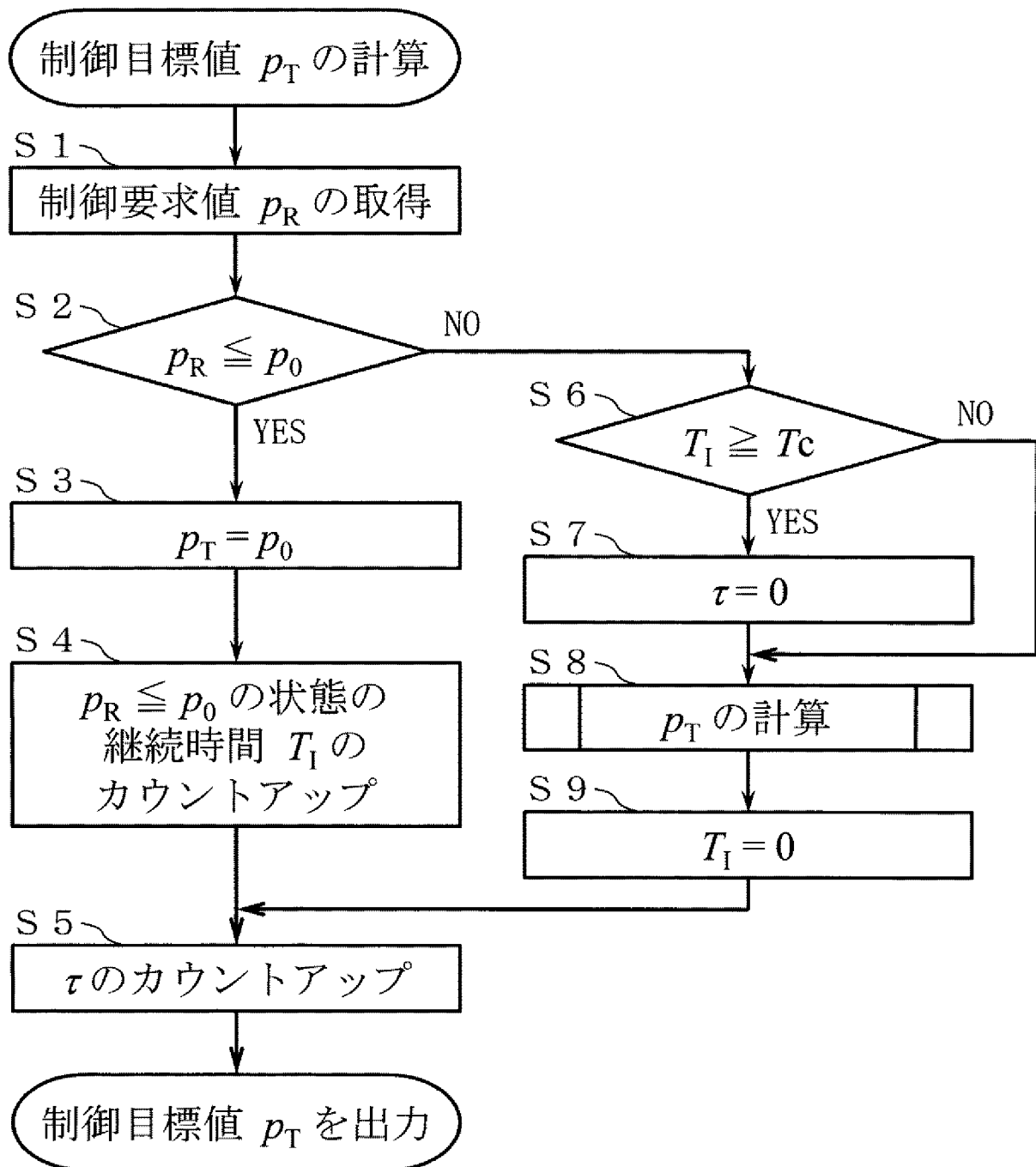
[図3]



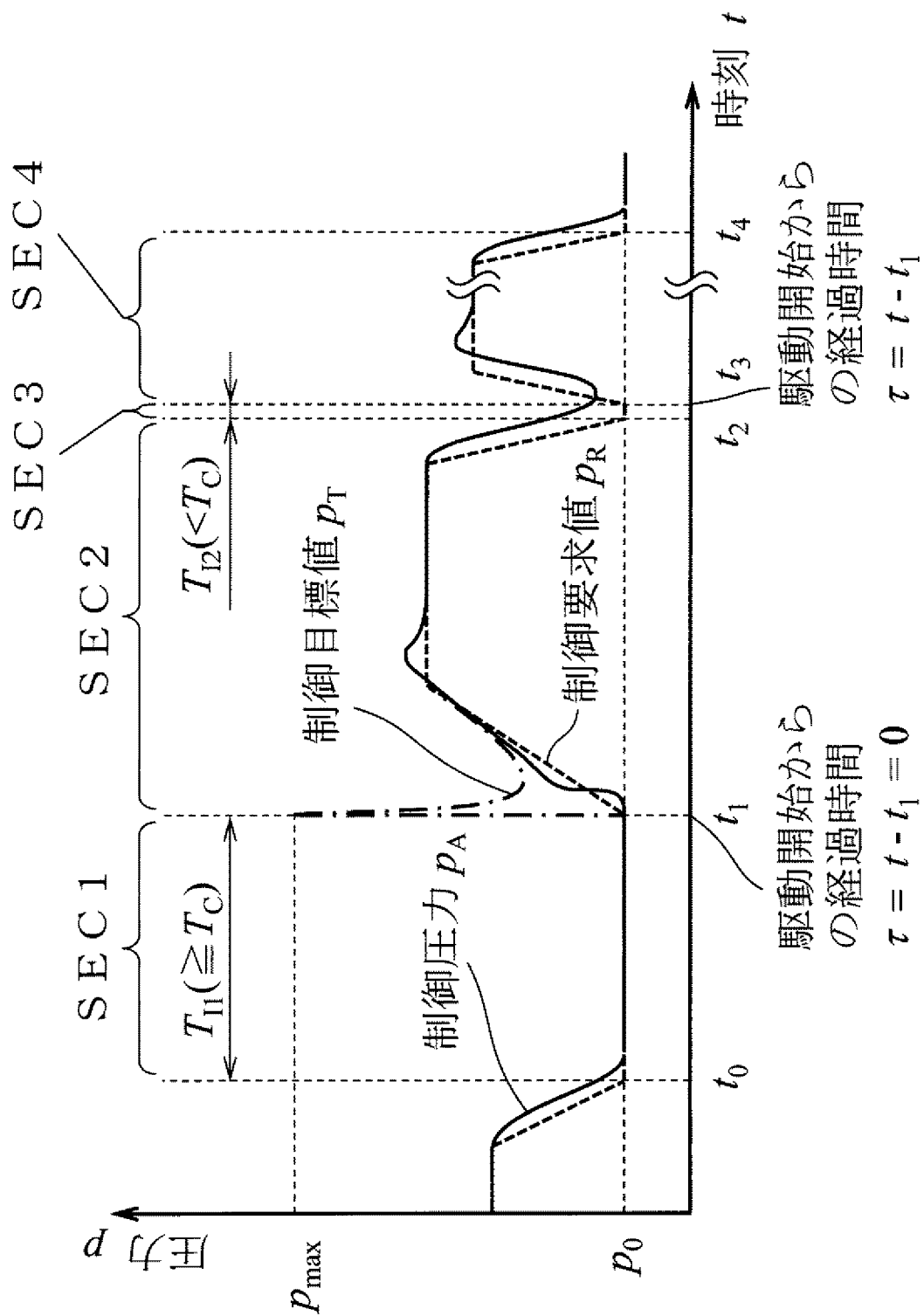
[図4]



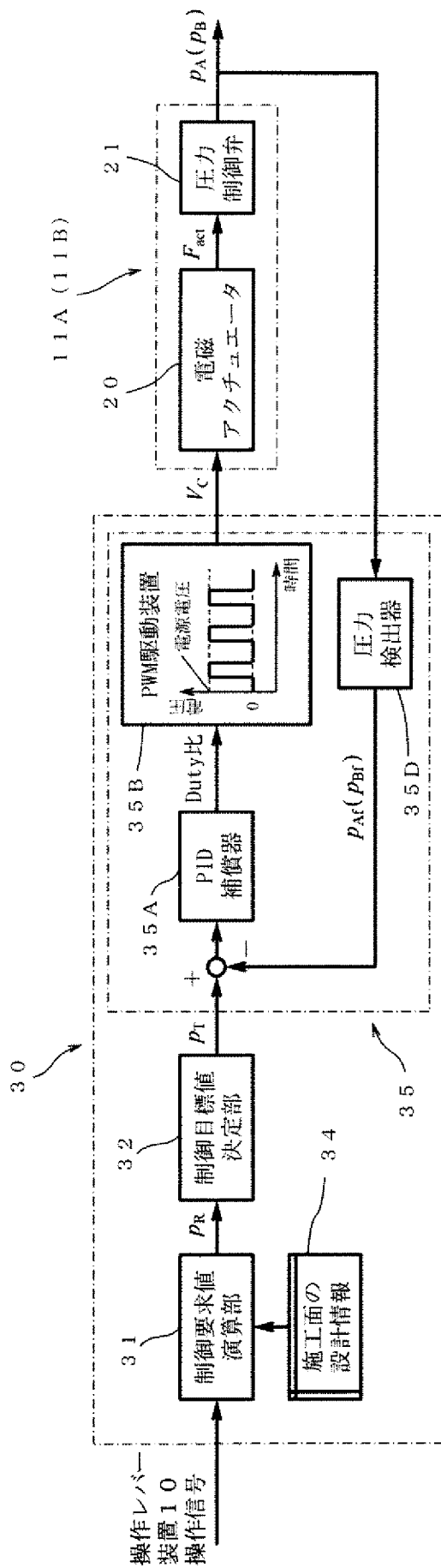
[図5]



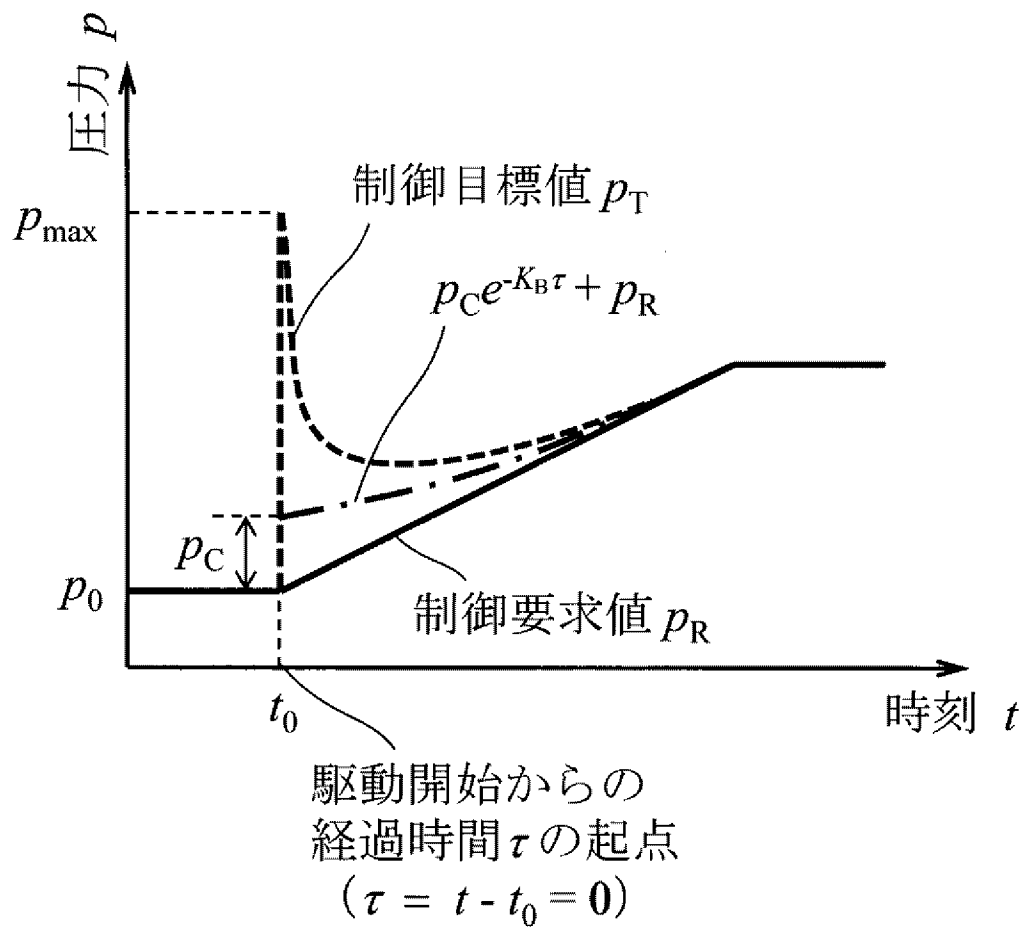
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/006784

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**F15B 11/08**(2006.01)i; **F16K 31/06**(2006.01)i

FI: F15B11/08 A; F16K31/06 310C

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F15B11/08; F16K31/06

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2022
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2022
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 4-143334 A (YUTANI HEAVY INDUSTRIES, LIMITED) 18 May 1992 (1992-05-18) page 2, lower left column, lines 5-10, page 3, upper right column, line 2 to lower right column, line 14, fig. 1-3	1, 3-6
A		2
Y	WO 01/48386 A1 (KAYABA KOGYO KABUSHIKI KAISHA) 05 July 2001 (2001-07-05) page 5, line 16 to page 6, line 13, fig. 1, 4	1, 3-6
A		2
A	JP 2021-4540 A (HITACHI CONSTRUCTION MACHINERY COMPANY, LIMITED) 14 January 2021 (2021-01-14) entire text, all drawings	1-6

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date
 “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 “X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 “Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 “&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

19 April 2022

Date of mailing of the international search report

26 April 2022

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
 Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2022/006784

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	4-143334	A	18 May 1992	(Family: none)	
WO	01/48386	A1	05 July 2001	EP 1167777 A1 paragraphs [0024]-[0027], fig. 1, 4	
				KR 10-2001-0107977 A	
JP	2021-4540	A	14 January 2021	WO 2020/262201 A1	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） F15B 11/08(2006.01)i; F16K 31/06(2006.01)i FI: F15B11/08 A; F16K31/06 310C		
B. 調査を行った分野		
調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） F15B11/08; F16K31/06		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2022年 日本国実用新案登録公報 1996-2022年 日本国登録実用新案公報 1994-2022年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	JP 4-143334 A（油谷重工株式会社）18.05.1992（1992-05-18） 第2頁左下欄第5-10行，第3頁右上欄第2行-右下欄第14行，第1-3図	1, 3-6 2
Y A	WO 01/48386 A1（KAYABA KOGYO KABUSHIKI KAISHA）05.07.2001（2001-07-05） 第5頁第16行-第6頁第13行，図1，4	1, 3-6 2
A	JP 2021-4540 A（日立建機株式会社）14.01.2021（2021-01-14） 全文，全図	1-6
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 19.04.2022		国際調査報告の発送日 26.04.2022
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 吉田 昌弘 30 4646 電話番号 03-3581-1101 内線 3358

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2022/006784

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	4-143334	A	18.05.1992	(ファミリーなし)	
WO	01/48386	A1	05.07.2001	EP 1167777 A1	
				段落[0024]-[0027], FIG.1, 4	
				KR 10-2001-0107977 A	
JP	2021-4540	A	14.01.2021	WO 2020/262201 A1	