油空圧系のエネルギ回生に関する研究

Studies on the regenerative energy of pneumatic and hydraulic pressure system

○岡部　昂希†　岡　宏一‡
Kouki OKABE†, Kouichi OKA‡,
† 高知工科大学　‡ 高知工科大学
†Kochi University of Technology, ‡Kochi University of Technology,
E-mail: 175028x@gs.kochi-tech.ac.jp

Abstract

PWM 制御形電磁弁により駆動する油空圧シリンダ機構を使用した回生システムを提案し, 同じ回路で空圧実験装置における回生システムの可能性をシミュレーションによって検討した．結果，シミュレーションでは提案の方法による回生は確認できなかったが改善の方向性を確認することができた.また,電磁弁の PWM 制御が圧力の制御およびロッド駆動制御に有用であることが確認された.

1　緒言

油圧駆動システムは大きな力を発生できるという利点から，主に建設機械や工場のプレス機・加圧装置などに利用されている．しかし，従来駆動の制御に使用されていたバルブによる圧力損失を利用する方法ではエネルギ効率が非常に悪いため，電気的にエネルギを回生する方法が検討されてきた．その一例として建設機メーカでは旋回方向駆動においてエネルギを回収するハイブリッド建機を開発している(1)．このハイブリッド建機は旋回駆動の減速時の運動エネルギを電気エネルギとして貯え，そのエネルギをシリンダ駆動などの補助に利用するものである.

このような力学系から電気系へ変換し蓄電する方法では，貯えられたエネルギを使用する場合に電気系から力学系へ変換する必要があり, 2 度の変換が必要であり損失が大きいと考えられる．この変換による損失を失くすために，本研究では電気系を介さず油空圧系のエネルギを直接回生するシリンダ機構について研究を行う．本稿では油圧機器よりも取扱いが簡単な空圧機器において同様の方式によりエネルギ回生が可能であるかについて考察し，その結果を報告する.

2　回生システム

研究を進めている回生システムは PWM 制御形油空圧シリンダ駆動装置を使用したものであり，システム概要を図 1 の回路図に示す．シリンダの 2 つのチャンバ各々が高圧の圧力源（レギュレータでほぼ圧力一定）と低圧（大気圧）タンクともに接続できるように 4 つの電磁弁を取り付ける．これら 4 つの電磁弁の開閉周期を PWM 制御を用いて切り替えることにより両側の圧力が自由に設定できる．回生の方法は，ロッドが高速で駆動した場合，ロッドの停止時には運動エネルギがメーターアウト側の圧力を一時的に上昇させる．この圧力を高圧タンクに戻すことで回生を行うことを提案する．今回の報告では同じ回路で空圧の簡易実験装置において提案する回生システム構築の可能性を検討した.

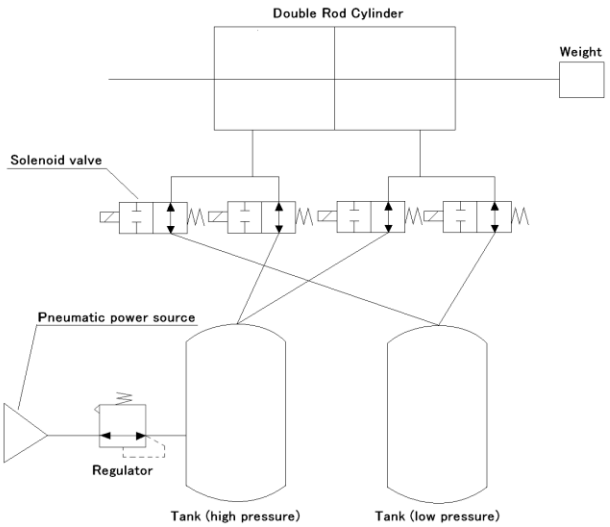


図 1　回生システムの回路図

3　シミュレーション

空圧実験装置のシミュレーションを行い，回生方法が妥当であるかどうかを確認した．

回生が可能であるか評価するために，シリンダのロッドを駆動し途中で停止するという動作でどれだけのエネルギがメータアウト側チャンバ内で圧力として発生するかを確認する．シリンダの端から端までの長さを 1m とし，初期位置を中心点（左から 0.5m）として図 1 の様な位置から見て右方向にロッドを動かし，0.3m 動いた時点で各電磁弁の駆動を停止して閉じるようなシミュレーションを行った．初期状態の両チャンバ内の圧力は 5 気圧と設定した．全ての電磁弁の PWM の周波数は 50Hz とする．また左右の各電磁弁の PWM は高圧側の開度をそれぞれ 99%と 1%，70%と 30%の 2 パターン行い,電磁弁の PWM 回生によるロッド駆動制御の有効性を確認する．弁の有効断面積は $0.01m^2$ とし，高圧側のタンクの圧力を 5 気圧，低圧側を 1 気圧，重り M は 1kg とする．

以上のような内容で左右のチャンバ内圧力とロッドの変位をシミュレーションで確認した結果を図2に示す．P1 は左側（高圧側）チャンバ圧力で P2 が右側（低圧側）チャンバ圧力であり，x がロッドの位置である．(a)の図は電磁弁の PWM が高圧側の開度 99%と 1%のパターンで(b)が 70%と 30%のパターンである．

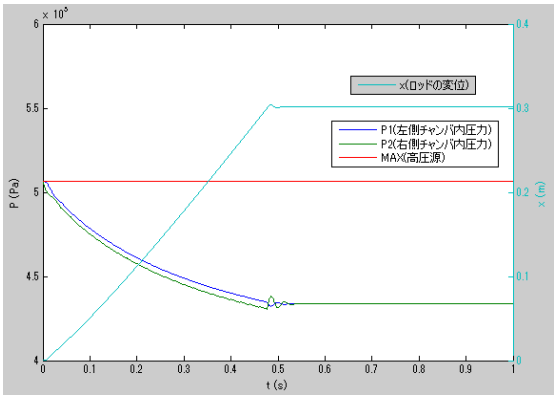
4　結果

シミュレーションの結果から，メータアウト側で回生可能なエネルギは微小であることがわかった．図 2(a)の P2 の圧力の推移を見るとわかるようにロッドの停止時に上昇する圧力は，左側（高圧側）のチャンバ内圧力をわずかに上回る程度であった．高圧側は 5 気圧でありこれ以上の圧力を得られなかった．しかし，２つのグラフを比べると分かる様に PWM のデューティー比を変えることによってチャンバ内圧力を調節しロッドの駆動を自由に制御ことが可能であることがわかった．

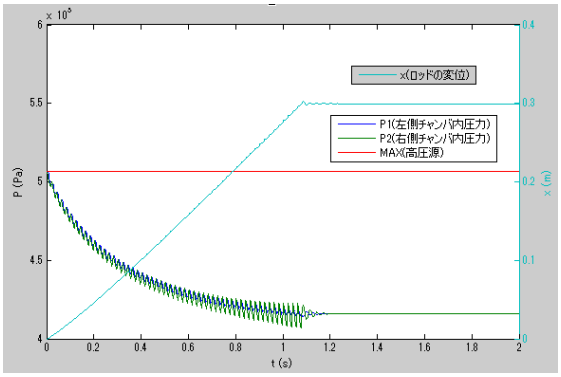
5　結言

PWM 制御形油圧シリンダ駆動装置を使用した回生システムを提案し，同じ回路で空圧実験装置における回生システムの可能性をシミュレーションによって検討した．結果，シミュレーションでは提案の方法による回生は確認できなかった.しかし電磁弁の PWM 制御が圧力の制御およびロッド駆動制御に有用であることが確認された．

今回のシミュレーションで確認された圧力上昇は高圧源の圧力には届かないものだったが，初期条件を変えるあるいは新たな要素を付加することにより目標の圧力上昇を得られると考えている.また,微小な圧力上昇を利用する新たな回生方法を用いれば何らかの形で回生が実現するのではないかとも考えられる．そのためこれら手法の模索が今後の課題である．



(a) デューティー比　0.99:0.01



(b) デューティー比　0.7:0.3

図 2　シミュレーション結果

参考文献

[1]　(1)「ハイブリッドショベル　－日立建機」<http://www.hitachi-kenki.co.jp/products/featured/promotion/zh200/common/pdf/KS-JA186P.pdf>(2013/10/22 アクセス)