

1. 緒言

近年エネルギー問題が深刻化しており、全消費エネルギーのなかで大部分を占める自動車分野では省エネ化が大きく進んでいる。油圧ショベルなどに代表される建設機械は、自動車ほどの台数はないものの1台でのエネルギー消費量が大きく、省エネ化が最重要課題の一つとなっている。建設機械において従来からよく用いられている圧力の制御方法では、バルブ部分の圧力損失を利用しておりエネルギーロスが大きい。そのため、油圧ショベルでは、自動車で用いられているエネルギー回生技術を採用して一部省エネ化が進んでいる。しかし、エネルギー変換ロスが生じたりするため、十分なレベルには達していない。

そこで、本研究では油圧系のなかでエネルギー変換することなくエネルギーの回生を行う新しい技術を提案する。

2. PWM を利用したエネルギー回生モデル

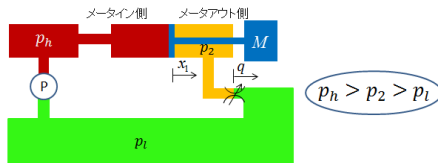


図1 従来の建設機械の油圧系システム

従来は図1のように、メータアウト側のバルブで損失して低圧タンク p_l へ流れていたエネルギーを、本研究では高圧の圧力源 p_h にもどし再利用できるようにする。

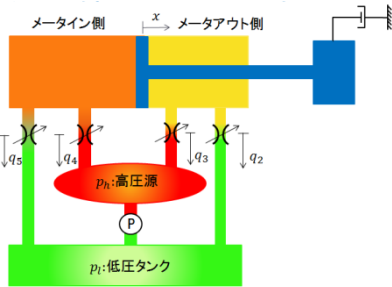


図2 昇圧型 PWM エネルギー回生モデル

そこで図2のようなシステムにより、電気系のデジタル制御でよく用いられている PWM 制御の概念を油圧系に適用し、高圧と低圧を高速で切り替え圧力を制御するという方法を提案する。高圧側と接続しているときには高圧側に油が流れ、その分はエネルギーが回生される。また低圧側と接続しても、低圧側はブレーキの役割は果たしていないので、エネルギー消費には大きく関わらないという考え方である。

3. 昇圧型 PWM エネルギー回生モデルのシミュレーション

PWM を利用したエネルギー回生の中でも今回は昇圧型 PWM

エネルギー回生モデルについてシミュレーションを行う。図2のモデルを簡略化したものを図3に示す。

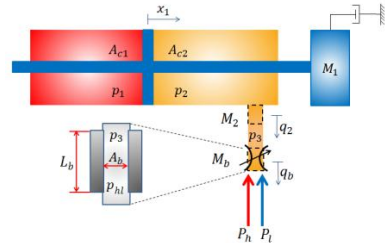


図3 簡略化した昇圧型 PWM エネルギー回生モデル

今回メータイン側の圧力は一定とし、メータアウト側の圧力を高圧と低圧に高速で切り替えることにより実際にエネルギー回生が行われるかをシミュレーションし確認した。

今回エネルギー回生が行われたかについては高圧側バルブ部分の油の積算流量で判断し、流量が増加していれば高圧源にエネルギー回生が行われているとする。バルブ部分の圧力損失を P_{Lb} とすると、

$$P_{Lb} = \frac{1}{2A_b^2} \rho |q_b| q_b + \frac{8\pi \rho \nu L_b q_b}{A_b^2} \quad (1)$$

と表され、バルブ部分の油の質量を M_b とすると運動方程式は

$$M_b \ddot{q}_b = p_3 - p_{hl} - P_{Lb} \quad (2)$$

となる。 ρ は油の密度、 ν は油の動粘性係数、 p_3 は配管内の圧力で、 p_{hl} は既知であり高速で高圧と低圧に切り替わる。そして(2)式によって求めた \ddot{q}_b を積分することによって積算流量 q_b を求める。

シミュレーション結果は図4のようになった。図から高圧源バルブ部分の積算流量は増加しており、エネルギー回生が行われていると考えられる。

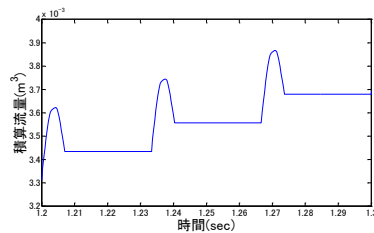


図4 高圧側バルブ部分の積算流量

4. 結言

本研究では、油圧系での新しいエネルギー回生技術を提案した。今回提案した方法を用いればエネルギー回生は可能であると考えられるが、バルブを高速で ON, OFF しているため脈動が生じてしまい振動の問題が残る。振動は耐久性に影響してくるほか、騒音問題にも影響してくるため、単にエネルギー回生だけに重点を置いてシステムの提案をすればよい訳ではない。そのため、今後はエネルギー効率の向上と振動問題の解決の両立を目指していく。