

## 유량제어 로직밸브에 관한 연구\*

(비례 파핏형 로직밸브의 정특성)

이일영 · 정용길\*\* · 오인호\*\*\*

부산수산대학, \*\*통영수산전문대학, \*\*\*한국해양대학  
(1990년 4월 30일 접수)

### A Study on Flow Control Logic Valve (Static Characteristics of Proportional Poppet Type Logic Valve)

Ill-Yeong LEE, Yong-Gil JUNG\*\* and In-Ho OH\*\*\*

National Fisheries University of Pusan, \*\*Tong-Yeong Fisheries  
Junior College, and \*\*\*Korea Maritime University

(Received April 30, 1990)

This study suggests a new type flow control logic valve which have grooves on the main poppet valve. The grooves connect oil supply port to pilot chamber and the oil passages made by the grooves are designed to vary in proportion to the displacement of the main poppet valve. From analytical formulations on the hydraulic circuit including the flow control valve, equations on the characteristics of the valve were obtained. In the experiment, the relationships between valve displacement and flow rate to the load side, and the variations of flow rate to the load side according to the variation of load pressure were investigated. From the experimental and numerical results, it was ascertained that the flow control valve designed in this study had excellent characteristics on proportional control and remote control.

#### 기호설명

$A_c$ : 압력 $p_c$ 가 작용하는 파핏 수압면적	$H$ : 기름 흡 깊이
$A_r$ : 압력 $p_r$ 이 작용하는 파핏 수압면적	$K_c$ : 파일럿관로의 등가 체적탄성계수
$A_s$ : 압력 $p_s$ 가 작용하는 파핏 수압면적	$K_r$ : 부하관로의 등가 체적탄성계수
$C_c$ : 기름 흡의 유량계수	$M$ : 파핏의 질량
$C_m$ : 주밸브의 유량계수	$p_c$ : 제어실 압력
$C_r$ : 부하의 유량계수	$p_r$ : 부하압력
$C_y$ : 파일럿밸브의 유량계수	$p_s$ : 공급압력
$D$ : 밸브시트의 개구부(開口部) 직경	$q_c$ : 기름 흡의 유량
$f_c$ : 기름 흡 개구부 개구면적	$q_m$ : 주밸브 유량
$f_m$ : 주밸브의 개구면적	$q_r$ : 부하유량
$f_r$ : 부하의 개구면적	$q_y$ : 파일럿밸브 유량
$f_y$ : 파일럿밸브의 개구면적	$R_f$ : 파핏의 점성마찰계수
	$S_c$ : $\frac{A_s}{A_c}$

\* 본 연구는 1987년도 한국과학재단 연구조성비에 의하여 연구되었음.

$$S_r : \frac{A_r}{A_c}$$

$V_c$  : 파일럿 관로체적

$V_r$  : 부하 관로체적

$W_c$  : 기름 흡의 폭

$W_{m1}$  : 주밸브의 개구계수 (1차의 항)

$W_{m2}$  : 주밸브의 개구계수 (2차의 항)

$x$  : 파킷의 변위

$x_i$  :  $x=0$ 에서의 기름 흡의 개도

$\theta$  : 파킷의 반정각

첨자

o : 초기치

## 서 론

현존하는 로직밸브는 주로 방향제어용으로 사용되고 있으며, 이것을 유량제어용으로 사용하고 자 할 때에는 통상 밸브 개도를 기계적으로 설정하고 있다. 따라서, 고압 대유량의 유압시스템에서의 유량제어는 간단하지 않고, 유량의 자동제어도 용이하지 않다.

본 연구에서 제안하는 로직밸브는 구조가 간단하면서도, 파일럿 유량에 의하여 고압 대유량의 흐름을 제어할 수 있는 신형식의 유량제어 밸브이며, 기계적 조작에 의하여 유량을 제어하는 종래의 유량제어 로직밸브의 비교하여, 비례제어성, 원격제어성이 우수한 특징을 갖고 있다.

Andersson<sup>1)</sup>이 이 형식의 밸브를 소개하고 있지만 아직 상세한 특성이 알려져 있지는 않다.

유량제어 로직밸브의 특성 가운데서 중요한 것으로는 파일럿 밸브의 조작에 따른 부하유량의 응답과 부하의 변동이 부하유량에 미치는 영향의 두가지가 있다. 전자를 제어특성, 후자를 부하특성이라 부르기로 하며, 본 연구에서는 유량제어 로직밸브의 집중정수계 모델을 기본으로 하여 위의 두가지 특성에 대하여 이론적으로 해석하고, 실험을 통하여 얻어진 결과와 이론적 해석결과를 비교 검토함으로써 본 연구에서 제시하는 유량제어 로직밸브의 유용성을 명확히 하고자 한다.

## 유량제어 로직밸브의 구조와 이론해석

### 1. 유량제어 로직밸브의 구조와 동작 원리

유량제어 로직밸브는 유압 회로내에서 유압원과 부하 사이에 접속되어, 유압원으로부터 부하로 흐르는 유량을 제어한다. Fig.1에 유량제어 로직밸브의 구조를 나타내었다. 유량제어 로직밸브는 주밸브와 파일럿 밸브로 구성되고, 주밸브를 통하여 흐르는 대유량을 파일럿 밸브의 개폐로 제어한다.

주밸브는 파킷형 밸브이며, 파킷 변위에 의하여 파킷과 밸브시트의 개구면적이 변화하며, 이에 따라 공급포트로부터 부하포트로 흐르는 유량이 변화한다. 파킷의 축은 파킷 변위 측정기에 측정기를 접속할 목적으로 사용한다. 파킷에는 기름 흡이 가공되어 있어, 공급포트로부터의 기름의 일부는 기름 흡, 파킷 상부의 제어실, 제어 포트, 파일럿 밸브를 거쳐서 부하측으로 흐른다.

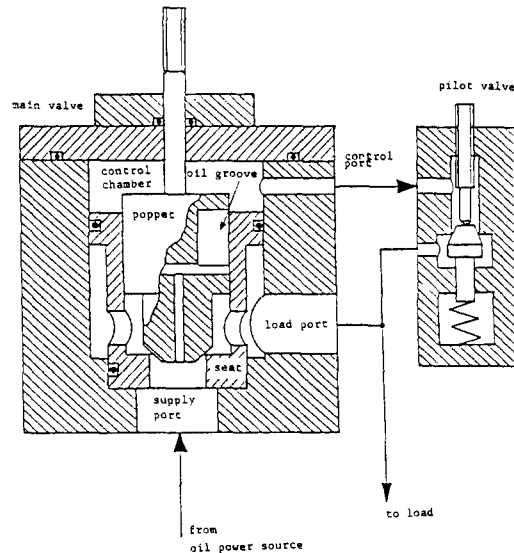


Fig. 1. Structure of flow control logic valve.



### 실험장치 및 실험방법

Fig. 3에 실험장치의 개요를 나타낸다. 펌프(1)로부터 공급된 기름은 주밸브(2)를 거쳐 부하측으로 흐른다. 파일럿 밸브는 교축밸브(3), (4), 부하는 교축밸브(5), (6)이다. 전자 절환밸브(7), (8)를 개폐하여 개구면적을 급격히 변화시킬 수 있다. (9), (10)은 압력계, (11)은 터빈 유량계이다. 파일럿압력 및 부하압력은 (12), (13)의 압력 변환기(스트레인 게이지식)와 스트레인 증폭기를 거쳐서 전자 오실로그래프에서, 주밸브의 변위는 L. V. D. T.를 거쳐서 전자 오실로그래프에서 측정한다.

한편, 실험중의 유온은 오일 쿨러에 의하여  $40 \pm 2^\circ\text{C}$ 로 유지하였다.

제어특성 실험시에는 파일럿 밸브의 개구면적을 변화시키면서 부하유량을 측정한다. 이때 부하의 교축밸브를 조작하여 부하압력을 일정치로

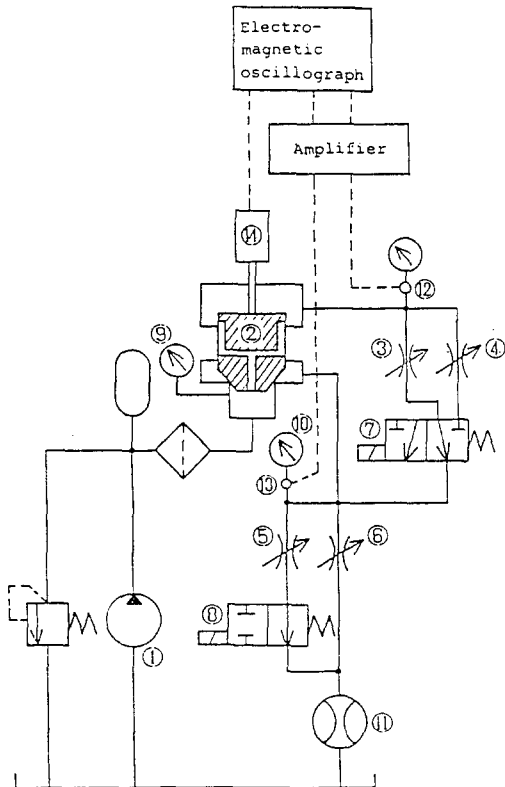


Fig. 3. Schematic diagram of experimental circuit

유지시킨다.

부하특성 실험시에는 파일럿 밸브의 개구면적을 고정시킨채 부하의 교축밸브를 조작하여, 부하압력을 변화시키면서 부하유량을 측정한다.

압력측정은 부르돈관 압력계 (9), (10)을, 부하유량의 측정에는 터빈 유량계 (11)을 사용한다.

### 실험결과 및 고찰

#### 1. 제어특성

Fig. 4에 제어특성의 실험결과와 그 계산치의 일례를 나타내었다. 파일럿 밸브의 개구면적  $f_p$ 에 의한 부하유량  $q_r$ 의 제어가 가능하지만,  $f_p$ 에 대한 불감대와 포화현상이 존재한다.

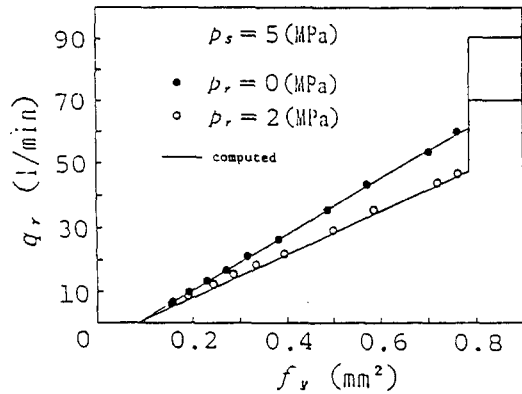


Fig. 4. Static valve control characteristics.

Fig. 4에서는  $f_p < 0.1 \text{ mm}^2$ 에서  $q_r$ 은 거의 0이 된다. 이것은  $f_p$ 가 어느 정도 이상이 되지 않으면 주밸브가 열리지 않기 때문이다. 정적으로는 공급압력  $p_s$ 와 부하압력  $p_r$ 에 의한 힘  $A_s p_s + A_r p_r$ 가 주밸브를 여는 방향으로 작용하며, 제어실 압력  $p_c$ 에 의한 힘  $A_c p_c$ 가 주밸브를 닫는 방향으로 작용한다. 주밸브가 열린 상태에서는 양자는 평형하여, (12)식이 성립하지만, 주밸브가 닫힌 상태에서는  $p_c$ 는 (15)식에 따르기 때문에,  $p_c$ 는 (12)식의 값보다 커지며, 파킷이 밸브시트에 눌러지게 된다. (15)식으로 표시되는  $p_c$ 가 (12)식으로 표시되는  $p_c$ 와 같게 될 때까지  $f_p$ 가 증대하지 않으면 주밸브는 열리지 않았다. Fig. 4에서는

$f_y > 0.8mm^2$ 에서  $q_r$ 은 제어불능으로 된다. 이것은 파킷변위  $x$ 가 어느 정도 증대하면 기름 흡의 개구부의 유량계수  $C_c$ 가 감소하기 시작하기 때문이다<sup>2,3)</sup>.  $x$ 가 증대하여  $C_c$ 가 감소하기 시작하면 (13)식으로 표시되는  $x$ 는 더욱 증대하며, 이 때문에  $C_c$ 가 더욱 감소하기 때문에  $x$ 는 발산하여, 주밸브는 완전히 열려버리게 된다.

이상의 결과로부터, 로직밸브의 주밸브 유량은 그것보다 매우 소유량인 파일럿 유량에 의하여 용이하게 제어되며, 주밸브(파킷밸브) 파일럿실간의 개구면적이 주밸브 변위에 비례하도록 밸브를 설계함으로써 주밸브변위(혹은 면적)와 부하 유량간에 양호한 직선성이 얻어짐을 확인하였다.

또한, (8)식으로 표시되는 기름 흡 개구부의 개구면적  $f_c$ 에는 최대치가 존재하므로, 주밸브가 완전히 열리는 과정에서  $x + x_r = H$ 로 되어  $f_c$ 가 최대치에 달하면, 파킷 밸브는 정지하고,  $q_r$ 은 포화하게 된다.

## 2. 부하특성

Fig. 5에  $A_c = A_s + A_r$  즉  $S_c + S_r = 1$ 인 경우의 부하특성의 실험결과와 그 계산치의 일례를 나타낸다. (13)식에  $S_c + S_r = 1$ 을 대입하면, 파킷변

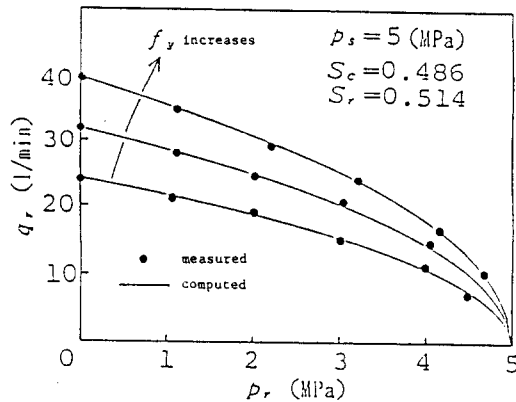


Fig. 5. Static load characteristics.

위  $x$ 는 부하압력  $p_r$ 의 영향을 받지않고 일정으로 되지만, (14)식으로 표시되는 부하유량  $q_r$ 은  $p_r$ 이 증대됨에 따라서 감소한다.

여기서, 부하특성의 개선(부하유량  $q_r$ 을 부하압력  $p_r$ 에 무관하게 일정으로 유지)을 위해서는 부하압력 증가시에 밸브개도가 더욱 증가 하도록 제어할 필요가 있으며, 이 문제는 급후 계속 연구해야 할 과제이다.

## 결 론

본 연구에서는 유량제어 로직밸브의 기초특성을 집중정수계 모델을 사용하여, 해석하고, 이것을 실험적으로 확인하였다. 그 결과를 요약하면 아래와 같다.

1. 로직밸브의 주밸브 유량은, 그것보다 매우 소유량인 파일럿 유량에 의하여 제어할 수 있다.
2. 주밸브(파킷밸브) ~ 파일럿실간의 개구면적이 주밸브 변위에 비례하도록 밸브를 설계함으로써 주밸브변위(혹은 면적)와 부하유량사이에 양호한 직선성이 얻어진다.
3. 유량제어 로직밸브에서 주밸브 유량의 제어 범위의 상한은 기름흡의 개구면적의 최대치에 의하여 결정한다.

## 참고문헌

- 1) Andersson, B.(1984): Entwicklung eines lastdruckkompensierten Load-Sensing Wegeventils mitstetig wirkenden 2-Wege-Einbauventilen. Preprint 6, AFK, 255.
- 2) 竹中俊夫 (1970): 油力學. 養賢堂.
- 3) 竹中俊夫 (1976): 油壓工學. 養賢堂.