

오리피스와 방향제어밸브를 이용한 미세유량 분사제어시스템

정은석⁺, 오인호⁺⁺, 이일영⁺⁺⁺

Infinitesimal Fluid Injection Control System by using an Orifice and a Directional Control Valve

Eun-Seok Jeong⁺, In-Ho Oh⁺⁺, Ill-Yeong Lee⁺⁺⁺

Abstract : This study suggests a precision flow control system that enables fluid injection of a few grams at a time in a few ms time duration. The fluid injection system suggested here consists of a high pressure fluid pump, a 3 way 3 position directional control valve, an injector and an orifice. The orifice is located between the directional control valve and the injector. By supplying current signal to the directional control valve, the prescribed small amount of fluid can be supplied to a plant through the injector. The control robustness of the suggested system against the disturbances like the pressure change in a plant and the viscosity variation of the injected fluid is secured easily by using an orifice with very small inside diameter and setting the supply pressure with comparatively high value. The control performances of the suggested system are verified by numerical simulations and experiments. The outcomes of this research could be applied to the common rail injection control of lubrication oil for large size marine diesel engines, and other industrial plants.

Key words : Orifice(오리피스), Injection(분사), Directional Control Valve(방향제어밸브)

1. 서론

전자 및 제어기술의 발달로 엔진의 전자 제어화가 점차 일반화되어 가고 있으며, 선박에서 사용되는 대형 박용엔진도 전자화하여 소위 Intelligent Engine 또는 Common Rail System 이라는 이름으로 개발되어 상용화되고 있다. 이러한 시스템은 엔진의 효율 및 성능을 개선하고 유지 관리비의 절감 및 엔진의 경량화를 가져왔다. 또한 선박용 엔진의 전자화는 연료분사, 실린더 윤활유 분사 및 배기밸브 제어시스템 등에 사용되는 기계적 시스템을 축소하고, 관련 소프트웨어 프로그램과 제어를 통하여 시스템의 유연성을 높였다. 본 연구에서는 실린더 윤활유 분사 시스템과 관련하여 수십ms동안 분사되는 소량의 유체를 제어할 수 있는 제어시스템으로서 오리피스와 방향제어밸브를 사용하여 유체를 분사하는 시스템을 제안하였다. 또한 제안된 시스템을 실험을 통하여 유효성을 확인하였다.

2. 실험장치 및 실험방법

2.1 실험장치

본 연구에서 제안하고자 하는 미세유량 분사제어시스템은 유압펌프, 유압밸브블럭, 인젝션 노즐의 3개 부분으로 구성된다. 유압밸브블럭은 방향제어밸브(3-way, 3-position type)와 고정 오리피스만으로 구성된 매우 간단한 구조인 것이 특징이다. Fig.1은 실험장치를 나타내고 있다. 장치에 사용된 인젝션 노즐은 MAN B&W사의 35MC형 기관에 사용되는 것이며, 유압용 밸브는 Bosch사의 3 Way 3 Position 방향제어밸브를 사용하였다. 펌프에서 공급된 유체는 방향제어밸브를 통하여 공급되고 다시 관로에 설치된 고정오리피스를 통하여 노즐로 공급된다.

2.2 실험방법

실험은 노즐에 분사되는 시간과 시스템에 공급되는 유체의 압력을 조정하여 노즐과 관로의 유체압력 변화량을 측정 분석



Fig. 1 Experimental apparatus

하였다. 펌프에서 공급되는 유체의 압력은 각각 50, 75, 100bar로 나누어 공급하였으며, 방향제어밸브의 작동시간을 20ms, 30ms, 40ms로 설정하였다. 설정된 시간동안 관로의 유체가 방향제어밸브에서 노즐로 분사되며, 분사된 유체는 노즐 후단의 어큐뮬레이터로 모아진다. 또한 분사되고 남은 관로의 유체는 바로 탱크로 순환할 수 있도록 하였다. 유체의 압력은 오리피스 입구, 인젝션 노즐 입구 및 노즐 후단에 설치한 압력센서를 이용하여 측정하였으며, 유체가 노즐에서 분사되는 횟수는 실험당 15회로 설정하여 각 실험의 결과를 비교하였다.

3. 결과 및 고찰

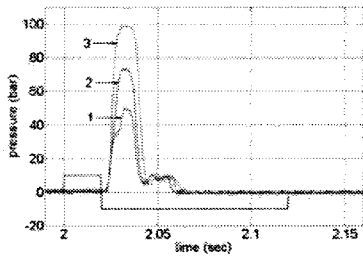
3.1 오리피스 입구압력

Fig. 2는 방향제어밸브의 작동시간에 따른 고정 오리피스 입구압력을 나타낸 것이다. 그림에서 시스템에 공급한 유체의 압력을 50bar, 75bar와 100bar로 설정하여 1, 2, 3으로 표시하였다. 밸브의 작동시간이 30ms이상인 경우 시스템에 공급되는 압력과 오리피스 입구에 나타나는 압력이 일치하지만

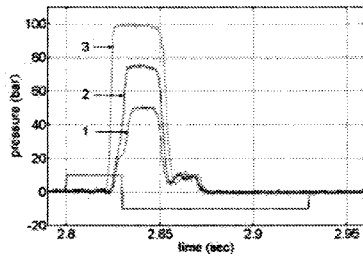
+ 정은석(한국해양대학교 운항훈련원), E-mail: stone67@bada.hhu.ac.kr, Tel: 051)410-4472

++ 오인호(한국해양대학교 기관시스템공학부), E-mail: ioh@mail.hhu.ac.kr, Tel: 051)410-4282

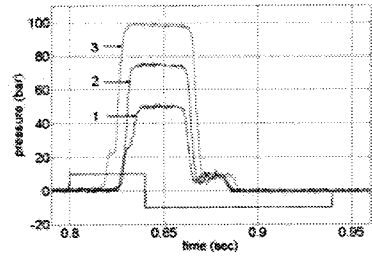
+++ 이일영(부경대학교 기계공학부), E-mail: iylee@pknu.ac.kr, Tel: 051)620-1612



(a) 20ms

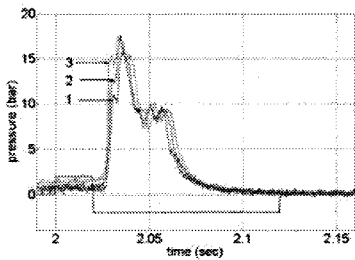


(b) 30ms

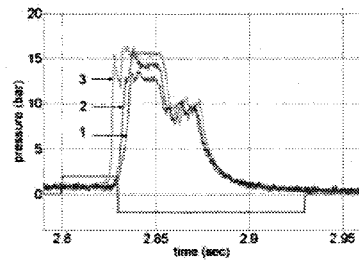


(c) 40ms

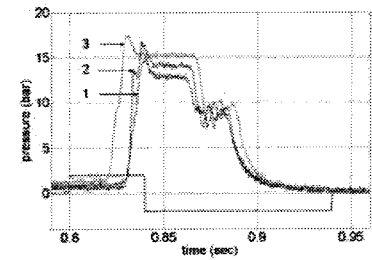
Fig. 2 Inlet pressure of orifice



(a) 20ms

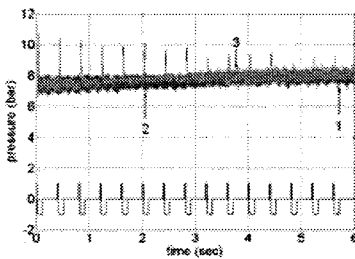


(b) 30ms

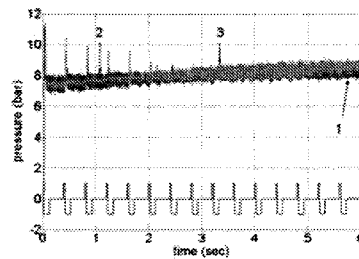


(c) 40ms

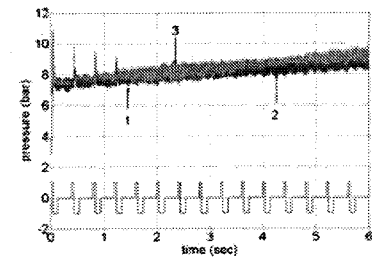
Fig. 3 Inlet pressure of injector



(a) 20ms



(b) 30ms



(c) 40ms

Fig. 4 Pressure variation of accumulator

20ms에서는 오리피스 입구에서 설정압력의 유지시간이 짧게 나타난다. 또한 공급압력이 높을수록 오리피스 입구 압력이 양호하게 나타나는 것을 알 수 있다.

3.2 분사압력

Fig. 3은 오리피스 이후의 인젝션 노즐 입구의 압력을 나타낸 그림이다. 오리피스 이후 노즐에 공급되는 압력은 분사압력으로 볼 수 있으며, 밸브의 동작시간이 30ms 이상인 경우 공급압력이 높아짐에 따라 약 13에서 15.5bar까지 나타나고 있다. 20ms의 경우 분사압력이 약 9bar 정도로 나타난다. 분사 압력이 밸브가 열리는 순간 높게 나타나는 것은 관로 유체 과도현상에 의한 것으로 볼 수 있으며, 분사후 노즐의 압력이 8bar 까지 급격히 떨어진 후 서서히 압력이 저하되는 것을 볼 수 있다. 이는 인젝터 출구에 어큐물레이터를 설치하여 8bar의 배압을 형성한 결과이다. 또한 관로에 잔류한 유체는 오리피스를 지나 탱크로 순환하므로 압력이 저하되는 시간이 길어지게 된다. 20ms의 경우 유체가 분사되는 시간에 비하여 밸브의 응답시간이 다소 늦기 때문에 분사압력이 유효하게 나타나지 않는다. 따라서 이 시스템에 사용한 밸브의 경우 작동시간이 30ms 이상에서 분사제어가 유효하다고 할 수 있다.

3.3 분사유량

Fig. 4는 노즐 후단에 설치된 어큐물레이터의 압력변화를 측정된 것으로 밸브작동시간과 공급압력에 따른 어큐물레이터 내의 압력 변화를 나타내고 있다. 밸브작동시간이 길수록 어큐물레이터의 압력 증가가 크게 나타난다. 또한 공급압력이 높은 경우 역시 어큐물레이터의 압력증가가 공급압력에 비하여 조금 크게 나타나고 있다. 실제 노즐에서 분사된 유량을 측정 한 결과 밸브의 작동시간을 30ms로 하고 공급압력을 100bar로 설정한 결과 1회 분사당 약 1.5cc 정도가 분사되는 것을 확인하였다.

4. 결론

본 연구에서 제안한 시스템은 개루프 제어시스템으로 고정 오리피스와 방향제어밸브를 사용하여 실험하였다. 실험결과 시스템에 공급되는 압력이 분사압력보다 현저히 높은 경우 응답성이 양호한 것을 확인하였으며, 밸브의 작동시간의 설정에 따라 노즐의 분사압력과 분사유량을 제어할 수 있음을 확인하였다.