

대형 2행정 디젤기관에 있어서 축압분배기 부착 전자제어식 퀴 시스템 모터구동 실린더 주유기의 송출유량 특성에 관한 연구

배 명 환^{*1)} · 정 화²⁾ · 배 창 환³⁾

경상대학교 기계설계학과¹⁾ · 경상대학교 대학원 기계설계학과²⁾ · 호서대학교 BK21사업단 융합대학원³⁾

A Study on Feed Rate Characteristics of Motor-driven Cylinder Lubricator by the Electronically Controlled Quill System Equipped with an Accumulating Distributor in a Large Two-stroke Diesel Engine

Myung-whan Bae^{*1)} · Hwa Jung²⁾ · Chang Hwan Bae³⁾

¹⁾Department of Mechanical Engineering for Production, Gyeongsang National University, Gyeongnam 660-701, Korea

²⁾Department of Mechanical Engineering for Production, Graduate School, Gyeongsang National University,
Gyeongnam 660-701, Korea

³⁾Graduate School of Convergence Technology, BK21 Project, Hoseo University, Choongnam 336-795, Korea

(Received 27 September 2010 / Accepted 18 March 2011)

Abstract : Minimizing the cylinder wear and the consumption rate of cylinder oil in a large two-stroke diesel engine is of great economic importance. A motor-driven cylinder lubricator for Sulzer RT-flex large two-stroke diesel engines developed by authors is in need of mounting a quill system to lubricate cylinder parts for smoother operation. In order to apply the common-rail lubricating system to the developed cylinder lubricator as the second research stage, the quill system with a progressively quantitative distributor is improved in the electronically controlled quill system with an accumulating distributor. In this study, the effects of lubricator motor speed, plunger stroke and cylinder back pressure on oil feed rate, maximum discharge and delivery pressures are experimentally investigated by using the electronically controlled quill system with an accumulating distributor in the developed cylinder lubricator. It is found that the oil feed rate of the electronically controlled quill system with an accumulating distributor is larger than that of the quill system with a progressively quantitative distributor because of the increase of delivery speed and volume by changing the location of accumulator in the same experimental condition.

Key words : Cylinder lubricator(실린더 주유기), Large two-stroke diesel engine(대형 2행정 디젤기관), Oil feed rate(송출유량), Electronically controlled quill system with an accumulated distributor(축압분배기 부착전자제어 퀴 시스템), Maximum discharge and delivery pressures(최대 토출 및 송출 압력), Plunger stroke(플런저 행정)

1. 서 론

최근 중국 등 신흥 개발도상국의 급속한 경제성장, 유가 불안정으로 인한 경제전망의 불투명 등은 장기적으로 우리나라 조선업계의 판도에도 큰 변화를 가져 올 것으로 예상되기 때문에, 조선업계에도

단순한 부품조립이나 노동집약산업의 단계를 벗어난 새로운 기술집약적 제품의 개발로 방향을 바꿔 매진해 나아가야 한다.

저자들은 이러한 시도의 하나로 대형 2행정 디젤기관의 실린더 주유기를 국산화 개발하여 지속적인 연구를 통해 효율적인 운할조건을 유지시키고, 최적의 상태로 주유되는 제품을 구현하고 있다.¹⁻⁴⁾

*Corresponding author, E-mail: mwbae@gnu.ac.kr

대형 2행정 디젤기관에 있어서 피스톤 링과 실린더 라이너 사이의 부식과 마찰을 감소시키고, 밀봉의 효과를 증대시키기 위해 실린더 라이너를 관통한 주유공을 통해 오일을 실린더에 강제로 주유시켜 윤활을 시키는데, 플런저와 바렐로 구성된 플런저 펌프인 실린더 주유기가 이러한 역할을 한다.^{1,5,8)}

최근 대형 2행정 디젤기관은 장행정화에 의해 고출력 및 고효율을 도모하여 열효율은 이론값에 근접하고 있어 연료소비율은 개선여지가 거의 없지만, 실린더와 피스톤 링의 섭동거리가 늘어나 양호한 윤활상태를 유지시키는 것은 어렵게 되었다. 따라서 운전비용을 절감시키기 위해서는 연료에 비해 단가 높은 실린더 윤활유의 저감대책은 중요한데, 주유량 저감에 의해 운전비용을 대폭적으로 절감시킬 수 있다고 연구에 의해 보고되고 있다.⁷⁾

한편, 기존의 실린더 주유기로서는 적절한 윤활 상태에서 주유량을 저감시키기가 어렵기 때문에, 최근 고속 고압 주유방식과 SIP(Swirl injection principle) 주유방식이 개발되어 다양한 실험을 통해 실린더 주유량을 감소시킬 수 있다고 하는 실적 데이터가 발표되었다.^{6,8,9)}

저자들은 이전 연구에서 독자적인 기술로 개발한 실린더 주유기를 사용하여 모형 실린더 사이에 실제 적용되는 분배기를 설치하고, 끝단의 쿨을 전자제어에 의해 조절할 수 있도록 솔레노이드 밸브를 장착시켜 주유하였을 경우¹⁰⁾와 연료분사에 적용하고 있는 커먼레일 시스템을 윤활유 주유에도 적용하기 위해 쿨의 구조를 단순화시켜 제작한 개량 전자제어 쿨을 사용하여 주유하였을 경우¹¹⁾에 대해 실린더 주유기의 특성을 조사하여 성능에 미치는 영향을 파악해 보았다.

본 연구에서는 실린더 주유기에 커먼레일 시스템을 적용시키기 위한 2단계로서 모형 실린더와의 사이에 축압분배기를 설치하고, 솔레노이드 밸브에 의한 전자제어 쿨을 장착시켜 주유하였다. 이 경우, 실린더 주유기의 성능에 미치는 영향을 파악하기 위해 실제기관의 분위기에 맞도록 질소가스에 의해 모형 실린더 내의 압력을 일정하게 형성시키고 주유기 회전속도와 플런저 행정을 파라미터로 하여 최대 토출압력, 최대 송출압력 및 송출유량을 측정

하였다. 이렇게 측정된 데이터를 기존의 순차적 정량분배기 부착 기계식 쿨 시스템과 비교하여 실린더 주유기 특성을 조사하는 것이 본 연구목적이다.

2. 실험 장치 및 방법

2.1 실험장치

Fig. 1에는 축압분배기 부착 전자제어 쿨 시스템에 의해 실린더 주유기에 배압을 걸어 준 상태에서 주유기 본체의 성능을 시험하기 위하여 구성된 실험장치의 개략도를 보여주고, Table 1에는 실린더 주유기의 주요 제원을 나타내고 있다.

모형 실린더는 질소가스에 의해 배압이 형성되는데, 직경 100 mm, 높이 50 mm, 두께 50 mm의 아크릴로 제작하여 설치되었다. 또한, 주유기 출구로부터 관길이 5 m 지점에 축압분배기를 설치하였고, 6.78 m 지점의 끝단에는 대형 2행정 디젤기관에 사용되는 실제 쿨에 전자제어로 작동되는 솔레노이드 밸브를 부착시켜 유효한 기간에 윤활유가 분사될 수 있도록 하였다(이하 축압분배기 부착 전자제어 쿨 시스템<Electronically controlled quill system with an

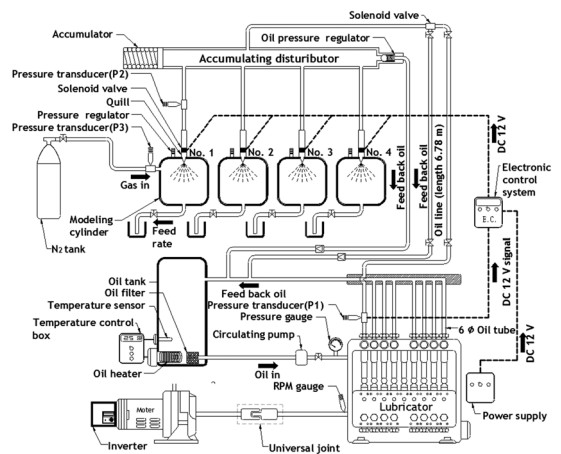


Fig. 1 Schematic diagram of experimental apparatus

Table 1 Specifications of test cylinder lubricator

Item	Specification
Type	RTA48T
Plunger diameter (mm)	12
Stroke (mm)	9
Discharge quantity (cc/(point·stroke))	2.03

accumulating distributor ; E.D.S>이라고 칭한다). 이렇게 하여 순차방식의 정량분배기를 사용한 기계식 쉘에 의해 분사했을 경우^{1-4, 10-12)}(이하 순차적 정량분배기 부착 기계식 쉘 시스템<Mechanical quill system with a progressively quantitative distributor ; M.D.S>이라고 칭한다.)와 송출유량 특성을 비교하였다.

전자제어 시스템의 전원은 DC 12 V인데, 주유구 끝단에서 30 mm 떨어진 지점에 설치한 압전식 압력계(P1)에서 측정된 압력이 규정압력 이상일 경우에 제어 시스템은 쉘에 부착된 솔레노이드 밸브에 DC 12 V가 공급된다. 이 때 규정전압은 전자제어 시스템에 설치된 선택스위치에 의해 조절할 수 있다.

주유기에서 분배기로 공급되는 오일은 기존 순차적 정량분배기 부착 기계식 쉘 시스템의 경우에 순차적인 정량분배 방식(Lubriquip, 4 section divider)에 의해 4개의 유관으로 오일이 공급된다. 기존 쉘에는 실린더, 압축 스프링, 피스톤 및 다이어프램으로 구성된 어큐플레이터가 내부에 설치되어 있다.⁴⁾

Fig. 2는 실험에 사용한 축압분배기를 보여주고 있는데, 피스톤은 직경 25 mm, 행정 20 mm로서 2 MPa 이상의 압력에서 작동하도록 스프링 탄성계수를 설정하였다. 본 연구의 축압분배기 부착 전자제어 쉘 시스템은 기존 순차적 정량분배기 부착 기계식 쉘 시스템 중의 쉘 내에 설치되어 있는 어큐플레이터를 축압분배기 내에 설치하였다. 또한, 축압분배기 내에 오일 압력조절기가 장착되어 있어 4 MPa 이상의 압력에서 작동할 수 있도록 설정되어 과도한 압력상승으로 주유되는 것을 방지하였다.

주유기로 유입되기 전의 윤활유는 오일탱크에 저장되어 있는데, 윤활유의 온도를 높이기 위하여 코일식 전기히터(3 kW × 2 대)에 의해 가열시켰다. 가

열된 윤활유는 유압펌프에 의해 주유기내의 저장탱크내로 유입되어지고, 설정온도를 자동적으로 조절하기 위해 온도센서가 부착된 온도조절기를 탱크 내에 설치하였다.

오일탱크와 주유기 사이의 관을 통과하는 시간, 주유기내로 유입되어 체류하는 시간, 주유구를 통하여 주유관을 통과하는 시간 동안에 발생하는 온도 변화를 작게 하기 위해 주유기 내에 코일식 전기히터(75 W)와 자동 온도조절기를 설치하여 설정온도가 유지되도록 하였다. 또한, 가능한 온도차를 줄이도록 하기 위해 관 전체를 보온재로 감쌌다.

주유기 축에 설치된 광센서를 이용한 레이저 회전속도 측정장치(Pocket tachometer TESTO 465)에 의해 주유기 본체인 플런저 펌프의 회전속도를 측정하였고, 회전속도는 모터 축과 연결된 인버터(KC-1500A)의 주파수에 의해 바꿀 수 있다.

실린더 1기에 대해 상단 및 하단에서 주유하기 때문에 4 실린더용 주유기의 경우에는 전체 주유구가 8개인데, 동일한 실험조건에서는 각 주유구의 토출량이 같다고 가정하여 1번 주유구의 성능만을 측정했고, 나머지 주유구의 토출량은 탱크로 반송되도록 관을 설치하였다. 1번 주유구의 끝단에서 30 mm 떨어진 위치의 토출압력, 쉘에서 분사되기 직전 주유관 끝단의 송출압력(P2) 및 질소 탱크로부터 모형 실린더내로 주입되기 직전의 배압 형성용 질소가스 압력을 측정하기 위해 압전식 압력계(P3)를 각각 설치하였다.

유량 측정시간을 제어하기 위해 쉘에서 2.5 m 떨어진 지점의 유관에 타이머가 부착된 솔레노이드 밸브(KSO-G-2B)를 설치하였다. 주유관은 내경 6 mm인 스테인리스 강관을 사용했다.

2.2 실험방법

Table 2에는 측정항목에 따른 실험조건을 나타내고 있다. 실제 운전 중인 디젤기관과 유사한 환경을 설정하기 위해 본 실험에서는 오일온도를 45°C로 가열하여 사용하였다. 주유기 모터의 회전속도는 60, 80, 100 및 120 rpm로 변화시켰고, 플런저 행정은 9 mm이지만, 2 mm에서 8 mm까지 2 mm씩 증가시켰다.

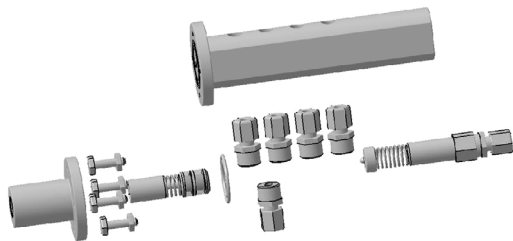


Fig. 2 Accumulating distributor

Table 2 Experimental conditions of measuring items

Plunger stroke (mm)	2, 4, 6, 8
Pump motor speed (rpm)	60, 80, 100, 120
Back pressure (MPa)	0.6, 1.1, 1.6
Oil pipe length (m)	6.78
Measured spot of maximum discharge pressure (m)	0.03
Control pressure of quill (MPa)	0.6, 1.1, 1.6

이전연구¹²⁾에 의하면 주유관 길이는 주유기 성능에 거의 영향을 미치지 않았기 때문에, 본 연구에서는 주유관 길이를 이전 연구¹⁻³⁾와 동일한 6.78 m로 하였다.

실험에서 모형 실린더 내의 배압은 0.6, 1.1 및 1.6 MPa로 하였는데, 실제 대형 2행정 디젤기관은 실린더 내의 공기를 압축하는 과정 중 인 1~2 MPa일 때 주유기에서 실린더 오일이 주유된다. 따라서 주유기에서 분출되는 압력이 실린더내의 압력보다 높을 때에만 실린더 오일이 분사되어 윤활유로서의 역할을 할 수 있다. 본 연구에서 0.6 MPa는 실린더오일이 분사될 때의 실린더내의 압력범위는 아니지만, 비교하기 위해 실험조건으로 추가하였다.

주유구 끝단에서 30 mm 떨어진 지점에 설치한 압전식 압력계에서 측정된 압력이 설정한 배압 이상일 경우에 전자제어 시스템은 쿨에 부착된 솔레노이드 밸브에 DC 12 V의 전원이 공급되어 작동하게 된다. 이 때 설정된 배압에 해당되는 규정전압은 선택스위치에 의해 0.5 V(0.6 MPa), 1 V(1.1 MPa), 1.5 V(1.6 MPa)로 조절할 수 있다.

각 실험조건에서의 측정된 압력파형을 디지털 스토리지 오실로스코프(Yokogawa DL9240, 8 bits, 2.5 MW/CH)에 저장하고, 저장된 압력파형에서 최대 토출 및 송출 압력을 구하였다.

송출 유량은 타이머 부착 솔레노이드 밸브를 이용하여 120초 동안의 유량을 전자저울(Precisa XT 1220M, 최소 측정단위 0.001 g)로 계량하여 단위시간당 질량 값으로 나타내었다.

실험에 사용된 실린더 오일은 Mobil Gard 570으로 주요한 물리적 및 화학적 특성은 저자들의 논문²⁾을 참고하기 바란다. 본 연구의 실험에 있어서 주유기 회전속도의 변동률은 1 rpm 미만이었으며, 실린더의 오일온도 변동률은 2°C 미만이었다.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 송출유량

Fig. 3에는 오일온도 45°C에서 실린더 주유기 회전속도 60, 80, 100 및 120 rpm일 경우, 플런저 행정을 파라미터로 하여 배압에 대한 송출유량 특성을 나타내고 있다.

그림으로부터 플런저 행정과 주유기 회전속도가 증가할수록 순차적 정량분배기 부착 기계식 쿨 시스템(M.D.S)과 축압분배기 부착 전자제어 쿨 시스템(E.D.S.)에 관계없이 송출유량은 증가하지만, 배압증가에 따라서는 송출유량이 감소하고 있다. 그런데 본 연구에서 시도하고 있는 E.D.S가 M.D.S보다도 동일한 실험조건에서는 어느 경우에서나 송출유량이 많아지고 있음을 알 수 있다.

그림에서 배압이 증가할수록 송출유량이 감소하는 것은 송출속도가 작아지기 때문이고, 플런저 행정이 커질수록 송출유량이 증가하는 것은 송출체적이 증가되기 때문이다.¹¹⁾ 또한, 주유기 회전속도가 빨라지면 송출속도가 커져서 송출유량은 증가한다.

E.D.S의 경우에는 쿨 내부의 심압봉을 제거한 상태인 ϕ 7 mm의 관에서 실린더 오일이 주유되고, M.D.S의 경우에는 어큐물레이터의 역할을 살리기 위해 내부에 ϕ 6 mm의 심압봉이 들어 있기 때문에 실제로 실린더 오일은 양쪽 0.5 mm 간격의 관사이로 통과하게 된다. 따라서 이 경우에 점성이 큰 실린더 오일은 접촉면적이 2배 정도로 증가되었기 때문에 점성저항이 커져서 송출속도가 작아지고, 송출체적도 작아져 송출유량이 감소된다. 그러나 뒤에서 고찰하는 송출압력은 상승된다. 이러한 이유 때문에, Fig. 3에서 M.D.S보다 E.D.S의 송출유량이 더 많이 나타났다. 한편, 축압분배기 부착 전자제어 쿨 시스템의 경우는 축압분배기 내부에 순차적 정량분배기 부착 기계식 쿨 시스템의 쿨 안에 축압기능을 갖는 어큐물레이터가 피스톤 방식으로 설치되어 기계식의 복잡한 쿨 내부를 단순화시켜 점성저항을 감소시켰고, 축압분배기 내에 압력조절기를 설치하여 설정압력인 4 MPa 이상일 경우에는 유입된 오일을 오일탱크로 피드백시킴으로써 과도한 주유를 방지할 수 있다.

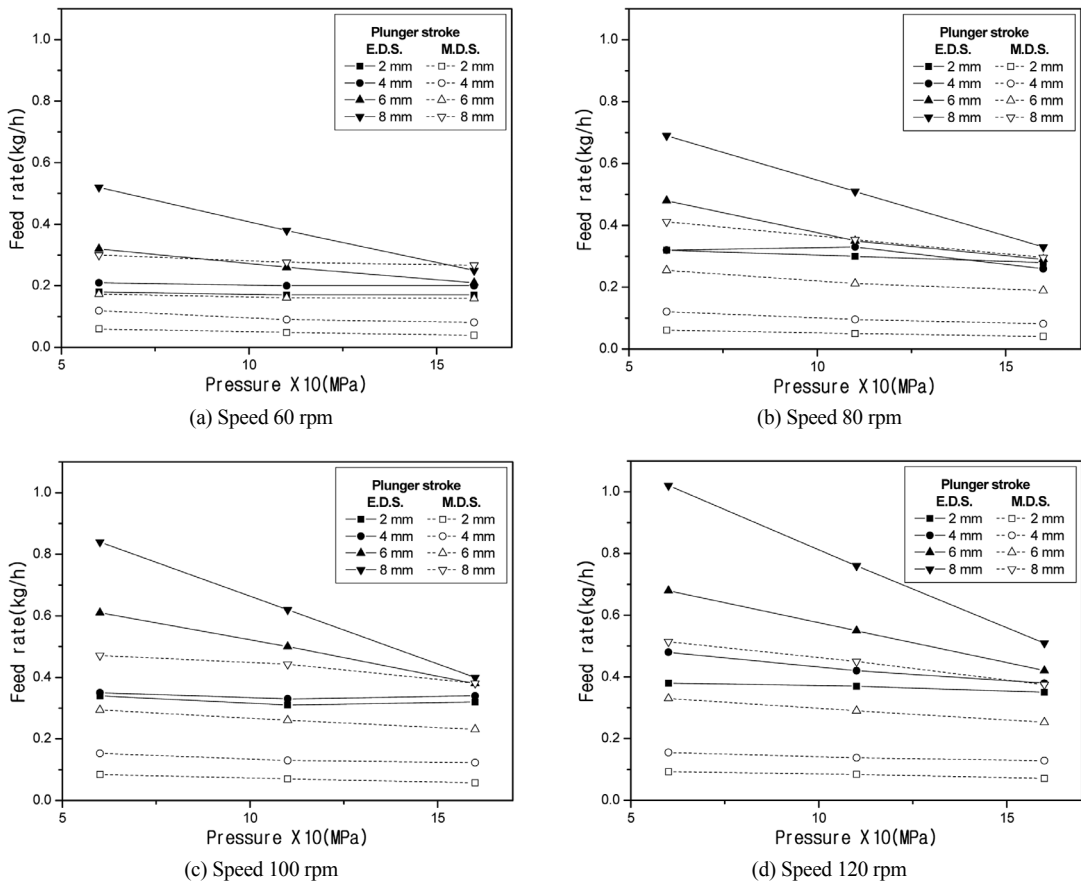


Fig. 3 Comparison of feed rate relative to back pressure between the electronically controlled quill system with an accumulated distributor and the mechanical quill system with a progressively quantitative distributor for four kinds of cylinder lubricator speed as a parameter of plunger stroke (oil pipe length = 6.78 m, oil temperature = 45°C)

3.2 최대 토출압력

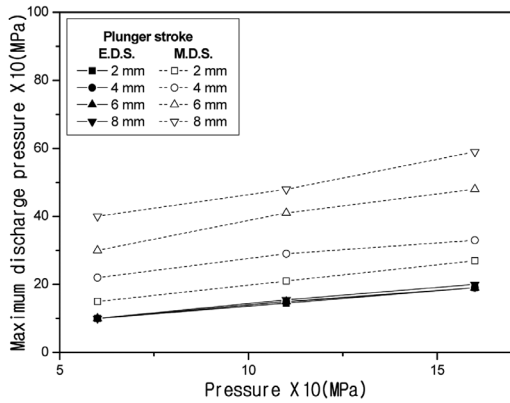
Fig. 4에는 주유기 출구로부터 30 mm 정도 떨어진 지점에서 주유관 길이가 6.78 m 인 경우, 플런저 행정과 주유기의 회전속도를 파라미터로 하여 토출되는 최대압력을 배압에 대해 나타내고 있다.

그림에서 M.D.S의 경우는 플런저 행정 및 배압이 커질수록 최대 토출압력은 증가되고 있지만, E.D.S의 경우에는 주유기 회전속도에 관계없이 최대 토출압력은 배압의 증가에 따라 완만하게 증가되고, 플런저 행정의 영향은 아주 미미하게 나타남을 알 수 있다.

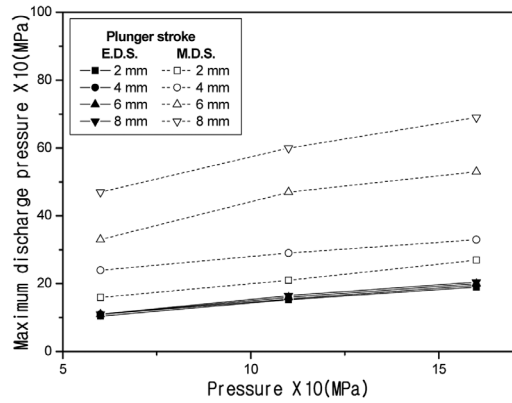
Fig. 4에서 기존의 M.D.S는 주유기 회전속도, 플런저 행정 및 배압에 따라 차이가 나지만, 최대 토출압력은 약 1.5~7.3 MPa의 범위에 들어 있고 각 해당

배압보다도 1.2~10배 정도의 범위만큼 더 큼을 알 수 있다.

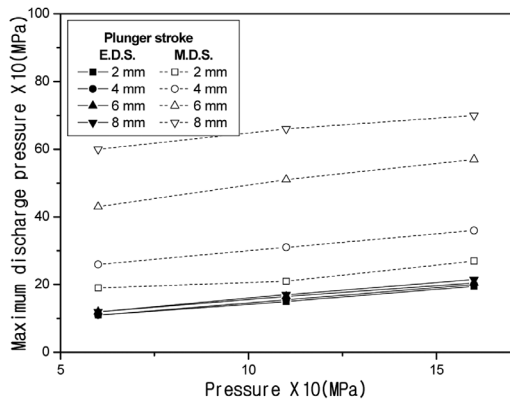
그러나 본 연구에서 개발한 E.D.S의 경우에는 최대 토출압력이 각 배압보다도 약 0.5 MPa 전후로 높게 나타나고 있음을 알 수 있다. 즉, E.D.S는 플런저 행정, 주유기 회전속도 및 배압의 크기에 관계없이 기존 M.D.S의 최대 토출압력보다 훨씬 낮은 1~2 MPa사이에서 토출되고 있다. 이것은 축압분배기 부착 전자제어 퀴 시스템의 축압분배기 내에 설치된 어큐뮬레이터의 역할에 의한 것으로, 기존 순차적 정량분배기 부착 기계식 퀴 시스템의 퀴 내부에 있는 어큐뮬레이터에 장착된 다이어프램 방식이 아니고 피스톤 방식의 축압기를 사용하여 축압기능이 증대되었기 때문이다.



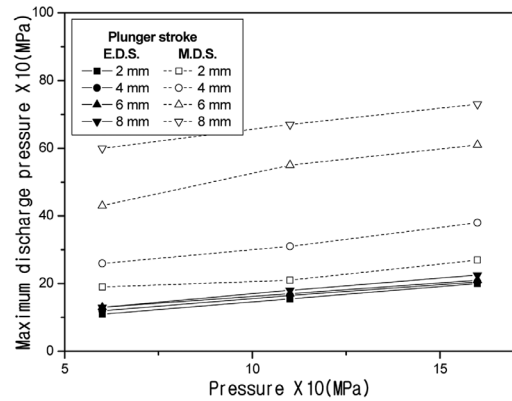
(a) Speed 60 rpm



(b) Speed 80 rpm



(c) Speed 100 rpm



(d) Speed 120 rpm

Fig. 4 Comparison of maximum discharge pressure at a spot of 0.03 m away from the end of lubricating slot relative to back pressure between the electronically controlled quill system with an accumulated distributor and the mechanical quill system with a progressively quantitative distributor for four kinds of cylinder lubricator speed as a parameter of plunger stroke (oil pipe length = 6.78 m, oil temperature = 45°C)

한편, 배압이 커질수록 전자제어 켈 축압분배기 시스템의 경우에 최대 토출압력이 커지고 송출속도는 감소되어 송출유량도 적어지지만, 기계식 켈 정량분배기 시스템의 경우와 최대 토출압력 크기의 차이는 거의 변화하지 않고 있다.

3.3 최대 송출압력

Fig. 5에는 최대 토출압력의 경우에서와 같은 실험조건에 대해 플런저 행정 및 주유기 회전속도를 파라미터로 하여 최대 송출압력에 미치는 실린더내 배압의 영향을 나타내고 있다.

그림으로부터 M.D.S.의 경우는 주유기 회전속도,

플런저 행정 및 배압이 증가할수록 최대 송출압력이 각 해당 배압보다도 약 1.6~6.3배 정도 증가하였지만, 배압이 증가할수록 주유기 회전속도의 영향은 크게 나타나고 있지 않다. 반면에 E.D.S.의 경우는 배압의 증가에 따라 최대 송출압력이 각 배압보다도 0.1~0.2 MPa 정도 높게 주유되었지만, 플런저 행정 및 주유기 회전속도와는 관계없이 거의 일정한 최대 송출압력을 보여주었다. 이와 같은 결과는 어큐뮬레이터를 제거한 이전연구¹¹⁾의 경우와 동일한 것으로 켈내의 어큐뮬레이터 역할이 크게 좌우되고 있음을 알 수 있다.

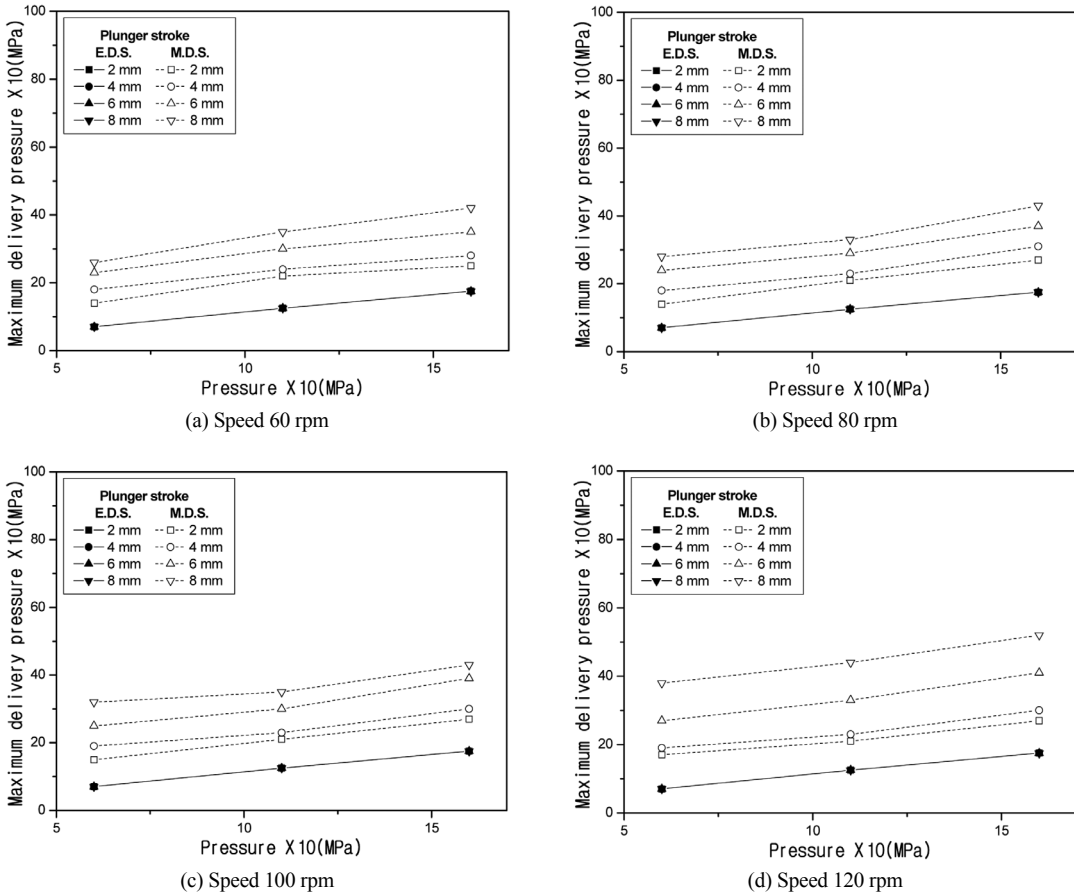


Fig. 5 Comparison of maximum delivery pressure right in front of quill relative to back pressure between the electronically controlled quill system with an accumulated distributor and the mechanical quill system with a progressively quantitative distributor for four kinds of cylinder lubricator speed as a parameter of plunger stroke (oil pipe length = 6.78 m, oil temperature = 45°C)

4. 결론

본 연구에서는 저자들이 독자적으로 개발한 대형 2행정 디젤기관용 실린더 주유기에 축압분배기 부착 전자제어 켈 시스템을 적용하여 모형 실린더에 배압을 걸어 주면서 실린더 주유기의 송출유량, 최대 토출 및 송출 압력의 성능특성을 조사하고 기존의 순차적 정량분배기 부착 기계식 켈 시스템과 비교하여 다음과 같은 주요한 결과를 얻었다.

1) 동일 실험조건에서는 어큐물레이터의 설치장소 변경에 따른 송출 속도 및 체적의 증가 때문에 축압분배기 부착 전자제어 켈 시스템의 송출유량이 순차적 정량분배기 부착 기계식 켈 시스템의 경우보다도 증가되었다.

- 2) 축압분배기 부착 전자제어 켈 시스템의 최대 토출압력은 축압분배기 내의 어큐물레이터 역할 때문에 배압의 증가에 따라 높아졌지만, 플런저 행정 및 주유기 회전속도의 크기와는 관계없이 기존 순차적 정량분배기 부착 기계식 켈 시스템 보다 훨씬 낮은 1~2 MPa 사이에서 토출되었다.
- 3) 순차적 정량분배기 부착 기계식 켈 시스템은 주유기 회전속도, 플런저 행정 및 배압이 커질수록 최대 송출압력이 증가한 반면에, 축압분배기 부착 전자제어 켈 시스템은 배압의 증가에 따라 최대 송출압력이 높게 분사되었지만, 플런저 행정 및 주유기 회전속도와는 관계없이 거의 일정하였다.

후 기

본 연구는 주식회사 한영의 기술지도(과제명 : Sulzer 디젤엔진용 실린더 주유기(CLU 4) 국산화 개발 기술지도 ; Technological Know-how Guidance of a Home-manufactured Cylinder Lubricator for Sulzer Diesel Engines) 과제, 2단계 BK21 사업 및 공학연구원의 지원을 받아 수행되었기에 도움을 주신 관계자 여러분께 감사드립니다.

References

- 1) M. W. Bae, H. Jung and H. J. Ok, "A Study on Effect of Cylinder Back Pressure upon Feed Rate and Delivery Characteristics of Motor-driven Lubricator in a Large Two-stroke Diesel Engine," Transactions of KSAE, Vol.13, No.5, pp.19-28, 2005.
- 2) M. W. Bae, H. Jung, H. J. Ok and Y. Mochimaru, "The Effect of Back Pressure on Performance of Motor-driven Cylinder Lubricator in a Large Two-stroke Marine Diesel Engine," Proceedings of the 7th International Symposium on Marine Engineering ISME TOKYO 2005(ISME2005-32-4), pp.1-7 (CD), 2005.
- 3) M. W. Bae, H. Jung, H. J. Ok, I. D. Kim and Y. Mochimaru, "Effect of Quill Accumulator upon Performance of Motor-driven Cylinder Lubricator in a Large Two-stroke Diesel Engine," Proceedings of the 18th Internal Combustion Engine International Symposium (Society of Automotive Engineers of Japan, Inc. JSAE), pp.1-6 (CD), 2005.
- 4) M. W. Bae, H. J. Ok and H. Jung, "A Study on Effect of Quill Accumulator upon Performance of Motor-driven Cylinder Lubricator Cylinder in a Large Two-stroke Diesel Engine," Transactions of KSAE, Vol.15, No.2, pp.115-125, 2007.
- 5) H. Yamada, M. Haneda, H. Sugawara and Y. Nagai, "Condition Monitoring of Diesel Engine by Cylinder Oil Drain Analysis," Journal of the Marine Engineering Society in Japan, Vol.35, No.7, pp.472-476, 2000.
- 6) T. Jensen, "Swirl Injection Lubrication Low Cylinder Oil Consumption without Sacrificing Wear Rates," Journal of the Japan Institution of Marine Engineering Vol.37, No.2, pp.41-50, 2002.
- 7) S. Baba, H. Tanaka and T. Kobayashi, "Electronically Controlled Cylinder Lubrication System," Journal of the Japan Institution of Marine Engineering, Vol.37, No.12, pp.29-33, 2002.
- 8) M. Tanaka, "Improved Cylinder Lubricator," Journal of the Japan Institution of Marine Engineering, Vol.37, No.2, pp.32-40, 2002.
- 9) K. Sakaguchi and T. Yamamoto, "Latest Developments in Cylinder Lubricating Systems," Journal of the Japan Institution of Marine Engineering, Vol.40, No.2, pp.72-77, 2005.
- 10) M. W. Bae, H. Jung, I. D. Kim and C. H. Kang, "Feed Rate Characteristics of Motor-driven Cylinder Lubricator with Distributer and Electronic Control Quill in a Large Two-stroke Diesel Engine," Spring Conference Proceedings, Vol.I, KSAE, pp.426-432, 2006.
- 11) M. W. Bae, H. Jung, Y. H. Jung, I. D. Kim and C. H. Kang, "Performance Characteristics of Motor-driven Cylinder Lubricator with Distributer and Improved Electronic Control Quill in a Large Two-stroke Diesel Engine," Fall Conference Proceedings, Vol.1, KSAE, pp.213-219, 2006.
- 12) M. W. Bae, H. Jung, M. H. Ahn, K. H. Kyung, Y. K. Kim and Y. Mochimaru, "Feed Rate Characteristics of Cylinder Lubricator Driven by Motor in a Large Two-stroke Marine Diesel Engine," Proceedings of the Korea Conference on Liquid Atomization and Spray Systems 2003, pp.102-111, 2003.