

중장비 유압시스템 개발동향 Hydraulic System Development for Construction Equipment

배 상 기
S. K. Bae

1. 서 론

최근 자동차에는 Hybrid기술과 전기 자동차 기술이 양산에 적용되었다. 주 목적은 환경 규제에 대응함과 아울러 연비 향상을 목적으로 한다. 건설기계에도 이와 유사한 기술들이 적용된 제품들이 출시되고 있다. 대표적으로 들 수 있는 것이 굴삭기의 선회에 전기모터를 적용한 Electric Hybrid굴삭기가 Komatsu등에 의해 양산이 되고 있다.

그러나, 이러한 Electric Hybrid의 경우 자동차에 비해 소량생산에 머물고 있는 건설기계에 적용될 경우 높은 원가에 따른 상품성이 떨어지는 단점을 가지고 있다. 최근 Caterpillar사에서는 이러한 점에 주목하여, 유압 하이브리드 기술을 적용한 굴삭기를 출시하였다. 종래의 유압부품을 사용하면서 선회감속에너지를 저장하는 어큐물레이터를 추가하여 제품원가는 Electric Hybrid에 비해 훨씬 저렴하나 성능 및 연비 저감은 그에 못지않은 정도를 얻을 수 있다고 주장하고 있다.

2. 볼보 굴삭기의 유압시스템

볼보굴삭기의 유압시스템은 펌프 유량토출 방식 구분으로 볼 때 Positive Control System으로 구분된다. 유압 조이스틱에 의해 발생하는 제어압력을 압력센서를 이용하여 ECU로 입력이 되고, ECU에서는 이러한 제어압력을 이용해 펌프 유량을 제어하게 된다. MCV는 기본적으로 유압 파이롯트 압력에 의해서 작동되며, 일부 기능에 따라 전자비례밸브가 적용되는 경우도 있다.

이 시스템의 장점으로는 작업신호에 따라 펌프의 유량을 제어할 수 있게 하여 조작성을 확보할 수 있고, 복합 조작 시 압력보상 손실을 줄일 수 있도록 펌프를 제어함으로써 연비의 향상을 가져올 수 있다. 굴삭기는 복수의 작업장치를 움직이는 복합조작이 대부분이다. 이러한 경우 부하가 높은 작업장치와 부하가 상대적으로 낮은 작업장치가 구동이 될 수 있

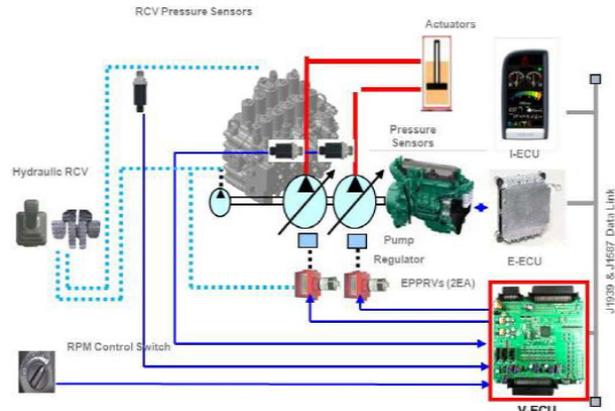


그림1 볼보 굴삭기 유압시스템

는데 이러한 경우 2개의 펌프 중 하나는 고부하를 구동하고, 나머지 하나는 저부하를 구동하는 방식으로 분리시킴으로써 압력보상손실을 줄일 수 있다.

3. Hydraulic Hybrid

앞서 말한 바와 같이 Caterpillar에서 336EH라는 굴삭기를 출시하면서 연비에서 많은 향상을 가져왔다고 소개하고 있다. 여기에 들어간 핵심기술로서 아래 3가지를 언급하고 있다.

1. ACS - Adaptive control system
2. ESP pump - Electronically Standardized Programmable pump
3. Energy reuse - The hydraulic energy storage system

1항 ACS의 경우 IMV(Individual Metering Valve)를 사용하여 효율적인 밸브 제어를 구현하였고, 2항 ESP Pump는 기존의 유압제어식 펌프가 아닌 전자 제어 방식의 펌프를 사용한 기술이다. 3항 Energy reuse의 경우 Hydraulic Hybrid라는 기술로 소개하고 있으며 아래 그림에서 보는 바와 같이 어큐물레이터를 사용하여 선회 감속 시 에너지를 저장하여 선회시에 다시 회생하는 기술이다.

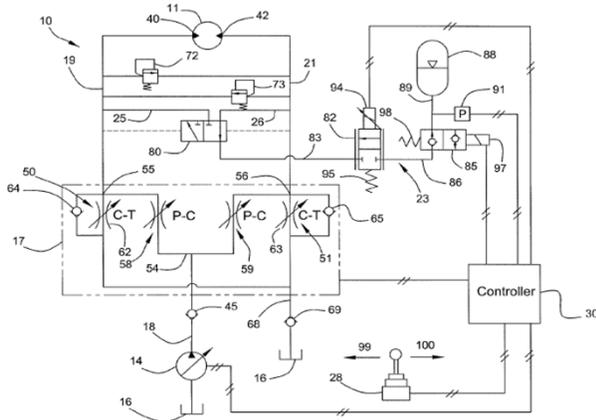


그림2¹⁾ Hydraulic Hybrid 회로

이 기술은 유압밸브, 어큐뮬레이터, 선회모터 등 종래 기술로 구현이 가능한 유압부품을 사용하여 시스템을 구현하였기 때문에 전기 Hybrid 대비 제품의 원가 경쟁력을 가질 수 있다는 것이 큰 장점이다. 어큐뮬레이터에 유압에너지를 저장하고, 다시 회생시키는데 있어서, 선회 조작성 확보를 위해 유압밸브를 제어하는 방법이 주요 기술이라고 파악된다.

4. 유압기술 개발 동향

북유럽에서는 Digital Hydraulic 또는 Digital Fluid Power라는 유압기술에 대한 연구²⁾가 활발하다. Digital Hydraulic의 정의³⁾는 아래와 같다.

“Digital Fluid Power means hydraulic and pneumatic systems having discrete valued component(s) actively controlling system output.” 이 기술의 장점으로는 강인하며, 간단하고, 신뢰성 있는 부품들을 사용하면서 에너지 효율을 높일 수 있다는 점 이다. 많은 밸브가 사용됨으로써 제어를 해야 하는 대상이 많아지게 되어 이들을 조화롭게 제어할 수 있는 기술 등에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다.

아래에 간단하게 Digital Hydraulic에 대해 소개한다.

4.1 Digital Hydraulic Valve

Digital Hydraulic은 한 개의 복잡하고 값비싼 밸브를 여러 개의 간단한 On-Off 밸브로 대체를 하는 개념이다.

이러한 개념의 장점으로는 비싸고, 복잡한 서보밸브나 비례밸브를 사용하지 않고, 상대적으로 간단하며, 저렴하며, 오염에 강한 On-off 밸브를 사용하여

시스템을 구현하는데 있다.

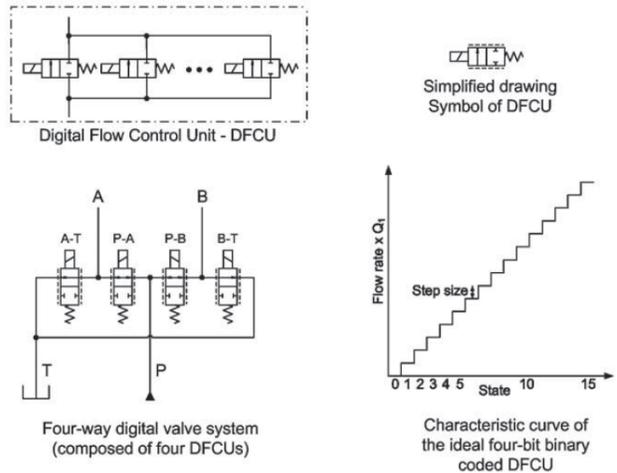


그림3⁴⁾ Digital Valve

4.2 Digital Displacement Pump⁵⁾

Artemis Intelligent Power사는 Digital Displacement라는 Radial Type의 고효율 펌프기술을 제시하고 있다. Radial 피스톤 유닛 각각에 고속 밸브를 설치하여 각각의 Radial piston unit를 독립적으로 제어할 수 있도록 구성이 되어있다.

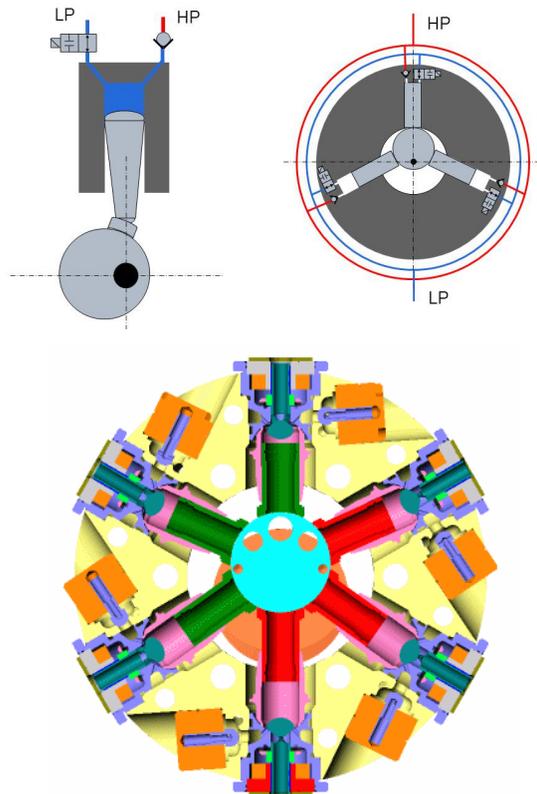


그림5 Artemis사의 Digital Displacement Pump

이 기술의 장점으로는 Radial pump의 고효율성을 저 유량인 경우에도 유지할 수 있다는 점이며, 각 챔버를 독립적으로 제어함으로써 높은 효율을 확보 할 수 있다는 점이다.

4.3 멀티 챔버 실린더⁶⁾

고정된 유압실린더 면적을 가변으로 가져가는 개념이다. 아래의 그림은 4개의 챔버를 가진 멀티 챔버 실린더이다. 기존의 챔버 한 개가 두개로 구성이 되어 있으며, 각 챔버는 고압라인(HP)와 저압라인(LP)에 각각 연결되는 밸브를 가진다.

각 챔버에 연결되는 밸브의 조합을 통해서 실린더 힘을 제어하는 방식으로 구동이 된다.

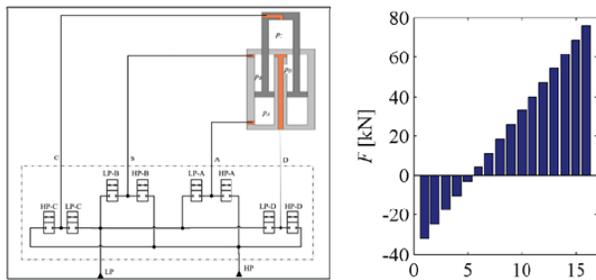


그림6 멀티 챔버 실린더와 힘 특성

이러한 시스템의 장점은 압력보상손실을 최소화 할 수 있고, 에너지 저장 장치를 쉽게 포함 시킬 수 있어 높은 에너지 효율을 얻을 수 있다.

5. 결론

자동차와 마찬가지로 중장비에서도 연비향상을 위해 많은 회사들이 연구개발을 하고 있다. 전기전자 기술의 급속한 발전으로 기존 유압시스템을 기반으로 전자제어를 도입하여 효율을 최대화 하는 방향의 개발이 진행되고 있고, 여기에 추가로 어큐뮬레이터와 같은 에너지 저장장치를 활용하여 효율을 높이는 기술도 개발이 되고 있다.

이와는 달리 기존 개념과는 많이 다른 Digital Hydraulic 이라는 기술도 연구개발이 진행되고 있다. 이러한 개발 동향은 높은 원가로 상품화되기에는 어려움이 많은 전기 Hybrid등의 대안이 될 수 있는 기술들이기 때문에 국내 학계와 산업계의 많은 관심과 연구를 기대하고 있다.

참고 문헌

- 1) 특허 공개 번호 : US2009/027653A1
- 2) Scandinavian International Conference on Fluid Power
- 3) Matti Linjama, "Digital Fluid Power - State of the art", The Twelfth Scandinavian International Conference on Fluid Power, May 18-20, 2011, Tampere, Finland.
- 4) Matti Linjama, Matti Vilenius "Digital Hydraulics - Towards Perfect Valve Technology, SICFP 07, Tampere, Finland.
- 5) <http://www.artemisip.com/our-technology>
- 6) Matti Linjama, H-P Vihtanen, A Sipola, M Vilenius, "Secondary Controlled Multi-Chamber Hydraulic Cylinder", The 11th SICFP, June2-4, 2009, Linkoping, Sweden.

[저자 소개]

배상기(책임저자)

E-mail :Sangki.bae@volvo.com

Tel : 055-260-7823

1997년 KAIST 기계공학과 석사. 1997년 볼보건설기계코리아 입사. 2013~동사 연구개발 유압제어팀 팀장

