

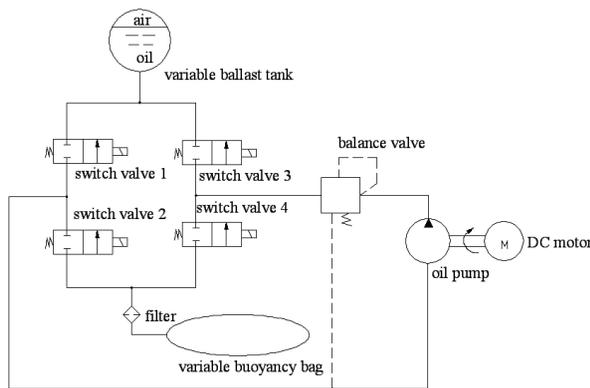
잠수정의 가변부력제어 시스템 및 고압 해수압 펌프 Variable buoyancy system of submersible and high pressure hydraulic sea water pump

함영복 · 김홍욱

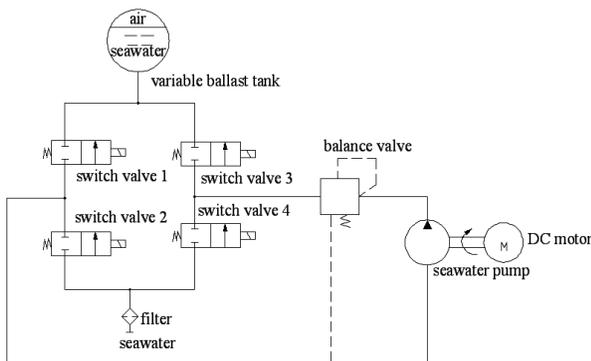
Young Bog Ham and Hong Uk Kim

1. 서 론

잠수정은 수중에서 자세를 유지하고 원하는 깊이에 도달하기 위한 가변균형제어 시스템이 필요하다. 이러한 시스템에는 유압 시스템과 해수압 시스템으로 Fig.1 과 같이 나뉜다. 두 시스템의 작동방식은 유사하나 원리는 다르다. 유압시스템은 Fig.1(a)와 같이 광유(mineral oil)를 사용하고, 해수시스템은 Fig.1(b)와 같이 해수(sea water)를 사용하여 가변밸러스트 탱크를 채우거나 비워 부력을 조정하는 시스템이다. 두 시스템의 작동원리는 잠함시 밸브 2, 3을 열어 광유 또는 해수가 가변밸러스트 탱크를 채워 잠수정을 하강, 밸브 1, 4를 열면 반대로 상승하게 된다.



(a) Oil variable ballast system



(b) Seawater variable ballast system

Fig. 1 Two type of variable ballast system

해수압 시스템은 해수를 사용함으로써 기름 누출로 인한 해양오염 방지하고, 물이 오일로 들어가면서 생기는 문제를 예방할 수 있으며, 주변 해수의 자유로운 사용이 가능하여 별도의 기름 저장소가 필요없어 단순한 구조를 가지는 장점이 있다. 이러한 이유로 해수압 시스템이 주로 사용되고 있으며 해수압 펌프는 핵심장치라고 하겠다.

그러나 해수압펌프는 해수를 사용함으로써 발생하는 여러가지 문제를 가지고 있다. 그 중 심해의 고압 조건과 부유물로 인하여 펌프 내부에 심각한 부식, 기계적 마모, 누수와 같은 문제가 발생하게 된다.

본 연구에서는 해수압 펌프의 문제점을 해결하기 위한 새로운 구조의 해수압 피스톤 펌프를 제안하고자 한다.

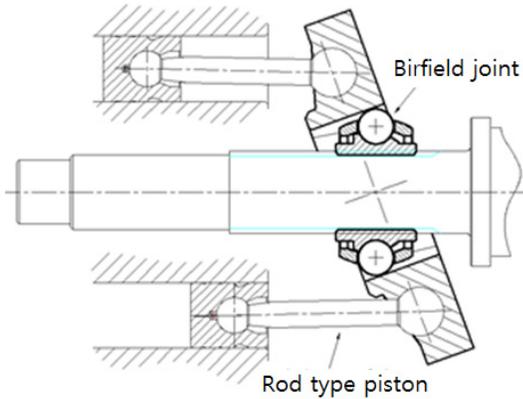
2. 고압 해수펌프 설계

해수압 펌프의 개발을 위해서는 제한된 사판각은 물론 원통형 피스톤의 출력 또는 수압 피스톤 펌프의 단점을 보완하고 열악한 운할 조건에서 우수한 성능을 갖도록 하기 위한 대책이 필요하다.

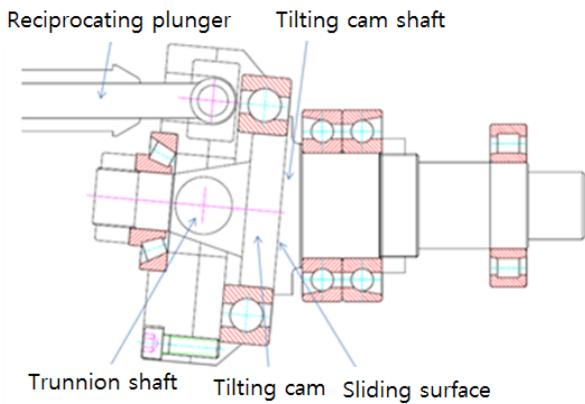
심해 잠수정의 부력가변제어를 위해서는 작동유체를 기름이 아닌 해수를 흡입하고 고압으로 토출하는 해수압 펌프의 개발이 필요하다. 해수는 기름과 비교할 때 점도가 매우 낮으므로 운할 틈새가 1/3로 줄어드는 아주 열악한 운할 조건에 직면하게 된다. 특히 상대운동이 많은 사판식 피스톤 펌프의 경우에는 치명적인 운할 조건이기 때문에 피스톤과 실린더 보어 부분에 집중적인 축력이 과도하게 작용되는 구조를 피해야 한다.

따라서 원통형 피스톤 모서리부의 마찰력을 감소시키고 사판 경사각을 증가시키기 위한 방법으로, 볼-소켓(ball-socket) 조인트에 구면 정압베어링을 적용시킨 로드(rod)형 피스톤을 사용하고, 경사캠이 회전하면서 로드형 피스톤을 왕복운동 할 수 있도록

버필드 조인트(birfield joint) 기구를 적용하여 사축식의 큰 경사각으로 인한 단위중량 당 고출력을 내는 장점과 사판식의 콤팩트한 구조로 인한 설치공간이 적게 필요한 장점을 조화시킨 구조의 Fig. 2와 같은 해수압 피스톤 펌프를 설계하였다.



(a) CV Joint model



(b) Tilting Cam Shaft model

Fig. 2 Sketch of the new structure seawater pump used in submersible

심해잠수정에 적용하기 위한 액셀피스톤 해수압 펌프를 소형화, 고출력 밀도화 하기 위해서는 기존 사판식 피스톤 펌프의 사판 경사각을 크게 하는 것이 필요하고, 실린더 배럴은 고정되므로 밸브 판 (valve plate)이 필요 없으며 각각의 실린더는 흡입과 토출을 단속하는 체크밸브가 필요하다. 또한 고정된 실린더 배럴 내에서 피스톤이 왕복운동 시키기 위해서는 사판 또는 경사캠이 회전해야 한다.

따라서 본 연구에서는 기존의 원통형 피스톤 구조를 탈피하여 양쪽 끝단 부가 구면 볼 조인트 (spherical ball joint)를 갖는 피스톤 로드에 의해 피스톤과 경사캠을 연결하고 경사캠의 회전운동이 피스톤의 왕복운동을 발생시키는 구조로 변경하여 적

용하였다. 또한 피스톤펌프 내부 부품의 윤활을 위해서 구면 조인트부는 유압작동유로 윤활되게 하였다.

이러한 경우에 고압으로 펌핑하는 해수와 펌프 하우징 내부 유압 작동유 사이에 믹싱이 없도록 격리하기 위한 Fig. 3과 같은 고압 왕복 피스톤 씰링 메커니즘이 필요하게 된다.

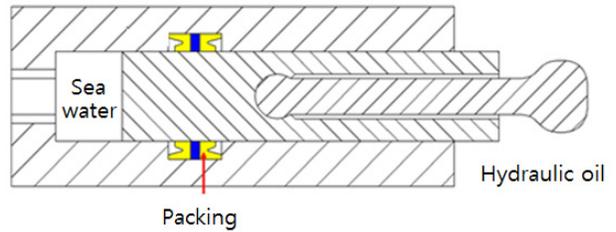


Fig. 3 Bidirectional sealing mechanism

3. 성능시험 방안

가변부력제어용 해수압펌프의 성능시험은 상압시험과 심해환경과 동일한 조건에서의 고압시험이 진행되어야 한다. 상압시험은 먼저 Fig. 4와 같이 시험 장치의 구성안을 제시하였다.

시험장치는 해수압펌프, 수조, 회전수 및 토크센서, 압력게이지, 교축밸브 등으로 구성된다. 해수압 펌프를 수조에 넣고 모터를 이용하여 펌프를 구동하고 회전수와 토크를 확인할 수 있도록 하였다. 입력축은 커플링으로 해수압펌프와 고정된다. 수조는 해수압 펌프를 고정한 상태로 완전히 펌프가 수몰될 수 있는 용적으로 제작되어야 한다. 또한 펌프의 흡입라인 안에 교축밸브를 연결하여 흡입 압력을 조절할 수 있도록 한다. 해수압 펌프의 토출압은 압력조정 밸브를 이용하여 압력 설정이 가능하도록 하였다.

상압시험에서는 상압조건에서의 흡입압력, 회전수, 토크, 흡입유량, 용적효율 등을 확인하여 펌프가 정상적으로 작동하는지 여부를 확인한다.

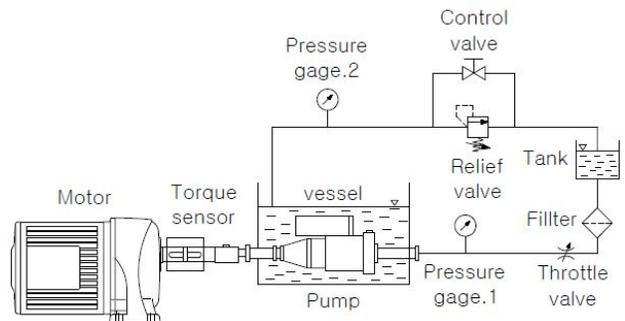


Fig. 4 Equipments for submerged performance test in normal pressure

고압시험은 해수압펌프를 고압용기에 넣고 펌핑을 진행하여 고압용기 내부로 토출함으로써 압력을 상승시키고 고압조건에서 정상적인 펌핑이 가능한지 여부를 확인할 수 있도록 하였다.

먼저 해수압 펌프를 넣을 수 있는 고압용기는 700 kgf/cm²의 압력에도 견딜수 있도록 제작한다. 해수압 펌프는 고압용기 내에 위치하고 대기 조건에서 물을 흡입할 수 있도록 물탱크를 연결한다. 고압용기 내의 해수압펌프를 구동하기 위한 모터를 연결한다. 이때 구동축이 지나가는 부분은 고압 seal이 필요하다. 펌프의 흡입압력과 고압용기내의 압력을 확인하기 위한 압력게이지를 연결하고 고압용기 내의 압력을 조절하기 위한 밸브를 연결한다. 시험을 위한 회로로는 Fig. 5와 같이 고안하였다.

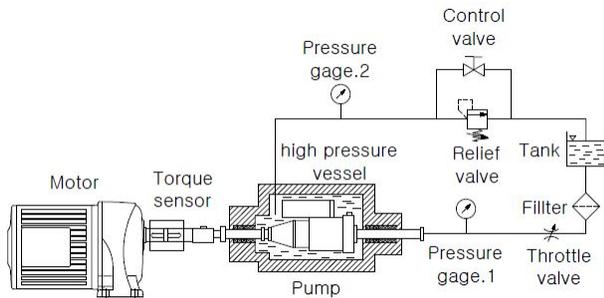


Fig. 5 Equipments for submerged performance test in High Pressure

시험방법은 모터를 동작하여 해수압 펌프를 구동하고 직접 고압용기 내로 토출한다. 고압용기에 연결된 밸브를 이용하여 용기내 압력을 조절하고, 압력 게이지를 확인하여 700 kgf/cm² 이상의 압력까지 상승시킨다. 이후 해수압펌프의 정상적인 동작을 확인하기 위하여 일정시간동안 고압을 유지하고, 흡입압력, 회전수, 토크, 흡입유량, 용적효율 등을 확인한다.

4. 결 론

본 연구에서는 가변부력제어용 해수압펌프와 이

를 테스트 하기 위한 성능시험 방안을 제시하였다. 이러한 해수압펌프의 개발은 오염에 강하고 마모가 줄어 수명을 증가 시킬 수 있으며, 고압에서의 누수 문제를 해결 할 수 있을 것이다. 따라서 잠수정의 잠수성능 향상에 도움이 될 것이다.

References

- 1) Liu Yinshui, et al. "Research on the pump of seawater hydraulic variable ballast system in submersible", IEEE, 2011.
- 2) Shinichi TAKAKAWA, et al. "On the Development of Sea Water Pump for the SHINKAI 6500", JAMSTEC, 1990.

[저자 소개]



함영복

E-mail : hyb665@kimm.re.kr
Tel : 042-868-7157

2003년 금오공과대학교 기계공학과 박사. 2004년 일본 동경공대 및 야마나시대 객원연구원. 1990년~현재 한국기계연구원 극한에너지기계연구실 책임연구원. 유압 피스톤 펌프 및 모터, 수압 피스톤 펌프, 압전 액추에이터를 적용한 펌프, 디스펜서, 약물 인젝션 디바이스 연구에 종사. 대한기계학회, 한국정밀공학회, 한국동력기계공학회, 유공압건설기계학회의 회원. 공학박사



김홍욱

E-mail : good8463@kimm.re.kr
Tel : 042-868-7168

2011년 광운대학교 환경공학과 석사. 2013년~현재 한국기계연구원 극한에너지기계연구실 선임연구원. 곤돌라형 고압도장기, 수압 피스톤 펌프 연구에 종사. 유공압건설기계학회 회원.