

유압펌프의 종류와 제어 방법

전문연구위원 정현갑

1. 기술의 개요

- 유압펌프는 유압이 동력의 발생원이고 그 외에 밸브나 액추에이터(actuator)가 있음으로써 비로소 유압시스템이 구성된다. 이러한 것들은 유압 기술의 기초를 이루는 것이며, 유압펌프 없이는 압력이나 유량을 기교 있게 제어하는 것은 불가능하다.
- 유압펌프는 펌프 내부의 용적을 변화시켜 압력을 발생시키는 것이며 작동 원리에 따라 회전식과 왕복식으로 구별된다. 회전식은 기어나 로터의 회전에 의해 펌프실 용적의 이동을 이용 압력을 발생시키는 것으로 대표적인 펌프로는 기어펌프, 베인펌프가 있고 왕복식은 피스톤의 왕복운동에 의한 용적의 변화를 이용하는 것으로 피스톤펌프가 있다. 또 토출하는 양이 일정한 정용량형과 토출량이 변화하는 가변용량형으로 분류된다.
- 각 펌프를 더욱 자세히 분류하면 그 종류는 매우 많지만, 이들 종류 중에서 가장 많이 사용되고 있는 기어펌프(gear pump), 베인펌프(vane pump), 액시얼 피스톤펌프(axial piston pump)에 대한 특징을 알아보기로 한다.

2. 기술의 내용

- 기어펌프
 - 기어펌프의 특징은 알루미늄합금 케이싱(casing)인 것은 경량으로 부품의 가지수가 적고 구조가 간단하며 비교적 가격이 저렴하다는 것이다. 또 과속한 운전조건(분진에 의한 기름의 오염, 기름온도의 상승, 부하의 급변이나 과부하 등)에서도 잘 견디기 때문에 다양한 분야에 쓰이고 있다. 대표적인 기어펌프의 구조는 2개의 기어가 케이싱

내에서 기어링(gearing)하면서 회전기어 이빨과 케이싱 벽과의 사이에 형성된 용적 이동으로 펌프작용을 하는 것으로 외접형 기어펌프와 내접형 기어펌프가 있다.

- 외접형 기어펌프의 구조는 대단히 간단하며 치형이 특수한 것이 있기는 하지만 치형 절삭이 용이한 인벌류트 치형곡선(involute curve)의 평기어(spur gear)가 가장 많이 쓰이고 있다. 기어 측면의 간극이 항상 일정한 것(고정측 판식)과 토출하는 압력에 의해 부시(bush)를 기어에 밀어 붙여 간극을 조정하는 것(가동측 판식)이 있다.
- 고정측 판식인 구조의 외접형 기어펌프는 고압이 되면 기어 측면으로부터 누설이 증가하여 용적효율이 저하하기 때문에 최고 사용압력에 제한이 있으나, 가동측 판식 구조는 고압이 되어도 누설이 증가하지 않아 최고 사용압력이 25MPa(약 255kgf/cm²) 정도의 것도 있다.
- 내접형 기어펌프는 외측의 내접기어(internal gear)와 내측의 피니언기어(pinion gear)가 서로 기어링하면서 회전하는 구조로 외접형에 비하여 맥동(脈動)이 작고 저소음인 것이 장점이다. 흡입과 토출을 분리해 주는 판이 있는 형과 분리 판이 없는 형이 있다. 분리형의 구조는 외접형과 같이 인벌류트 기어 타입의 가동측 판식이 일반적이며, 최고 사용압력은 30MPa(약 306kgf/cm²)에 달하는 것도 있다. 분리판이 없는 타입은 트로코이드 기어(trochoid gear)가 많이 쓰이고 있으며, 일반적으로 저압용이다.

□ 베인 펌프

- 베인(날개) 펌프는 로터내에 방사상으로 설계된 슬릿 사이에 삽입된 베인이 캠링에 접촉하면서 회전하고 베인과 베인 사이의 용적 증감으로 펌프작용을 한다. 베인펌프는 맥동이나 소음도 적고 사용 수명도 길므로 공작기계, 사출성형기, 설비기계, 자동차 등에 많이 쓰이고 있다. 평형형 베인펌프와 비평형형 베인펌프가 있으며, 예외적인 것을 제외하고 평형형 베인펌프는 정용량형 펌프이고, 비평형형 베인펌프는 가변용량형 펌프로 사용되고 있다.

- 평형형 베인펌프는 2조의 흡입부와 토출부가 축대칭으로 되어 있으므로 축에 대한 부하가 균형을 이루고 있어 압력 평형형이라고도 부른다. 압력 평형형이면서도 고압용으로 적합한 베인펌프도 있다. 토출압력을 압력판의 측면으로 작용시키고 토출압력에 대응하는 크기로 압력판이 캠링 쪽으로 미치는 힘을 작용하도록 하고, 펌프의 실내 압력으로 캠링과 이탈하려는 힘에 대항시켜 캠링과 로터의 사이드 간극을 일정하게 유지시키고 있으므로 고압시의 누설량 증가를 방지하고 있다. 고압용 베인펌프의 사이드 간극은 표준형보다 작게 함으로써 용적효율의 향상을 도모하고 있다.
- 베인펌프는 베인의 배압 흡으로 토출압력을 유도하여 베인이 캠링 쪽의 접촉을 확실하게 하는 방식이 일반적이긴 하지만 토출압력이 높아짐에 따라 흡입구 사이에서의 베인이 밀어 올리는 힘이 커지기 때문에 흡입구 사이에서 캠링과 베인의 마모를 촉진시키는 일이 일어나게 된다. 그래서 특수한 내마모성을 갖는 열처리를 캠링과 베인에 실시하거나 베인의 형상을 특수처리를 하거나, 또는 감압밸브를 설치하여 접촉압력을 경감시켜 고압성능을 향상시키고 있는 것이 있으며, 최고 사용압력도 40MPa(약 408kgf/cm²)에 달한다.
- 흡입포트(inlet port)를 공용하고 동일 축에 2개의 펌프를 조립하여 각각 독립한 펌프작용을 하고 있는 형식이거나 또는 릴리프 밸브(relief valve)와 언로드 밸브(unload valve)를 조합하여 2개의 펌프가 하나는 소용량, 다른 하나는 대용량으로, 또 저압시에는 2개의 펌프가 합산된 토출량을 사용하고 고압시에는 소용량 만큼의 토출량을 송출하는 다시 말해 저압 대용량과 고압 소용량의 복합 펌프인 베인펌프가 있다.
- 비평형인 가변용량형 베인펌프의 구조는 스프링으로 링을 유량 조정 스프링부까지 밀어 붙여 로터의 중심과 링 중심에 편심을 주고 있다. 편심량이 크면 토출량이 많게 되고 제로가 되면 토출량은 제로로 된다. 토출압력이 높아져 스프링의 초기 설정값이 힘보다 크게 되면 링은 스프링 방향으로 움직이고, 편심량을 작게 한다. 이것이 토출량을 변화시키는 것으로 어느 임의의 설정압력에서 토출량을 제로(풀 컷오프)가 되게 한다.

- 풀 컷오프 압력(full cut-off pressure)의 조정은 압력조정 스프링으로 스프링의 초기 처짐(initial deflection)을 조정하여 실행하며, 최대 토출량은 유량조정 스프링으로 링의 최대 편심량을 조정하고 있다. 가변용량형 베인펌프는 정용량형 베인펌프와 달리, 축에 대한 압력의 균형이 없고, 로터를 지지하는 축은 편심하중을 받기 때문에 베어링은 니들 베어링의 높은 내하중 용량 베어링을 사용하고 있다.

□ 축류 피스톤 펌프(axial piston pump or axial plunger pump)

- 여러 개의 피스톤이 축의 회전에 따라 실린더 내를 왕복 운동하는 형으로 피스톤 배열방향에 따라 축방향형(axial type)과 반경방향형(radial type) 및 왕복형(reciprocate type)이 있다. 또 이들 중에서 축방향형은 피스톤의 왕복 운동방식에 따라서 경사축 방식과 경사판 방식으로 분류된다.
- 피스톤펌프는 다른 형식의 펌프에 비하여 맥동이나 소음이 큰 것이 흠이긴 하지만 고압 및 대용량에 적합하다는 평에 의해 토목 건설기계, 단압기계, 선박 하역기계, 특수 차량 등에 많이 쓰이고 있으며, 중압용 피스톤펌프는 저소음용으로 효율이 좋은 펌프가 개발되어 공작기계 등에도 사용되고 있다. 가변용량화가 용이하다는 것과 생에너지 등의 관점에서 이용 분야를 다양하게 넓혀가고 있다.
- 경사축 방식의 피스톤펌프는 구동축과 실린더 블록 중심축을 경사지게 하고 실린더블록 내의 피스톤에 왕복운동을 주어 펌프작용을 하는 것이다. 정용량형의 펌프도 실린더블록을 푸시로드(push rod)를 축으로 하여 구동축과의 경사각을 변화시켜 작동하면 가변용량형 펌프로 된다.
- 경사판 방식의 피스톤펌프의 구조에서 실린더블록은 축에 의해 직접 구동되며 피스톤은 축과 평행으로 놓여져 있다. 토출량은 경사판인 요크(yoke)와 실린더블록의 중심과 이루고 있는 각도(요크의 경사각)에 따라서 결정되며 이 각도를 조작하여 피스톤으로 제어하는 가변용량형 피스톤펌프이다. 축에 대하여 경사판의 각을 양방향으로 변환하면 가역펌프(동일 방향 회전으로 흡입축과 토출축을 정역으로 할

수 있는 펌프)로 된다.

- 경사판 방식은 피스톤펌프의 토출량은 통상 요크 리턴 스프링(yoke return spring)으로 요크를 피스톤 쪽으로 밀어 붙이고 있는 토출량 조절 스프링으로 조정되는 조작 피스톤의 위치에 따라 요크의 경사각이 결정되고 최대 토출량이 결정된다. 또 토출압력이 높게 되면 압력조정 스프링의 조정에 맞는 압력으로 스프링(sprue)이 작동하여 폴 컷오프 시와 같이 토출압력이 조작 피스톤의 압력실로 유도되어 통과하게 하고 요크 리턴 스프링을 되눌러 요크의 경사각을 작게 하여 토출량을 제로로 한다.
- 토출량과 압력관계는 설정 토출량 및 설정압력(폴 컷오프 압력)을 각 조정 스프링으로 수동 조작 조정한다. 압력 보상 제어인 컴펜세이터 제어(pressure compensator control)라 부르는 토출량과 압력의 제어도 있으며 피스톤펌프는 다양한 용도에 맞추어 여러 가지 제어방식을 구성할 수 있고, 피스톤 펌프 제어방식의 대표적인 것은 역시 압력 보상 제어방식이다.

3. 결론

- 펌프의 기본적인 제어방식은 압력 보상제어, 2압 보상제어, 언로드가 있는 압력 보상제어, 비열 전자식 로드 센싱 제어 등 용도에 따른 제어방식이 많지만, 최근에는 보다 복잡한 제어를 필요로 하고 있을 뿐 아니라 더욱 고속에 고압화, 생에너지, 저소음화 등 다양한 분야에서 많은 펌프의 개발이 기대된다.

◁ 전문가 제언 ▷

- 펌프의 용도는 대체적으로 유체(流體)를 낮은 곳으로부터 높은 곳으로 또는 수평적 위치를 이동시키는 데 필요한 기계 또는 기구이다. 유체에는 압축성 유체인 기체와 비압축성 유체인 액체가 있는데 펌프에 사용되는 유체는 비압축성 유체인 기름과 물이 대체로 그 대상이 된다.
- 일반적으로 펌프하면 양정을 갖도록 하는 양수펌프와 큰 압력을 발생시킬 수 있는 유압펌프가 있으며, 이들의 구조는 유체의 점성에 따라 조금씩 다르긴 하지만 기본적인 구조는 서로 유사하다. 이 중 유압펌프는 주로 점성을 갖는 기름을 사용하여 압력을 발생시키고 이의 압력으로 기구의 운동을 발생시킨다.
- 유압펌프의 구조는 다양하지만 대표적인 것으로 기어펌프, 베인펌프, 피스톤펌프가 있다.
- 기어펌프는 펌프 하우징 내부에 원동축과 종동축에 조립된 기어를 서로 맞물려 회전시켜 용적을 이동하도록 하여 압력을 발생시키는 것으로 기어펌프의 효율은 축과 하우징의 끼워 맞춤부 밀폐도와 기어의 가공정밀도에 의존하며, 베인펌프는 회전축의 로터 원주상에 방사형으로 축과 나란하게 가공된 홈에 여러 개의 날개(vane)를 설치하고 하우징의 중심과 로터 중심이 편심되어 있어 로터의 회전으로 날개들은 원심력에 의해 편심된 하우징의 원주면과 접촉하면서 회전함으로써 용적 이동이 생기고, 이로써 압력을 발생시킨다. 피스톤 펌프는 축방향 방식과 반경방향 방식이 있으며, 소음이 큰 것이 흠이긴 하지만 구조가 다른 펌프에 비하여 간단하여 비교적 가격이 싼 것이 장점이다.
- 펌프는 구조와 제어방식에 따라 그의 종류는 다양하지만 압력 보상제어 방식이 가장 많이 사용되는 제어 방식이지만 유압회로에 유연하게 대응할 수 있어야 하므로 많은 연구가 필요한 분야이다. 펌프는 회전운동이나 직선운동에 의해 압력을 발생시키는 기구이므로 누설이 없도록 부품의 정밀도 유지와 내마모성에 유의해야 펌프의 효율을 극대화할 수 있다.