

유압구조의 특성과 관리기술 유의점

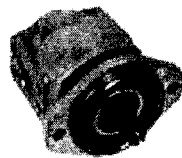
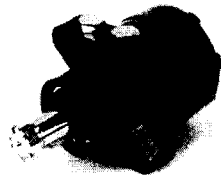
농업공학연구소
감상철 연구사

1. 유압기기의 작동원리

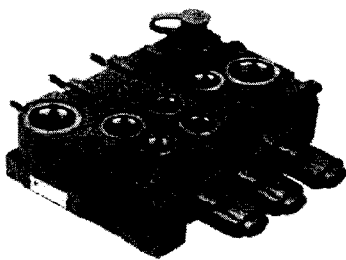
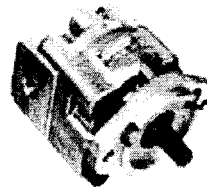
유압기기란 제어된 유압에너지를 기계적 에너지로 변환하여 시스템이나 장치를 움직이는 구동장치를 말한다. 왕복 운동은 유압 실린더에 의해, 회전 운동은 유압모터에 의해 행해진다. 작동원리를 간단히 살펴 보면 단동 실린더는 기름의 출입 포트가 한쪽에만 붙어 있어 왕복행정을 하지만, 귀환 행정은, 자중이라든가, 부하, 그 밖의 힘으로 원래 위치로 되돌리는 것이다. 복동 실린더는 피스톤의 양쪽에 기름의 출입 포트가 있고, 교대로 기름을 유입, 배출시켜, 왕복운동을 하게 하는 형태이다. 유압모터는 유압에너지를 회전하는 기계적 에너지로 변환하는 것인데, 실린더와 마찬가지로 제어가 간단하고 작은 체적에 의해 큰 동력을 얻을 수 있다.



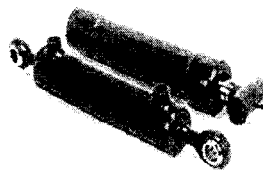
유압모터



유압펌프



유압밸브



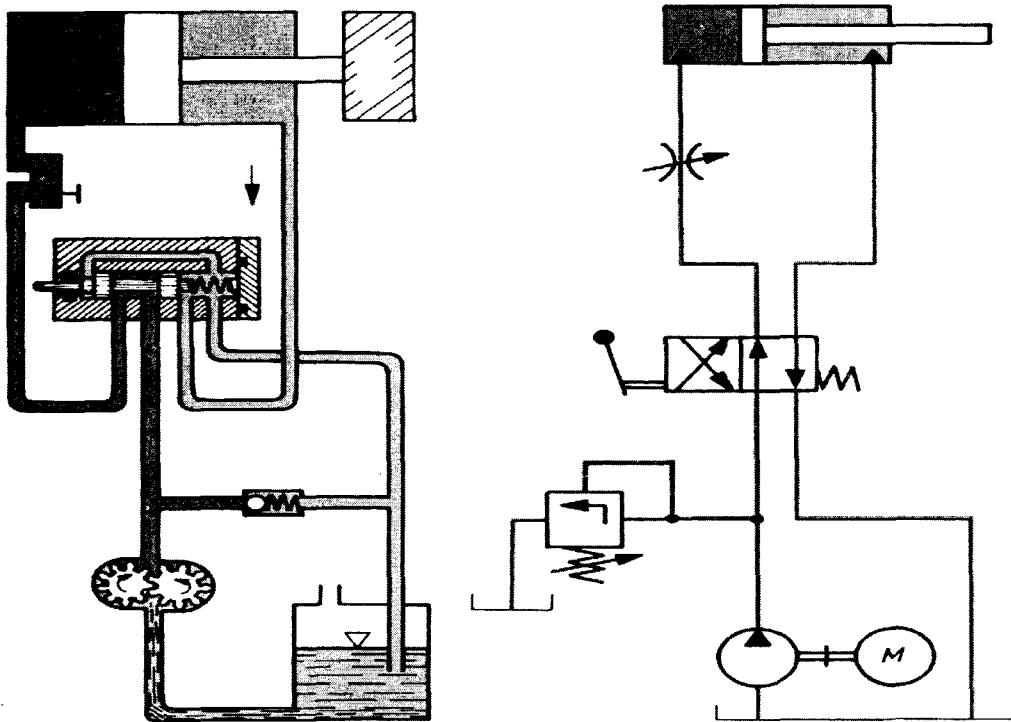
유압실린더



펌프는 어떤 용적마다 흡입한 기름이, 그 용적을 줄임으로써 토출하는 운동이 연속하고 있다고 생각하면 된다. 따라서, 부하압력이 변화해도 토출량은 크게 변화하지 않기 때문에 속도의 조절에 매우 유리하게 된다.

그런데, 이 부하에 의해 변화하지 않는 기름의 에너지를, 압력, 유량, 방향으로 각각 독립하여 자유로이 제어하기 위해 제어밸브가 필요하다. 보통 그 제어하는 힘은 실제로 전달되는 큰 유압동력의 1%이하에도 미치지 않는 작은 힘으로 제어된다.

Simple hydraulic circuit
(schematic section and corresponding circuit diagram)



유압기기의 작동원리

또, 설정 압력, 설정 유량은 스프링의 힘으로 설정하며, 각각의 제어 밸브는 내부에 피드백 기구를 가진 자동밸브에 의해 각각의 설정치의 수% 이내 정밀도로 유지하도록 만들어져 있다. 제어의 원리는 주로 스톱 밸브나 포핏 밸브의 교축 작용에 의해 행해진다. 또, 방향제어 밸브는 솔레노이드를 사용하는 경우 전기제어회로와 밀접하게 관계되어 있기 때문에 미리 설정해 프로그램에 의해 순차 동작을 하게 하는 것이 가능하게 된다.

다음에 구동부에서는 실린더나 유압모터에 의해 왕복운동이나 회전운동으로 변화해서, 임의의 힘이나 토크, 스피드, 방향 등을 제어 밸브에 의해 제어할 수 있다. 또, 발생부, 제어부, 구동부는 배관으로 연결되고, 각각 적당한 장소에 자유로이 설치된다. 특히, 구동부에서는 몇 개의 실린더나 유압모터를 자유로운 장소에 자유로운 방향으로 부착할 수 있는 것은 큰

잇점이다. 다시 말하자면, 매체가 되는 작동유는 압축성이 없기 때문에 배관을 자유로 구부리거나 해서 연결할 수 있고, 더구나 강성이 있는 철봉으로 연결한 것과 같은 힘을 전달할 수 있다. 이와 같은 이유로 기계적인 에너지를 유압 에너지로 변환하고, 다시 실제로 이용할 때는 이것을 또 기계적 에너지로 바꾸어서 사용하기 때문에, 동력의 효율 면에서는 많은 손실이 있으나 그 이상의 잇점이 있기 때문에 유압기기의 사용이 더욱 확대 되어 가고 있다.

2. 유압기기의 관리의 노하우

1) 유압 기기 관리의 첫 번째 노하우?

- ☞ 청결이다. 대부분 고장의 원인은 이물질의 혼입으로 인한 트러블이다. 유압라인을 깨끗이 유지하면 고장의 2/3는 줄일수 있다.
- ☞ 밸브 스푼(valve spool)이 본체(housing) 안에서 움직이려면 공차 틈이 있다. 즉 이 틈새에는 유막이 형성되어 있다. 이 공차는 보통 (micron)으로 표시된다. 서보 밸브는 보통 5~10 μm 틈을 가지고 있다
- ☞ 유압 시스템에 가장 나쁜 영향을 미치는 오염 입자 크기는 공차틈과 똑같은 크기의 오염입자이다. 똑같은 크기가 틈새에 끼이면spool의 고착현상과 강제운동에 의한 마모가 발생한다.

2) 인간이 볼 수 있는 가장 작은 입자의 크기는 몇 μm 인가?

- ☞ 우리 눈에 보이는 먼지는 보통 40~50 μm 이다. 사람의 머리카락은 대개 60~80 μm 이다. 눈에 보이는 먼지는 서보 밸브 공차 틈(예: 5 μm)보다 보통 10배정도는 더 크다. 따라서 먼지는 당연히 오염 원인이다.

3) 스푼 밸브 타입은 공차를 통하여 누유가 있다. 이 공차 틈이 두배로 닳으면 누설량은 약 몇 배로 될까?

☞ 8배

예) 5 μm 공차, 누설량 1 l/min 마모에 의하여 공차 10 μm

누설량은 $(10/5)^3=2^3=8$ 배

- ☞ 누설에 영향을 끼치는 다른 요소들로는 점도(온도 즉 열 발생 문제), 랜드 길이, 압력차, 스푼과 본체의 평균 지름등이 있다.

4) 에너지 보존의 법칙에 의하면 에너지는 단지 형태만 변할 뿐이다. 새

는 기름량은 어떤 에너지로 바뀌는가?

- ☞ 열에너지로 바뀐다. 오염입자가 많으면 동마찰 부위는 점점 닳고 누설은 많아지고 열 발생도 많아진다. 온도 증가 점도 하강 누설유 계속 증가 온도 더욱 증가. 악순환이 계속된다.

5) 온도가 증가하면 작동유의 수명은 어떻게 되겠는가?

- ☞ 작동유의 온도가 60℃이상이 될 때 10℃증가 시 마다 수명은 반으로 줄어 든다.

예) 60℃ 1000시간 70℃ 500시간 80℃ 250시간.

- ☞ 온도가 증가하면 패킹류의 수명도 급격히 감소한다

6) 유압 시스템이 고장을 일으키는 대부분의 원인이 어디에 있다고 생각하는가?

- ☞ 작동유 오염,
- ☞ 공기 혼입
- ☞ 수분혼입
- ☞ 열발생

7) 전자 유압 기기에서 기계 : 유압 : 전기의 고장 비율은?

- ☞ 1: 2 : 4 (확률 통계 자료)
즉 전기적 고장 원인이 가장 많다.

3. 유압기기의 고장 원인과 나타나는 현상

고장원인	고장원	고장원			
		1. 기계적 부분	2. 흡입 심터	3. 펌프	4. 입력 라인
A	과 소음	<ol style="list-style-type: none"> 1. 잘못된 설치된 가솔린 2. 가솔린 누출 3. 가솔린 고장 4. 펌프 및 모터의 느슨한 고정 5. 기어 전달요소 고장 (기어, 스프라임 등) 6. 펌프 또는 모터 고장 7. 회전 방향이 틀림 8. 탄성체 롤 또는 불량 	<p>흡입 라인 저항 大 : 이유</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 흡입 라인의 폭이 좁거나 얼림 2. 흡입 필터 막힘 또는 나 3. 흡입 라인 막힘 또는 비밀폐 4. 흡입 라인이 너무 작거나 길폭이 많음 5. 유량이 낮다. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 펌프 회전속도 大 2. 펌프 최대압 초과 3. 부스터 펌프 고장 4. 속시일링 또는 흡입축 시일 고장 5. 펌프 고장 6. 입력 및 디텐라인 반대로 연결 7. 제어 시스템의 진동 8. 탄성체 롤 또는 불량 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 파이프 고정 불량 또는 느슨 2. 비관 불량 3. 단면이 너무 작다. 4. 공기 빼기가 완전하지 않다.
B	부족한 힘 또는 보오크 (부족한 입력)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 힘 전달 기계적 고장 2. 기어 또는 스프라임 미끄러짐 3. 회전 방향 착오 4. 모터 고장 5. 펌프 또는 모터의 기 손상 	A2 참조	<ol style="list-style-type: none"> 1. 마모에 의한 내부 누설 2. 막힘 부족함 3. 펌프 고장 4. 제어 입력이 너무 작거나 컨트롤 장치 고장 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 누설 부분 2. 라인 저항 大 3. 입력 필터 막힘
O	작동기 불규칙 운동 (입력 및 변동)	A1(1-3) 참조	A2 참조	<ol style="list-style-type: none"> 1. 제어 장치 고장 2. 펌프 고장 3. 펌프 제어 장치에 대하여 시스템조건의 반작용 4. 파일렛 V/V 부족함 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 공기 빼기 불충분
D	피동축이 너무 느림 (유량 少)	A1(1-3) 참조	A2 참조	<ol style="list-style-type: none"> 1. 마모에 의한 내부 누설 2. 펌프 고장 3. 펌프 및 디텐 라인 반대 연결 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 누설 부분 2. 라인 저항 大 3. 입력 필터 막힘
E	너무 높은 작업 온도			<ol style="list-style-type: none"> 1. 원전 소모에 의한 효율 손실 2. 제어 장치 고장 3. 회전 속도 또는 유량 大 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 라인 단면이 너무 작아 마찰 저항 大 2. 입력 필터 막힘
F	작동유기류		<ol style="list-style-type: none"> 1. 흡입라인 비밀폐 2. 유량이 너무 낮다. 3. 탱크 구멍이 나쁘다. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 속시일링 또는 흡입축 시일 고장 2. 누설라인 단면이 유량 위 	
G	실린더 반응 느림				<ol style="list-style-type: none"> 1. 호스라인 너무 무뎠음 2. 라인 공기 빼기 안됨
H	전관 과정 시 라인 충격				<ol style="list-style-type: none"> A4 참조(1, 2, 3, 4) 5. 라인 시스템의 너무 큰 속입기
I	펌프의 점진 빈도가 높			<ol style="list-style-type: none"> 1. 펌프 고장 2. 속입기 설비면 경우 : 펌프가 너무 작다. 	

영향	고장원인	5. 리턴 라인	6. 압력 밸브	7. 유량 V/V	8. 컨트롤 V/V
		A	과 소 음	1. 파이프 고정 불량 또는 느슨 2. 배관 에러 3. 작은 단면적 4. 공기 빼기 불량 5. 리턴라인 단면 유면 위 6. 리턴 필터 막힘	1. 오염된 또는 기울어진 V/V 시트때문에 V/V 채터링 2. 댐핑 불량(타입 부적합) 3. 응답 시 흐름 소음 4. 특성 곡선 부적합 5. 설계 에러
B	부족한 힘 또는 토오크 (부족한 압력)	1. 라인 저항 대 2. 필터 막힘	1. 작동압 설정 저 2. 마모에 의한 내부 누설 3. V/V 시트 오염 또는 손상 4. 스프링 고장 5. 타입 부적절(설정범위低)	1. 압력 손실 대 2. 설정 에러 3. 밸브 고장 4. 타입 부적절	1. 전환 위치 에러 (예 : 무부하 작동 여자안됨) 2. 솔 고장 3. 마모에 의한 내부 누설 4. 너무 큰 유동 저항 5. 스톱 고착
C	작 동 기 운동 이상 (압력 및 유량변동)	1. 라인 저항 대 2. 필터 막힘	1. 오염된 또는 기울어진 V/V 시트때문에 V/V 채터링 2. 댐핑 불량(타입 부적절) 3. 너무 길고 댐핑이 안된 컨트롤 라인 4. 부적절한 원격제어 V/V	1. V/V 오염 2. V/V 진동으로 인하여 제어장치 진동 자극	A8 참조
D	피동축이 너무 느림 (유량 少)	1. 라인 저항 대 2. 필터 막힘	B6 (1~5) 참조 6. 시퀀스 컨트롤 시 시퀀스 V/V 설정 高 또는 고장	1. 너무 적은 유량 설정 2. 타입 부적절(설정범위低) 3. V/V 막힘 또는 오염	B8 참조 6. 수동 V/V 완전히 안열림.
E	가동 온도 高	1. 작은 라인 단면으로 마찰 저항 대 2. 필터 막힘	1. 너무 많은 지속 유량 2. 타입 부적절(단면이 小) 3. 압력 설정 高 4. 응답시간이 너무 길다.	1. 너무 적은 유량 설정 (대부분 릴리프 통과) 2. V/V 고장	1. 누설 손실 대 2. 무부하 바이패스 작동 안됨 3. 스톱 고착
F	작동유 거품	1. 리턴 라인 단면 : 유면 위 2. 배관 잘못에 의한 와류			
G	실린더 느린반응				1. 전환 시간 설정이 너무 빠르다. 2. 솔 고장, 누설량 3. V/V 오염
H	전환 과정 시 라인 충격	1. 라인이 느슨	너무 빨리 전환 쓰로틀 또는 오리피스 손상		1. 전환 시간 설정이 너무 느리다. 2. 부적절한 타입. (단면의 급격한 변화).
I	펌프의 경전 빈도가 多		1. 시퀀스 또는 무부하V/V 잘못 설정 또는 고장		

고장원 영향	9. 작 동 유	10. 모 터, 실린더	11. 기 타
과 소 음	1. 유면이 너무 낮거나 또는 고점도 때문에 흡입이 곤란 2. 작동유 오염으로 인한 기기의 손상 및 막힘 3. 작동유 거품	1. 접촉면 마모 2. 제어 장치의 진동	
부족한 힘 또는 토오크 (부족한 압력)	1. 저점도로 인하여 누설 多 2. 고점도로 인하여 흐름 저항 大 3. 작동유 거품	1. 내부 누설량 (예 : 실린더 세브론 시일 마모) 2. 내부 마찰이 너무 커서 효율이 나쁘다. 3. A10 참조	1. 압력 컨트롤 또는 제어시 개 또는 폐 loop 에러 2. 지침계 고장
작 동 기 이상 운동	1. 작동유 오염 2. 작동유 거품	1. 실린더 세브론 시일의 마찰이 너무 커서 스틱스립현상 2. 유압모터 허용속도 초과	1. 피동축의 리턴 축에 카운터 밸런스 불충분 (예 : check-Q-meter)
피동축이 너무 느림 (유량 少)	B9 참조	B10 참조 4. 피동축 차단 (스폴 고착)	출발조건 고려 안됨 (제어 장치 에러) 전기 컨트롤 라인 고장 압력 스위치 고장 또는 설정 에러
가동 온도 高	B9 참조	1. 완전 소모에 의한 효율 손실 2. 내부 마찰이 너무 높아 효율이 나쁘다. 3. 내부 누설	1. 쿨링 출력 小 또는 가동시간이 너무 작다. 2. 펌프 가동 중 오랜 작업 중단시 무부하 안됨 3. 작동유가 너무 적다. 4. 쿨링 V/V 작동 안됨 5. Thermostat 너무 높게 설정 6. 냉각수 없음 또는 에어클러 고장 7. 냉각수 온도 高 8. 주변 온도 高 9. 쿨러 퇴적
작동유 거품	1. 제품 부적질		
실린더 느린 반응		1. 내부 누설 2. 공기 빼기 불량	1. 시트 오염 또는 고장으로 인하여 파일럿 체크V/V가 즉시 닫히지 않는다. 2. 리밋 스위치 오버런
전환 과정 시 라인 충격	1. 작동유 거품	1. 너무 큰 질량 또는 힘 2. 댐핑 안됨	1. 축압기 설비인 경우 전환 V/V 앞에 쓰로틀 無
펌프의 경전 빈도가 多			축압기가 있는 경우 1. 가스 예압이 너무 낮다. 2. 블레더 고장 3. 압력 스위치 설정 불량

3. 작동유의 점검과 관리대책

작동유의 열화나 오염도를 양적으로 나타내면 교환시기,의 판정에 도움이 된다. 일반적으로 색상·비중·인화점·점도·산가 등을 측정한다. 현장에서는 어렵지만, 기름 메이커에 의뢰하면 된다. 약1[ℓ]정도의 시료를 보내주면 대부분 무료로 간단히 판정해 준다.

눈으로 보는 외관적 방법은 운전 중의 기름 탱크에서 기름을 채취하여, 다시 장치를 운전 정지 후 24시간 정도 방치한 상태에서 기름 탱크 바닥에서 5[cm]정도 위의 기름을 채취하여 시험관에 넣고 새로운 기름과 비교합니다. 눈으로 본 상태에서의 판정은 표와 같지만, 비교 시험 결과 기름이 희게 되어 있거나 거품이 일든지 하는 것은 기름 탱크의 구조나 관리의 잘못에서 오는 기름의 트러블로 판단할 수 있습니다. 그것은, 기름은 물을 흡수하는 성질이 있어 정상적인 기름일지라도 물을 0.04[%]정도 함유하고 있습니다. 오일 쿨러에서의 물의 누설 등으로 수분이 기름 탱크에 들어가면 수분 함유율이 증가하여 기름은 우유빛으로 되어 버립니다. 그 결과, 펌프 등의 유압 기기의 운활성이 없어지거나, 시일재와 서로 맞지 않아 시일재가 뚝뚝 떨어져 버리는 트러블로 연결됩니다. 또, 그리스 등이 혼입해도 거품이 일어나고, 기름 탱크에 절삭유등의 다른 종류의 기름이 혼입해도 색이 변화하여 정상적인 성질을 잃어버리게 됩니다. 기름 탱크의 밀폐도나 설치 장소 등을 검토하여 대처해야 합니다. 기름 탱크안의 상태나 채취한 기름에 고형물이나 산화생성물이 침전해 있지 않은가, 혹은 취각을 작용시켜 냄새를 조사하는 것으로도 열화를 알 수가 있습니다

표 작동유의 정상 변화와 원인

성상	열화 오염에 의한 변화	원인과 검사·검토 항목
비중	증가	작동유의 열화, 종류가 다른 기름의 혼입
인화점	저하	작동유의 열화, 종류가 다른 기름의 혼입
색상	진해지며, 투명도가 악화	작동유의 산화, 수분 혼입에 의한 유화, 금속가루 등의 혼입
점도	증가, 저하	작동유의 열화로 증가, 플러성유 등의 혼입으로 저하
산값	증가	유온 상승에 의한 경우, 금속 가루의 혼입에 의한 경우
항유화성	증기 유화도가 높아진다	작동유의 열화
소포성	거품이 늘어나며, 소포성 악화	첨가제의 소모, 작동유의 열화

(주) 수용액의 산성도는 액중의 수소 이온의 양에 따라 표시할 수가 있다. 그래서 수소 이온 농도(그램이온/l)의 역수 상용 로그를 취하여, 이들을 수소 이온 지수라 하고 기호 pH로 표시한다. pH<7이면 산성, pH=7이면 중성, pH>7이면 염기성이 된다.

표 눈으로 본 기름의 판정법(새 기름과의 비교)

외 관	냄새	상태	내 책
투명하며 색채 변화가 없다	좋다	좋다	그대로 사용한다
투명하나 색이 옅다	좋다	다른 종류의 기름이 섞여 있다	검토를 조사하고, 좋으면 사용한다
젓빛으로 변화해 있다	좋다	불건물이나 수분이 섞여 있다	수분을 분리시킨다
흑갈색으로 변화해 있다.	악취	산화·연화돼 있다	기름을 교환한다
투명하나 작은 흑점이 있다	좋다	이물질이 섞여 있다	여과해서 사용한다

