

소형어선에 있어서 유압의 실제적 적용

정달성/연구개발부

1. 서 언

어선에 있어서도 유압 기기는 갑판기계 및 어로기계의 구동동력원으로서 널리 이용되고 있다. 이것은 유압에 의한 인력과 노력의 감축 및 조작성 등의 가치를 충분히 인식하고 또한 그의 신뢰성이 향상된 결과이다.

유압의 기본이론과 전문적인 유압기술에 대하여는 설명책자들이 많고, 또한 본지에서도 전문가에 의해 발표된 바도 있어 본고에서는 소형어선에서 많이 사용되고 있는 유압펌프, 유압모터, 감속기 및 유압배관 등의 실제적 적용에 중점을 두어 평이하고도 보편적으로 서술하고자 한다.

유압의 동력원인 유압펌프와 전동기, 또는

엔진은 기관실에 설치하고 어로기계 및 유압모터는 갑판상에 설치하여 그 사이를 배관으로 연결하면 되며 기계의 제어장소도 변환밸브의 배치에 의하여 자유롭게 설치하는 것이 가능하다.

2. 유압펌프 및 유압모터의 종류와 특징

유압펌프와 유압모터에 대하여는 동시에 설명하는 일이 많다. 그 이유는 구조가 대체로 동일하고 유압모터란 펌프를 역으로 작용시켜 사용하는 장치이기 때문이다. 그러나 동일한 유압펌프에 대응하는 유압모터라 하더라도 펌프와 모터 사이에는 구조적으로 약간의 차이가 있는 것이 보통이다.

유압펌프 및 모터의 종류와 특징

구 분			정격압력 (kgf/cm ²)	송출량 (cm ³ /rev)	회전수 (rpm)	가 격	소 음	가 변 용 량	전효율 (%)
피스톤형	축방향형	사판식	140~350	~500	300~3600	高	中~高	可	80~90
		사축식	140~350	~1800	300~3600				
	반지름 방향형	~315	~500	300~1800					
기어형	외접기어	175	~350	100~3000	低	中~高	不可	70~80	
	내접기어	30~70	~250	100~5000					
	고압내접기어	250	~125	300~2500					
베인형	평형식	70~90	~170	300~2000	中	中~高	可	70~80	
	고성능형	140~175	~350	300~2700					

감속기의 종류와 특징

구 분	감속비	전달효율(ηm)	가 격
평기어형(1단)	1/3~1/5	90%	低
평기어형(2단)	1/9~1/25	85%	中
유성형	1/6~1/30	95%	高

3. 감속기의 종류와 특징

고속 회전하는 유압모터를 저속회전이 요구되는 어로장치에 적용하기 위하여는 적정의 감속기가 필요하다. 2단식 평기어형 감속기는 전달효율이 좋지 않기 때문에 일반적으로 유성형 감속기를 사용한다.

4. 유압탱크 용량 및 배관경 결정

가. 유압탱크용량

유압탱크의 용량을 결정하기 위해서는 탱크의 방열량 및 주위온도 등을 고려하여 계산하여야 하지만 일반적으로 다음의 식을 사용한다.

$[3 \sim 7 \times \text{유압펌프 토출유량}(\ell/\text{min})]$

여기서, 3 : 유냉각기가 설치되는 경우의 최소값

7 : 유냉각기가 설치되지 않는 경우의 최소값

나. 배관경

배관경을 결정하기 위해서는 고압관과 저압관으로 구분하여 관내유속을 기준으로 결정한다.

(1) 관내 유속 표준

(가) 흡입관(탱크→펌프 : 저압관)

0.6% : 피스톤 펌프, 0.7% : 베인 펌프, 0.8% : 기어 펌프

(나) 탱크 Return관

2% : 70kgf/cm²이하 저압사용 및 길이 50m를 초과하는 관
4% : 기타 일반적인 탱크배관

(다) 압력관 및 Pilot관

2% 및 4% : 상기탱크Return관과 동일

7% : 배관길이가 10m이하의 유압 회로

10% : 배압이 다소 있더라도 문제가 되지 않는 안전밸브 및 Relief밸브 연결관

(2) 배관경 계산식

$$[A = \frac{Q}{6V} (\text{cm}^2)]$$

여기서, A = 관개구 면적(cm²)

Q = 관내 유량(ℓ/min)

V = 관내 유속(%)

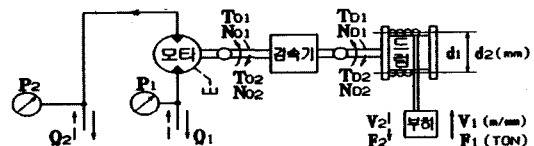
예) 사용압력 200kgf/cm²으로 관내유량 Q = 100ℓ/min의 배관 경은?

일반적으로 압력관의 관내유속은 4%로 하므로

$$A = \frac{Q}{6V} = \frac{100}{6 \times 4} = 4.17 \text{cm}^2$$

따라서, 개구면적 4.17cm²과 사용압력 200kgf/cm²을 만족하는 관은 25A 압력배관 용탄소강관(SCH 80)이 단면적 A = 4.9cm² > 4.17cm²이므로 이를 만족한다.

5. 유압모터 결정



가. 지정하는 조건($F_1, F_2, V_1, V_2, d_1, d_2$ 및 유압모터의 정격압력 P_3)을 정한다.
여기서, V_1 및 V_2 는 작업자의 숙련정도에 따라 차이가 있을 수 있으므로 초기 계획 시에 조정이 필요하다.

나. 드럼의 필요 토크를 구한다.

$$\left[T_{D1} = \frac{d_1 \times F_1}{2} \text{ (kgf} \cdot \text{m)}, \right. \\ \left. T_{D2} = \frac{d_2 \times F_2}{2} \text{ (kgf} \cdot \text{m)} \right]$$

다. 드럼의 회전수를 구한다.

$$\left[N_{D1} = \frac{1,000V_1}{\pi d_1} \text{ (rpm)}, \right. \\ \left. N_{D2} = \frac{1,000V_2}{\pi d_2} \text{ (rpm)} \right]$$

라. 지금까지 구한 $T_{D1} \cdot N_{D1}, T_{D2} \cdot N_{D2}$ 를 만족하는 유압모터가 있는지를 사용하고자 하는 제작사의 카탈로그를 검토하여 판단한다. 필요하다면 감속기를 사용하고 저속회전 한계(약400 rpm)에 주의하여 감속비(i)와 전달효율(η_m)을 구한다.

마. 유압모터 소요토크를 구한다.

$$\left[T_{O1} = \frac{T_{D1} \times i}{\eta_m} \text{ (kgf} \cdot \text{m)}, \right. \\ \left. T_{O2} = \frac{T_{D2} \times i}{\eta_m} \text{ (kgf} \cdot \text{m)} \right]$$

바. 유압모터 소요회전수를 구한다.

$$\left[N_{O1} = \frac{N_{D1}}{i} \text{ (rpm)}, N_{O2} = \frac{N_{D2}}{i} \text{ (rpm)} \right]$$

사. 상기 나, 다항 또는 마, 바항을 만족하는 유압모터의 모델을 사용하고자 하는 제작사 카탈로그로부터 찾고 소요토크의 최대를 T_0 , 소요회전수의 최대를 N_0 로 한다.

아. 유압모터의 송출량 q_0 를 구한다.

$$\left[q_0 = \frac{200\pi \times T_0}{(P_1 - P_2) \times \eta_t} \text{ (cc/rev)} \text{ ————— (a) } \right]$$

여기서, 토크효율(기계효율) η_t 는 약90%로 하며 배압 p_2 는 일반적으로 입구측압력 p_1 의 10%이하로 계산하여 (a)식을 변형하면 (b)식과 같이 된다.

$$\left[q_0 = \frac{200\pi \times T_0}{(P_1 - 0.1P_1) \times \eta_t} = \frac{200\pi \times T_0}{0.9P_1 \times \eta_t} \text{ (cc/rev)} \text{ ————— (b) } \right]$$

입구측압력 p_1 은 사용자가 희망하는 압력으로 서 보통은 제작사의 실적을 참고 하여 동등압력으로 하거나, 유압모터 정격압력 P_3 의 70~90%하며 90%를 초과 하지 않도록 한다. 이것을 식(a)에 대입하면 식(c)와 같이 되고

$$\left[q_0 = \frac{200\pi \times T_0}{(P_1 - P_2) \times \eta_t} = \frac{200\pi \times T_0}{(0.9P_3 - P_2) \times \eta_t} \text{ (cc/rev)} \text{ ————— (c) } \right]$$

배압 p_2 를 입구측압력 p_1 의 10%이하로 하여 식(b)에 대입하면 식(d)와 같이 된다.

$$\left[q_0 = \frac{200\pi \times T_0}{0.9P_1 \times \eta_t} = \frac{200\pi \times T_0}{0.81P_3 \times \eta_t} \text{ (cc/rev)} \text{ ————— (d) } \right]$$

자. 상기 T_0, N_0 및 q_0 를 만족하는 모델을 제작사 카탈로그로부터 찾아 제1후보로 하고, 카탈로그상의 q_0 와 η_t 를 다음 식에 대입하여 유압모터의 소요압력차($p_1 - p_2$)를 구한다.

$$\left[p_1 - p_2 = \frac{200\pi \times T_0}{P_0 \times \eta_t} \text{ (kgf/cm}^2\text{)} \right]$$

차. 입구측 압력 p_1 을 구한다.

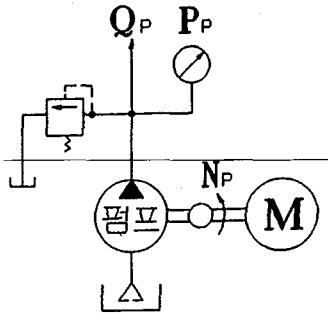
$$\left[p_1 = p_2 + \text{상기 사항에서 구한 값} \right]$$

카. 입구측 압력 p_1 이 유압모터의 정격압력 P_3 의 90%를 초과하는 경우에는 초과하지 않을 때까지 한 단계 높은 모델을 지정하여 재검토한다. 이와 같이 하여 유압모터가 결정된다.

6. 유압펌프 및 전동기 결정

가. 지정하는 조건(전동기 및 펌프의 회전수 N_p , 토출측압력 P_p , 소요토출유량 Q_3 , 전동기구동용 전원)을 정한다.

▷ 유압펌프 필요유량 Q_3 은 상기 5항에서 계산된 유압모터 소요유량에 손실유량(약5 l/min)을 가산한다.



나. 토출용적 q_p 를 구한다.

$$[q_p = \frac{1,000Q_3}{N_p \times \eta_v} \text{ (cc/rev)}]$$

▷ 용적효율 η_v 는 90%로 계산하며 N_p 는 전동기 구동일 경우 전동기회전수, 엔진구동(직결 혹은 벨트구동)일 경우에는 연료소모율이 가장 낮은 엔진회전수로 계산한다.

다. 상기 계산으로 구한 q_p 를 만족하는 모델을 사용하고자 하는 제작사의 카탈로그에서 찾아 유압모터로 토출되는 펌프의 실토출유량 Q_p 을 구한다.

$$[Q_p = \frac{q_p \times N_p \times \eta_v}{N_p \times \eta_v} \text{ (l/min)}]$$

▷ 실토출유량 Q_p 가 유압펌프 필요유량 Q_3 을 초과하는지를 확인하여 부족한 경우에는 제작사의 카탈로그에서 한 단계 높은 모델을 선정하여 재검토하며, 역으로 너무 많이 초과 할 경우에는 한 단계 낮은 모델을 선정하여 재검토한다.

라. 펌프의 소요압력 L_p 를 구한다.

$$[L_p = \frac{P_p \times Q_p}{612 \times \eta_p} \text{ (kW)} = \frac{P_p \times Q_p}{450 \times \eta_p} \text{ (PS)}]$$

▷ 펌프 전효율 η_p 는 85~90%로 계산한다.

마. 엔진동력 취출용량 및 전동기용량 L_{EM} 를 구한다.

$$[L_{EM} \geq \frac{L_p}{\text{과부하허용율}}]$$

▷ 과부하 허용율은 제작사 공장시험시는 120%로하나 수요자 입장에서는 150%로하여 전동기용량을 결정하는 것이 안전하다.

예) 다음 조건을 만족하는 유압펌프(피스톤 펌프형의 경우)와 전동기를 선정 하시오.

▷ 토출측압력 $P_p = 145 \text{ kgf/cm}^2$ 일 때 소요토출유량 $Q_3 = 80 \text{ l/min}$ 이고 전동기는 6극(전원 60Hz-220V)이며 과부하 허용율은 120%이다.

해) 1) 전동기와 펌프의 회전수 $N_p = 1150 \text{ rpm}$ (제작사카탈로그)

2) 토출용적

$$[q_p = \frac{1,000Q_3}{N_p \times \eta_v} \text{ (cc/rev)} = \frac{1,000 \times 80 \text{ l/min}}{1150 \text{ rpm} \times 0.90} \text{ (cc/rev)} = 77.3 \text{ cc/rev}]$$

여기서, 용적효율 η_v 는 90%로 가정함

3) 제작사 카탈로그에서 $q_p = 77.3\text{cc/rev}$ 를 만족하는 모델을 후보로 선정
한 결과 찾은 값이 $q_p = 80\text{cc/rev}$, $\eta_v = 97.5\%$, $\eta_p = 92\%$ 라하면, 펌프
의 실투출유량 Q_p 를 구한다.

$$\begin{aligned} [Q_p &= \frac{q_p \times N_P \times \eta_v}{1,000} \text{ (l/min)} \\ &= \frac{80\text{cc/rev} \times 1150\text{rpm} \times 0.975}{1,000} \\ &= 89.7 \text{ (l/min)} \end{aligned}$$

89.7 l/min는 계산용량 77.3cc/rev를 훨씬 초과하므로 한 단계 낮은 모델을 선정하여 찾은 값이 $q_p = 63\text{cc/rev}$, $\eta_v = 97\%$, $\eta_p = 91\%$ 라하면,

$$\begin{aligned} Q_p &= \frac{q_p \times N_P \times \eta_v}{1,000} \text{ (l/min)} = \\ &= \frac{63\text{cc/rev} \times 1150\text{rpm} \times 0.97}{1,000} = \end{aligned}$$

70.3(l/min)

이 되어 77.3cc/rev를 만족하지 아니하므로 처음에 선정한 $q_p = 80\text{cc/rev}$, $\eta_v = 97.5\%$, $\eta_p = 92\%$ 을 갖는 모델로 결정한다.

4) 펌프의 소요압력 L_p 를 구한다.

$$\begin{aligned} [L_p &= \frac{P_p \times Q_p \times \eta_v}{612 \times \eta_p} \text{ (kW)} \\ &= \frac{145\text{kgf/cm}^2 \times 89.7 \text{ l/min}}{612 \times \eta_p} \\ &= 23.1 \text{ (kW)} \end{aligned}$$

5) 전동기용량 L_{EM} 를 구한다.

$$\begin{aligned} [L_{EM} &\geq \frac{L_p}{\text{과부하허용율}} = \frac{23.1\text{kW}}{1.2} \\ &= 19.3\text{kW} \end{aligned}$$

19.3kW를 만족하는 22kW의 전동기를 선정한다.

7. 맺음말

어선에 있어서 유압펌프나 모터의 채택에 있어 불확정 요소가 많기 때문에 선정에 어려움이 많은 것은 사실이나, 소형어선에 주로 사용되는 Side Roller나 Net Roller에 작용하는 부하와 조건(최대부하, 양망속도, Roller외경등)만 알면 유압펌프, 유압모터, 감속기, 전동기 및 배관경등을 선정하는데 있어서는 부족하나마 본고에서 소개한 내용이 유용하게 이용될 수 있을 것이다.

參 考 文 獻

- (1) 內田油壓機器工業(株) : 內田油壓, 1991-4
- (2) 住友重機械工業(株) : 油壓機器 및 油壓모터
- (3) 동명중공업주식회사 : 유압펌프 및 밸브