

함상용 예인 윈치 시스템의 개발

Development of a Seaborne Towing Winch System

독 고 옥*

양 승 윤*

Wook Dokko,

Seung-Yun Yang

ABSTRACT

This paper contains the design specification and detail design for a seaborne towing winch system. We analyze operating condition of the system and decide the design specification for the towing winch system, and also perform a detail design for the subsystem such as hydraulic winch system, control equipment and power supplier at the full scale development. The performance of designed towing winch is established by load tests and sea trial tests.

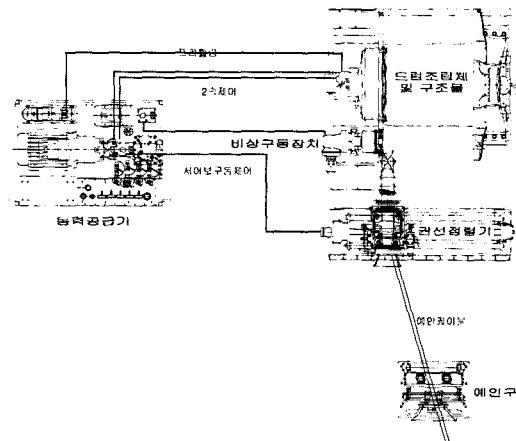
주요기술용어 : Towing Winch(예인윈치), Winch Controller(윈치제어기)

1. 서 론

예인윈치는 예인체 및 예인케이블을 수중으로 투하하여 예인하거나 수중의 예인체 및 예인케이블을 인양하여 저장하는 기능을 가지는 함상설치 운용장비이다⁽¹⁾⁽²⁾. 본 시스템은 크게 윈치조립체, 윈치제어기, 동력공급기, 안내구 및 예인케이블로 구성된다. 또한 윈치조립체의 구성품은 윈치드럼, 구조물 및 권선정렬기로 구성되며 동력공급기는 유압발생장치 및 전원공급기로 구성된다. 예인윈치 시스템의 전체 구성도는 Fig. 1과 같다.

해양환경에 대한 자료를 수집하기 위하여 예인체를 투하, 예인 및 인양하는 예인윈치는 예인체에 의하여 유기되는 부하를 견디며 투/인양 요구 소요시간을 맞추도록 설계되어야 하며, 윈치의 설치공간 제약을 고려하여 설계되어야 한다. 또한 예인케이블

은 예인체를 선박의 속도에 따른 운용심도를 유지하도록 해야 하며, 탑재선박의 추진기에 의해서 유기되는 잡음의 영향을 최소화하기 위하여 일정한 이격거리를 유지해야 하는 설계사양이 요구되어 시스템 개발에 많은 어려움이 존재한다.



(Fig. 1) Configuration of Towing Winch System

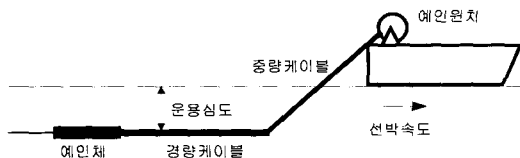
* 국방과학연구소 선임연구원

따라서 본 연구에서는 예인케이블의 동특성을 해석하여 케이블의 제원 즉 길이, 직경, 비중을 결정하였다. 이때 케이블에 걸리는 부하를 산출하고, 투입양 시간을 고려하여 유압 구성요소를 선정하였다. 예인원치의 드럼 및 플랜지는 케이블의 길이, 직경, 안전 곡률반경 및 설치공간을 고려하여 설계를 하였다. 또한 투입양시 부하에 따른 원치드럼 속도제어와 케이블이 원치드럼에 권선시 정렬을 위하여 이송대의 위치 및 롤러 폭 조절장치를 제어하는 원치제어기를 설계하였다. 본 제어기는 기본적으로 1인 운용이 가능하도록 설계하였으며, 안정성과 신뢰도를 증대시키기 위하여 주제어반 이외에 별도의 보조제어반과 비상구동반을 설계하여 기능을 부여하였다. 설계된 예인원치는 실제 제작하여 육상에서의 작동 시험과 부하시험을 수행하여 성능을 사전에 검증하고, 실제 선박에 탑재하여 해상시험을 통하여 성능을 확인하였다.

2. 운용조건 및 설계사양

2.1 운용조건

기본적으로 예인선박 운용속도 16Kts에서 예인체의 심도는 약 30m, 12Kts에서는 약 60m 정도의 심도를 유지해야 되고, 선박의 추진기에 의해서 유기되는 외란의 영향을 받지 않기 위하여 예인체는 예인선박과 약 650m 정도의 이격거리를 유지해야 한



(Fig. 2) Operating concept of system

다. 또한 예인원치의 설치공간 제약과 투입양 소요시간(20분 이내)을 고려하여 중량케이블과 경량케이블의 전체길이를 800m 이내로 구성해야 한다. 이에 대한 운용개념은 Fig. 2와 같다.

2.2 설계사양

예인원치 설계를 위해서는 케이블의 소요장력 해석이 가장 먼저 선행되어야 한다. 따라서 케이블 소요장력과 소요길이 결정을 위하여 Table 1, 2와 같은 특성을 갖는 케이블⁽¹⁾에 대하여 운용조건을 만족시키는 조건아래에서 동특성 해석을 수행하였다⁽³⁾. 예인케이블의 특성데이터를 이용하여 동특성을 해석한 결과 선박속도 16Kts에서 중량케이블의 길이 약 400m와 경량케이블의 길이 약 300m로 구성시 예상 케이블의 심도는 약 36m이고 이때 소요장력은 약 2.5톤 정도가 요구되었다. 또한 케이블 예인시 시스

(Table 1) Characteristic Data of Towing Cables

구 분	제원 (직경x길이)	예인체 및 케이블 특성		
		단위길이당 무게	안전직경	파단력
중량 케이블	$\phi_n, \text{mm} \times L_n, \text{m}$	Kg/Km(공기중) Kg/Km(수중)	m	ton
경량 케이블	$\phi_l, \text{mm} \times L_l, \text{m}$	Kg/Km(공기중) Kg/Km(수중)	m	ton
예인체	$\phi_r, \text{mm} \times L_r, \text{m}$	Kg/m ³ (비중)	m	
Tail Rope	$\phi, \text{mm} \times L, \text{m}$	Kg/m ³ (비중)	-	

(Table 2) Required Force of Towing Cables

구 분	함속도	예인심도	소요장력	
1	정상운용 인양	16Kts	36m	2.5ton
2	제동력	30Kts		10.0ton
3	비상구동	5Kts		0.8ton

템 최대 생존성은 10톤이고, 정상시스템의 고장시 케이블 회수를 위한 최소 소요동력은 5Kts에서 0.8톤이다. 그리고 시스템의 운용성 증대를 위하여 경량 케이블을 1층 줄이고 중량케이블 길이를 1층 늘리는 개념으로 설계시양을 설정하였다. 설정된 케이블의 소요길이는 설치공간, 최소안전곡률 등을 고려하여 최종적으로 소요길이를 산출하였다.

3. 윈치조립체 및 윈치제어기 설계⁽⁴⁾⁻⁽⁵⁾

3.1 윈치조립체 설계⁽⁶⁾

(1) 윈치드럼 및 구조물 설계

윈치드럼 설계의 기본조건은 예인체 및 케이블의 안전을 고려하여 드럼의 직경은 케이블 및 예인체의 최소 굽힘직경보다 커야 하는 제한조건을 가지므로 드럼직경은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 D_H &= D_0 + d_H + \sqrt{3} \times (n-1) \times d_H \\
 D_L &= D_H + d_H + d_L + \sqrt{3} \times (n-1) \times d_L \quad (1) \\
 D_T &= D_L + d_L + d_T + \sqrt{3} \times (n-1) \times d_T
 \end{aligned}$$

여기서, D_H 는 중량케이블, D_L 는 경량케이블에서의 드럼직경, D_T 는 예인체, n 은 케이블 층수, D_0 는 드럼직경, d_H 는 중량케이블 직경, d_L 는 경량케이블 직경 그리고 d_T 는 예인체의 직경이다. 또한 드럼폭은 케이블 및 예인체의 직경과 권선층별 감김 횟수에 의해 결정된다.

$$N = \frac{l}{\pi D_0}, \quad W = N \times P \quad (2)$$

여기서, l 은 케이블 길이, W 는 드럼폭, N 은 감

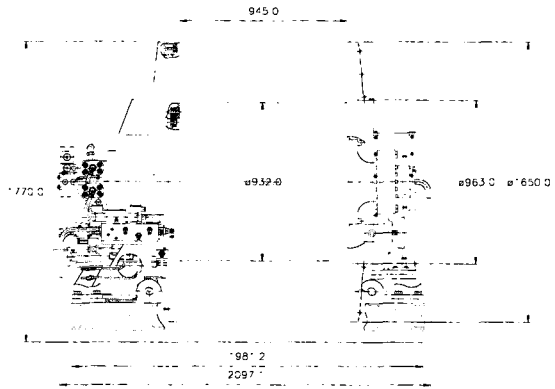


Fig. 3 Designed winch drum and structure

김횟수, P 는 케이블 피치, D_0 는 드럼직경을 나타낸다. 그리고 플랜지의 직경, D_F 는 케이블 및 예인체의 직경과 권선층수에 의해 아래와 같이 결정된다.

$$D_F \geq D_0 + \sqrt{3} \times (h_c \times d_H + m_c \times d_L + n \times d_T) \quad (3)$$

여기서, h_c 는 중량케이블의 권선층수, m_c 는 경량케이블의 권선층수, n 은 예인체의 권선층수이다.

(2) 드럼구동용 유압모터

예인케이블 및 예인체를 투인양하기 위한 구동력과 소요시간을 만족하기 위한 회전속도를 가져야 하며 효율적인 투인양을 위해서는 케이블에 걸리는 부하에 따라 고속과 저속의 속도변화가 가능해야 한다. 이때 유압모터에 가해지는 전체 부하 토크, T 는 다음과 같이 정의된다.

$$\begin{aligned}
 T &= T_{ad} + T_{af} + T_{mr} + T_L \\
 &= I_d \times \frac{dw}{dt} + I_f \times \frac{dw}{dt} + I_m \times \frac{dw}{dt} + T_L \quad (4)
 \end{aligned}$$

여기서, T_{ad} 는 윈치드럼의 관성부하 토크, T_{af}

는 플랜지의 관성부하 토크, T_m 은 유압모터 회전부의 관성부하 토크 그리고 T_L 은 부하에 의한 출력 토크를 나타낸다. 그리고 I_d 는 윈치드럼의 관성모멘트, I_f 는 플랜지의 관성모멘트, I_m 은 유압모터의 관성모멘트를 나타낸다. 또한 윈치드럼의 회전속도는 13 rpm이므로 윈치드럼의 각가속도는 다음과 같이 표현된다.

$$\frac{dw}{dt} = \frac{2 \times \pi \times D_{drum}}{60 \times \Delta t} = 1.36 \text{ rad/sec}^2 \quad (5)$$

여기서 Δt 는 가속시간으로 1초이며, D_{drum} 은 드럼회전수이다. 케이블에 의한 부하 출력 토크는 $960 \text{ kgf} \cdot \text{m}$ 이다⁽³⁾. 따라서, 전체 부하 토크는 $1010 \text{ kgf} \cdot \text{m}$ 이 된다. 요구압력은 20 kN의 정격 견인력이 작용할 때 주회로에서 발생하는 시스템 압력은 다음과 같다.

$$P = K \cdot \frac{T}{t_s} + \Delta P_d + P_c = 143 \text{ bar} \quad (6)$$

여기서, K 는 모델44 계수(1.03), ΔP_d 는 압력강하(2bar), P_c 는 저장압력(2bar), t_s 는 정격토크(75 Nm/bar)이다. 또한 정격유량, Q 는 다음과 같다.

$$Q = D_{drum} \times V_i \times K_1 + Q_l = 72 \text{ lpm} \quad (7)$$

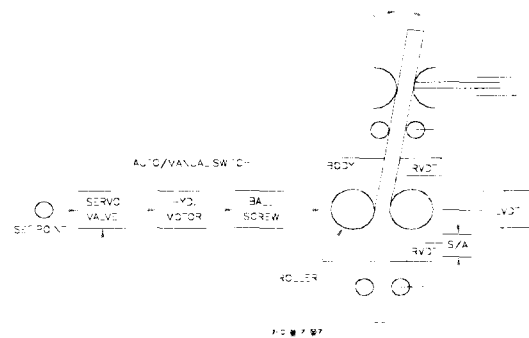
여기서, V_i 는 용적($4712 \text{ cm}^3/\text{rev}$), K_1 는 상수(10^{-3})이고, Q 는 총 용적손실 (10 lpm)이다. 고속모드시 발생 토크의 해석은 윈치드럼의 회전속도 26rpm 및 윈치드럼의 각가속도는 2.7 rad/sec^2 로 부터 부하에 의한 외력 토크는 $480 \text{ kgf} \cdot \text{m}$ 구하고 이로부터 전체 부하 토크 $579 \text{ kgf} \cdot \text{m}$ 계산한다. 이때 요구압력은 정격 견인력이 작용할 때 주회로

라인에 발생하는 압력은 163bar이다. 고속모드시 시스템에 요구되는 드럼의 최대 회전수는 26rpm이므로 정격유량은 73 lpm이다.

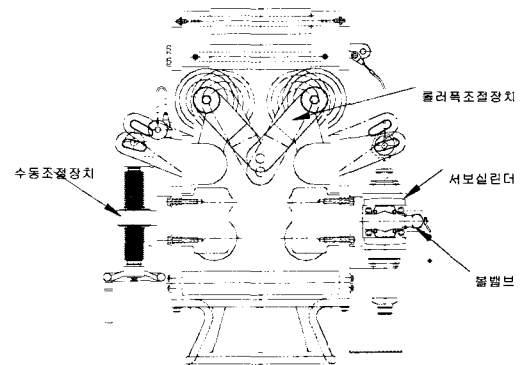
3.2 권선정렬기 설계

(1) 권선정렬기 부하 해석

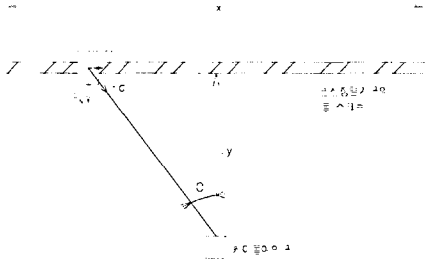
권선정렬기는 예인케이블 및 예인체를 윈치드럼에 가지런히 정렬하기 위하여 드럼상의 케이블 위치와 상호연동하여 권선정렬기상의 케이블의 위치를 이동시키는 이송장치(Fig. 4)와 케이블의 종류에 따라 통과폭을 조절해주는 롤러폭 조절장치(Fig. 5)로 구성되어 있다.



(Fig. 4) Configuration of transfer device



(Fig. 5) Configuration of roller width control system



(Fig. 6) Load analysis of transfer device

권선정렬기에 작용하는 부하는 장력 및 이송대 중량에 의한 부하하중과 볼스크류의 예압하중으로 구분되며, 이 중에서 케이블 장력에 의한 부하하중이 가장 큰 영향을 미친다. 케이블 장력은 선박속도, 케이블 길이, 파고의 변화 등과 같은 다양한 요소에 의해 결정된다. 케이블 장력에 의한 부하는 Fig. 6에서 권선정렬기상의 케이블 위치(이송대)가 이동함에 따라 시간에 대해 변화하는 부하를 토크로 나타냄으로써 표현된다.

케이블 장력에 대한 수평성분의 힘, F_T 와 수직성분의 힘, F_N 은 다음과 같다.

$$F_T = F_C \sin \theta, \quad F_N = F_C \cos \theta \quad (8)$$

여기서, F_C 는 케이블 장력, θ 는 케이블 예인구를 중심으로 케이블 이동범위의 중심과 케이블이 이루는 각도, L_X 는 이송대 이동범위, L_Y 는 예인구에서 권선정렬기까지 거리를 나타낸다.

(2) 이송장치 설계

앞의 권선정렬기 부하해석 결과를 이용하여 이송장치의 이동력을 구한다. 이 힘은 이송장치의 유압모터 및 서어보 밸브 선정의 기준이 되는 설계요소이다. 이송장치의 이동력은 부하가 2.5톤이 걸릴 때 식 (8)로부터 0.4톤이 되고 정지력, F_H 는 1.6톤이 된다.

(Table 3) Moving velocity of cables

구분	케이블 직경 (mm)	드럼의 최대회전수 (rpm)	케이블 이송속도 (mm/sec)
중량 케이블		13 (26)	6.7
경량 케이블		13 (26)	17.8
예인체		5	4.75

또한 유압모터에 걸리는 총 부하 토크는 다음 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$T_g = T_A + T_L = J_i \cdot \frac{dw}{dt} + T_L \quad (9)$$

여기서, T_g 는 유압모터에 의해 생성되어진 토크, T_A 는 관성토크, T_L 은 부하의 출력토크이다. 또한 J_i 는 유압모터와 부하의 전체 관성모멘트이다. 유압모터의 회전속도는 아래 Table 3과 같은 케이블의 종류와 드럼의 최대 회전속도에 따른 케이블의 이송 속도값을 만족해야 한다.

이송장치가 케이블과 일정한 각도를 유지하면서 드럼에 케이블을 권선하려면 드럼의 케이블 이송속도와 이송장치의 이송속도가 같아야 한다. 속도차로 발생하는 오차량은 케이블 기울기를 선정하여 보상한다.

$$S_{drum} = N_{drum} \times P \times 10^{-3} \quad (10)$$

여기서, S_{drum} 는 이송속도, P 는 케이블 피치, N_{drum} 은 드럼 회전수를 나타낸다. 위 식으로부터 이송장치 리드스크류의 이송속도를 구하면 다음과 같다.

$$S_{CLD} = N_{CLD} \times L_d \quad (11)$$

여기서, S_{CLD} 는 리드스크류 이송속도, L_d 는 리

드, N_{CLD} 는 모터 회전수이다. 드럼에 케이블의 최대 이송속도는 경량케이블을 고속으로 감을시 발생하므로 1.07m/min이다. 그러므로, 이송장치 리드스크류의 이송속도는 $S_{drum} = S_{CLD}$ 조건하에서 구하면 다음과 같다.

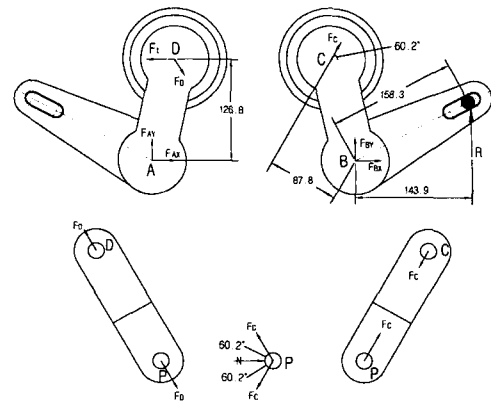
$$N_{CLD} = \frac{S_{CLD}}{L_d} = 107\text{rpm} \quad (12)$$

(3) 롤러폭 조절기 설계

롤러폭 조절기는 통과하는 케이블의 직경에 따라서 적절한 롤러의 폭을 조절하기 위한 유압식 구동 장치이다. 먼저 서보밸브는 정격유량, Q_R 이 최대 입력전류가 주었을 때 밸브 압력강하가 1000psi 일때의 유량으로서 나타내며, 이때 최대 동력전달이 이루어진다. 부하유량, Q_L 은 서보 밸브 공급압력의 1/2만큼 부하압력으로 사용할 경우, 서보밸브를 통과하는 부하유량은 다음과 같다.

$$Q_L = Q_R \times \sqrt{\frac{P_S - P_L}{1000}} = 9.5\text{ lpm} \quad (13)$$

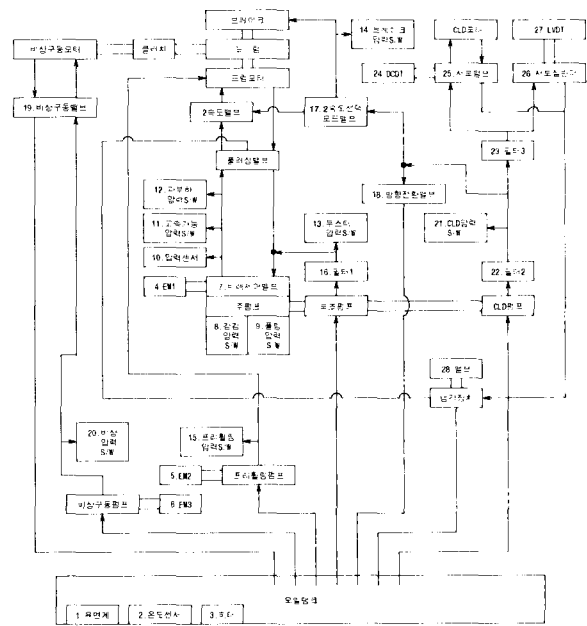
또한 무부하유량, Q_{NL} 은 액츄에이터에 부하가 걸리지 않을 시 서보밸브를 통과하는 부하 유량은 무부하 때와 같으므로 13.4 lpm으로 정해진다. 또한 케이블 직경이 서로 달라도 인양투하시 소요시간에 영향을 주지 않고 롤러 폭이 조정되도록 기구학적 링크를 설계해야 한다. 링크에 의해 액츄에이터에 전달되는 힘은 Fig. 7에 제시한 바와 같이 케이블 장력으로 발생하는 추력을 롤러가 받을 경우 링크에 작용하는 힘의 합력, 즉 $\sum M_C = 0$ 으로 부터 구할 수 있으며 이로부터 좌/우측 액츄에이터가 받는 힘을 계산한다.



(Fig. 7) Rink mechanism with cable tension

(4) 유압회로 설계

본 시스템에서의 유압회로는 Fig. 8에 제시하였다. 동력전달회로를 기능별로 구분하면 케이블 투/인양 시 사용하는 드럼구동회로, 부스터회로, 권선정렬 및 드럼제동회로와 예인시에 사용하는 프리휠링회로로



(Fig. 8) Hydraulic Circuit Diagram

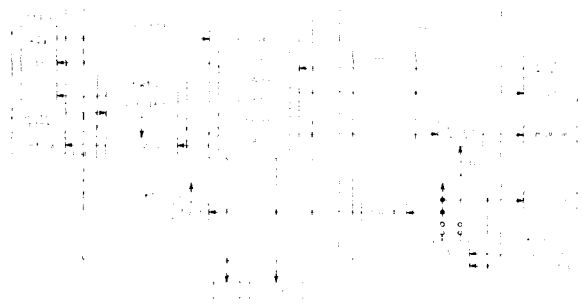
구성되어 있다. 주회로는 윈치드럼을 구동시켜 케이블을 투하 및 인양하며 윈치드럼을 일정 속도제어 또는 압력 피이드백에 의한 드럼속도를 제어하는 기능을 가진다. 부스터회로는 주회로 내에 누설유량을 보충하여 주펌프의 흡입측에 공동현상이 일어나지 않도록 하며 또한 주모터의 2속제어를 위한 유압공급원의 역할을 한다. 제동회로는 윈치시스템 작동시 브레이크 실린더에 유압을 공급하여 윈치드럼을 구동하는 기능을 가진다.

프리휠링(Freewheel)회로는 케이블 예인시 발생하는 과부하로 인하여 제동된 드럼이 미끄럼에 의한 회전이 발생할 경우에 주 유압모터의 손상을 방지하기 위하여 주유압모터 내의 플랜지를 단락시켜 시스템을 보호하는 기능을 가진다. 권선정렬회로는 서보밸브로 제어되는 기구적인 작동에 의해 케이블 권선정렬 이송량을 제어하는 기능을 가진다.

3.2 윈치제어기 설계

(1) 윈치제어기 구성 및 기능

윈치제어기는 드럼구동반, 권선정렬구동반, 원격조종반, 보조제어반, 비상구동반, 운용상태표시반, 데이터연동반, 그리고 조작용넬로 구성되어 있으며, 구성도는 Fig. 9와 같다. 설계된 제어기의 보유기능은

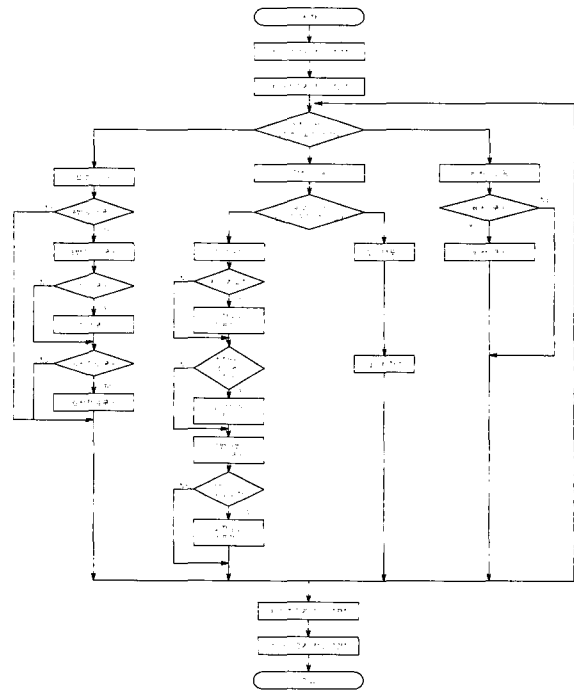


(Fig. 9) Configuration of winch controller

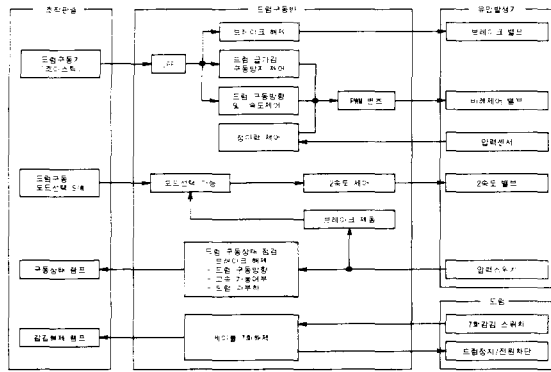
투/인양 부하에 따른 드럼속도(고속/저속)제어 및 과부하에 대한 정마력 제어기능, 권선정렬 자동/수동 제어 및 케이블 직경에 따른 롤러폭 자동/반자동/수동 조절기능, 윈치운용상태 및 시스템 경고 표시기능, 고장진단 기능, 보조/비상 구동기능을 가진다.

(2) 예인윈치 운용개념

윈치시스템의 기본운용은 정상운용, 보조운용, 비상운용으로 구분되며, 평상시에는 정상운용이다. 보조운용은 회로기관 고장으로 인하여 제어를 정상적으로 작동하지 못할 경우에 보조수단으로 사용되며, 비상운용은 주모터 또는 드럼구동용 유압모터 등의 고장에 의해 정상운용 또는 보조운용이 불가능할 경우에 비상구동장치를 사용하여 예인케이블을 인양하고자 할 때 사용된다. 윈치 시스템의 운용 흐름도를 Fig. 10에 제시하였다.



(Fig. 10) Operating flow chart of winch system



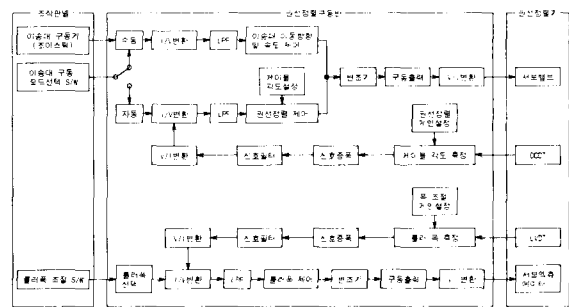
(Fig. 11) Circuit of winch drum

(3) 윈치드럼 구동반

윈치드럼 구동반은 Fig. 11에서 보는 바와 같이 드럼을 구동 및 제어하는 회로로서 저주파 통과회로, 브레이크 해제회로, 드럼 급가감 구동방지 제어회로, 드럼 구동방향 및 속도 제어회로, 정마력 제어회로, 2속도 제어회로, 펄스 폭 조절회로, 드럼 구동상태 점검회로, 케이블 7회 해제 점검회로 등으로 구성되어 있다. 저주파 통과회로는 드럼구동기 조작시의 손떨림이나 외부노이즈 등에 의해 발생한 이상신호를 제거하는 역할을 하며, 펄스 폭 조절회로는 비례제어밸브를 작동하기 위하여 출력 구동전압을 전류로 변환하는 역할을 한다. 브레이크 해제회로는 드럼구동기의 위치가 중립에서 벗어나면 브레이크 밸브를 작동하는 역할을 하며, 드럼 급가감 구동방지 제어회로는 드럼구동기를 급조작하여도 드럼이 급회전 또는 급정지되지 않도록 방지해주는 역할을 한다. 드럼의 구동방향과 속도 제어회로는 드럼구동기의 조작방향과 조작량에 따라 비례제어밸브의 스펴 개폐방향과 개폐량에 조절하는 역할을 한다. 정마력 제어회로는 인양 과부하시 압력센서에서 감지한 신호를 기준으로하여 드럼의 속도를 제어하는 역할을 하며, 드럼 구동상태 및 케이블 7회 해제 점검회로는 압력스위치 및 7회 감김스위치에 의해 드럼의 구동상태를 점검하는 역할을 한다.

(4) 권선정렬 구동반

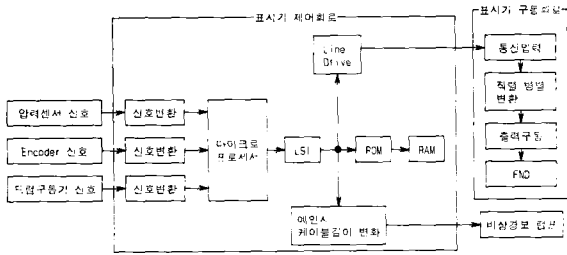
권선정렬 구동반은 드럼상에 케이블을 가지런히 정렬하기 위한 회로로서 Fig. 12에서 보는 바와 같이 이송대 구동회로와 롤러 폭 조절회로로 구성되어 있다. 이송대 구동회로는 자동모드시에는 DCDT에 의해 측정된 케이블의 상대 각도만큼, 수동모드시에는 이송대 구동기의 조작량 만큼 서보밸브의 스펴을 개폐하여 이송대를 이동하도록 설계되어 있다. 롤러 폭 조절회로는 롤러 폭 조절스위치에 의해 선택된 값 즉, 롤러 폭과 LVDT에 의해 측정된 값의 오차만큼 서보 액츄에이터를 작동하도록 설계되어 있다. 이와 같이 서보시스템을 제어하는 회로에는 이송대 구동기나 DCDT 또는 LVDT에서 출력하는 전류를 전압으로 변환하는 I/V 변환회로, 제어회로를 거쳐 발생한 구동 출력전압을 전류로 변환하여 서보밸브나 서보 액츄에이터에 인가해주는 V/I 변환회로, 신호 증폭 및 필터 회로, 서보시스템의 응답특성을 개선해주기 위하여 디더 주파수를 공급해주는 변조회로, 케이블각도나 권선정렬 게인 또는 롤러폭 조절 게인을 설정해주는 회로 등이 내장되어 있다.



(Fig. 12) Circuit of cable winding alignment

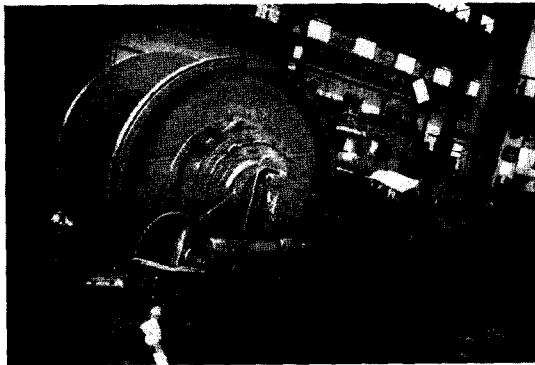
(5) 운용상태 표시반

운용상태 표시반은 케이블 길이, 드럼의 회전속도, 드럼의 구동압력 등의 운용상태를 운용자에게



(Fig. 13) Circuit of operating status display

알려주도록 설계된 회로로써, Fig. 13에서 보는 바와 같이 표시기 제어회로와 표시기 구동회로로 구성되어 있다.



(a) Winch drum & Cable winding Device



(b) Winch controller
(Fig. 14) Towing winch system

4. 실험 결과 및 고찰

예인원치는 운용조건과 부하해석 그리고 유압구성품 용량계산을 통하여 설계 및 제작되었으며 이에 대한 예인원치의 형상은 Fig. 14와 같다.

4.1 육상시험

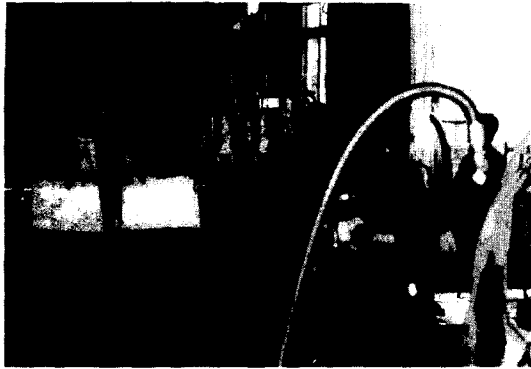
설계/제작된 예인원치를 해상에서 실제 탑재선박에서 성능시험을 하기 전에 육상에서 성능검증을 위하여 작동시험과 부하시험을 수행하였다. 작동시험으로는 윈치드럼의 감김과 풀림시험, 이송장치의 좌/우 이동시험 및 롤러폭 조절기의 작동시험을 수행하였으며, 부하시험으로는 윈치드럼의 견인력과 제동력 측정시험 그리고 권선정렬기 이송장치 이송력과 정지력 측정시험을 수행하였다. 육상에서 부하시험을 위하여 보조원치와 부하 시뮬레이터를 사용하였으며 그 형상은 Fig. 15와 같다.



(Fig. 15) Load simulator

(1) 윈치드럼의 견인력과 제동력 시험

윈치드럼의 견인력과 제동력을 측정하기 위하여 Fig. 16과 같이 부하시험을 수행하였다. 시험결과 윈치드럼의 최대 견인력은 2.95톤으로 설계사양 2.5톤



(Fig. 16) Test of pulling/bracking force

을 초과하였다. 이에 대한 이유는 용량계산에 적합한 유압구성품이 없을 경우 한 등급 위의 부품을 선택한 결과로서 크기 및 무게에는 다소 불리하나 성능면에서 여유를 갖는다. 또한 제동력의 시험 결과는 10.86톤으로 설계사양 10톤에 잘 만족하였다.

(2) 권선정렬기의 시험

이송장치의 속도제어와 케이블 롤러폭 조절장치에 의한 권선정렬 시험결과 Fig. 17에서 보는 바와 같이 매우 양호한 권선정렬 상태를 나타내었으며 권선정렬기 이송장치의 이송력과 정지력을 측정하기 위하여 Fig. 18과 같이 시험장비를 구성하였다.

부하시험 측정결과, 이송력은 0.52톤으로 설계 0.4톤



(Fig. 17) Test result of cable winding alignment

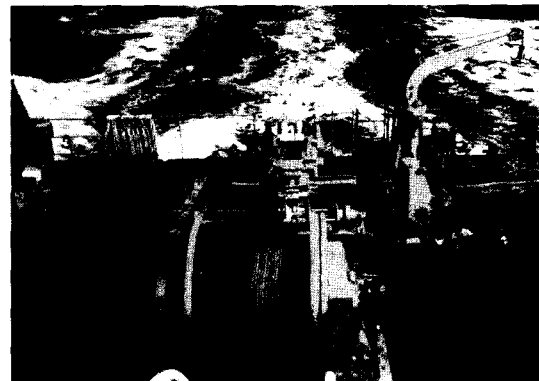


(Fig. 18) Test of moving and static force

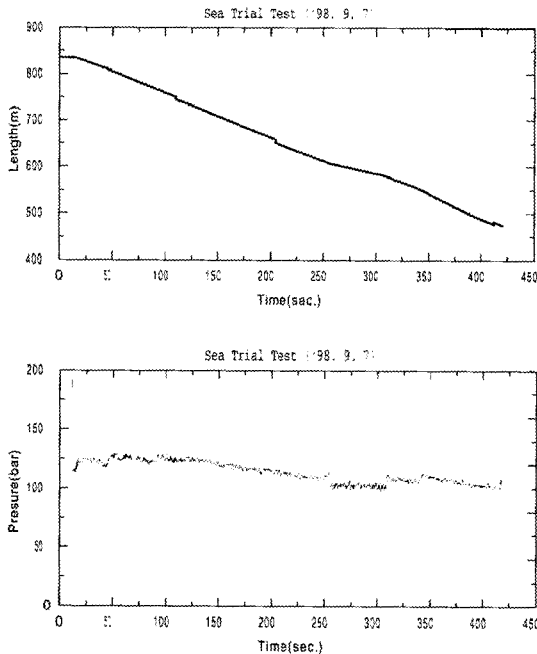
4톤에 비해 30% 여유를 가짐으로써 외란에 의하여 부하가 다소 증가하여도 이송대의 이동에는 큰 무리가 없을 것으로 판단된다.

4.2 해상시험

개발된 예인원치는 육상에서 작동시험과 부하시험을 통하여 사전에 기능과 성능을 확인한 후에 실제 선박에 탑재하여 시스템의 견인력과 권선정렬 성능을 검증하기 위하여 해상시험을 실시하였다. Fig. 19는 실제 선박에 탑재하여 해상시험을 수행하는 장면이다.

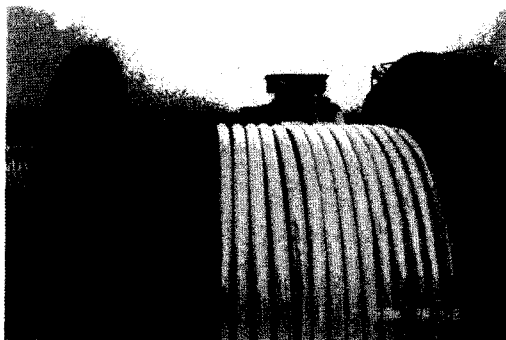


(Fig. 19) Scene of sea trial test



(Fig. 20) Result of sea trial test

해상시험에서 케이블 길이에 따른 부하 측정 결과는 Fig. 20과 같다. 해상시험시 선박의 속도는 16kts 이고, 전체 케이블 길이는 약 830m이며 데이터 측정 시간 간격은 0.2초로 7분간 측정하였다. Fig. 20의 해상시험 결과에서 보는 바와 같이 케이블을 견인하기 시작할 무렵에 190bar의 순간적인 최대압력이 걸리므로 소요부하는 약 2.4톤이고, 또한 순간정격이 지



(Fig. 21) Result of cable winding

나 연속정격이 되는 영역에서의 압력은 120bar로서 소요부하는 약 1.5톤이다. 따라서 설계사양 2.5톤은 시스템 운용조건을 잘 만족시키고 있음을 알 수 있다. 또한 권선정렬기에 의한 권선상태는 Fig. 21에 잘 나타나 있듯이 양호한 결과를 나타내었다.

5. 결 론

본 논문에서는 시스템의 운용조건을 분석하여, 예인케이블의 부하장력 해석에 따른 케이블 특성데이터 및 예인원치의 설계사양을 도출하였다. 도출된 설계사양에 따라 유압구성요소의 용량을 산출하고, 설치공간과 케이블의 안전 곡률 반경을 고려하여 윈치드럼을 설계하였다. 또한 1인 운용 원치제어기를 설계하여 윈치드럼의 속도제어와 케이블의 권선 정렬이 가능하게 하였다. 설계된 예인원치는 육상에서 부하 시뮬레이터를 이용하여 작동시험과 부하시험을 수행하여 그 성능을 검증하였다. 또한 개발된 예인원치 장비는 실제 선박에 탑재하여 해상시험을 통하여 이에대한 성능을 확인하였다.

참 고 문 헌

1. Cogent사 기술자료
2. Thomson Sintra사 기술자료
3. 국방과학연구소 연구자료, “수중예인음탐기의 3차원 동특성 연구”
4. 국방과학연구소 연구자료, “흑룡 예인부 윈치 선행개발 완료보고서”, 1996
5. 양승운, “어뢰 음향 대항체계 예인부 실용설계,” 국방과학연구소, 1997
6. 不二越油壓研究 그룹, 알고 싶은 유압 <기초 편>, <응용편>, <실제편>, 機電研究社, 1994