

## 컨테이너 크레인의 최적 운전 시간 설정에 관한 연구

한도수\*, 손정기\*\*, 배종일\*\*\*, 조철제\*\*\*, 이동철\*\*\*, 안두수\*\*\*\*  
 부경대학교 대학원\*, 한국해양연구소\*\*, 부경대학교 전기공학과\*\*\*, 성균관대학교 전기공학과\*\*\*\*

### A Study of Setting of Optimal Cycle-Time on Container Crane

D. S. Han\*, J. G. Son\*\*, J. I. Bae\*\*\*, C. J. Joe\*\*\*, D. C. Lee\*\*\*, D. S. Ahn\*\*\*\*  
 Pukyong National University, Graduate School\*, Korea Port Training Institute\*\*,  
 Pukyong National University, Department of Electrical Engineering\*\*\*,  
 Sungkyunkwan University, Department of Electrical Engineering\*\*\*\*

**Abstract** - The container crane is more expensive than other cranes, and is designed for efficient use. Since there are more control variables than other crane has more fault factors. Therefore it is important to reduce these factors efficiently and also to increase the capacity to move more freight in due time. To solve the above problems the velocity relation of the motor will be examined. In this paper the velocity relation of the motor will be expressed in a mathematical equations for efficient control.

같은 이점이 있다.

가) 와이어 현수방법은 화물의 유지 기구가 콤팩트한데 비하여 큰 중량을 취급할 수 있다.  
 나) 화물이 공중에서 이동하므로 이송 경로나 화물을 취급하는 위치의 자유도가 높다. 또한 지상에는 이동을 위한 통로가 필요 없게 되므로 화물 거치의 효율이 좋다.  
 그러나 와이어 현수방식이기 때문에 이동에 따르는 진동의 발생은 피할 수 없으며 원활하고 안전한 운전을 위해서는 이에 상응하는 운전 속련이 필요하다. 그림 1은 현수방식의 트롤리의 시스템 구성도 이다.

## 1. 서 론

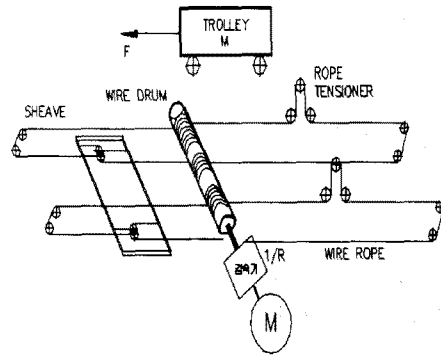
컨테이너 크레인은 부두 안벽에 설치된 크레인을 말하며, 일반 산업용 크레인과는 달리 그 구조가 복잡 다양하다는 특징이 있으며, 큰 중량과 빠른 하역을 하기 위해 속도가 타 크레인에 비하여 빠르고 가격적인 면에서도 월등히 고가의 장비이다. 그러므로 생산량을 향상시키기 위해서 속도 선도를 살펴보고 이에 상응하는 부하 관계를 살펴보아야 한다.

컨테이너 화물을 취급하는 크레인의 속도 선도를 살펴보면 최초 이동시 모타의 가속으로 운전을 개시하고 일정 시간 후 등속으로 이동되어 목표 위치 전단에서 감속되어 정확한 목표 지점에서 정지를 한다. 이와 같은 동작은 육지 또는 바다 측으로 이동할 때 혹은 바다에서 육지로 이동할 때도 적용되고, 화물을 놓기 위해 하강, 화물을 들어올리기 위해서 상승 운동의 4가지 동작으로 구분할 수 있다.

이와 같은 일의 반복으로 가속, 감속 시간을 설정하는 것은 중요하다고 볼 수 있으며 또한 부하 토오크, 관성 모멘트 등을 수식으로 표현하고 이 값에 의하여 원활하게 컨테이너 크레인을 사용할 수 있도록 하는 것이 본 논문의 목적이다.

## 2. 시스템 구성

크레인은 다른 반송 수단에 비하여 다음과



여기서, M : 직선 부하 질량(Kg)  
 F : 출력(N)  
 D : 와이어 로프의 직경(m)  
 $\eta$  : 기계 효율  
 $V_l$  : 부하 속도(m/min)  
 1/R : 감속비  
 $\mu$  : 마찰계수

그림 1 현수방식의 구동부

Fig. 1 The driver of a wire rope

일반적으로 크레인의 속도 선도는 다단이 대다수를 차지하고 있으나 최근에는 무단 변속의 속도 제어가 주종을 이루고 있다. 그림 2는 속도 선도를 나타내고 있다.

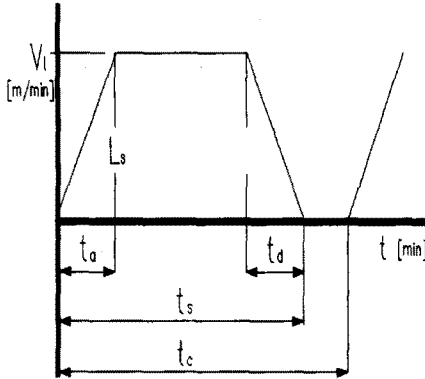


그림 2 속도 선도  
Fig. 2 The graph of speed

### 3. 와이어 로프의 부하 및 속도

컨테이너 크레인은 모터의 기동으로 움직이던 감속기를 통하여 와이어 드럼에 연결된 와이어 로프에 의해 트롤리는 바다에서 육지 측으로 이동하고 호이스트는 운송물을 내리고 올리고하는 기능을 담당한다.

식(1)은 속도 선도에 의해 트롤리 및 호이스트의 이동량을 나타낼 수 있다.

$$L_s = \frac{V_1}{60} \times \frac{2t_s - t_a - t_d}{2} \quad (1)$$

가속과 감속 구간의 시간이 같으며 ( $t_a = t_d$ ) 식(2)와 같이 바뀔 수 있다.

$$L_s = \frac{V_1}{60} (t_s - t_a) \quad (2)$$

모터의 회전속도와 부하 토크를 살펴보면 식(3), 식(4)와 같다.

$$N_M = \frac{60RV_1}{\pi D} \quad (3)$$

$$T_L = \frac{(9.8\mu M + F)D}{2R\eta} \quad (4)$$

또한 부하의 관성 모멘트는 식(5)와 같다.

$$J_L = J_w + J_G + \frac{J_P}{R^2} \quad (5)$$

$$J_w = M \left( \frac{D}{2R} \right)^2$$

여기서, JW : 직선 부하 관성  
JG : 기어, 커플링 관성  
JP : 폴리부 관성

그림 2에 의해 가속 및 감속 시간을 살펴보면 식(6), 식(7)과 같다.

$$t_{am} = \frac{2\pi \times N_M (J_M + J_L)}{60(T_{PM} - T_L)} \quad (6)$$

$$t_{dm} = \frac{2\pi \times N_M (J_M + J_L)}{60(T_{PM} + T_L)} \quad (7)$$

여기서, JM : 모터 관성  
TPM : 모터 최대 토크

또한, 가속 및 감속 토크는 다음 식(8), 식(9)와 같다.

$$T_P = \frac{2\pi \times N_M (J_M + J_L)}{60t_a} + T_L \quad (8)$$

$$T_P = \frac{2\pi \times N_M (J_M + J_L)}{60t_d} - T_L \quad (9)$$

토크 실효치는 식(10)과 같다.

$$T_{Nm} = \sqrt{\frac{T_P^2 \times t_a + T_L^2 \times (t_s - t_a - t_d) + T_s^2 \times t_d}{t_s}} \quad (10)$$

### 4. 운전 감시 및 관리 시스템

항만 장비 자동화의 급속한 발전으로 시스템이 첨단화되고 있는 추세이며, 이러한 장비를 운영하기 위하여 크레인 모니터링 시스템(Crane monitoring system)이 도입되게 되었다.

CMS는 지속적인 운전 감시와 PLC동작, 크레인 운영에 관한 자료, 전원 공급 장치, 직류·교류 전동기 제어, 운전자에 의한 제어 등의 모니터링을 위하여 필요한 감지기와 변환기를 설치해야 한다. 따라서 운전 상황 및 관리 시스템은 크레인의 운전, 고장 상태를 모니터링하여 기억·저장함으로써 운전 상태를 분석하거나 고장 원인 및 유지 보수에 필요한 작업을 효과적으로 수행하는 데 이바지 할 수 있는 중요한 시스템이라고 사료된다.

시스템 내용에 대해 살펴보면 다음과 같다.

가) 실시간 운전 정보 수집과 고속이며 효율적인 정보처리 기능으로 고장 혹은 이상이

발생하면 그 내용과 발생 시간 그리고 관련된 도움말 및 부품 정보를 쉽게 얻을 수 있다.

- 나) 운전자에 의한 운전사항의 모든 자료들을 수집·저장하여 필요한 유지 보수 정보를 쉽게 얻을 수 있다.
- 다) 주요 부품을 사용할 때 시간을 기록·저장하여 필요한 유지 보수 정보를 쉽게 얻을 수 있다.
- 라) 윈도우 버전 3.1과 도움말을 이용하여 운전자 및 정비사가 컴퓨터에 대한 기초 상식이 없어도 쉽게 사용할 수 있다.

그림 3에 보는 것과 같이 운전자에 의해 가속 및 감속 시간을 지령할 수 있도록 한 것이 그 특징이며, 이것은 운전 숙련에 따라 지정 데이터 값을 다르게 할 수 있다. 그러므로 항만 물류의 생산성 향상에 기여할 수 있는 장점이 있다.

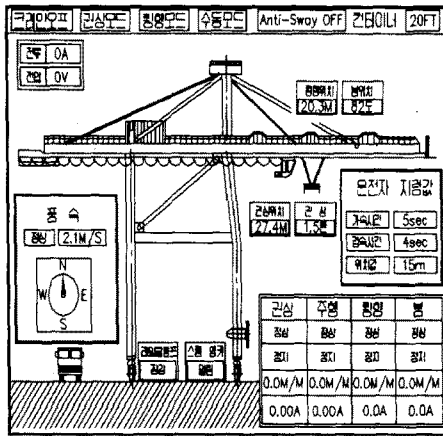


그림 3 크레인의 선택 보기  
Fig. 3 The diagram of crane

### 5. 결 론

본 연구에서는 컨테이너를 취급하는 크레인의 운전 시간을 수식으로 표현하여 하역 현장에서 바로 실용화하여 사용할 수 있도록 하고 운전자에게 운전의 이론적인 배경을 제공함으로써 운전 효율을 높이고 보다 안전한 운전을 할 수 있도록 한다. 그러므로 최초로 가속시의 이동량과 감속시의 이동량을 제어할 수 있으며 이에 따른 모터의 회전속도와 부하 토크 및 관성 모멘트를 수식으로 표현하여 부하에 따른 각종 마찰력을 운전자가 확인할 수 있다.

이상과 같이 여러 가지의 제어 시스템을 활용할 수 있으면, 생산성 및 안전한 하역 작업을 할 수 있는 장점이 있다.

### (참 고 문 헌)

- (1) 임진수, 신승재, "컨테이너 터미널 하역 시스템 연구," 해운산업연구원, 1993.
- (2) 홍금식 "컨테이너 크레인의 모델링 및 제어에 관한 연구," KACC, pp. 609-612, 1995.
- (3) C.F. Alsop, G.a. Foster and F.r. Hoimes, "On Unloader Automation-A Feasibility Study," IFAC TOKYO, 1966.
- (4) T. Mita and T. Kanai, "Optimal Control of the Crane System Using the Maximum Speed of the Trolley," JSICE, Vol. 15, No. 6, pp. 833-838, 1979.
- (5) J.W. Auernig, H. Trager, "time Optimal Control of Overhead Cranes with Hoisting of the Load," Automatica, Vol. 23, No. 4, pp. 37-447, 1987.
- (6) Y. Sakawa, and Y. Shindo, "Optimal Control of Container Cranes," automatica, Vol. 18, No. 3, pp. 257-266, 1982.
- (7) Alan J. Ridot, "Variably Damping swing control of the overhead crane," IECON 89, pp. 263-269, 1989.
- (8) Hitachi, 크레인의 흔들림완화 방법, 일본특허공보(소57-57398), pp.273-277, 1982.
- (9) Hitachi, 크레인의 흔들림 방지 방법, 일본특허공보(소 57-57399), pp.279-284, 1982.
- (10) 손정기, "컨테이너 크레인," 한국항만연구원, 1993.
- (11) 손정기, 배재일, "하역용 크레인 스프레더의 흔들림 제어에 관한 연구," 대한전기학회 하계 논문집, Vol. G, pp. 2556-2559, 1997.