

컨테이너 크레인 운전 시간 향상에 관한 연구

손정기*, 김종부**, 이재준***, 배종일****, 안두수*****
 부경대학교 대학원*, 인덕대학교 메카트로닉스과**, 서울대학교 전기과**, 부경대학교 전기공학과****, 성균관대학교 전기공학과*****

A Study on Improvement Cycle-Time of Container Crane

J. G. Son*, J. B. Kim**, J. C. Lee***, J. I. Bae****, D. S. Ahn*****
 Pukyong National University, Graduate School*,
 Induk College, Department of Mechatronics Engineering**,
 Seil College, Department of Electrical Engineering***,
 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.

1. 서론

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 살펴야 한다.

컨테이너 화물을 취급하는 크레인의 속도 선도를 살펴보면 최초 이동시 모터의 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.

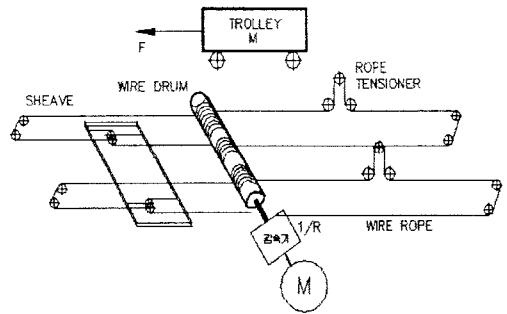
이와 같은 일의 반복으로 가속, 감속하는 운전시간을 설정하는 것은 매우 중요하며 또한, 부하 토크, 관성 모멘트 등을 수식으로 표현하고 이 값에 의하여 원활하게 컨테이너 크레인의 운전 시간을 원활하게 사용할 수 있도록 하는 것이 본 논문의 목적이다.

2. 트롤리 시스템

크레인은 다른 반송 수단에 비하여 다음과 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 필요없게 되므로 화물 거치의 효율이 좋다.

그러나 와이어 현수방식이기 때문에 이동에 따르는 진동의 발생은 피할 수 없으며 원활하고 안전한 운전을 위해서는 이에 상응하는 운전 숙련이 필요하다. 그림 1은 현수방식 트롤리의 시스템 구성도이다.



- 여기서, M : 직선 부하 질량 [Kg]
 F : 출력 [N]
 D : 와이어 로프의 직경 [m]
 η : 기계 효율
 V1 : 부하 속도 [m/min]
 1/R : 감속비
 μ : 마찰계수

그림 1 현수방식의 구동부
 Fig. 1 The driver of a wire rope

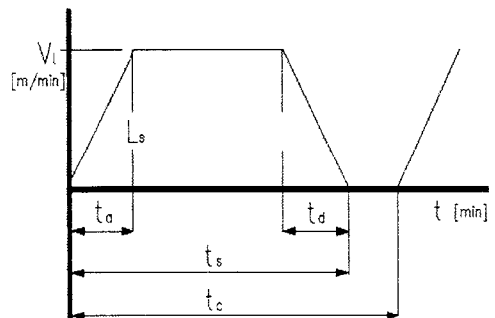


그림 2 속도 선도
 Fig. 2 The graph of speed

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

3. 트롤리 및 호이스트의 부하 및 속도

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

식(1)은 속도 선도에 의한 트롤리 및 호이스트의 이동량을 나타낸다.

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

가속과 감속 구간의 시간이 같으며 ($t_a = t_d$) 식(2)와 같이 나타낼 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, J_w : 직선 부하 관성
 J_G : 기어, 커플링 관성
 J_P : 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, J_M : 모터 관성
 T_{PM} : 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)으로 나타낸다.

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

4. 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 향상시키고, 보다 안전한 운전을 할 수 있도록 한다. 그러므로 최초에 가속시의 이동량과 감속시의 이동량을 제어할 수 있으며 이에 따른 모터의 회전속도와 부하 토크 및 관성 모멘트를 수식으로 표현하여 부하에 따르는 각종 마찰력을 운전자가 확인할 수 있다.

이상과 같은 여러 가지의 제어 시스템을 활용할 수 있으면, 안전한 하역 작업을 할 수 있으므로 운전 시간을 향상시킬 수 있을 것으로 사료된다.

(참 고 문 헌)

- [1] 임진수, 신승제, *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(소 57-57398), pp.273-277, 1982.
- [9] Hitachi, *크레인의 흔들림 방지 방법*, 일본특허공보(소 57-57399), pp.279-284, 1982.
- [10] 손정기, 배종일, "하역용 크레인 스프레더의 흔들림 제어에 관한 연구," 대한전기학회 하계 논문집, Vol. G, pp. 2556-2559, 1997.