컨테이너 크레인의 Trim / List / Skew 구동에 관한 연구

A Study on the Trim / List / Skew Driving of a Container Crane

*이수홍[1], 이성욱[1], 한동섭[2], #한근조[2], 김태형[3], 김성수[4]

*S. W. Lee[1], Y. Kim[1], D. S. Han[2], #G. J. Han(gjhan@dau.ac.kr)[2] , T. H. Kim[3], S. S. Kim[4]

[1] 동아대학교 대학원 기계공학과, [2]동아대학교 기계공학과, [3]경남정보대학 기계자동차산업계열, [4]HSYSY

Key words : Container Crane, Spreader, Trim, List, Skew

1. 서론

1960년도부터 화물의 해상운송 방법으로 컨테이너를 사용하기 시작한 이래 해마다 컨테이너에 의한 물류량이 급속히 증가하여 컨테이너 선박이 대형화되고 부두에서 처리하여야 할 컨테이너 양이 급증하고 있는 실정이다. 이와 같이 컨테이너 선박이 초대형화 됨에 따라 해상물류와 항만에도 큰 영향을 미치게 되어 초대형 컨테이너선의 기항 항만 수는 적어지는 대신 한 항만에서 이루어지는 양·적하 컨테이너 화물수는 증가하게 되었다. 즉, 초대형 컨테이너선이 기항하는 항만은 물류중심항만(Hub Port)이 되고, 인근의 타 항만은 피더항(Feeder Port)으로 구분되면서 항만의 기능 및 기존 처리물동량 서열이 바뀌게 될 것으로 예상되고 있다.

따라서 각 나라의 주요 항만은 물류중심항만이 되기 위한 항만 시설이나 장비, 하역시스템에 관한 준비가 활발하게 진행되고 있는 실정이다. 이에 따라, 컨테이너의 선적 및 하역에 소요되는 시간 및 비용이 증가 되었고, 이를 감소시키기 위한 노력들이 이루어지고 있다.

이 중에서, 하역작업의 속도 향상을 위해 스프레더가 컨테이너를 신속한 집을 수 있도록 스프레더의 위치 제어를 위해 컨테이너 상부에서 스프레더를 미세 회전 구동시키는 기존의 방법은 크게 범용 유압장치를 이용한 방식과 전동 파워 실린더를 이용한 방식으로 구분된다.

범용 유압장치를 이용한 방식은 거더 끝단에 장착되어 있는 4개의 유압장치를 이용하여 범용 밸브를 사용하는 것으로 트림, 리스트, 스큐 구동 시 동조가 어려워 오차가 크게 발생되며, PLC가 복잡해지고, 기능별 제어로 신속도와 정확도가 떨어지는 단점이 있다. 또한 유압유의 온도와 컨테이너의 하중에 따라 스프레더의 이동속도가 변할 수 있으므로 작동 시 흔들림 문제가 발생할 가능성이 높은 단점이 있다.

그리고 전동 파워 실린더를 사용하는 방식은 동조를 위한 위치제어는 정확하나 속도제어가 힘들며, 붐 끝단에 설치되어 구조물이 복잡하게 되고 붐의 중량을 증가시키는 단점이 있다.

따라서 본 연구에서는 PID 제어를 통한 스프레더의 정밀한 트림, 리스트, 스큐 구동이 가능한 시스템을 설계하기 위하여 각 구동방식에 관하여 분석하고, 제어부와 비상정지 기능의 설계 방법을 제시하고자 한다.

2. 스프레더의 동작 제어

본 연구는 컨테이너 크레인용 스프레더의 동작을 제어하기 위해서 스프레더에 연결된 로프의 길이를 조절하기 위한 유압실린더 및 이러한 유압실린더의 피스톤 동작을 제어하기 위한 PID 제어부를 포함하는 컨테이너 크레인용 스프레더 제어시스템으로 구성되는데 각각의 세부 설계 방법은 다음과 같다.

2.1 스프레더 제어시스템

컨테이너 크레인용 스프레더 제어 시스템은 컨테이너 크레인의 거더 끝단에 부착되어 스프레더와 연결되어 있는 로프를 기계실로 감아올리기 위한 쉬브(Sheave)와, 쉬브를 전후로 일정 각도만큼 회전시키기 위한 유압실린더, 유압실린더를 제어하기 위한 PID 제어부를 포함한다.

쉬브는 스프레더의 트림(trim), 리스트(list), 스큐(skew) 동작을 위해 스프레더의 네 모서리 부분에 로프를 통해 연결된다. 즉, 스프레더의 네 모서리마다 쉬브가 로프에 의해 연결된다. 하나의 쉬브는 상부 쉬브와 하부 쉬브로 나뉘며, 상부 쉬브와 하부 쉬브는 쉬브 레버를 통해 연결된다. 그리고 레버에는 유압실린더가 핀에 의해 연결되고, 유압실린더의 피스톤 운동에 의해 레버가 움직이며, 레버의 움직임에 따라 로프의 길이가 조절되어 스프레더를 동작시킨다.

2.2 유압실린더에 따른 쉬브 동작

유압실린더의 피스톤 운동에 따라 레버를 통해 연결된 쉬브가 움직이며, 이러한 쉬브의 움직임에 따라 로프의 길이를 조절함으로써 로프에 연결된 스프레더의 동작을 제어하게 된다.

유압실린더에서 피스톤이 전진하면, 하부쉬브를 기준으로 레버의 움직임과 함께 상부 쉬브가 유압실린더로부터 멀어지고, 이에 따라 스프레더에 연결된 로프가 당겨지게 되어 연결된 스프레더의 한 부분이 상승 동작을 하게 된다. 반대로, 피스톤이 유압실린더로 후퇴하게 되면, 하부 쉬브를 기준으로 레버의 움직임과 함께 상부 쉬브가 유압실린더에 가까워지고, 이에 따라 스프레더에 연결된 로프가 풀리게 되어 연결된 스프레더의 한 부분이 하강 동작을 하게 된다.

이러한 동작 원리를 스프레더의 네 모서리 부분에 적용시켜 트림, 리스트, 스큐 동작을 가능하게 한다. 따라서 트림, 리스트, 스큐 동작을 위해 스프레더와 연결된 로프를 기계실로 감아올리는 4개의 쉬브 레버가 필요하며, 각각의 쉬브 레버는 상부 쉬브와 하부 쉬브로 이루어진 한 쌍의 쉬브를 구비하여야 한다. 또한, 쉬브 레버에 연결되어 레버의 동작을 제어하는 유압실린더는 각각의 쉬브 레버에 하나씩 설치되게 된다.

2.3 PID 제어부

PID 제어부는 유압 유니트 본체, 실린더-4세트, 컨트롤 판넬, 유압 컨트롤 블록으로 구성되며 유압 유니트는 펌프 및 모터와 PID 제어부를 위한 부품들로 구성되어 있다.

실린더-4세트는 4개의 와이어로프용 쉬브에 각각 적용되며 안티 스네그(Anti-snag) 시스템용 로직블록(Logic Block)과 위치센서, 압력센서 및 안전을 위한 밸브들로 구성된다.

컨트롤 판넬은 스프레더 제어시스템을 컨트롤하고 비례 제어 밸브를 동작시키는 PID 기능이 포함된 PLC, 비상정지기능 및 스프레더 제어시스템을 위한 전기부품들 및 비례제어 밸브용 엠프 등으로 구성된다. 또한, 유압 컨트롤 블록은 비례제어 밸브들과 안전용 밸브들로 구성된다.

컨테이너 크레인의 주조정실에서 스프레더의 동작 제어를 위한 명령을 크레인측의 PLC 모듈로 전달하면 유압 유니트 본체를 통해 스프레더가 동작하게 된다. 여기서, 주조정실로부터의 상기 명령에 해당하는 스프레더의 동작과 스프레더의 실제동작

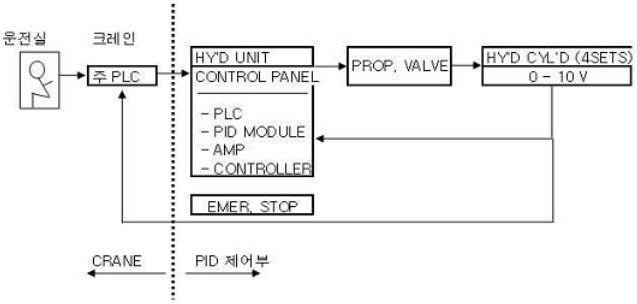

Fig. 1 A block diagram of the PID control

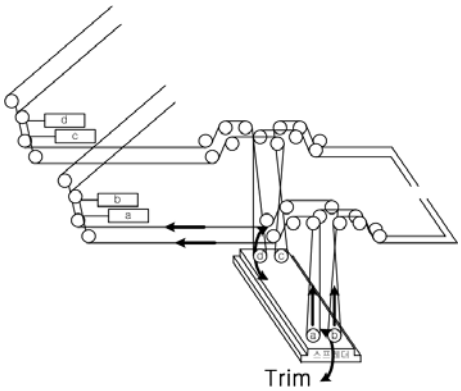

Fig. 2 Trim driving method of a spreader

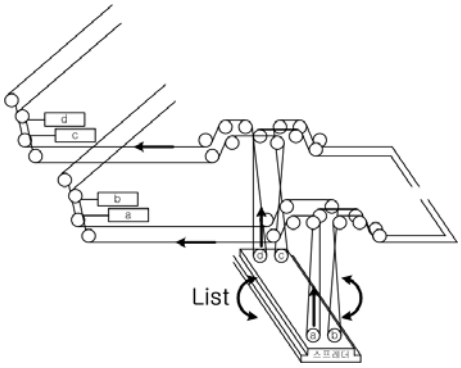

Fig. 3 List driving method of a spreader

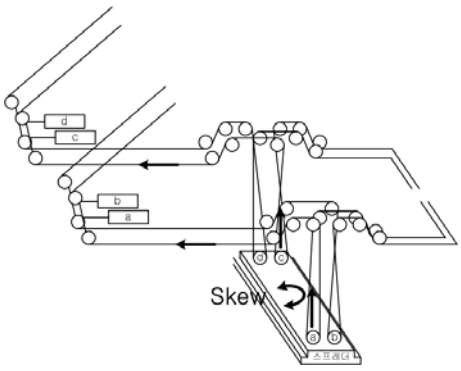

Fig. 4 Skew driving method of a spreader

에는 환경적 및 기계적 원인에 의해 오차가 발생하게 된다. 이러한 오차는 유압실린더에 장착된 위치센서를 통해 측정이 가능하다. 위치센서는 유압실린더에 장착되어 있어 유압실린더의 위치를 감지할 수 있으며, 감지된 위치를 전류값으로 출력한다. 위치센서를 통해 검출한 오차값은 PLC 모듈과 유압 유니트 본체로 다시 피스백되어 스프레더의 정확한 정밀 동작을 제어하게 된다.

그리고 본 연구의 대상인 스프레더 제어시스템에는 비상정지 기능을 두어 운전 중 주어진 원래 위치값과 유압실린더의 피드백 값과의 변위 편차가 ±10mm 이상 발생 시에는 오동작으로 간주하여 스프레더 제어시스템의 주전원을 차단함으로써 유압실린더가 과도하게 움직이는 것을 최소한으로 정지시킴으로써 안전사고를 방지할 수 있다. 주전원이 꺼지면 유압펌프 및 비례제어밸브의 입력값이 차단되고 위치고정을 위한 파이럿 체크 밸브 개폐용 솔레노이드 밸브 전원을 차단하여 유압실린더를 정지시킨다. 여기서, 비례제어밸브는 유압실린더를 확장 혹은 수축시키기 위해 방향을 설정해주는 밸브로서 전기량에 따라 속도조정이 가능하다.

또한 쉬브 레버의 동작을 제어하는 유압실린더는 스프레더를 이용한 컨테이너의 하역작업 시 발생될 수 있는 과부하로부터 컨테이너 크레인을 보호하기 위한 안티 스내그 장치에 적용될 수 있다. 안티 스내그 장치는 실린더에 외부의 과부하 발생 시 실린더가 수축되면서 와이어로프를 길게 해 줌으로써 크레인을 과부하로부터 보호해주는 장치이다. 이러한 과부하 방지는 안티 스내그 장치의 압력센서를 이용하여 유압실린더에 걸리는 압력을 감지하여 4㎃ 내지 20㎃의 출력값으로 하중을 측정함으로써 가능하다.

2.4 스프레더의 트림, 리스트, 스큐 구동방식

본 연구를 통해 제시된 이러한 유압제어시스템을 사용하여 컨테이너 크레인용 스프레더의 트림, 리스트, 스큐를 구동하는 방식은 다음과 같다.

트림 구동방법은 유압실린더 a와 b를 작동시켜 피스톤을 밀어내면 스프레더 쉬브 a와 b가 상승하게 되어 스프레더 쉬브 a와 b에 연결된 스프레더의 일측이 상승하게 되며, 반대로 피스톤을 당기게 되면 스프레더 쉬브 a와 b가 하강하게 되어 스프레더 쉬브 a와 b에 연결된 스프레더의 일측이 하강하게 된다. 유압실린더 c와 d도 같은 방법을 따르게 되어 스프레더의 트림 구동이 이루어진다.

그리고 리스트 구동은 유압실린더 a와 d를 작동시켜 피스톤을 밀어내면 스프레더 쉬브 a와 d가 상승하게 되어 스프레더 쉬브 a와 d에 연결된 스프레더의 일측이 상승하게 되며, 반대로 피스톤을 당기게 되면 스프레더 쉬브 a와 d가 하강하게 되어 스프레더 쉬브 a와 d에 연결된 스프레더의 일측이 하강하게 된다. 유압실린더 b와 c도 같은 방법을 따르게 되어 스프레더의 리스트 구동이 이루어진다.

마지막으로 스큐 구동은 유압실린더 a와 c를 작동시켜 피스톤을 밀어내면 스프레더 쉬브 a와 c를 상승시키는데, 스프레더 쉬브에 연결되는 로프가 트롤리에서 어긋나게 연결되는 구조를 가지게 되므로 스프레더를 시계방향으로 회전시키게 된다. 그러나 유압실린더 b와 d를 동시에 작용시켜 피스톤을 밀어내면 반대로 스프레더를 반시계방향으로 회전시켜 스큐 구동이 이루어진다.

3. 결 론

이와 같이 본 연구에서는 PID 제어를 통한 스프레더의 정밀한 트림, 리스트, 스큐 구동이 가능한 시스템을 설계하기 위하여 각 구동방식에 관하여 분석하고, 제어부와 비상정지 기능의 설계 방법을 제시하였다.

향후 본 연구를 통하여 설계된 시스템의 시작품 제작 및 성능평가 등을 통하여 시스템의 개발이 완료되면 항만하역작업에서 컨테이너 크레인을 이용한 하역작업 속도를 향상시켜 생산성의 최대화 효과와 원가절감 및 컨테이너 크레인용 유압시스템 및 제어부에 대한 수입대체 효과를 거둘 수 있으며, 비상정지시스템 등을 통한 사고방지 등과 같은 효과를 거둘 수 있으므로 항만하역장비의 생산성 향상을 더욱 증대시킬 수 있을 것으로 기대된다.

후기

본 연구는 산업자원부의 지역산업기술개발사업(지역산업공통기술개발)의 연구결과로 수행되었음.

참고문헌

1. Hanjin Heavy Industries & Construction Co. Ltd., "Structural & Mechanical Calculation for 50ton Container Crane for Pusan Port," 2000.
2. James, L. J., "Introduction to Fluid Power," Thomson, 2002.
3. Richard, C. D. and Robert, H. B., "Modern Control Systems, 8th edition," Addison Wesley Longman, 1998.