

험하였다.

시험제작된 외측 회전형 유도전동기는 이중 농형의 토크-속도 특성을 가지며, 전동기의 외측이 회전함으로써 큰 관성으로 인해 팬의 동력원으로 적합하리라 사료된다.

6. 펄스-LQ 제어 기법을 이용한 컨테이너 크레인의 강인한 제어기 설계

기관공학과 최 재 준
지도교수 소 명 옥

컨테이너 크레인의 하역효율을 높이는 방법으로 호이스트와 트롤리의 이동속도를 높이는 것과 트롤리가 목표지점에 도달했을 때 스프레더와 컨테이너의 흔들림을 가능한 한 짧은 시간 내에 제어하는 것을 생각할 수 있다. 전자의 방법은 트롤리 레일의 조건, 스프레더와 운전실의 전원공급 및 제어신호 입출력 전선의 이동문제와 호이스트 모터 용량 등의 문제로 인하여 트롤리나 호이스트 속도 향상에 한계가 있기 때문에 주로 후자의 방법으로 하역효율을 높이려는 연구가 진행되고 있다.

기존의 흔들림 방지 시스템은 크레인의 사이클 시간을 줄이기 위해 트롤리를 목표위치에 빠르게 도달시킴으로써 목표위치 근처에서 비교적 큰 흔들림이 발생하게 되고 이 흔들림을 제어하기 위해 트롤리를 수회 전·후진시키기 때문에 크레인 운전자에게 피로를 증가시키는 커다란 단점을 가지고 있다. 이러한 이유로 실제 터미널에서 어느 정도 숙련된 운전자는 거의 이 장치를 사용하지 않고 수동운전을 행하고 있는 실정이다. 따라서 컨테이너 크레인 운전은 주로 운전자의 숙련도에 의존하고 있어 운전자의 능력 차이, 실수 및 피로 등으로 인한 효율저하는 물론 안전과 화물의 손상 등의 심각한 문제를 일으키고 있다.

컨테이너 크레인의 위치 및 흔들림 제어에서 중요한 점은 화물을 짧은 시간 내에 위치 오버슈트가 거의 없도록 목표위치에 이동시키면서 트롤리가 목표위치에 도달했을 때 화물의 흔들림을 단시간에 제어하여 사이클 시간을 단축시키는 것과 흔들림 제어를 트롤리의 불필요한 전·후진이 없도록 하여 운전자의 피로도를 경감시키는 것이다. 또한, 호이스트용 와이어 로프의 길이 및 화물의 질량 변화 등의 시스템 파라미터 변화와 바람 등의 외란에 대해서도 강인한 제어가 수행될 수 있어야 한다. 컨테이너 크레인의 하역효율을 높이기 위해서는 목표위치까지의 트롤리 이동시간을 최대한 단축하고 동시에 목표위치 근처에서 잔존 흔들림을 가능한 한 짧은 시간 내에 제어하여 화물을 정확하게 위치시킴으로써 작업 사이클 시간을 단축하는 것이 컨테이너 크레인에 있어서 가장 중요한 요구조건이다. 또한 트롤리의 고속주행으로 발생할 수 있는 큰 오버슈트를 수반하지 않고 목표위치에 도달하게 함으로써 불필요한 트롤리의 전·후진을 억제하여 운전자의 피로를 경감시키는 것이 중요하다.

그러나 산업현장의 컨테이너 크레인에서는 트롤리와 호이스트의 병행운전으로 인해 호이스트용 와이어 로프의 길이가 실시간으로 변하고 화물의 질량이 사이클마다 변동하여 파라미터 변

화가 심하고 바람 등 외란이 존재한다. 이러한 이유로 인해 기존의 연구들이나 흔들림 방지장치와 같은 요구조건들을 충족시켜주지 못하고 있다. 이는 파라미터가 고정된 종래의 제어 이론으로는 제어환경 변화에 적응하기 어렵고 우수한 제어성능을 발휘하기가 힘들기 때문이다. 따라서 본 논문에서는 컨테이너 크레인의 심한 파라미터 변화와 외란에 대해서도 강인하고 목표위치 추종성능이 우수하며 오버슈트가 거의 없어 운전자의 피로를 줄일 수 있을 뿐만 아니라 트롤리 이동시간과 목표위치 근처의 흔들림 제어시간을 단축할 수 있는 제어기 설계를 위해 다음의 두 제어기법을 제안하였다.

첫째, 주어진 시스템에 대해 파라미터가 변화할 수 있는 전 구간에서 대표적인 다수개의 서브-LQ 제어를 설계한 후, 퍼지기법을 이용하여 이들을 결합한 퍼지-LQ(Fuzzy-LQ ; FLQ) 제어기의 설계기법을 제안하였다. 이 기법은 특정 파라미터 구간에서 우수한 제어성능을 보이는 LQ 제어이론의 장점과, 강인한 제어특성이 있고 병렬형, 논리형인 퍼지 제어의 장점을 결합한 것이다.

둘째, 퍼지논리와 다층-피드포워드 회로망의 장점들을 결합한 뉴로-퍼지 제어를 이용한 컨테이너 크레인의 제어기 설계기법을 제안하였다. 뉴로-퍼지 제어기는 퍼지논리 제어기의 추론과정을 다층 피드포워드 회로망 형태로 표현하고 회로망의 학습기능을 퍼지 제어시스템에 도입한 것으로서 오차 역전파 학습법과 최소자승 추정법을 결합한 하이브리드 학습규칙이 사용되었다. FLQ 제어기를 설계하기 위해 우선 컨테이너 크레인에 대해 구동부를 포함하여 수학적으로 모델링하고 상태공간을 해석하였고, 시스템을 목표위치 추적문제로 가져가기 위해 다수개의 서브-LQ 제어를 오차 시스템을 도입하여 설계하였다. 또한, 이들을 결합하기 위해 파라미터 입력공간을 퍼지분할하고 퍼지규칙을 작성하였으며 파라미터 변화에 대한 소속함수의 적합도를 정규화하고 이를 각 서브-LQ 제어기의 출력과 가중평균하여 최종적으로 전체 제어기 출력을 계산하였다.

다음으로 뉴로-퍼지 제어기를 이용한 컨테이너 크레인의 제어를 위해 뉴로-퍼지 제어기의 제어규칙, 추론방법 및 학습규칙을 제시하며 퍼지 입력변수를 정의하고 입력공간을 퍼지분할한다. 전건부와 후건부의 파라미터를 정의하고 퍼지규칙을 작성하며 FLQ 제어기에서 얻어진 데이터를 바람직한 학습 데이터로 가정하여 학습하고 조정된 파라미터로 뉴로-퍼지 제어기를 구성하였다.

FLQ 제어기의 제어성능을 확인하기 위해 제안된 제어기 설계기법들을 비교적 비선형성이 강하고 SIMO 시스템인 컨테이너 크레인에 적용하여 계단상 기준입력 변화, 파라미터 변화, 외란과 파라미터 변화에 대해 시뮬레이션을 실시하고 이를 LQ 제어기와 비교·검토하였고 뉴로-퍼지 제어기에 대해서도 시뮬레이션을 실시하여 그 결과를 고찰하였다. 그리고 산업현장의 컨테이너 크레인 시스템과 유사한 환경 하에서 그 제어결과를 고찰하기 위해 시뮬레이션을 비선형 모델링에 적용하여 실시하였다.

그리고 제안한 제어기의 강인성, 목표위치 추종성 등을 확인하기 위해 구조적으로 불안정하고 비선형성이 강하여 제어의 유효성과 제어성능을 고찰하는데 매우 효과적인 도립막대 시스템에 FLQ 제어기를 적용하여 그 결과를 LQ 제어기와 비교·검토하였다.

제안된 제어기법들을 적용하여 시뮬레이션을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, FLQ 제어기에서는 계단상 기준입력 변화에 대해 양호한 목표위치 추종성능의 응답특성을 보였으며, 비교적 큰 파라미터 변화와 외란 등의 제어환경변화에 대해서도 LQ 제어기보다 목표위치 수렴속도가 빠르고 정상편차 없이 안정되고 강인한 제어결과를 보였다. 그리고 오

버슈트가 거의 없어 불필요한 트롤리 전·후진을 억제하여 운전자의 피로를 경감시키는 것이 가능함을 확인하였다.

둘째, 또한 도립막대 시스템에 적용한 결과, LQ 제어기는 약간의 파라미터 변화에 대해서도 심한 헌팅 현상과 함께 매우 불안정한 응답특성을 보이며 제어가 불가능하였으나, FLQ 제어기의 경우 설계된 제어구간 내에서 파라미터 변화나 외란에 대해서 정상편차 없이 뛰어난 목표위치 추종성능을 보임으로써 그 제어의 유효성과 강인성이 확인되었다.

셋째, 뉴로-퍼지 제어기에서는 계단상 기준입력 변화에 대해 정상편차 없이 양호한 목표위치 추종성능을 보였으며, 파라미터의 변화, 외란 등 제어환경의 변화에 대해서도 비교적 강인함을 확인함으로써 수학적 모델에 의하지 않더라도 많은 경험을 가진 뛰어난 운전자로부터 이상적인 목표 입·출력 자료를 얻을 수만 있다면 우수한 제어기 구성이 가능하다는 결론을 얻었다.

7. 평면매립형 고위도 다이오드의 반사특성 개선에 관한 연구

전자통신공학과 황 상 구
지도교수 홍 창 희

LD(Laser Diode)와 LED(Light Emitting Diode)의 중간적인 특성을 가지는 SLD(Superluminescent diode)는 광섬유센서의 광원으로 주로 사용되고 있다. SLD의 특성을 LED와 비교하여 보면, 스펙트럼 영역이 SLD는 LED에 비하여 좁으나, 광출력은 SLD가 높다. 그러나 LD와 비교하면 오히려 SLD가 스펙트럼영역이 넓고 출력은 작지만 보다 낮은 가간섭성과 편광성을 가진다. 반사경을 이용하여 공진을 하는 LD에 비하여 SLD는 반사경을 사용하지 않기 때문에 공진모드가 없고, 출력이 낮으며, 가간섭 길이가 짧은 optical beam을 제공한다.

전 세계적으로 볼 때 단파장 영역의 SLD가 먼저 개발되어 광섬유 자이로스코프와 같은 광센서용 광원으로 사용되고 있지만, 통신용 광섬유에서 보다 낮은 전파 손실 및 분산 특성을 갖는 $1.3\mu\text{m}$ 또는 $1.55\mu\text{m}$ 파장의 SLD가 요구되고 있으며, 이에 대한 많은 연구가 이루어져 상용화 단계에 이르고 있다. 또한 SLD의 용도는 점점 더 다양해지고 있으며, 그 수요 또한 광산업의 발전과 더불어 크게 증가할 것으로 예측된다.

한편, SLD를 제작할 때 가장 핵심이 되는 요소는 단면반사도를 감소시켜 발진을 억제하는 것이다. 이를 위하여 여러 가지 방법들이 사용되고 있으며 가장 일반적인 방법은 무반사 코팅을 하여 반사도를 줄이는 것이다. 그러나 레이징을 억제 할 만한 수준의 무반사 코팅을 재현성 있게 구현한다는 것이 오늘날의 기술수준에서도 그리 쉬운 일이 아니다. 따라서 본 연구에서는 MQW(Multi-Quantum Well)-PBH(Planar buried heterostructure)-SLD를 무반사 코팅을 하지 않고 제작하기 위하여 SLD의 일반적인 특성과 제작시 고려사항 등을 검토하고, 이어서 파동방정식을 이용하여 SCH(Separate Confinement Heterostructure)-MQW 구조의 횡모드 해석과 측모드 해석을 하였다. SCH-MQW구조의 광가둠계수와 Well 수와의 관계, Well의 수에 따른 최적의 SCH 층 두께 등에 관하여 해석을 하였다.

$\lambda_g = 1.55\mu\text{m}$ 의 발진파장을 가지는 InGaAsP/InP SLD의 제작에 적합한 에피 웨이퍼를 성장