

자가 정화성능에 미치는 영향을 파악하기 위하여 한국해양대학교 실습선 한나라호에 SCR 시스템의 시작품을 설치·실험하였으며, 또한 환원제로 사용하는 암모니아 가스는 강한 독성과 부식성으로 인해 장시간 해상에서 독립적으로 움직이는 선박의 경우 저장과 취급에 어려움이 있음에 따라, 취급에 용이한 우레아(urea)를 환원제로 사용하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

- (1) NOx의 정화성능에 미치는 가장 중요한 인자는 배기가스온도이다. 현 실험장치에서 NOx 배출 농도를 저농도(200ppm 이하)로 유지하기 위해서는 배기가스 온도가 고온(350℃ 이상)으로 유지되어야 하며, 배기가스 온도가 높을수록 NOx 제거 성능은 향상되었다. 특히, 배기가스 온도가 400℃인 경우에는 다른 운전조건에 관계없이 양호한 성능을 나타내는 것으로 파악되었고, 암모니아 슬립 또한 현저히 감소하였다.
- (2) 환원제로서 우레아를 이용할 경우 암모니아로의 전환율이 정화성능에 중요한 인자가 되며, 이를 위하여 혼합기 및 반응기의 내부구조를 최적화 하여야 한다.
- (3) SCR 시스템은 그 특성에 기인하는 정화한계가 있으며, 시스템을 최소화하기 위하여 이를 고려한 최적설계가 요구된다.
- (4) 압축 촉매와 워쉬코팅 촉매는 정화성능에 있어서 큰 차이를 보이지는 않았으나, 열화 성능에 있어서는 차이를 나타냈다. 즉 워쉬코팅 촉매의 열화에 의한 성능저하가 압축 촉매에 비하여 크게 나타났으며, 이는 운전 중 촉매입자가 구조물에 부착되지 못하고 분리되는 현상에 기인하는 영향도 관계가 있다고 추정된다.
- (5) 촉매의 활성 저하 예방조치로서 수트의 침착을 방지하는 수트 블로워의 이용이 효과적임을 알 수 있었다.

또한, 선박의 입·출항과 같은 과도기 운전결과로부터 NOx 배출농도와 기관회전수 사이에는 시간지연이 존재함이 밝혀졌다. 따라서, 배기가스중의 NOx 저감을 위하여 SCR 시스템을 이용할 경우에는 PID 제어 등 NOx 배출 농도를 제어하기 위한 다양한 방법에 관한 연구가 계속되어야 한다고 생각한다.

3. 보간-LQ 기법을 이용한 컨테이너 크레인의 강인한 제어기 설계

기관공학과 이 영 재
지도교수 소 명 옥

한국의 컨테이너 항만은 동북아 거점항만으로서의 지위를 선점하고 세계적인 경쟁항만으로

로 성장하기 위해 2011년까지 부산과 광양항에 대규모 선석건설을 추진하고 있다. 아울러 컨테이너 터미널(Container terminal)의 하역효율 향상을 위해 선박의 체항시간을 단축하여 항만의 서비스를 제고하기 위한 노력과 연구가 이루어지고 있다.

전체 컨테이너 항만의 하역효율은 컨테이너 크레인(Container crane)의 작업효율에 전적으로 의존한다. 왜냐하면 컨테이너 크레인은 해상운송과 육상운송의 연결지점에 위치하면서 병목현상이 자주 일어날 수 있는 장비이기 때문이다.

컨테이너 크레인, 선박 주기관 등과 같은 대부분의 플랜트는 운전 중 파라미터 값이 항상 변화될 수 있으며 초기의 정확한 파라미터 선정에도 불구하고 LQ 제어기 및 PID 제어기 등과 같은 기존의 제어기는 강인하지 못하기 때문에 컨테이너 크레인의 호이스트 와이어로프의 길이 및 화물의 질량 변화 등 시스템 파라미터의 심한 변동에 대해 만족할만한 제어결과를 얻기 어렵다.

따라서 심한 파라미터 변화에 대해 강인하며 빠른 트롤리 이동과 함께 목표위치 근처에서 오버슈트가 거의 없어 작업효율이 높고 운전자의 피로를 경감시켜주며 기존의 흔들림 방지 제어시스템의 단점을 보완하는 제어기 설계의 필요성이 대두되고 있다.

본 논문에서는 파라미터 변동과 외란이 강하게 작용하는 컨테이너 크레인에 대해 강인성과 제어 안정성을 부여하며 목표위치 추종 성능이 양호하고 오버슈트가 거의 없어 운전자의 피로감과 기계의 충격을 줄이는 등 화물의 흔들림을 효과적으로 제어하여 안전성 확보와 작업효율성을 높이는 보간-LQ 제어기 설계기법을 제안하였다.

우선 한정된 파라미터 구간에서 우수한 제어성능을 보이는 LQ 제어이론을 이용하여 주어진 시스템에 대해 전체 운전구간에서 대표적인 다수개의 LQ 제어기를 설계한다. 다음으로 이를 통해 얻어진 피드백 게인(Feedback gain)을 라그랑지 보간(Lagrange interpolation) 기법을 이용하여 보간함으로써 변동하는 파라미터에 대해 적응성이 부여되도록 게인 조정(Gain tuning)하는 보간-LQ(Interpolation-linear quadratic) 제어기 설계기법을 제안한다. 이 제어기법의 강인성과 유연한 적응성 및 우수한 제어성능을 입증하기 위해 비교적 비선형성이 강하고 SIMO(Single input multiple output) 시스템인 컨테이너 크레인에 적용하여, 제안한 보간-LQ 제어기의 성능을 다음과 같이 고찰한다.

첫 번째는 계단상의 기준입력 변화에 대한 응답특성을, 두 번째는 호이스트 와이어로프 길이 변화로 야기되는 파라미터 변화에 대한 응답특성을, 세 번째는 돌풍과 같은 외란에 파라미터 변화가 추가된 경우의 응답특성에 대해 시뮬레이션을 실시하였다.

또한 제안한 보간-LQ 제어기를 계단상의 기준입력 변화 및 파라미터 변화 등에 대해 그 응답특성을 LQ 제어기와 비교 검토한다.

보간-LQ 제어기는 파라미터가 변동될 수 있는 구간에서 다수 개의 대표적인 서브-LQ 제어기를 설계하고, 이때 얻어진 각 제어기 이득을 라그랑지 보간기법을 이용하여 제어기 최종 이득을 구하는 방법으로 설계하였다.

제안된 설계기법을 컨테이너 크레인에 적용시켜 시뮬레이션을 수행한 결과, 보간-LQ 제어

기가 LQ 제어기보다 목표위치 추종성능이 좋고 강인하며 정상편차 없이 안정된 응답특성을 나타냄을 확인하였다.

4. 펌프-PID 기법을 이용한 선박용 디젤 주기관의 강인한 속도제어기 설계

기관공학과 이 찬 하
지도교수 소 명 옥

선박용 디젤주기관의 출력을 높이기 위해서는 실린더의 단면적과 행정을 크게 하고, 회전수와 평균유효압력을 높이면 된다. 그러나 만약 단면적을 크게 하면 운동부의 질량이 증가되어 각부의 응력이 커지고, 행정을 길게 하면 기관의 높이가 높게 되어 설치 공간에 제약을 받으며, 회전수를 증가시키면 추진효율이 떨어진다. 추진기의 추진효율을 높이기 위해서는 될 수 있는 한 추진기의 직경이 커야하고 추진기를 저속으로 회전시켜야 하는데, 이를 위해서 감속기를 설치하든지 아니면 기관자체를 저속으로 회전시켜야 한다.

최근, 선박용 디젤 주기관은 고과급으로 평균유효압력을 높게 하는 한편, 기관의 회전수를 낮게 하여 추진기의 추진효율을 높이고, 유효행정을 크게 하기 위해서 행정을 길게 하여 저속 장행정화 되고 있다. 또한, 연소실을 개선하고 최고압력을 높게 함으로써 실린더 당 마력이 크게 되어 동일 출력에 소요되는 실린더 수가 감소하게 되었다.

따라서 실린더 당 출력이 증가되어 저속에서 토크 변동이 심하게 나타나고, 소수 실린더화에 따른 폭발간격이 커짐에 따라 연료 분사량의 제어가 불가능해 지는 시간이 길어지게 되었다. 황천과 같은 열악한 해상의 운전 환경 하에서는 기관의 급격한 속도변동에 대해 종래의 기계-유압식 조속기로써는 저속에서 안정된 운전이 어렵게 되어 마이크로컴퓨터를 이용한 디지털 조속기로 전환되고 있다.

디지털 조속기는 마이크로프로세서를 이용하여 디젤기관의 속도 검출신호에 대한 효율적인 신호처리를 행함과 동시에 다양한 제어 알고리즘을 채용하고, 이에 대한 정밀한 연산처리를 행함으로써 전술한 문제점을 어느 정도 해결할 수 있다. 현재 산업현장에서 가장 많이 사용되고 있는 제어 알고리즘으로써는 비례 적분 미분(Proportional integral derivative ; PID) 제어 알고리즘이 이용되고 있다.

그러나 PID 제어기는 초기에 제어기 파라미터의 정확한 선정에도 불구하고 외란이나 내·외부 환경변화가 심할 경우나, 시스템의 비선형성이 강할 경우 강인성을 보장할 수 없고 만