

국제회의에 지속적이며 주도적으로 참석하고 국제업무담당자를 양성해야 한다.

위와 같은 세부방안 등을 토대로 조사업무는 전문화, 과학화, 공정화 및 국제화되고 국민 위주의 조사제도로 거듭날 수 있으며, 해양사고 원인규명과 재발방지 기능을 다하는 명실상 부한 해양안전심판원으로 자리매김할 수 있을 것이다.

해양사고조사코드 등 국제규정을 법규와 사무처리요령 등에 제대로 수용하기 위해서는 외부 전문가와 해양안전심판원 직원 등으로 작업팀을 구성하여 충분한 시간과 예산을 가지고 현재의 사무처리요령과 국제코드 등을 비교·분석하여 새로운 안을 만들어야 한다. 이 초안을 해양안전심판원 조사업무관련 모든 직원에게 배포하여 종합적인 의견을 수렴한 후 미비한 점을 보완 개선하여 최종적으로 확정하는 방법이 좋을 것으로 사료된다.

이 연구에서는 원인식별지침을 충돌사고에 대해서만 작성하였으나 향후 좌초, 침몰 및 기판손상 등 주요 사고종류의 원인식별지침을 연구·작성하여야 할 것으로 판단된다.

2. 동적 이득설정 기법을 이용한 선박 주기관 디지털 거버너의 설계



기관공학과 강인철
지도교수 최재성

현행 선박에 채택되는 주기관의 특성은 저속화, 장행정화, 소수 실린더화 등이며 이러한 경향은 같은 크기의 출력을 발생하였던 종래의 기관에 비하여 기관의 실린더당 출력이 증가되어 저속에서 회전 토크 변동이 심하게 나타나고, 또한 소수 실린더화에 따라 폭발 간격이 커져서 연료 분사량 조절이 불가능해지는 시간구간이 길어지게 되었다. 이 같은 시간지연의 증가는 기관의 조속에 큰 장애가 되어 종래의 기계·유압식 거버너로서는 과속도의 위험증가, 저속에서 맥동이 지속되는 등의 많은 문제점에 대해 적절히 대응할 수 없게 되었다. 따라서 저속장행정 기관의 거버너는 종래의 유압식 형태에서 디지털 방식으로 대체되고 있으며 현재 시장상 면에서 큰 점유율을 나타내고 있는 상용의 디지털 거버너들은 8비트 혹은 16비트 프로세서를 토대로 PI 혹은 PID 제어의 단순 알고리즘으로 작동되는 경우가 일반적이고 여기에 속도 및 연료의 제한기능 등이 가미되고 있는 형태이다. 이러한 현재의 디지털 거버너는 대개 기관의 운전 영역을 속도에 따라 몇 개의 구간으로 나누어 각 구간에서의 기관 파라미터에 맞추어 제어기의 파라미터를 연산하는 것이 일반적이다. 이러한 경우 제어대

상을 모델링할 때에 나타나는 모델링 불확실성으로 인해 각 구간의 경계부분에서는 안정도나 속응성이 나빠지고 또 운전영역이 광범위한 경우에 있어서는 제어가 부적합해지는 단점이 있다. 또한 이러한 단점들을 해결하기 위해 LQ 제어를 이용하는 기법^{17,22)}, 퍼지제어를 이용하는 기법¹⁶⁾이나 H_∞ 제어기법²³⁾을 이용한 현대제어방법 등이 활발하게 연구되고 있으나 경제성과 연산능력 등의 문제로 인해 실용화되지는 않고 있다. 이 논문에서는 이러한 문제점을 해결하는데 주안점을 두고 있다.

그 동안 PID 제어의 이득을 비롯한 제어 파라미터의 튜닝방법에 대한 연구는 다양한 형태로 이루어졌고 여러 방식의 STC(Self Tuning Control)에 관한 연구 또한 행해졌다. 그러나 만일 기관에 대하여서도 제어계의 적정 이득값이 수식적인 일정 관계식으로 해석이 가능하게 된다면 임의의 회전수에서의 기관운전을 연속적이고 능동적으로 제어할 수 있게 될 뿐만 아니라 이러한 해석의 결과는 저속 기관에 대해 STC의 효과적인 알고리즘으로 활용될 수 있게 된다. 따라서 본 연구에서는 저속, 장행정, 소수 실린더의 선박용 디젤 기관을 제어 대상으로 할 경우에도 전속도 범위에서 속도변동에 따라 동적으로 최적의 제어를 수행할 수 있는 제어기 설계를 제안한다. 여기서 제어기는 PI 제어를 기본으로 하면서 제어계의 주파수 특성으로부터 디지털 거버너가 임의의 회전속도에서 맥동운전이 일어나지 않기 위한 한계조건을 해석하고 임의의 회전수에서 안정한계를 가져오는 이득의 임계값으로부터 적정한 안정 여유를 부여하는 방식으로서 제어기의 이득 및 적분시간을 동적으로 결정하는 방법을 연구한다. 연구의 결과로 나타나는 이득 해석의 결과는 이득 연산부에 의해 처리되도록 구성된 후 모델로 선정한 디젤기관에 실제 적용하여 봄으로써 제어계의 응답특성과 이 같은 해석의 적정성 여부를 확인하였다.

위와 같은 연구의 결과로 다음과 같은 결론을 얻었다.

먼저 시간지연을 갖는 제어계에서의 파라미터 조정범위를 제어대상의 특성 파라미터만으로 표현할 수 있었으며 실용적인 범위를 수식으로 다음과 같이 구체화 하였다.

- 안정한계 파라미터 값의 실용적인 범위는 적분시간에 대응하는 집합 요소가 양이 될 때의 범위로 한정될 수 있으며 이 범위의 임계각속도에 해당하는 ω_p 는 시간지연 L 과 시정수 T_m 에 의한 방정식으로 구해진다.
- P 및 PI 제어에서 유효한 이득 범위를 정하는 최대 이득값을 해석적인 방법으로 도출하였다.

다음 주파수 특성을 이용하여 지글러-니콜스 조정법(2)의 임계감도와 맥동주기에 대해 조정법(1)과 (2)의 상호 연관성을 수식화 하였으며 결과는 다음과 같다.

- 조정법(2)의 조정기준은 제어대상의 파라미터에 의한 수식으로 나타낼 수 있었다.
- 조정법(1)의 PI 제어에 나타난 적분시간 기준은 임계각속도를 최소 경계값인 $\frac{\pi}{2L}$ 로 고정하여 조정법(2)의 적분시간 기준을 간략화한 형태임을 알 수 있다.
- 조정법(1)에 나타난 이득의 기준은 임계각속도를 $\frac{2}{L}$ 로 하여 조정법(2)의 이득을 간략화한 결과라는 것을 알 수 있었다.

위의 결과를 가지고 시간지연을 갖는 저속 디젤기관에서 매 회전수 샘플링마다 디지털 거버너의 적정 이득 값을 연속적으로 계산하는 이득 연산부를 구성하여 제안하고 이를 활용한 디지털 거버너를 설계하여 제안한 디지털 거버너의 성능을 입증하기 위해 모델기관에 적용하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 저속기관을 시간지연 1차계통으로 나타내는 경우 특성과 관계되는 주요 파라미터들은 회전수에 따라 동적으로 변화한다. 이에 대응하는 제어기 이득값을 위해 제어계의 주파수 특성을 기초로 임계이득과 임계주기를 구하였다.
- 이득 연산부에 의해 저속기관의 제어특성이 안정한계가 되는 임계이득을 계산한 후 이를 모델제어계에 적용하여 저속 영역을 포함한 모든 운전영역에서 안정되고 속응성이 양호한 응답특성을 확인하였다.
- 임계이득값은 운전 회전수가 높아짐에 따라 상승하고 저속 운전일수록 감소하였으며 또한 회전수의 변동정도와 일정한 관계가 있음을 확인하였다.

이상과 같은 연구결과를 통해 저속으로 운전되는 선박 주기관을 보다 안정되고 효율적으로 제어할 수 있는 디지털 거버너를 설계할 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구에서는 기관의 시운전 보고서에서 주어진 제한된 파라미터만을 활용하였으나 이후에는 보다 더 다양한 파라미터를 실제 기관으로부터 추출하여 시뮬레이션하고 그 결과를 실제 기관에 적용시키는 것 등에 대한 많은 연구가 과제로 남아 있다.