

선박용 추진축계에서 프로펠러 가진력에 의한 감속기어의 진동 특성

Vibration Characteristics of Reduction Gear by Propeller Excitation on the Marine Propulsion Shafting System

김준성* · 김진희** · 이돈출†

Junseong Kim, Jinhee Kim and Donchool Lee

1. 서 론

4행정 디젤엔진 또는 전동기를 주 기관으로 한 선박에서 이들의 설치 공간과 중량을 줄이고 프로펠러의 효율을 증가시키기 위하여 감속기어가 대부분 이용되고 있다. 감속기를 갖는 추진기관에서 디젤엔진을 주 기관으로 하는 연구들이 지금까지 많이 진행되어 왔다. 이 경우 디젤엔진의 연소 폭발압력에 의한 토크변동에 의해서 비틀림 진동이 탄성커플링을 거쳐 기어에 전달되기 때문에 전달토크 변동이 적어 기어에 미치는 영향 역시 작다. 또한 이러한 진동계의 비틀림진동의 고유진동수는 낮기 때문에 프로펠러의 유체력에 의한 공진은 상용운전 영역에서 잘 일어나지 않는다. 전기 추진 시스템의 경우 초기 기동시와 빙 하중에 의한 외부 충격토크에 의한 과도한 토크변동을 줄이기 위하여 탄성커플링이 이용되고 있고, 디젤엔진 추진과 비교하여 상대적으로 모터의 2차 관성모멘트가 작다. 따라서 비틀림 진동의 고유진동수가 상대적으로 높고 프로펠러 유체변동에 의한 토크변동이 감속기어에 직접 전달되어 주 공진점이 추진시스템의 상용운전범위에 존재하는 경우를 자주 볼 수 있다. 본 논문은 이러한 전기추진시스템에서 프로펠러 유체변동에 의한 가진력을 중심으로 비틀림진동에 의한 감속기어의 진동 특성을 검토하고자 한다.

2. 감속기의 설계 및 진동 기준

선박용 기어 설계와 관련된 규정으로 기어에 전달되는 반복 하중에 대한 강도를 검토하기 위하여 IACS(국제선급연합)은 M56를 제안하고 있다. 이 규정은 일반 기어에 적용되는 ISO 6336을 중심으로 선박에 적합하도록 축소한 것으로 접선 하중에 의한 기어 이의 굽힘 강도와 면압 강도를 동시에 검토하게 되어 있다. 그리

고 동력 구동시스템으로 디젤엔진보다는 전동기가 전달 토크와 진동토크 차원에서 규정이 좀 더 완화되어 있다. 진동 측정과 평가방법은 현실적으로 기어에 직접 접근할 수 없으므로 하우징에서 측측을 할 수 있으며, 현재 진행 중인 ISO 20283-4에 의해서 측측과 평가방법을 제안하고 있고 측측위치는 Fig. 1과 같다. 진동의 허용수준은 ISO 10816-6의 평형에서 G4.5~G7.1의 수준을 요구하고 있다.

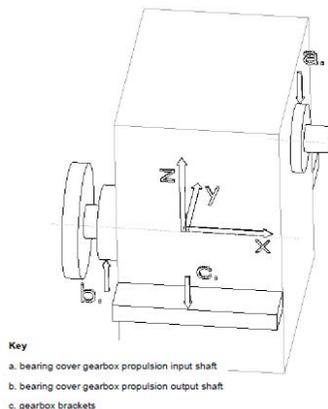


Fig. 1 Typical measurement points for marine gearboxes

3. 감속기의 비틀림 및 구조 진동 측측 결과

실험 대상의 선박은 특수 목적의 고급 선박으로 감속기어(감속비 4.188:1) 이는 상부(23/56)와 하부(25/46)으로 구성되어 있고, 기어 메시에 의한 진동주파수는 모터회전수에 각각 23 및 10.27를 곱하면 된다. 비틀림진동은 레이저 토손메타를 이용, 그리고 감속기 상부 하우징의 구조진동은 가속도계를 설치하여 측측하였다. 진동 신호처리에는 동 실험실에서 개발한 EVAMOS S/W를 이용하였으며, 충격에 의한 신호를 필터 없이 처리하기 위하여 샘플링 속도를 증가시킨 16,384kS/s로 하였다. 우선 비틀림진동은 프로펠러 유체력에 기인하여 날개 수 차수인 4차 성분이 주이며, 프로펠러 회전수 160~175rpm에서 광범위하게 공진이

† 교신저자; 정회원, 목포해양대학교
E-mail : ldevib@mmu.ac.kr
Tel : 061-240-7219 , Fax : 061-240-7219
* 목포해양대학교 대학원
** 한국선급

일어났다. 또한 비틀림진동이 일어나는 구간에서 기어 이 차수와 이성분과 2배수 성분의 비틀림진동을 추가적으로 확인할 수 있었으며 아마도 진동토크가 전달토크보다 커서 기어의 채터링(Chattering)이 일어난 것으로 추정되었다. 하우징 진동은 세 방향(x, y, z) 모두 측정하였지만 본 논문에서는 회전축을 중심으로 좌우 방향만 소개한다. 우선 프로펠러 회전수가 상대적으로 낮을 경우 하부기어 이의 1차수가 우세하게 나타나지만 회전수가 증가할수록 상부기어 이의 1차성분이 증가하였다. 또한 비틀림의 공진영역에서는 1차보다는 적지만 2차와 기어의 롤러베어링에 의한 성분이 발생하였다.

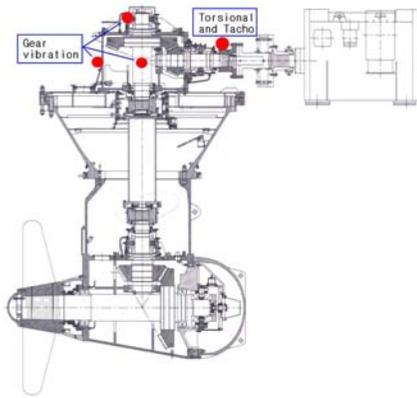


Fig. 2 Vibration measurement position for electric propulsion system

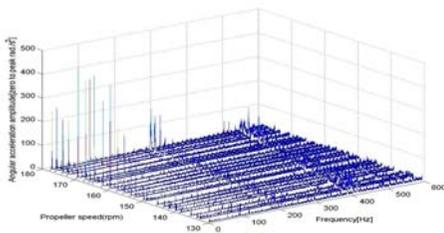


Fig. 3 Measured angular acceleration amplitude of G.F.L

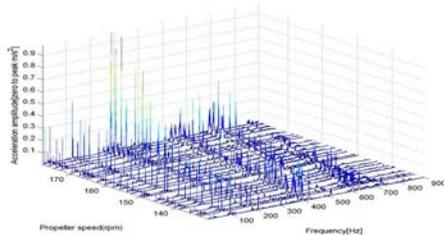


Fig. 4 Measured acceleration amplitude of Upper gear housing

여기서 롤러베어링 성분은 비틀림진동이 클 경우 프로펠러에 의한 전후 방향의 추력변동력이 발생하고 이 힘이 감속기어 등에 전달되어 새로운 진동이 일어난 것으로 추정할 수 있다.

4. 결 론

본 논문은 감속기를 갖는 전기추진시스템의 선박에서 프로펠러 유체력에 기인한 비틀림진동의 공진이 상용 회전수 내에서 공진이 일어난 사례를 중심으로 감속기의 진동의 설계차원에서 기술적인 문제점들을 분석 검토 하였으며 이들을 요약정리 하면 다음과 같다.

1) 프로펠러의 유체력에 의해서 유기되는 비틀림진동 토크는 디젤엔진에 의해서 가진 진동 토크와는 달리 탄성커플링을 통하지 않고 기어에 직접 전달되므로 상대적으로 크다. 그리고 기어의 채터링을 일으킬 가능성이 높고, 이러한 진동의 근거자료로 기어 메시의 1차/2차 성분의 각가속도가 증가함을 확인할 수 있었다. 따라서 이러한 진동은 기어 강도차원에서 수명 단축과 선박의 안전에 영향을 줄 수 있으므로 선급 규정과는 별도로 상세하게 검토되어야 한다.

2) 기어자체의 동적 거동을 확인하기가 어려워 간접적인 방법인 기어하우징에서 구조진동을 측정 검토한 결과 주로 기어 메시의 1차성분이 우세하였지만 비틀림이 증가하면 기어 메시의 2차성분과 롤러베어링과 관련된 고차의 진동이 새로이 발생함을 확인할 수 있었다.

3) 전동기에 구동되는 추진시스템은 디젤엔진 추진과는 달리 프로펠러 유체력에 의해서 유기되는 비틀림진동의 공진이 엔진의 사용회전수 내에서 일어날 가능성이 높다. 그리고 추력을 지지하는 롤러베어링과 관련된 고차성분의 구조진동이 새로이 목격되었으며 이는 디젤엔진의 소수실린더에서 일어나던 전후방향의 추력변동이 발생한 것으로 추정할 수 있다. 따라서 이 추력변동은 베어링의 수명과 선박의 안전에 관련되어 있으므로 주의 깊게 검토되어야 한다.

후 기

본 연구는 목포해양대학교 녹색해양기자재 RIS사업단에 의해서 지원되었습니다.