

매트랩을 이용한 산업용 유도전동기의 위험속도 예측 Critical Speed Prediction of Industrial Induction Motor using Matlab

한정민† · 태성도* · 양보석**

Jeong-Min Han, Sung-Do Tae and Bo-Suk Yang

1. 서 론

전동기 설계에 있어서 위험속도(Critical speed)는 매우 중요하다. 전동기의 운전속도가 위험속도와 일치할 경우 큰 진동을 유발하여 베어링이나 회전자 등의 구성품이 손상시키고 전동기를 운전 불능의 상태로 만들 수 있기 때문이다. 한편, 기술이 발전함에 따라 더 작은 크기에 더 큰 용량의 전동기를 설계하기 위한 노력이 계속되면서 2 극 유도전동기의 운전영역이 위험속도를 통과하여 위험속도 이상이 되도록 설계하는 경향이 증가하고 있다. 이러한 이유로 위험속도를 정확하게 예측하기 위한 여러 방법들이 사용되고 있으며, 본 연구는 MATLAB 을 이용해 보다 빠르고 쉽게 위험속도를 계산하는 방법을 제시하고, 그 결과를 ANSYS 를 이용한 결과 및 실측 데이터와 비교하여 타당성을 검증하였다.

2. 위험속도 해석 및 측정

2.1 MATLAB

해석을 위해서 Timoshenko Beam Type의 유한 요소 방법을 적용했다. 축계 해석의 경우 축 대칭의 형상을 가지는 비교적 단순한 형상이므로 모델링이 용이하며, 3D 해석과 비교해서 경제적인 측면과 시간적인 측면에서 이점이 있기 때문에 다양한 케이스를 신속하게 수행할 수 있는 장점을 가지고 있다.

다음의 Figure 1은 전동기 축계 해석의 순서도를 나타낸 것으로, 해석의 모든 과정은 MATLAB에서 제공하는 GUI(Graphical User Interfaces) 플랫폼을 기반으로 구동되도록 하였다.

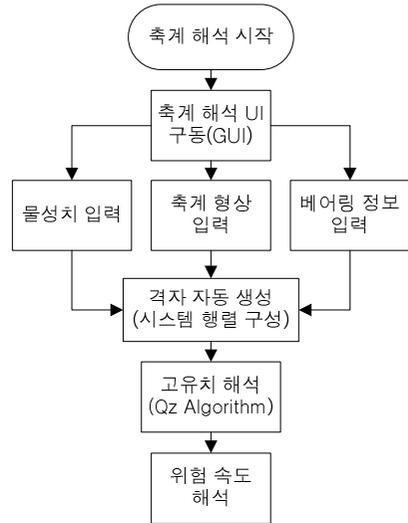


Figure 1 Rotor dynamic Analysis Flowchart

구성된 UI에 재료의 물성치, 축계 형상, 베어링 정보를 입력하면 자동적으로 적절한 수의 격자가 생성된다. Beam Type 해석의 경우 컴퓨터 연산능력의 비약적인 향상 때문에 격자 증가로 인한 연산시간에 대한 고려가 무의미하고, 유효요소에 대한 이해가 없는 유저의 사용을 돕기 위하여 격자에 대한 내용은 유저가 간섭하지 못하도록 하였다.

위와 같은 내용에 따라 생성된 격자를 이용하여 시스템 행렬을 구성하고, MATLAB에 내장된 고유치 연산 프로그램인 QZ 알고리즘으로 위험속도를 예측하였으며, 해석 시에 구성된 모델링과 결과로 나타나는 모드형상은 Figure 2와 같다.

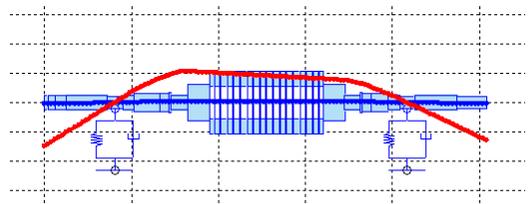


Figure 2 Modeling & Mode Shape

† 교신저자; 비회원, (주)효성, 중공업 PG 기전PU

E-mail : hanjm@hyosung.com

Tel : 055-268-8873 , Fax : 055-268-9835

* (주)효성, 중공업 PG 기전PU

** 부경대학교 기계자동차공학과

2.2 ANSYS

3D CAD 프로그램을 이용하여 회전 축계의 주요 구성품인 축(shaft), 회전자 철심(rotor core), 저항링(end ring), 동 바(copper bar) 등을 모델링 하였다. ANSYS 해석 프로그램에서는 각 구성품의 재료 물성치를 입력하고, 솔리드 요소를 이용하여 격자를 생성하였으며, 지지조건은 모델링된 축의 베어링 지지단을 스프링 요소로 연결하여 베어링 강성값을 입력하였다.

Modal 해석을 수행하여 얻은 결과는 Figure 3~4와 같으며, 모드형상이 나타나는 고유진동수와 회전 속도에 대응하는 동특성 변화를 Campbell diagram에 표시하여 위험속도를 예측할 수 있었다.

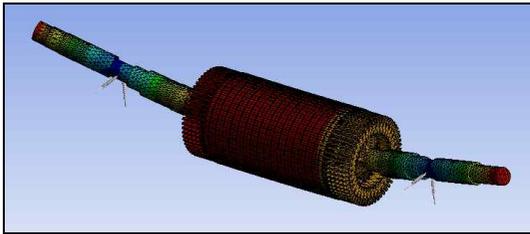


Figure 3. Mode shape(Case A)

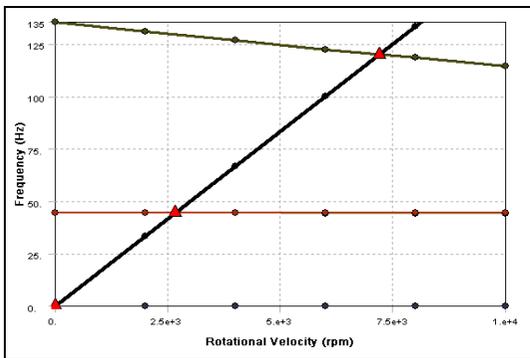


Figure 4. Campbell diagram(Case A)

2.3 위험속도 측정

전동기의 위험속도를 측정하기 위해 Run-down 테스트를 실행하였다. 베어링 하우징에 진동 센서를 설치하고 정격속도로 운전중인 전동기의 전원을 차단하여 회전체의 회전속도를 감소시키면서 회전수에 대한 진폭과 위상을 측정하였다. 신호분석기(signal analyzer)를 통해 들어온 신호는 Figure 5와 같은 Bode diagram으로 그릴 수 있고, 공진점을 통과할 때의 진폭과 위상의 변화로 위험속도를 확인하였다.

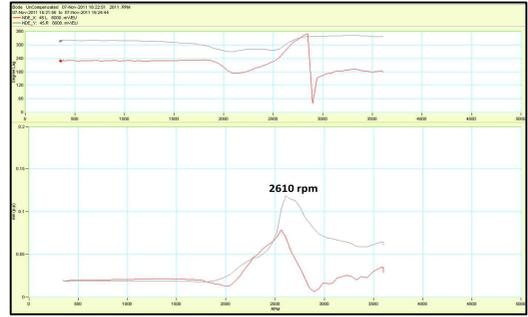


Figure 5 Bode diagram(Case A)

2.4 결과 비교

결과의 신뢰성을 높이기 위해서 2극 유도전동기 3대에 대해서 같은 방법을 적용하였으며, 계산 및 측정 결과는 Table 1과 같이 정리하였다. 위험속도는 RPM단위로 표시하고, 계산 오차는 실측된 위험속도를 기준으로 하여 %단위로 표시했다.

MATLAB으로 계산한 결과가 측정된 위험속도와의 오차가 작으므로 계산 결과가 매우 정확하다고 할 수 있고, 3D 모델링을 이용한 ANSYS 해석 결과와의 비교에서도 큰 차이가 없는 것으로 보아 복잡한 3D 모델링이 없어도 보다 빠르고 간편하게 위험속도를 계산할 수 있음을 검증할 수 있었다.

Table 1 Results of calculations and measurements

Case	MATLAB		ANSYS		Test
	해석	오차	해석	오차	
A	2728	4.4	2656	1.8	2610
B	2578	4.3	2509	1.7	2467
C	2530	4.5	2490	3.1	2416

3. 결 론

본 연구에서는 2극 유도전동기의 위험속도를 MATLAB을 이용해 구하는 방법을 제시하였다. 그 결과를 바탕으로 ANSYS를 이용해 해석한 결과와 실측 데이터를 비교한 결과, 오차율 5%이내의 매우 신뢰할만한 결과를 얻을 수 있었다. 향후에는 추가적인 시험 검증을 통해 계산 오차를 더욱 줄일 것이며, 해석 프로그램을 사용하지 못하는 설계자라도 MATLAB을 이용해서 쉽고 빠르게 위험속도를 계산할 수 있도록 할 것이다.