

# 비상디젤발전기 구조건전성의 해석적 평가방법 연구

## The Analytical Estimation of Structural Integrity for Emergency Diesel Generator in Nuclear Power Plants

최현오\* · 김재실† · 정훈형\*\*

Heon-Oh Choi\*, Chae-Sil Kim† and Hoon-Hyung Jung\*\*

### 1. Introduction

본 논문에서는 비상디젤발전기의 회전체 및 구조물에 대한 건전성 평가를 위하여 해석적 방법을 이용한다. 베어링의 동적계수가 적용된 회전체 모델을 구축하고 위험속도 해석을 실시하여 회전체 안정성을 확인한다. 그리고 비상디젤발전기의 유한요소모델을 구축하고 모달해석을 수행하여 1차 고유진동수를 확인한 후 지진해석을 수행한다. 지진해석은 지진주파수 영역인 33Hz 이하이면 동적해석, 그 이상이면 정적해석을 수행한다. 본 연구에 사용된 모델은 1차 고유진동수가 33Hz 이상에서 발생하여 정적해석을 수행한다. 그 결과 모든 파트에서 최대응력이 허용응력보다 낮은 범위에서 발생하여 비상디젤발전기가 구조적으로 건전하다는 것을 확인하였다. 따라서 내진영향에 대한 구조물 해석적 건전성 평가 방법과 회전체에 대한 안정성 해석을 병행하므로써 더욱 엄밀한 해석적 평가방법을 제시한다.

### 2. Seismic qualification method

본 논문에서 사용되는 내진 검증 방법은 수학적 모델에 의해 회전체 및 구조물의 거동을 해석하는 방법이다. 비상디젤발전기는 내진범주 I급에 해당되는 기기로 안전정지지진 발생 시 기능을 유지할 수 있도록 설계되어야 한다. 전반적인 검증 과정은 Fig. 1과 같이 나타난다.

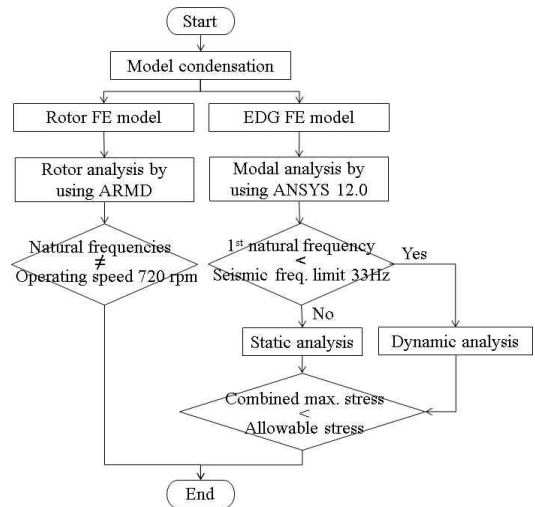


Fig. 1 Flow chart of an integrity evaluation technique

### 3. Rotor dynamic analysis

#### 3.1 Journal bearing analysis

비상디젤발전기의 회전체 안전성 해석을 위하여 전용 해석 툴인 ARMD를 사용하였다. Fig. 2는 구동축을 포함하고 저널 베어링에 의해 지지되는 회전체를 유한요소법을 적용하여 2차원 수학적 모델을 구축하였다. 그리고 Fig. 3과 같이 저널베어링 해석을 수행하여 전후방 저널베어링의 최소유막두께가 기준치 보다 큰 것을 확인하므로써 설계 요구조건에 만족된다. 이 때의 베어링 동적특성, 즉 강성 및 댐핑을 위험속도해석에 적용한다.

† 교신저자; 정회원, 창원대학교 기계공학과

E-mail : kimcs@changwon.ac.kr

Tel : +82-55-213-3604, Fax : +82-55-275-0101

\* 씨엔케이엔지니어링

\*\* 창원대학교 대학원 기계공학과

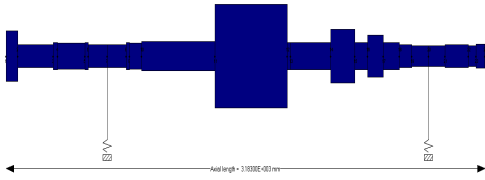


Fig. 2 Configuration of the rotor system

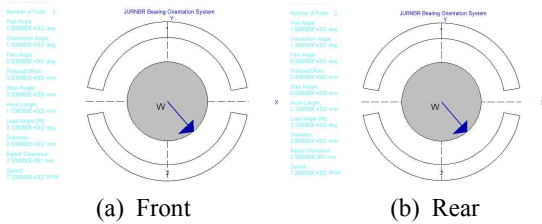


Fig. 3 Analysis model of the journal bearing

### 3.2 Critical speed analysis

앞서 설계된 저널베어링의 댐핑과 강성을 고려하여 회전체의 위험속도해석을 수행하고 안정성 선도를 확인하므로써 회전체의 안정성을 판단한다. 회전체의 작동 속도가 720rpm(=12Hz)이고, 해석결과 1차 고유진동수가 39.01Hz이므로 비상디젤발전기의 작동속도 영역은 1차 고유진동수 이하이다. 따라서 비상디젤발전기의 구동축을 포함하는 회전체는 위험속도영역을 회피하여 안정하다는 것을 확인할 수 있다.

## 4. Seismic qualifications

### 4.1 Finite element model of EDG

비상디젤발전기의 2차원 도면 내용을 기초로 상용 유한요소 해석 프로그램인 ANSYS를 이용하여 3차원 모델을 구축하였다. Fig. 4는 유한요소 모델과 경계조건을 나타낸다.

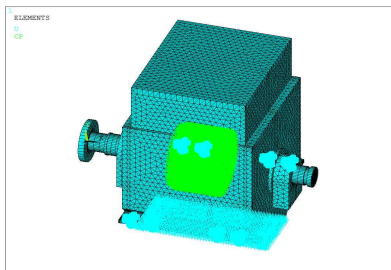


Fig. 4 Boundary conditions of the EDG

### 4.2 Modal analysis of EDG

모달해석을 수행하여 1차 고유진동수를 확인한 후 지진해석을 수행한다. 모달해석 결과에서 1차 고유진동수가 58.6Hz이므로 지진발생 주파수 영역인 33Hz 이상에서 발생하였으므로 정적해석을 수행한다. 하중 조건은 Table 1과 같다. 정적해석 결과 Table 2와 같이 모든 파트에서 최대응력이 허용응력보다 낮은 범위에서 발생하여 비상디젤발전기가 구조적으로 건전하다는 것을 확인하였다.

Table 1 Loading conditions

Operating conditions	Directions	Applied $g$ levels [ $g$ ]
Level A (Normal)	E-W	0
	V-S	1
	N-S	0
Level B (Upset)	E-W	0.495
	V-S	1.33
	N-S	0.495
Level D (Faulted)	E-W	0.99
	V-S	1.66
	N-S	0.99

Table 2 Static analysis results

Operating conditions	Parts	Material	Max. stress	Allowable stress
Level A (Normal)	Base foot bolt	KS B 1002-86	8.54	235.6
Level B (Upset)	Base foot bolt	KS B 1002-86	39.3	313.3
Level D (Faulted)	Base foot bolt	KS B 1002-86	72.1	373.0

## 5. 결 론

본 논문에서 비상디젤발전기의 회전체 및 구조물에 대한 수학적모델을 구축하였다. 우선, 저널베어링 해석 및 위험속도해석을 수행하여 회전체의 작동속도 영역에서 안정성을 확인하였다. 그리고 모달해석을 수행하여 구조물의 1차 고유진동수가 33Hz 이상에서 발생하였다. 따라서 정적해석을 수행하였고, 그 결과 최대 응력이 허용응력보다 작은 것을 확인하였다. 따라서 본 논문에서 제시한 해석적 방법으로 내진영향에 대한 구조물 건전성과 회전체 안정성을 확인하므로써 더욱 엄밀한 해석적 방법의 타당성을 확인하였다.