

당진 화력발전소용 800kV 가스절연차단기(Gas Insulated Switchgear) 고유모드해석

신 익호*, 송 원표, 권 기영
주식회사 효성 중공업연구소

The Normal Mode Analysis of 800kV Gas Insulated Switchgear(GIS) for the Dangjin Thermal Plant

I.H.Shin*, W.P.Song, K.Y.Kweon
HYOSUNG CORPORATION

Abstract - 800kV GIS(Gas Insulated Switchgear) was first developed by Hyosung Corporation in Korea at Dec. 1998 and is going to be installed first in the Dangjin Thermal Plant. We intended to verify the structural safety of 800kV GIS under seismic load. The modal analysis of 800kV GIS has been carried out to obtain the natural frequency and mode shape. PATRAN was used for modeling exactly 800kV GIS Geometry. 800kV GIS FE(Finite Element) model was constructed of shell elements for the enclosures and beam elements for the conductors and the support insulators. NASTRAN was used for analyzing the normal modes of 800kV GIS FE model.

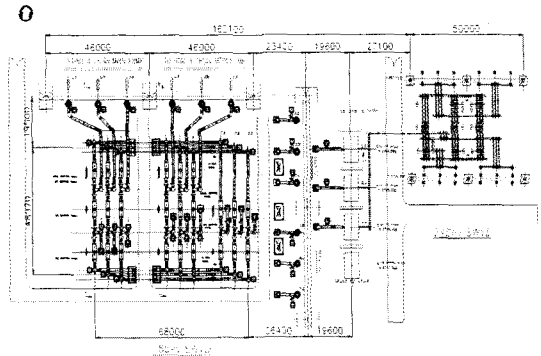


그림1. 당진 화력발전소 800kV GIS Layout도

1. 서 론

1980년대 이후 우리나라 국민의 생활수준이 향상됨으로 인하여 전력사용이 나날이 급증하고 있으며 2000년이후 국내 특히 수도권지역 전력수급의 불균형이 예상됨에 따라 한국전력공사의 주도하에 송전전압을 765kV로 격상하는 대역사적 사업이 진행 중에 있다. 이에 당사에서는 765kV 송전계통의 설비보호를 담당할 800kV 50kA 8000A 가스절연개폐장치(GIS)를 1998년 국내 최초로 개발완료하여 최초로 당진 화력발전소 3,4호기용으로 설치 예정이다. 당사가 개발한 800kV GIS는 상당한 절연 성능이 요구됨에 따라 GIS의 대형화가 불가피하여 800kV GIS의 구조적 안전성 확보를 위하여 내진해석을 실시하고자 진단계인 고유진동해석을 실시하였다. 지진에 의한 피해는 상상을 초월할 정도이며 근래 우리나라에서도 빈번한 지진이 발생함으로 더이상 지진의 안전지대가 될 수 없다는 여론과 더불어 지진에 대한 안전성 확보 문제가 대두되고 있다. 당진 화력발전소 3,4호기용 800kV GIS의 고유모드해석을 위하여 실변전소 Layout중에서 1상분을 선택하여 해석을 실시하였으며 본 논문에서는 내진해석을 위한 해석용 유한요소모델의 고유모드해석결과에 관하여 발표하고자 한다. 고유모드해석을 실시하여 전체 120차 Mode까지 검토하였으며 그중 내진해석시 지배적인 영향을 주는 6개의 Mode와 각 Mode의 Mode Shape를 검토하여 최종적으로 6개를 선정하였다.

2.1.2 800kV GIS 내진해석절차와 고유모드해석

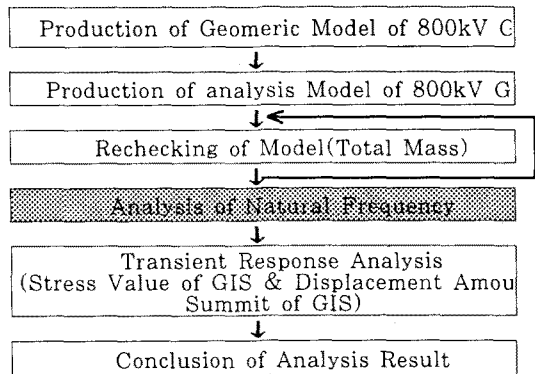


표1. 800kV GIS 내진해석 Flow

800kV GIS 내진해석순서는 상기 표1과 같다. 실제 해석모델과 동일한 유한요소모델 작성을 위하여 정확한 3차원 형상모델을 3D CAD를 이용하여 작성하였다. 작성된 3D형상모델을 NASTRAN의 전용 전처리 프로그램인 PATRAN에서 불러들여 해석용 유한요소모델을 작성하고 기본적인 재료 물성치를 부여하였다.

해석용 모델이 최대한 실 GIS모델을 반영할 수 있도록 하기 위하여 정적해석을 실시하여 유한요소모델의 반력을 조사하여 실제 모델 중량과 비교하여 반복적으로 검토하였다. 왜냐하면 해석모델의 중량이 해석모델의 고유진동수 결정에 중요한 영향을 주기 때문이다. 최대한 실GIS 중량과 동일하게 반영된 최종적인 해석용 유한요소모델 작성 후 고유모드해석을 실시하여 고유진동수를 계산하고

2. 본 론

2.1 당진 화력발전소용 800kV GIS 내진해석모델

2.1.1 800kV GIS 외형도(Layout)

당사에서 국내 최초로 개발완료한 800kV GIS는 그림 1과 같이 당진 화력발전소 3, 4호기에 처음으로 설치될 예정이며 실변전소 Layout중 1상분을 선택하여 해석을 실시하였다.

Mode Shape을 검토하였다.

2.1.3 내진해석용 800kV GIS 3차원 유한요소모델

NASTRAN의 전용 전처리 프로그램인 PATRAN에서 유한요소모델을 작성하였다.(그림2)

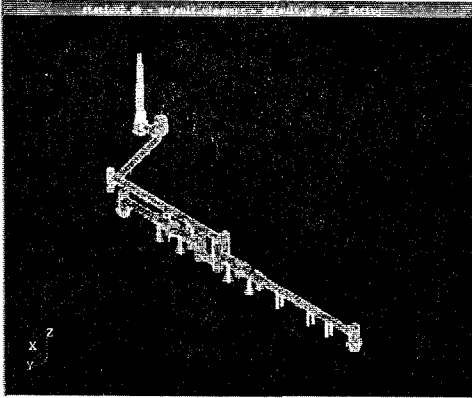


그림2. 800kV GIS 유한요소모델

800kV GIS는 전체적으로 임의의 한 축을 중심으로 전류를 통전하는 중심도체와 절연Gas를 보호하고 있는 외부탱크가 동심원의 형상을 하고 있으므로 실제 GIS와 최대한 근사하게 해석용 모델을 작성하기 위하여 Tank부는 Shell요소로 내부도체는 Beam요소로 나누어 작성하였다. 그리고 내부도체를 지지하는 Spacer 및 Post Insulator는 강체로 모사하여 해석용 모델을 작성하였다.

2.2 800kV GIS 정적해석(Static Analysis)

2.2.1 정적해석(Static Analysis)

800kV GIS 각부 재료의 기계적 물성치를 유한요소모델에 부여하여 모든 기하학적 정보가 입력된 해석용 유한요소모델이 완성되면 우선적으로 정적해석을 실시하여 각 지지부의 반력 등을 검토하였다. 각부 요소와 요소사이의 연결성, 유한요소모델에 반영된 물성치 및 요소 Property의 적합성 등을 동적해석 전에 정적해석을 실시하여 해석용 유한요소모델에 문제가 있는지를 검토하였다. 왜냐하면 정적해석을 실시한 유한요소모델 또는 유한요소모델 작성상에 오류가 있으면 동적해석을 수행하여도 해석결과는 의미가 없기 때문이다. 그리고 정적해석을 통한 지지반력 검토를 통하여 유한요소모델에 부여된 물성치와 실 GIS의 무게가 근사한 지를 검토하였다. 왜냐하면 해석을 실시하고자 하는 실 GIS의 물리적 특성들이 유한요소모델에 반영이 되어 실 GIS의 고유모드와 동일한 결과를 얻을 수 있기 때문이다. 정적해석 결과는 다음 그림3과 같다.

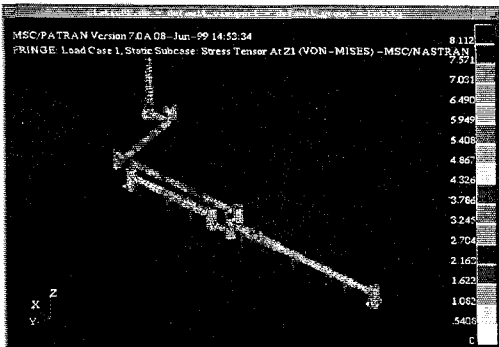


그림3. 800kV GIS 정적해석결과(Von-mises Stress분포)

(해석조건)

구속조건 : GIS Layout의 각 Base 하부를 완전 구속
하중조건 : 중력 가속도(자중) : 9810 mm/sec^2

(해석결과)

반력 : $1.24121 \times 10^6 \text{ N}$
전체질량 : $126.525 \text{ N-sec}^2/\text{mm}$ (실GIS질량 : 126.772 N-sec)
최대발생응력 : 5.11 N/mm^2
최대발생변위 : 0.913 mm (중력방향)

본 과정의 정적해석은 다분히 동적해석 전에 해석용 모델 작성상 오류가 있는 지를 검토하는 것에 목적이 있다.

2.3 800kV GIS 고유모드해석(Normal Mode An

2.3.1 Normal Mode Analysis

진동을 하고 있는 임의의 시스템이 있다고 가정 한다면 이 시스템이 임의의 외력의 영향을 받을 경우, 이 시스템이 가장 자유롭게 운동하게 되는 고유의 방향과 특성이 있는데 이를 고유벡터와 고유진동수라고 일컫는다.

구조물의 실제 거동은 고유 벡터가 실제 구조물 거동에 기여하는 기여도를 고려하여 조합하면 표현될 수 있으며 그 고유 벡터들 중에 동적 거동에 기여도가 가장 큰 고유 벡터는 저차 모드인 경우가 많은데 이는 주로 1차모드로서 그 시스템을 대표하는 것으로 고유진동수라고 일컫는다(1차 고유진동수의 기여도가 2차, 3차, …… 고유진동수의 기여도보다 월등히 탁월한 경우). 본 해석에 사용된 고유모드해석의 계산방법은 Lanczos Method를 사용하였으며 전체 70Hz까지의 120개의 Mode를 구하였다. 이들 고유진동수와 그 고유진동수의 Global Mode Shape을 검토하여 800kV GIS 유한요소모델의 지엽적인 변형을 나타내는 Mode들은 국부적으로 발생하는 Local Mode로 제외하고 800kV GIS의 동적 거동에 지배적으로 영향을 미치는 Mode들을 Global Mode로 선정하였으며 그 결과를 표2에 나타내었다.

No.	Order of Normal Mode	주 파 수 (Hz)
1	1	6.1345
2	2	6.2395
3	5	10.1729
4	6	10.1908
5	9	12.3180
6	20	20.5505

표2. 800kV GIS 고유모드해석 결과

상기에 선정된 고유벡터(Mode Shape)은 다음 그림들과 같다.

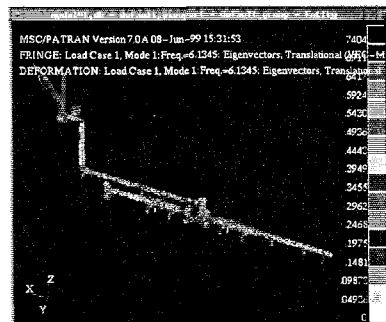


그림4. 1차 Mode(Freq. = 6.1345Hz)

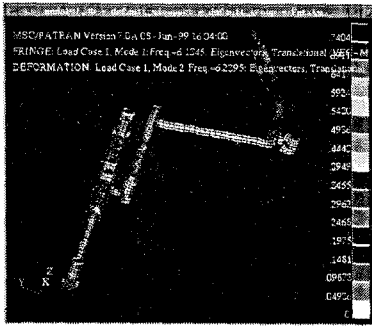


그림5. 2차 Mode(Freq.=6.2395Hz)

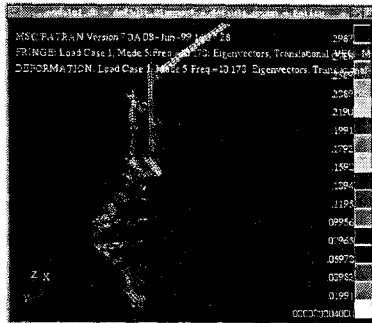


그림6. 5차 Mode(Freq.=10.1729Hz)

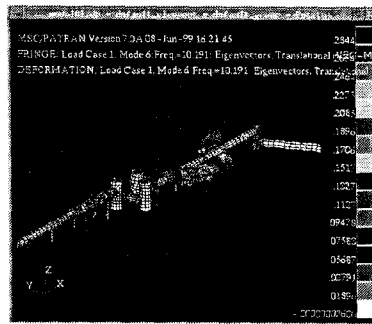


그림7. 6차 Mode(Freq.=10.1908Hz)

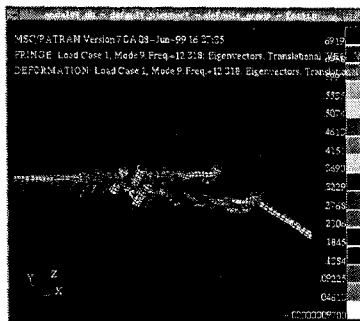


그림8. 9차 Mode(Freq.=12.3180Hz)

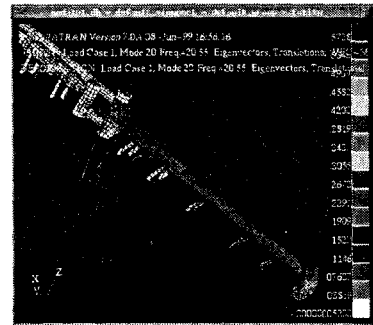


그림9. 20차 Mode(Freq.=20.5505Hz)

상기에 선정된 모드에서 알 수 있듯이 시스템에 지배적으로 영향을 주는 모드는 주로 저차 모드의 일부에 집중되어 있으며 구조물 전체 변형에 지배적으로 영향을 주는 양상을 갖는 모드를 Global Mode로 고려할 수 있다.

3. 결 론

당사가 국내 최초로 개발완료하여 당진 화력발전소용 3, 4호기에 설치 예정인 800kV GIS의 고유모드해석을 실시하였다. 800kV GIS 동적거동이 가장 현저하게 나타나는 고유진동수는 6.1345Hz, 6.2395Hz, 10.1729Hz, 10.1908Hz, 12.3180Hz, 20.5505Hz임을 알 수 있었으며 특히 Bushing부의 동적거동은 저차 모드 일부에 크게 영향을 받는 것을 알 수 있다. 향후에는 고유모드해석 결과를 이용하여 800kV GIS의 내진에 대한 과도응답특성을 확인하고자 한다.

(참 고 문 헌)

- [1] A.GIRODET, E. SERRES, F. MEES and J.M. WILLIEME "SEISMIC BEHAVIOR OF "CANDLE" TYPE SF6 OUTDOOR CIRCUIT BREAKERS AND ASSOCIATED SF6 INSULATED CURRENT TRANSFORMERS", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 4, No. 4, October 1989
- [2] 전기기술지침 발간전편 "変電所等における電氣設備の耐震対策指針", JEAG-5003 일본전기협회 전기기술기준조정위원회 1980
- [3] 신익호, 송원표, 권기영 "당진 화력발전소용 800kV 가스차단기(GIS) 내진해석(I)", 대한전기학회 1999년도 제3회 전력기기 SYMPOSIUM 논문집, pp11~14, 1999