

전력설비 설계조건이 전력설비 운영에 미치는 영향

장성익*, 백두현*, 신명철**
KEPCO*, SKKU**

The Effect of Power utilities Design on Power utilities Operation

Sung-ik Jang*, Doo-Hyun Baek*, Myong-Chul Shin**
KEPCO*, SKKU**

Abstract - 고압 전력설비 기능과 설비보호를 위한 기술검토 및 사회적 여건변동으로 변전소 구조와 기기배치 등에 따른 다양한 전력설비 설계조건을 검토하여 전력설비 운영에 미치는 영향과 대책을 논한다.

단 고정(B형상)이므로 60Hz주파수로 동작하는 길이는 2480~2660mm임(가스변압기 사용 콘드 길이는 1790mm이므로 60Hz 공진 발생현상 없음)

1. 서 론

고압 전력설비의 요구되는 기능과 과전압 전력계통에서의 설비보호 및 사회적여건 변동과 경제성, 기술적 특성을 고려한 전력설비 배치 등에 따라 전력설비의 설계조건을 검토해야하고 이에 따른 전력설비의 운영에 많은 영향을 미치게 된다.
이에 전력설비의 설계조건을 검토하고 전력설비의 운영에 영향을 주었던 사례를 소개하고 이의 대책을 논한다.

2. 본 론

2.1 전력설비 설계조건 검토 배경

고압 전력설비 보호를 위한 설비 제질과 변전소 형태에 따른 기기배치와 운전구조 및 설비운전에 따른 공진 등을 검토하여 설비운영에 미치는 영향을 검토하고자 한다.

2.2 전력설비 설계조건 검토

2.2.1 절연물 재질분석

- 절연물(고압스페이서) 자체 결함 검토
- 절연물 단품 성능검증을 위해 제작사 시험장비 이용 검증시험 (시험규격 : KS M 3015, 열경화성 플라스틱 일반 시험방법) 실시
- 스페이서 재질 분석

번호	시험 항목	시험 목적	시험 평가
1	비중	재료 특성치	질량 동일부피 표준물질 질량 비
2	ASH Content	원료 배합비 확인	고온가열 후 잔량 무기물함량 측정
3	Tg (유리전이온도)	내열(열적) 특성 평가	시료Glass상태에서 Rubbery상태 전환 온도
4	경도	재료 딱딱한 정도	물체의 단단한 정도

- 분석 결과

번호	시험 항목	단위	기준치	결과치	판정
1	비중		2.2~2.4	2.276	양호
2	ASH Content	%	66~70	68.2	양호
3	Tg(유리전이온도)	°C	105이상	106.75	양호
4	경도	M-Scale	92~101	97.4	양호

2.2.2 기자재(GIB챔버 내 콘드) 공진 분석

○ 공진해석 프로그램으로 공진영역 검증

구 분	형상	Frequency(Hz)			
		50±5%Hz 47.5~52.5	50±5%Hz 57~63	50±5%Hz 95~105	50±5%Hz 114~126
공진발생 구 간 (mm)	A	2180~2360	2000~2120	1520~1640	1400~1520
	B	2720~2900	2480~2660	1940~2060	1760~1880
	C	3260~3500	3020~3200	2300~2480	2120~2300

고압챔버의 콘드는 무빙 콘드와 고정콘드로 연결되어 있어 1

2.2.3 기자재(고압스페이서) 조립 방법

○ 작업볼트 조임 기준(공장 작업 표준)

표준 볼트 및 너트	표준 조임 토크(kg-cm)					
	철 혹은 강철			동, 황동, 혹은 알루미늄, 합금볼트		
	최대치	평균치	최소치	최대치	표준치	최소치
M10	280	240	200	145	120	95
M12	550	450	350	360	300	240
M14	820	670	520	-	-	-
M16	1150	950	750	700	600	500

■ 볼트 조임과 풀림 순서
■ 상기 규격에 없는 볼트의 경우는 한 단계 위의 볼트 Size를 기준하여 적용합니다.

<그림 1> 기자재 조립방법(볼트 조임 기준)

토크 조임 및 확인 작업 실시로 볼트체결에 의한 스페이서 크랙 가능성 없음
(콘드 취부볼트 M10사용, 후렌지 취부볼트M16사용 철,강철기준)

2.2.4 현장설치 및 운전구조 검토

○ 설치 구조



<그림 2> 접속재 하부연결 구조

<그림 3> 접속재 상부연결 구조

○ 고유 진동수 계산
- 제 원

항 목	입력값	
	외 경	Do
외 경	100 mm	
내 경	Di	
내 경	80 mm	

$$f = \frac{\lambda^2}{2\pi I^2} \sqrt{\frac{EIg}{\gamma A}} \quad (\text{Hz})$$

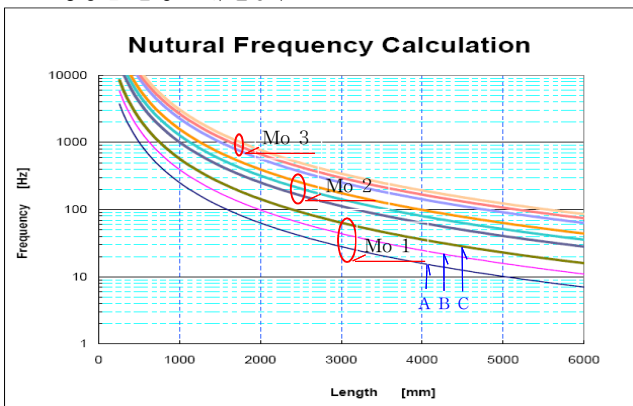
재 질	A6063	형 태	
형 태	진동수 계수 (λ)		
	1 차 모드	2 차 모드	3차 모드
A	π	2π	3π
B	3.927	7.069	10.21
C	4.73	7.853	10.996

- 계산결과

항 목		계 산 값	
탄 성 계 수	E	7000	kg/cm ²
단면 2차 모멘트	g	2898119.22	cm ⁴
단 면 적	A	2827.43	mm ²
단위체적당 무게	γ	0.0000027	kg/cm ³
중력 가속도	g		cm/s ²

모 드	형 상	Frequency (HZ)			
		50±5% (47.5 - 52.5)	60±5% (57 - 63)	105±5% (95 - 105)	126±5% (114 - 126)
1차	A	2180~2360	2000~2120	1520~1640	1400~1520
	B	2720~2900	2480~2660	1940~2060	1760~1880
	C	3260~3500	3020~3200	2300~2480	2120~2300
2차	A	4340~4640	3980~4220	3080~3320	2780~3020
	B	4940~5240	4460~4760	3440~3680	3140~3380
	C	5480~5780	5000~5300	3860~4100	3500~3740
3차	A	6200~	5960~	4640~4940	4220~4520
	B	6200~	6200~	5000~5360	4580~4880
	C	6200~	6200~	5000~5360	4580~4880

- 형상별 발생 고유진동수



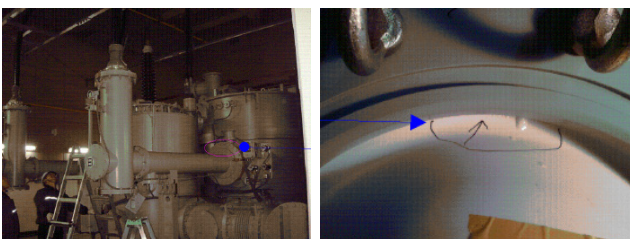
NO.1 MODE Bottom. NO.2 Middle. NO.3 Top.
A : 양단지지보 B : 1단지지, 1단고정보 C : 양단고정보

2.3 전력설비 운영 적용 사례

[○○변전소 가스변압기 고압가스 챔버 누기]
○○변전소 운전중인 154kV B상 주변압기 고압가스 챔버의 가스 압력저하로 점검결과 154kV 고압가스 챔버의 가스가 누기 되는 이상이 발생되었다.
- 제품 사양 : 단상 60Hz 154/23kV 20MVA, GF

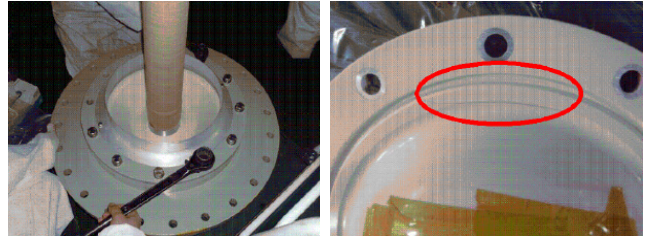
○ 고장 발생 경위
가스변압기 B상본체 충전가스압력 : 1.3kg/cm²G → 1.46kg/cm²G
와 Plug-in접속용 GIB챔버(4.5kg/cm²G)분리용 고압스페이서 문제 발생으로 GIB챔버 가스가 본체탱크로 유입되는 현상 발생
- Plug-in접속용 GIB챔버 압력저하 4.5kg/cm²G → 2.9kg/cm²G
- 가스변압기 B상 본체 압력상승 : 1.3kg/cm²G → 1.46kg/cm²G

○ 현장 점검
- 가스변압기는 1차 Plug접속재가 상부에서 취부되는 구조로 설치되는 특이점 존재(1차 케이블, 소켓, 플러그 하중이 외팔보 형태의 Plug-in접속용 GIB챔버에 전달되고, 미세한 진동이 콘드와 고정되는 1차 고압스페이서에 지속적인 충격을 가해 크랙발생 가능성 존재) 가스변압기 Plug-in접속용 GIB챔버 해체 및 고압스페이서 누기부위 확인시험(비누거품) 실시



<그림 4> 가스변압기 GIB챔버 <그림 5> 고압스페이서 누기부위

- 고압 챔버외함 해체 후 스페이서에 염색침투 탐색제(PT)로 크랙확인

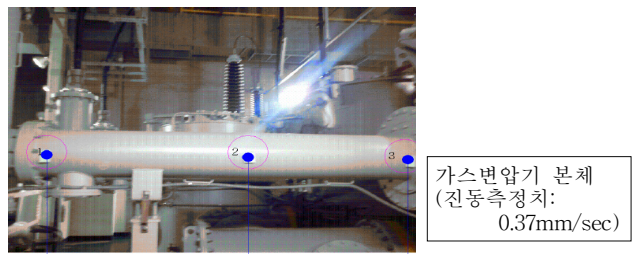


<그림 6> 고압스페이서 해체 <그림 7> 고압스페이서 크랙 확인

○ 진동 측정 (가스변압기 #B상)
: 변압기 본체(0.37mm/sec), Plug-in접속용 GIB챔버 진동량을 측정된 결과 챔버 중앙부(2부위) 최대 진동량 측정됨(0.4mm/sec)

○ 현장 조치
신규 스페이서 교체 및 Plug-in접속용 GIB챔버 재조립 진공가압

○ 고압 스페이서 크랙 발생원인 검토
가스변압기 1차 고압스페이서 크랙 원인분석 실시결과, 현장설치 및 운전조건에 의한 구조적인 문제발생 요인의 가능성이 높은 것으로 분석



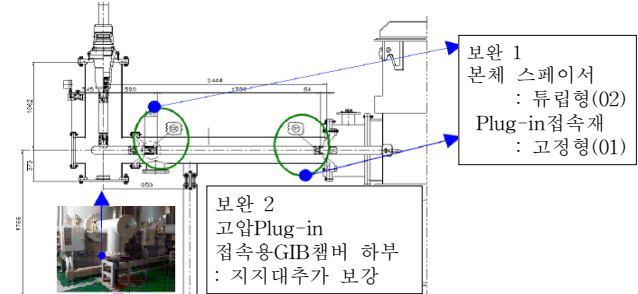
가스변압기 본체 (진동측정치: 0.37mm/sec)
(0.14mm/sec) (0.4mm/sec) (0.15mm/sec)
<그림 8> 운전조건에 따른 진동측정치

3. 결 론

전력설비의 제질 및 설비의 현장설치 조건과 운전조건 특히 전력설비 구조변경에 따른 진동측정 등의 설계조건이 설비운전에 큰 영향을 미치는 것을 분석하였고, 적용 사례에서는 다음의 대책을 적용하도록 하였다.

[보완방법 1]
콘드 고정위치 상호변경 : 본체-접속재간 고압 스페이서 연결점 충격완화 목적
- 현재 조립구조 : 본체 스페이서 -고정형(01), Plug-in 접속재 -튜립형(02)
- 변경 조립구조 : 본체 스페이서 -튜립형(02), Plug-in 접속재 -고정형(01)

[보완방법 2]
고압 Plug-in 접속용 GIB챔버 하부에 지지대 추가 및 보강 실시 (외팔보 지지구조 회피목적)



<그림 9> 설치조건 운전구조 보완대책

[참 고 문 헌]

- [1] Hyosung, "전력용변압기 취급설명서", '09.06
- [2] Hyosung, "스페이서 크랙 관련 보고서", '11.05
- [3] 문운당, "송변전공학", 대한전기학회 '10.03