한국소음진동공학회 2009년 추계학술대회논문집, pp.435~436

수냉각 발전기 고정자 권선에 대한 전용 진동측정 및 분석시스템 개발

Development of Exclusive Vibration Measurement and Analysis System for Generator Stator Windings

배용채†·김희수*·이욱륜*·이두영*·김봉수*·조성원*

Yong-Chae Bae, Hee-Soo Kim, Wook-Ryun Lee, Doo-Young Lee, Bong-Su Kim and Sung-Won Cho

1. 서 론

대용량 발전소의 수냉식 발전기 고정자 권선의 냉각수 누수 및 수소 누설 사고가 자주 발생되고 있다. 이는 발전기의 장기 사용, 설계 및 제작 불량에 의한 부식, 열화와 진동 현상에 의한 것으로써 발전 정지에 따른 운전 신뢰성 저하, 장기간의 정비에 따른 경비 증가 및 발전기 수명 저하를 초래한다. 발전기의 운전 신뢰성 및 수명 제고를 위하여 정기 예방 점검 기간 중 발전기 로터 및 고정자 권선에 대한 유지 보수를 수행하고 있으며 특히 20년 이상 장기간 운전하여 노후화된 발전기에 대해서는 수명 진단을 수행하고 있다.

최근 자주 발생되고 있는 국내외 발전기 고정자 권선의 냉각수 누수 및 수소 누설 사고의 주요 원인으로 발전기 로터의 회전에 의해 발생되는 전자력에 의한 진동이 보고되고 있다. 이에 한전 전력연구원은 국내 전 발전기를 대상으로 발전기 고정자 권선에 대한 진동 특성 시험을 수행하여 불량 권선에 대해서 진동특성을 변경시킴으로써 권선의 진동 건전성을 확보하고 있다.

발전기 고정자 권선의 진동을 유발시키는 힘은 터빈-발전기 로터의 불평형 또는 기계적 결함에 의하여 발생되는 힘과 전자력, 유니트 기동 정지 및 부하 변동에 따른 열 팽창력, 그리고 돌발적인 사고로 인한 단락 또는 계통 분리 등과 같은 비정상 운전 조건에서 발생되는 과도적인 힘 등을 들 수 있으며 발전기 회전자와 고정자 사이에 유기되는 전자력에 의하여 발전기 운전 중 항상 진동이 유발되고 비교적 구속력이 약한 권선 단말 부는 진동에 취약하여 구속 장치의 느슨함 또는 권선의 마멸 등을 야기시킨다. 제작사에서는 발전기 설계 시, 운전 중에 발생할 수 있는 가진력에 견딜 수 있는 구조를 고려하고 있으나, 발전기 고정자 권선 또는 이를 지지하고 있는 각종 지지 구조물이 특정 가진력 즉, 전자력과 공진이 되어 진동이 급격히 증가하여 고정자 권선의 손상 또는 2차 파급 사고를 유발할 수 있다. 이에 발전기 운전중 기계적인 건전성을 평가하여 운전 신뢰성을 보증할 필요가 있다. 기존에는 상업용 진동계측기를 활용하여 발전기 고정자 권선의 진동건전성을 평가하였으나, 발전기 고정자 권선의 진동특성에 대한 지속적 점검과 DB 구축을 통한 예측진단의 필요성이 대두되어 발전기 고정자 권선의 전용 진동측정 및 분석시스템을 개발하였다.

2. 진동분석시스템(Gen-SViDiS)의 개발 및 검증

2.1 Gen-SViDiS의 구성

Gen-SViDiS(Generator-Stator Vibration Diagnosis System)는 발전기 권선 가진 장치와 연결되어 가진력 센서 및 가속도 센서의 신호를 처리하는 측정 장치로서, 입출력 채널은 16채널이며, DSP 채택으로 디지털 필터 기능 및 측정 신호의 실시간 처리도 가능하다. 또한, 소형 휴대장치로서 저전력 소모 구조이며 노트북 컴퓨터와 이더넷 또는 시리얼 통신포트를 통하여 측정 데이터를 실시간 처리 및 분석기능을 내장하고 있다. 진동 측정 시스템은 2축 가진, 가진력 제어, 16채널 측정 유니트 및 분석용 노트북 컴퓨터로 구성되며 노트북 컴퓨터의 프로그램에 의하여 원하는 측정 모드에 따라 제어가능하며, 측정데이터를 자동수집 및 분석할 수 있다. 그림 1은 Gen-SViDiS의 내부 구성도이다.

분석프로그램은 가진 측정을 효과적으로 수행할 수 있는 운용 프로그램과 측정 데이터 분석을 위한 시간-주파수 분석 프로그램으로 구성된다. 진동 측정 장치로부터 가진 신호를 이더넷을 통하여 고속 실시간 수집 및 분석하는 기능을 가지고 있다. 측정 자료를 타 분석프로그램이 요구하는 데이터 파일로 변환하거나 외부장치가 생성하는 데이터를 분석프로그램이 요구하는 파일로 변환할 수 있으며 시간 및 주파수 영역 신호처리와 전용화된 보고서 양식을 통해 빠른 시간 내에 보고서를 작성할 수 있다.

2.2 Gen-SViDiS의 성능 검증

Gen-SViDiS의 검증을 위해, 가진 신호와 가속도 신호를 동시에 각각 HP 35670A와 Gen-SViDiS에 동시에 입력시

* 한국전력공사 전력연구원
E-mail : ycbae@kepri.re.kr
Tel : (042) 865-5620, Fax : (042) 865-5627

** 한국전력공사 전력연구원

켜 두 장비에서의 FRF(frequency response function) 신호를 비교함으로써 Gen-SViDiS의 성능을 검증하였다. HP 35670A에서는 주파수 밴드를 400Hz, FFT line을 800line으로 설정하였으나 기존의 상용시스템과는 동일하게 주파수 분해능을 설정할 수 없어 가장 근접하도록 설정하였다. 가진기(B&K 4808)를 활용하여 10, 250, 450 Hz에서 진동크기를 각각 1g로 설정하여 가진하였다. 그림 2는 상용시스템을 이용한 Gen-SViDiS의 검증 실험 모습이고, 표 1에는 그림과 같은 동일한 조건에서 16채널에 대한 유효성 검증 결과를 비교하였으며, 여러 주파수로 가진했을 때 센서로부터 감지되는 진호 신호의 크기의 오차는 ±2% 미만임을 알 수 있다. 그림 3은 실제 발전기 고정자 권선 단말 부에 대해 모달 시험을 수행하였다. 동일한 가진 조건과 동일한 가속도 센서를 이용하였으며, ME-SCOPE를 이용하여 단말부의 진동거동을 분석하였다. 표 2의 결과를 분석하면, 발전기 고정자 권선 단말부의 고유진동수와 고유진동모드는 기존의 상용시스템의 결과와 거의 일치하고 있음을 알 수 있다.

3. 결 론

발전기 고정자 권선에 대한 전용 진동측정 및 분석시스템을 개발하였다. 이를 통해 발전기 고정자 권선에 대한 주기적 진동 측정 및 분석을 수행하여 진동특성 DB를 구축함으로써 발전기 고정자 권선의 진동 건전성 확보 및 예측진단을 도구로서 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

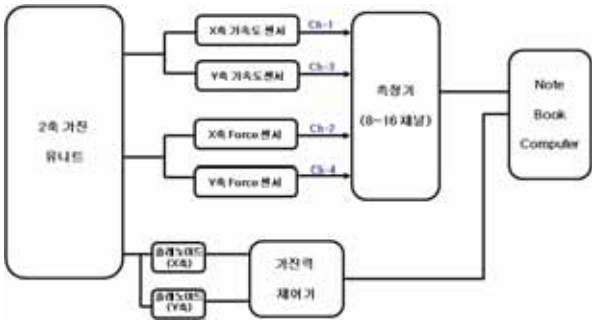


Fig. 1 Gen-SViDiS의 구성도

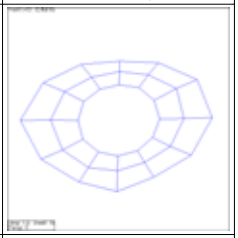
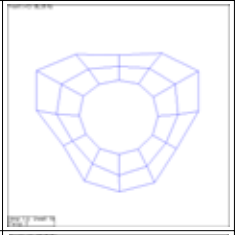
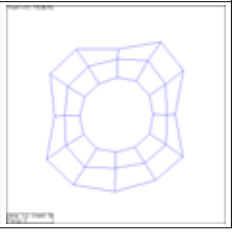
Fig. 2 Gen-SViDiS의 검증 실험

Table 1 Gen-SViDiS의 각 채널에 대한 유효성 비교

Channel	Analyzer	10 Hz	250 Hz	450 Hz	Channel	Analyzer	10 Hz	250 Hz	450 Hz
Ch. 1	Gen-SViDiS	96.71	94.56	93.53	Ch. 9	Gen-SViDiS	97.42	94.54	94.05
	HP 3560	97.63	95.71	94.61		HP 3560	97.64	94.87	94.46
	Error(%)	-0.94	-1.20	-1.14		Error(%)	-0.23	-0.35	-0.43
Ch. 2	Gen-SViDiS	96.6	93.83	93.23	Ch. 10	Gen-SViDiS	98.56	95.63	95.14
	HP 3560	97.64	94.96	94.44		HP 3560	97.69	94.87	94.46
	Error(%)	-1.07	-1.19	-1.28		Error(%)	0.89	0.80	0.72
Ch. 3	Gen-SViDiS	97.53	94.68	94.15	Ch. 11	Gen-SViDiS	98.56	95.13	94.69
	HP 3560	97.65	94.9	94.46		HP 3560	97.64	94.87	94.46
	Error(%)	-0.12	-0.23	-0.33		Error(%)	0.94	0.27	0.24
Ch. 4	Gen-SViDiS	97.22	94.37	93.88	Ch. 12	Gen-SViDiS	96.62	93.93	93.49
	HP 3560	97.64	94.91	94.49		HP 3560	97.46	94.86	94.34
	Error(%)	-0.43	-0.57	-0.65		Error(%)	-0.86	-0.98	-0.90
Ch. 5	Gen-SViDiS	97.76	94.84	94.33	Ch. 13	Gen-SViDiS	96.34	93.64	93.03
	HP 3560	97.64	94.86	94.44		HP 3560	97.46	94.88	94.5
	Error(%)	0.12	-0.02	-0.12		Error(%)	-1.15	-1.31	-1.56
Ch. 6	Gen-SViDiS	98.79	95.89	95.35	Ch. 14	Gen-SViDiS	96.76	94.03	93.48
	HP 3560	97.65	94.89	94.44		HP 3560	97.46	94.87	94.38
	Error(%)	1.17	1.05	0.96		Error(%)	-0.72	-0.89	-0.95
Ch. 7	Gen-SViDiS	97.26	94.41	93.9	Ch. 15	Gen-SViDiS	98.08	95.32	94.76
	HP 3560	97.66	94.88	94.45		HP 3560	97.49	94.86	94.38
	Error(%)	-0.41	-0.50	-0.58		Error(%)	0.61	0.48	0.40
Ch. 8	Gen-SViDiS	97.64	94.84	94.34	Ch. 16	Gen-SViDiS	96.99	94.25	93.7
	HP 3560	97.64	94.88	94.46		HP 3560	97.51	94.85	94.39
	Error(%)	0.00	-0.04	-0.13		Error(%)	-0.53	-0.63	-0.73

Fig. 3 발전기 고정자 단말부에 대한 모달 시험

Table 2 발전기 고정자 단말 부에 대한 진동 모드 비교

N.D.	Freq.	Gen-SViDiS	Freq.	상용시스템
2	72.7 Hz		72.4 Hz	
3	85.2 Hz		86.2 Hz	
4	116 Hz		116.6 Hz