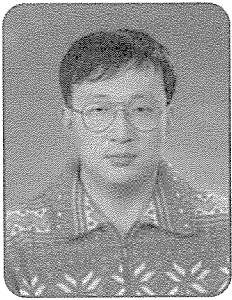


Gap 센서의 열 특성에 관한 연구



한전전력연구원
수화력발전연구소
기계정비지원그룹
선임연구원 구재량
TEL : (042) 865-5414

1. 서론

Gap 센서는 발전소에서 사용하고 있는 각종 기계류, 터빈, 펌프의 베어링의 진동이나 케이싱의 팽창을 측정하는데 널리 사용된다.

비접촉식 gap 센서는 측정면과의 거리에 따른 와전류의 변화값으로 진동 또는 변형량을 측정하는데, 측정거리가 클수록 gap 센서의 직경은 넓어져야 정확한 측정을 수행 할 수 있다.

일반적으로 상온에서의 gap 센서는 비교적 정확한 측정을 수행 할 수 있으나, 고온에서의 gap 센서의 사용은 thermal sensitivity shift와 thermal zero shift의 두 가지 원인으로 실제값과 측정값 사이에는 상당한 오차를 일으킬 수 있다.

본 논문에서는 이들의 특성을 실험적으로 규명하여 기술하였다.

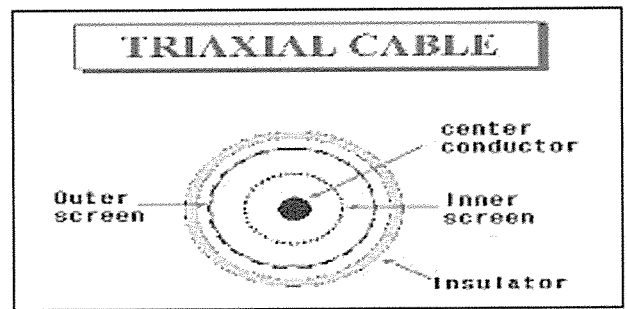
2. 비 접촉식 센서의 시스템

2.1 Proximity Transducer System

시스템은 probe, extension cable과 proximator의 3가지 요소로 구성되어 있으며 각 요소에 대한 설명은 다음과 같다.

2.1.1 Probe

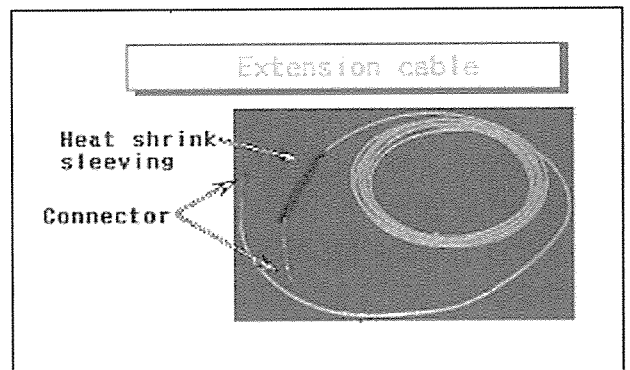
회전 기계에 직접 설치되는 부분이며 polyphenylene sulfide로 구성된 tip assembly로 스테인레스 스틸 케이스에 나사선이 있다. 삼중 케이블로 구성되어 있으며 하나의 center conductor와 두 개의 screen이 있으며 inner screen 은 코일과 접속되지만 outer screen은 케이블이 손상되었을 때 원치 않은 grounding을 방지한다



[그림 1] Triaxial cable

2.1.2 Extension cable

Probe에 연결하여 junction box에 이르게 하는 부분으로써, probe의 길이와 일치하는 triaxial cable 길이를 가진다. 케이블의 한 쪽 끝은 probe와 연결하기 위하여 connector에 연결한다. 열 수축(heat shrink) sleeve



[그림 2] Extension cable

가 probe와 extension cable connector에 사용 가능하게 되어있으며 코일의 한 방향에서 원치않은 grounding을 방지한다.

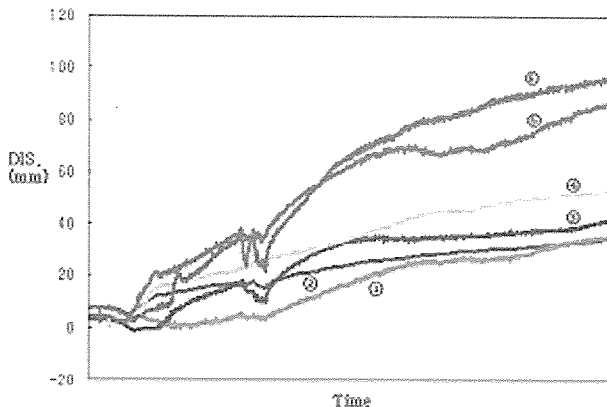
2.1.3 Proximitior

오일, 솔벤트 및 화학 물질등의 이물질로부터 보호하기 proximitior는 전자 장치가 포함되어 있으며, 보통 junction box에 설치된다. power grey coating된 die cast aluminum case로 덮여 있는 extension cable과 연결을 위하여 케이싱에 connector가 부착된다. 또한, Terminal strip이 proximitior에 전원을 공급하고 또한 신호를 proximitior로부터 공급받기 위해 장착되어 있다. proximitior의 하부는 probe 코일의 한 쪽으로부터 원치 않는 grounding을 방지하기 위해 격리판이 붙어 있다.

3. 압축기 케이싱 팽창 측정의 문제점

3.1 압축기 케이싱 팽창 측정

[그림 3]는 가스터빈 압축기 케이싱의 열 변형 특성을 측정하고자 총 6개의 gap 센서를 이용하여 측정된 결과를 나타내며 [표 1]은 센서의 위치를 나타낸다.



[그림 3] Deformation of compressor casing

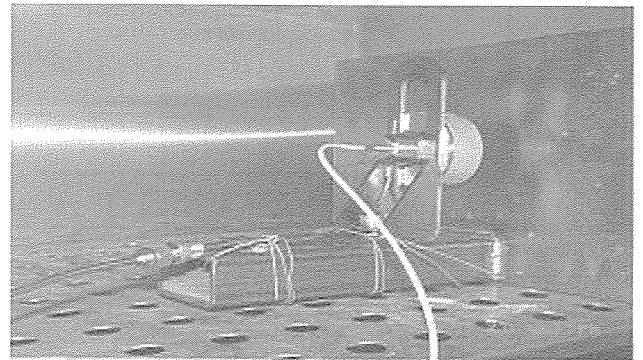
위의 [그림 3]에서 보는바와 같이 압축기 케이싱의 변형량이 예상외로 100mm 정도로 크게 나타나 실제 가스터빈의 운전중 block gauge로 압축기 케이싱과의 gap 크기를 측정된 결과, [그림 3]과 비교시 편차가 크게 나타났다. 이에 gap 센서를 탈착하여 실험용 oven에서 target면과 gap 센서의 간격을 일정하게 유

[표 1] Installation position

sensor	position
1	2st Bottom
2	2st Right
3	2st Left
4	6st Right
5	6st Left
6	6st Bottom

지하고 실험용 oven의 온도를 서서히 증가시키면서 gap voltage의 변화량을 측정하기로 하였다.

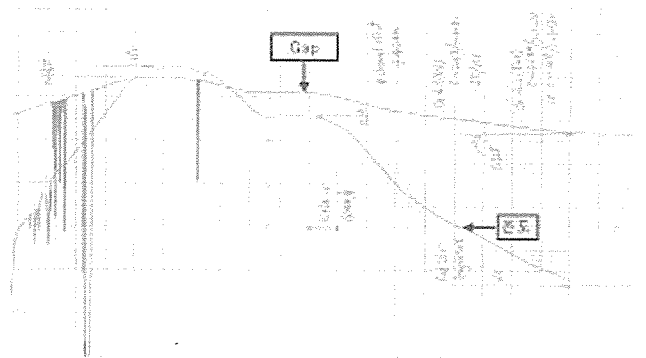
3.2 Gap 센서의 열 특성 실험



[그림 4] Experimental set-up

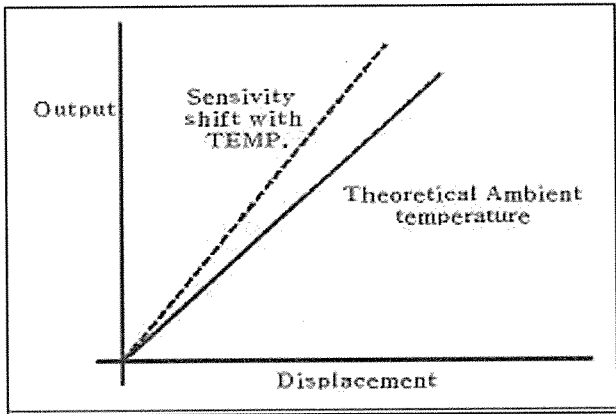
[그림 4]는 gap 센서의 열특성 실험을 위하여 설계 제작된 장치이다 그림에서와 같이 실험용 oven에 gap 센서를 jig에 고정하였으며 jig의 온도를 측정하기 위하여 thermocouple을 부착하였다.

실험용 oven의 온도를 서서히 증가시키며 gap voltage의 변화량을 측정하였으며 [그림 5]는 이에 대한 측정 결과를 나타낸다.



[그림 5] Test result

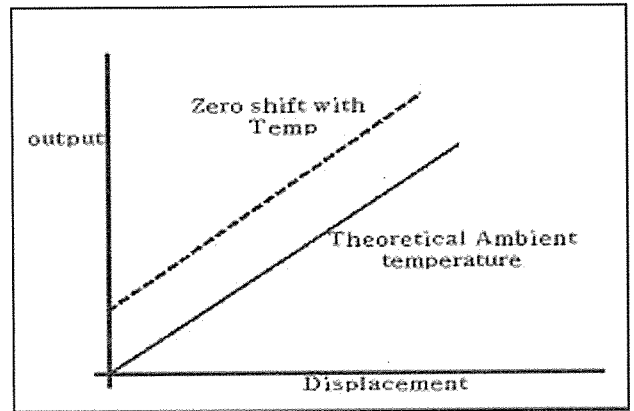
[그림 5]에서와 같이 target면과 gap 센서의 거리의 변화가 발생하지 않아도 온도의 영향에 의하여 실제 gap 센서의 변화값은 0.12V(3.048mm)로 크게 나타났다. 이에 이러한 실험 결과를 gap 센서 Maker에 문의한 결과 gap sensor에는 thermal sensitivity shift와 thermal zero shift의 두 가지 열에 대한 특성을 가지고 있으며 고온에서 진동이나 변형량을 측정 할 때에는 이 두가지 특성에 대한 보정을 수행하여야 정확한 실측값을 얻을 수 있으며 4장에 이러한 특성을 기술하였다.



[그림 6] Thermal sensitivity shift of gap sensor

변화하는 것이며 이에 대한 보정은 Maker에 설치되어 있는 정교한 실험장치에서 서서히 온도를 증가시키면서 proximator의 전자회로를 수정하여 보정 할 수 있다.

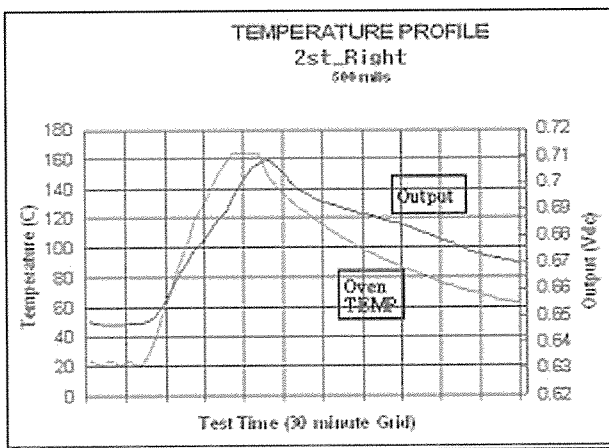
[그림 7]은 2st right gap 센서의 thermal sensitivity 보정에 대한 곡선이다. 보정 후 최대값과 최소값의 편차는 0.06V(1.59mm)로 보정전과 비교하면 양호한 결과가 나타나나, 아직도 thermal zero shift에 의하여 많은 양의 오차가 포함하고 있어 이에 대한 보정을 실시하기로 하였다.



[그림 8] Thermal zero shift of gap sensor

4. Gap Sensor의 열 특성 변화

4.1 Thermal Sensitivity Shift에 대한 보정



[그림 7] Correction of thermal Sensitivity Shift

[그림 6]에서와 같이 thermal sensitivity shift는 온도 변화의 영향으로 gap 센서의 linearity가 온도에 따라

4.2 Thermal Zero Shift에 대한 보정

Thermal zero shift는 온도 변화의 영향으로 gap 센서의 offset이 변화하는 것이며, 이 변화는 전 온도 변화의 범위에 걸쳐 동일하게 나타나며, 이에 대한 보정은 온도에 대한 gap voltage의 변화식을 계산하여 multi-recorder에 보정 계산식을 입력하여 각 온도에 해당하는 thermal zero shift의 값을 구하여 측정값에서 산술적으로 계산하여 보정을 실시한다.

이 보정은 각각의 센서에 대한 thermal zero shift에 대한 특성이 다르기 때문에 각각의 센서에 대한 보정식의 계산은 matlab을 이용하였다.보정식은 1, 2, 3차식에 대하여 검토한 결과 3차식의 보정 곡선이 가장 작은 오차를 나타냈지만 multi-recorder에 입력 할 수 있는 수식의 한계상 1차 보정식을 사용하였으며 표 2에 각각의 센서에 대한 thermal zero shift의 1차 보정식을 나타내었다.

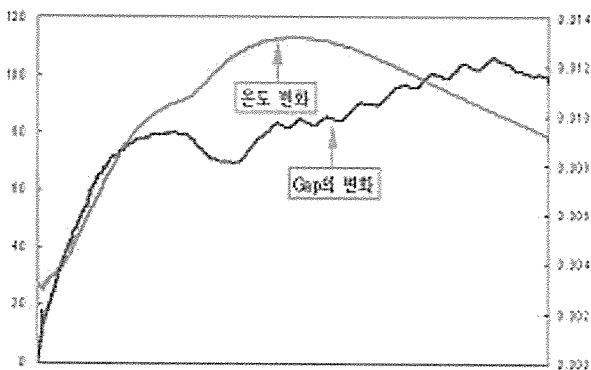
[표 2]에서와 같이 각각의 gap 센서에 대한 thermal zero shift에 대한 1차 보정식에 차이가 발생하

[표 2] Equation of correction of each gap sensors

sensor	Equation of correction
2st Right	$(0.00035979 \times x) - 0.013292$
2st Bottom	$(0.00047127 \times x) - 0.01466$
2st Left	$(0.00046 \times x) - 0.013205$
6st Right	$(0.00055148 \times x) - 0.011851$
6st Bottom	$(0.00040145 \times x) - 0.00467$
6st Left	$(0.00050485 \times x) - 0.012227$

는데 이에 대한 원인은 각각의 gap 센서 특성이 제작 과정에서 약간의 오차가 발생하기 때문에 나타나는 현상으로 판단됐다.

4.3 Thermal Sensitivity Shift와 Thermal Zero Shift 보정 후의 결과



[그림 9] Modification of thermal effect

위의 [그림 9]는 2단 right gap 센서의 thermal sensitivity shift와 thermal zero shift 보정 후 실험용 oven에서 측정한 결과이다.

온도에 따른 gap voltage의 변화는 최대와 최소의 편차가 0.006V(0.168mm)로 보정 전의 결과와 비교시 상당히 양호한 결과를 얻을 수 있었다.

4.4 각 Gap Sensor의 보정 후의 Gap 변화량

아래의 [표 3]은 6개의 gap sensor를 각각 시험용

oven에서 thermal sensitivity shift와 thermal zero shift 보정 후 온도를 서서히 증가하여 gap voltage를 측정하여 최대값과 최소값의 차이를 표로 나타낸 결과이다.

[표 3]에서와 같이 6개의 gap 센서 열변형 특성을 보정한 후 동일한 target면과의 거리에서 측정할 때 최대와 최소의 편차는 1/100mm 정도의 오차를 나타내며 향후 압축기 케이싱 변형량의 측정시 상당히 양호한 실측값을 얻을 수 있다.

[표 3] Test result of each gap sensors

position	Thermal Sensitivity		Thermal Zero Shift		Devi. (mm)
	Vol.	mm	Vol.	mm	
2st Bottom	0.062	1.59	0.007	0.178	1.412
2st Right	0.074	1.88	0.006	0.168	1.712
2st Left	0.059	1.51	0.005	0.137	1.373
6st Right	0.089	2.28	0.003	0.085	2.195
6st Left	0.070	1.78	0.003	0.085	1.695
6st Bottom	0.071	1.80	0.007	0.196	1.604

5. 결론

Gap 센서는 회전기계의 베어링의 진동상태와 열에 의한 케이싱의 팽창량을 측정 할 때 일반적으로 사용되는 센서이다.

상온에서 사용되는 센서는 온도에 의한 영향이 미미하지만 고온에서 센서를 사용하여 진동이나, 변형량을 측정 할 때에는 센서의 종류와 크기등센서의 특성 파악을 검토한 후 측정을 하면 정확한 진동값이나, 변형량값을 얻을 수 있다.

참고문헌

- (1) 회전 기계 진동 및 정비 핸드북, 한국전력공사 전력 연구원,1998
- (2) Application note, Bently nevada,2004