



비접촉식 진동 변위센서의 특성 및 개발 동향

조 철 환*

(한국전력공사 전력연구원)

1. 머리말

회전기기의 운전 감시를 위한 방법은 진동, 베어링 온도, 윤활유 압력 등이 있으며, 그중에서도 기기의 운전상태변화를 실시간으로 감시하고, 사전에 예측이 가능한 요소인 진동은 산업체 회전기기의 가장 중요한 감시요소이다. 진동 감시를 위해서는 과거에는 가속도센서 또는 속도센서를 이용한 베어링 진동을 감시하였으나 최근에는 회전축의 진동을 직접 관리하면서, 과거보다 더욱 안정성 있는 설비 운영이 가능하게 되었다. 이러한 회전축의 진동을 측정하기 위해서는 진동 센서는 비접촉식이 되어야 하며, 회전체의 기하학적인 축 중심선의 거동을 분석 할 수 있도록 90°로 2개의 센서를 설치하여 가하학적 중심선의 움직임을 분석하고 있는 비접촉식 와전류형 진동센서의 원리와 특성에 대한 소개 및 기술동향에 소개를 하고자 한다.

2. 와전류 진동 변위센서의 동작원리

와전류 변위센서는 와전류를 응용하는 센서로서 그 원리는 그림 1과 같이 센서코일에 고주파수의 자장을 발생시켜, 측정 도체에 근접을 시키면 센서코일의 임피던스가 변하게 되며, 따라서 회전하는 회전축의 도체의 표면이 진동이 있으면 거리에 따른 임피던스 변화를 감지하여 진동으로 변환한다.

측정대상 도체 안에 발생하는 와전류는 도체의 표면에 집중하여 흐르게 되는데 이것을 표피효과라고

한다. 또한 표피 효과의 정도를 나타내는 기준을 침투깊이로 정의 할 수 있으며 식(1)과 같다.

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{\pi f \mu \sigma}} \quad (1)$$

f : 주파수, μ : 투자율, σ : 도전율

침투 깊이는 투자율, 도전율, 주파수에 관계된다. 따라서 측정 도체의 도전율과 상대 투자율이 센서의 측정 특성에 큰 영향을 미치게 된다.

측정 대상체의 재질에 따라 임피던스에 영향을 주는 인자는 전기전도도, 투자율, 관련 회로의 인덕턴스로서, 전기전도도는 와전류 크기와 임피던스 변화량에 비례하고, 투자율은 와전류의 크기와 임피던스 변화량에 비례하며, 센서의 lift-off는 와전류의 크기 및 임피던스 변화량에 반비례한다. 이러한 특성을 측정하려는 회전축의 재질(통상 steel)에 맞추기 위하여 발진 회로를 사용하여 RF(radio frequency)신호를 발생시키고, 복조기 회로를 사용하여 RF 신호에서 이용 가능한 데이터를 추출한다. 와전류 변위센서를 구동하는 앰프(proximito)는 발진기에 전원이 공급되면 정한 주파수의 RF신호를 발생하며 이 발생주파수는 센서코일의 인덕턴스(L)와 연장선 및 센서 케이블의 정전용량값에 좌우된다. 와전류가 얼마나 깊이 침투하는가는 그 물질의 전도성과 투과성에 좌우되며, 일반적으로 4140 강 의 경우 투과 깊이는 0.0762 mm정도이다.

* E-mail : chcho@kepeco.co.kr / Tel : (042) 865-7550

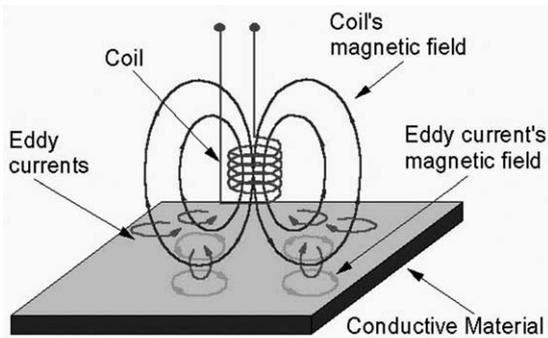


그림 1 와전류 응용 변위센서의 원리



그림 2 변위센서 프로브 모양

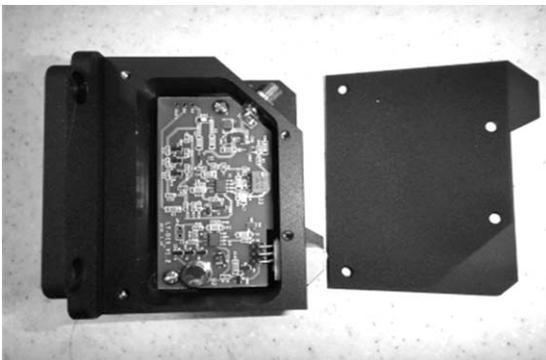


그림 3 변위센서 앰프(proximeter)

3. 와전류 진동 변위센서의 구성

와전류 변위센서는 진동을 측정하는 센서와 신호를 증폭하고 변환을 시키는 변환기 그리고 센서와 변환기를 연결하는 케이블로 구성된다. 센서는 내

부에 0.1 mm 정도의 소선을 이용한 코일을 코아에 감아 원통형으로 구성하여 센서로 사용되며, 이를 연결하는 케이블은 일정한 임피던스를 가지는 케이블이 사용되며, 변환기는 내부에 RLC 발진회로, 검파회로, 신호출력회로로 구성된다. 그 구체적인 모양은 그림 2~3과 같다.

4. 와전류 진동 변위센서의 특성

4.1 비접촉식 와전류 센서의 특성

센서 내부 코일 외경 5 mm, 연장 케이블 5 m의 상용화 개발품 기준 특성이다

센서의 전기적인 특성은 변환기내부의 발진회로에서 발진주파수를 결정하기 위한 중요한 변수이며, 이 발진주파수는 센서의 공진주파수와 밀접한 관계가 있다. 즉 센서가 가지고 있는 공진주파수와 발진주파수가 근접하면 정확한 진동값을 측정하기 곤란하다.

4.2 진동 변위센서의 임피던스 및 공진주파수

진동 변위센서와 연장선에 대한 전기적 임피던스와 공진점을 정확히 파악하여야만 발진회로에 의해 발생하는 전기적 공진 현상으로 신호의 효율이 떨어지게 되는 현상을 피할 수 있게 된다. 표 2는 임피던스 측정기를 사용하여 센서와 연장선의 임피던스 및 공진점에 대한 분석을 실시한 결과이며, 그림 4와 같이 측정 결과를 보여주고 있다.

4.3 진동 변위센서의 감도 특성

진동변위센서의 측정물체에서 센서까지의 설치 거리에 따른 전압출력을 보면 그림 5와 같이 선형적으로 출력이 되어야 하며, 이 값을 감도로 표시하면 V/mm로 표시하게 되며, 통상 5 mm 센서의 경우 7.87 V/mm가 된다.

감도 곡선에서 보는 바와 같이 간격이 너무 적거나 커면 선형구간을 벗어나므로 중간위치의 간격이 유지되도록 센서가 설치되어야 함을 알 수 있다.

5. 국내외 관련기술 동향 및 시장규모

5.1 국외기술현황

국내에 대표적으로 알려진 제작사는 진동감시와

표 1 변위센서의 전기적 특성

Extension cable(m)	Resistance(Ω)	Inductance(μH)	Capacitance(μF)
5	5.55	2.677	8.542

표 2 공진주파수 및 임피던스

공진주파수(kHz)	임피던스(kΩ)	위상(deg)
1,780	9.16	1.21

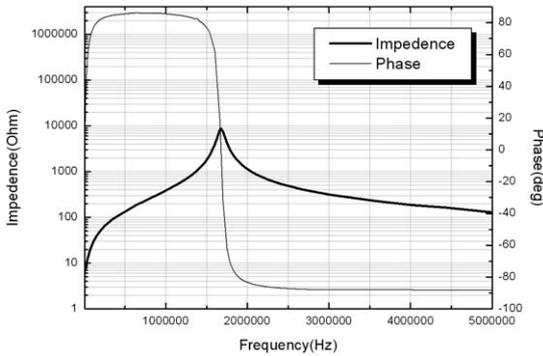


그림 4 공진주파수에 따른 임피던스 곡선

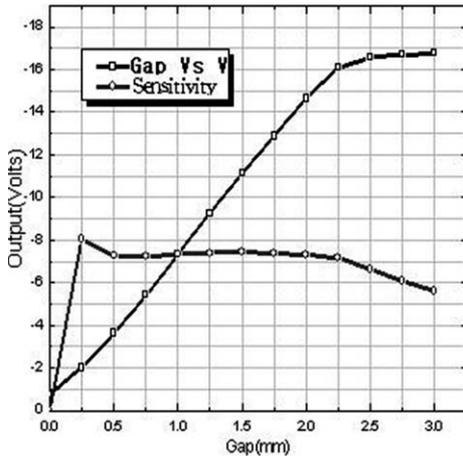


그림 5 출력 전압에 의한 감도곡선

센서제조를 주로 하는 미국의 GE(구 Bently Nevada 사)로서 국내 대부분의 발전소에 진동감시장치와

표 3 시장규모

구분	현재(2010년)	예상(2020년)
세계	4,532억원	10,000억원
한국	200억원	1,090억원

센서를 공급한 상태이며, 그밖에 Brüel & Kjaer(덴마크), Schenck(독일), 신카와(일본) Vibro 등 다수의 회사들이 진동 감지용 센서들을 제작 및 기술을 보유하고 있다.

5.2 국내기술현황

국내에서는 벤처회사급인 로그테크에서 가속도 센서 및 변위센서를 국산화하여 판매를 하고 있으며, 그밖에는 포스코 연구소에서 가속도센서 개발을 시도한 적이 있으나 상품화에는 실패하였으며, 중소기업 혹은 학교에서 연구개발을 위해 시도하고 있는 수준에 있다. 현재 국내에서는 로그테크가 유일하게 비접촉식 변위센서를 개발하여 산업설비에 적용할 수 있는 상태이다.

6. 맺음말

와전류식 변위센서는 산업체의 회전기계 축 진동을 측정하는 센서로서 가장 많이 사용되는 센서로서 피 측정물의 재질에 따라 감도가 다르므로 사용시 유의해야 하며, 센서의 공진 영역을 회피하여 안정된 구역을 사용한다. 또 변환기 발진부의 “L” 성분을 센서로 사용하므로 관련 임피던스의 변화에 민감하게 특성이 변한다. 즉 센서의 케이블 길이가 늘어나면(임피던스 증가) 감도가 저하된다. 또 주위 온도에 따른 영향은 거의 없으나, 사용되는 센서 코일 재질에 따른 영향은 높으며, 진동변위센서의 주파수 응답시험 결과 측정물의 주파수가 높아지면 감도가 저하되는 현상을 실험적으로 증명할 결과 최고 측정 가능 주파수는 약 1 kHz 정도였으며, 현장 설치시에는 센서의 간격은 선형구간에서 사용해야 측정구간의 정밀도를 유지할 수 있다. 국내에서는 2010년에 로그테크에서 국산화에 성공하여 시장진입을 하였다. **KSNVE**