

와전류 센서를 이용한 케이블용 내부 열화 검출 방법

박건호[○]

[○]청강문화산업대학교 모바일스쿨 모바일통신전공

e-mail: ghpark@ck.ac.kr[○]

Detecting Method of Internal Degradation for Cable using Finite Element Method

Geon-Ho Park[○]

[○]School of Mobile Communication, Chungkang College of Cultural Industries

● 요약 ●

와전류 탐상 기법을 이용하여 배전선로의 내부 열화를 검출하는 시스템을 개발할 수 있는데, 본 연구에서는 이를 위하여 유한요소법을 통한 시뮬레이션으로 와전류 센서의 기초 모델링을 구상한 후 실제 와전류 센서를 제작하여 가속 열화에 의한 센서 특성을 조사하였다.

키워드: 와전류 탐상 기법(Eddy Current Diagnosis), 배전선로(Distribution Line), 열화(Degradation), 유한요소법(Finite Element Method)

I. 서 론

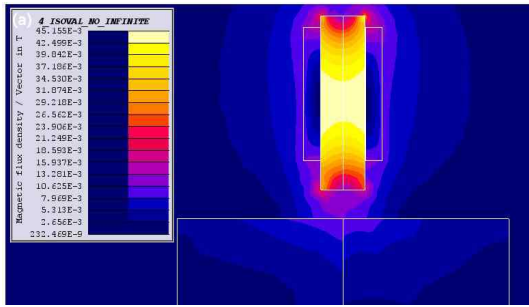
현재 배전선로 진단 방법으로 사용하는 초음파 및 열화상 카메라는 금구류 열화에 대한 검출만이 가능하며, 전선 열화로 인한 사고를 대비하기 위해 사용하는 방법으로는 육안 점검을 통한 직접 교체 방식과 전선 이력을 데이터베이스화 하여 내용 연한에 맞춰 일괄 교체하는 방식이 있는데, 이러한 방법은 경험에 많은 전문가를 필요로 하고, 육안 검사로는 표면에 대한 진단만 가능하고 일괄 교체는 환경에 대한 고려가 없으므로 사고에 대해서 안전하다고 할 수없는 방식이기 때문에 피복전선 내부의 문제점에 대한 대책은 전무한 실정이다. 와전류 탐상 기법은 비파괴검사 방법 중의 한 가지로 전도체인 금속에만 반응하여 기름, 먼지 등 오염으로 인한 사용 환경의 제한이 적고 빠른 응답속도로 금속 모재의 변위 및 진동 측정, 모재내의 이상 탐상 등 여러 분야에 활용되고 있다. 따라서 본 연구에서는 유한요소법을 이용하여 와전류 센서 모델링을 기초로 실제 와전류 센서를 제작하여 가속 열화에 의한 센서 특성을 조사하였다.

300, 코일 턴 수는 300턴으로 설정하였다. 연속적으로 이어져 있는 와전류 센서의 코일부는 모든 부분에서 동일한 전류가 흐르므로 동일한 전류가 흐르는 N턴의 코일 즉, 스스로는 상호 인덕턴스를 갖지 않으며 자기 인덕턴스만을 갖는 최소 단위인 원형 루프가 동심을 이루며 전체 코일 턴 수만큼 보빈 형상에 따라 중첩되어 직렬 연결되어 있다고 근사 할 수 있으며, 코일 루프의 두께는 코일에서 전도체인 구리만의 두께와 같게 하였다. 센서와 모재와의 이격은 5[mm]로 피복 두께와 센서 지그에 의한 이격을 고려한 거리이다. 마지막으로 모재 내부에 결함을 주었을 때 자장 분포 변화를 조사하였다. 내부 결함에 의해 와전류 특성의 변화를 보기 위해 모재 내부에 사각형 보이드를 임의 삽입한 후 자장 분포를 조사하였다. 그림 1은 결함 유무에 따른 자장 분포를 나타낸 것으로 보이드로 인해 와전류 센서에서 발생된 자장을 보이드 방향으로 집중되는 현상을 볼 수 있었으며, 모재 내부에서도 보이드 주변에서 자장이 집중되는 것을 확인할 수 있다. 이는 와전류 탐상 시 자장의 변형을 유도하여 검출 값이 변화될 것으로 예측할 수 있다.^{[1]-[3]}

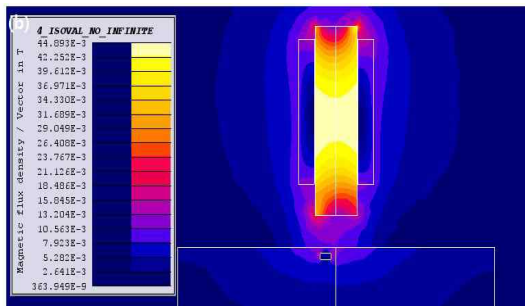
II. 본 론

1. 시뮬레이션

와전류 센서의 기본 모델링을 위해 유한요소법의 적용을 위해 FULX 12 프로그램을 이용하였으며, 유한요소법은 다른 수치 해석 방법들에 비하여 해석 영역의 분할이 용이하다는 장점을 가지고 있다. 모델링 형상은 실제 제작할 것을 기준으로 페라이트 비투자율은



(a) no-void



(b) void

그림 1. 자속 밀도
Fig. 1. Flux Density

2. 와전류 센서에 의한 측정 결과

와전류 센서 성능을 측정하기 위해 모의 환경에 인공 열화 시료를 연결한 후 500[cm/s]로 정속도 주행하면서 신호를 검출하였다. 검출 횟수는 100회 이상 실시하였으며, 그림 2는 160 sq 케이블의 검출 데이터를 평균값으로 처리한 후 표현한 것이다.



그림 2. 160 sq 케이블의 인공 열화에 의한 검출 데이터
Fig. 2. Detecting Data by Artificial Degradation at 160 sq cable

표 1에서와 같이 부식 시간이 길어질수록 와전류 센서의 검출 값은 증가되는 것을 확인할 수 있었으며, 증가폭은 4.74[step/H]가 되었다.

표 1. 와전류 센서의 검출 값

Table 1. Detection Values of Eddy Current Sensor

Value	no corrosion	corrosion time		
		18	24	27
Average	2,341	2,421	2,441	2,479
Maximum	2,375	2,451	2,480	2,510
Minimum	2,355	2,383	2,401	2,373
Deviation	24,2	35,6	28,2	31,2

III. 결 론

와전류 센서 기법을 이용한 가공 전력선 열화 진단 실험 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1. 시물레이션을 통해 5[mm] 이격 시 와전류 센서의 자장이 금속 내부로 15[mm] 까지 침투하는 것을 확인할 수 있었다.
2. 내부 보이드에 의해 와전류 센서에 의해 자장이 변화되는 것을 확인할 수 있었다.
3. 전선 부식이 증가하면 와전류 센서 측정값도 같이 증가하는 것을 확인할 수 있었다.
4. 주행으로 인한 진동이 있었음에도 불구하고 부식에 의한 영역에서 검출 값이 변화됨을 알 수 있었으며, 이를 통해 부식률이 10[%](18시간 부식) 이상에서 전선 내부의 부식을 검출할 수 있을 것으로 사료된다.
5. 모의 실험한 형상 설계에 기초하여 제품 제작 시 특성의 차이는 있지만 전체적인 상관 관계가 있음을 확인할 수 있었다.

참고 문헌

- [1] Gil Seung Lee; Modeling of Eddy Current Sensor using Geometric & Electromagnetic Data, Busan University Master's Thesis, pp.1-10, 2006
- [2] "Eddy Current Characterization of Materials and Structures", ASME Special Technical Publication, American Society for Testing and Materials, 1981
- [3] S. D. Kim and J. M. Shim; Impedance Analysis and Experimental Study of a Solenoid Eddy Current Sensor to Detect the Cross Section Area of non-Ferromagnetic Stranded Conductors, Journal of Korea Sensor Society, Vol.6 No.2, pp87-94, 1997