

3축 자기 측정 시스템의 개발

김기준^a

인천대학교 메카트로닉스공학과

The Development of Magnetic Field Measurement System of 3 Axis

Ki-Joon Kim^a

Department of Mechatronics Engineering, Incheon National University, Incheon 22012, Korea

(Received February 10, 2017; Revised February 14, 2017; Accepted February 15, 2017)

Abstract: Nowadays, it is increasingly important to detect whether cables are live for the operator's safety if there is a sudden power failure. It is especially hard to detect the electrical field of an underground line because of shielding. This paper on detection of live-line states in cables studied the detection characteristics of the change in the magnetic field and axis as the frequency, voltage, and distance at the same load are changed using 3 axes. A search coil type was used as a magnetic field sensor with non-contact. We found that magnetic fields decrease proportionally to the square of the distance and the decrease of rated voltage with load effected to magnetic field. The magnetic field was detected by 3-axis sensors given correct proximity, but appeared as noise components beyond a distance of 2 cm.

Keywords: Magnetic field, 3 axis, Measurement system, Underground cable, Search coil sensor

1. 서론

도시의 등장으로 인간 생활의 다양한 변화가 이루어지고 있으며, 건물의 고층화와 전기 수급에 따른 전자파의 피해 등으로 인해 가공선로를 지중선로로의 변환을 추구하고 있다. 현재 대도시에는 약 20%에 가까운 배전선로가 지중화로 되어있으며, 중소도시로 점차적으로 확산되고 있는 현실이다. 1980년대 중반부터 실시되어온 지중화 작업은 선로의 신설에 초점이 맞추어져 있었으며, 시공시 안전사고에 대한 문제점은 크게 대두되지 않았지만, 30년이 지난 현재 선로의 노후화와 지역의 변경으로 인하여 지중선로의 교체 및 작업으로 인하여 여러 가지 사고가 발생하고 있다 [1,2].

이와 같은 지중선로의 작업을 위해서는 선로의 열화를 검출하는 장비와 선로의 철거 및 시설을 위한 장비가 개발 및 운용이 되고 있지만 실제로 선로 작업자를 위한 안전장구는 미흡한 상태이다 [3].

최근 전력공급과 수요의 대용량에 따른 안정성에 대한 신뢰성 및 평가가 중요한 기술로 대두되고 있으며, 현재 한국전력 및 전기공사의 경우 안전에 대한 교육 및 안전대책 비용을 증가시키고 있으며, 특히 한국전력은 협력업체로 하여금 배전선로의 활선 경보기는 필수 보유장비로 지정하고, 공사시 작업자가 꼭 착용해야 하는 장비로 규정하고 있다.

그러나 기존에 개발된 활선경보기는 전계 검출형으로 고압에서만 적용이 가능하며, 그림 1과 같은 지중 배전선로와 같은 차폐기능이 있는 실드 케이블이나 복심구조를 가진 전선에서는 검출이 불가능하다. 또한 저압선로의 전계는 1 cm 이내 거리에서 전장은 "0"이 되므로 저압에서는 전계 검출방법은 불가능하다.

따라서 본 연구에서는 차폐 및 복심에 의해 전계가

a. Corresponding author; kijoon@inu.ac.kr

Copyright ©2017 KIEEME. All rights reserved.
 This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

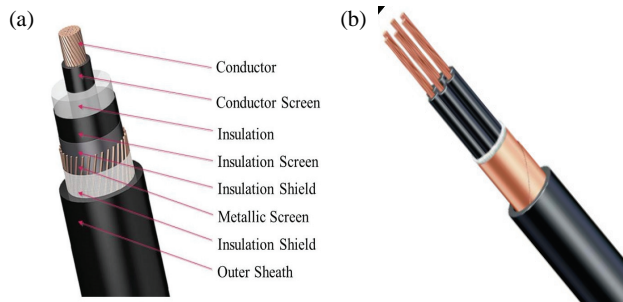


Fig. 1. Structure of Underground Cable. (a) Underground cable and (b) shield cable.

검출되는 않는 케이블/전선에서 비접촉식으로 전선의 활선상태를 검출하기 위하여 3축 자계센서를 이용하여 동일 부하상에서 주파수, 전압, 거리를 변화시키면서 자장 변화와 축의 검출 특성을 연구하였다. 연구에 사용된 저주파 미소 자계 검출 센서는 저가형이며 휴대가 가능한 구조로 탐색코일타입으로 적용하였으며, 센서로부터 검출된 신호를 필터 및 증폭을 통해 선로 주변의 신호만을 검출할 수 있도록 제작하였다 [4-6].

2. 실험 방법

실험은 부하의 종류를 5개를 사용하였으며, 동일부하에 대해서 전압은 110, 150, 170, 220, 250 V로 변화시키면서 자속을 측정하였다. 또한 동일전압에 대해서 주파수를 50, 55, 66 Hz로 변화시키면서 주파수 변화에 대한 자속 특성도 조사하였다. 또한 주파수 변화에 따른 특성을 확인하기 위해 50, 55, 60 Hz로 변화시켰다.

선로 전류에 의한 자속은 이격거리에 따라 급속한 감소를 나타내기 때문에 거리를 0, 1, 3, 5, 10 cm로 이격시키면서 자속의 변화를 조사하였다.

자속을 측정하기 전에 무부하 상태에서 주변 자계를 검출한 후 부하를 연결하여 10회 반복해서 측정하였으며, 측정값은 무부하 상태에서의 측정된 자계값을 제하였다. 측정된 10개의 데이터 중 최고값과 최저값을 제외하고 나머지 8개의 데이터를 평균값으로 사용하였다.

그림 2는 센서의 설치 방향을 나타낸 것으로 x축은 도선 주변의 자계가 쇄교하는 방향으로 설정하였으며, y축, z축은 x축과 90도 위상을 유지하도록 배치하였다.

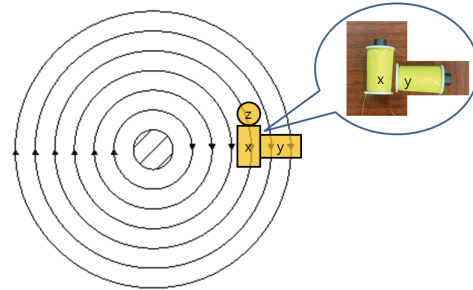


Fig. 2. Installation of the 3 axis sensors.

3. 결과 및 고찰

3.1 부하에 따른 특성

Table 1. Current characteristic due to Load current.

Voltage (V)	Frequency (Hz)	Load (A)				
		A	B	C	D	E
110	50	0.057	0.046	0.061	0.082	0.108
	55	0.058	0.065	0.089	0.11	0.126
	60	0.078	0.103	0.116	0.167	0.196
150	50	0.169	0.187	0.204	0.223	0.245
	55	0.199	0.204	0.231	0.252	0.271
	60	0.201	0.225	0.243	0.280	0.308
170	50	0.261	0.278	0.297	0.314	0.332
	55	0.262	0.281	0.303	0.323	0.344
	60	0.274	0.297	0.320	0.343	0.370
220	50	0.330	0.348	0.366	0.382	0.402
	55	0.331	0.353	0.375	0.396	0.419
	60	0.332	0.360	0.386	0.405	0.431
250	50	0.365	0.384	0.401	0.418	0.439
	55	0.366	0.388	0.410	0.428	0.478
	60	0.390	0.418	0.446	0.471	0.498

표 1은 동일 부하에서 전압 및 주파수를 변화시켰을 때 부하전류를 측정된 값으로 공급전압이 높아지거나 주파수가 높을수록 더 큰 부하전류가 발생함을 확인할 수 있었다. 주파수 감소로 인해 전류가 감소하는 것은 사용 부하가 모터 부하이기 때문에 인덕턴스에 의한 무효전력이 증가하기 때문이라고 생각된다. 또한 전압이 감소시킬 때 모터의 회전이 줄어드는 것을 확인할 수 있었는데, 이는 모터 부하의 정격전력이 감소되어 전류도 감소된다고 사료된다.

3.2 이격거리 변화에 따른 자계 특성

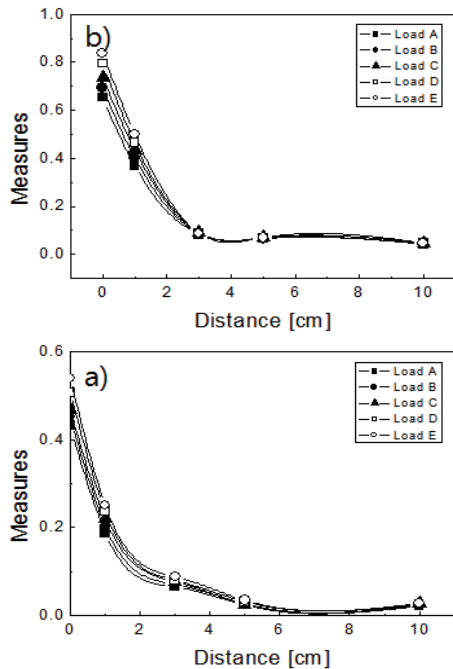


Fig. 3. Characteristics of flux due to distance, (a) AC 110 V-60 Hz and (b) AC 220 V-60 Hz.

그림 3은 이격 거리 변화에 따른 자계의 세기를 나타낸 것으로 이격 거리의 증가에 따라 급격히 감소하는 것을 확인할 수 있었으며, 이격 거리가 5 cm 이후부터는 부하전류에 의한 자계가 거의 사라지는 것을 확인할 수 있었다.

이는 자계의 세기는 거리제곱에 반비례하기 때문에 감소폭이 지수적으로 감소하는 것으로 생각되며, 5 cm 이후부터는 전류에 의한 자계의 변화보다는 기기와 주변에서의 자기장에 의해 나타나기 때문에 감소의 폭이 거의 없어지는 것으로 사료된다.

그림 4는 AC 220 V 60 Hz 전원을 부하 C에 연결했을 때 3축으로 측정된 모습을 나타내고 있다. 3축에서 x축은 선로에서 발생하는 자속이 쇄교하는 방향이며, y와 z축은 쇄교하는 값이 적어 매우 낮은 값을 나타내며, 거리 변화에 대해서도 일정한 값을 유지하는 것으로 나타난다.

즉 y축과 z축은 도선주변의 자기장에 의한 영향보다는 내부적인 자기장에 의한 값으로 생각된다.

3.3 전압변화에 따른 자계특성

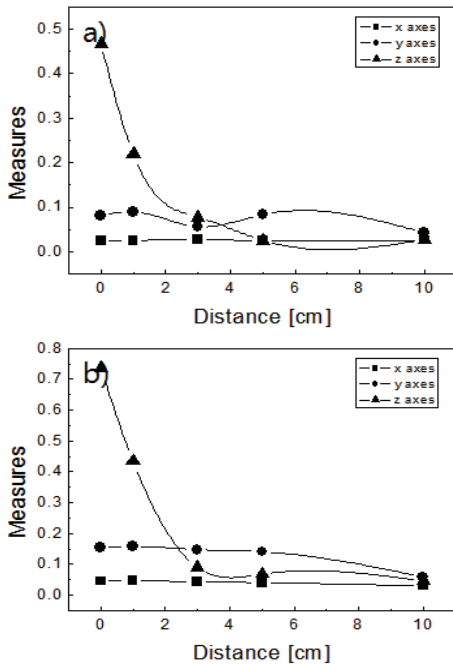


Fig. 4. Characteristics of flux in axes due to distance, (a) AC 110 V-60 Hz and (b) AC220 V-60 Hz.

그림 5는 전압변화에 따른 자계변화를 나타낸 것으로 전압의 증가에 따라 선형적으로 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 그림 5(a)는 이격거리가 0 cm에서의 변화를 본 것으로 근접한 자계의 변화는 부하용량에 따라 차이가 동일한 반면, 그림 5(b)에서는 부하용량이 낮을수록 자계의 변화가 심한 것을 알 수 있다. 이는 부하용량이 작을수록 부하전류의 감소로 이격거리가 멀어짐에 따라 자계가 급속히 감소하여 주변 노이즈 및 센서 노이즈 등에 영향을 받기 때문이라고 사료된다.

그림 6은 전압변화에 따른 3축에서의 자계특성을 나타낸 것이다. 이격거리가 0 cm에서는 쇄교방향이 다른 축에서 간섭이 있어 쇄교하지 않는 방향의 y와 z축의 값이 차이가 있는 반면, 거리가 3 cm에서는 y축과 z축과의 값이 차이가 거의 없는 것을 확인할 수 있었다.

y축의 방향은 전선에서 발생하는 약한 자계가 쇄교하는 구조로 되어있기 때문이라고 생각되며, 거리의 증가는 약한 자계가 사라지기 때문에 방향 특성이 정확히 나타난다고 생각된다.

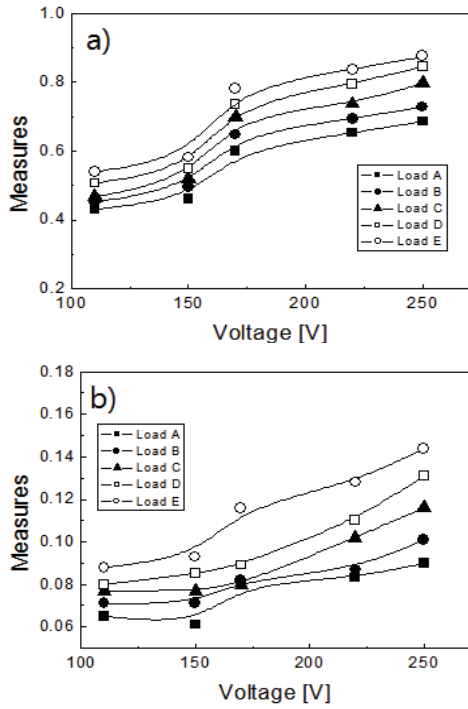


Fig. 5. Characteristics of flux due to voltage, (a) distance 0 cm and (b) distance 3 cm.

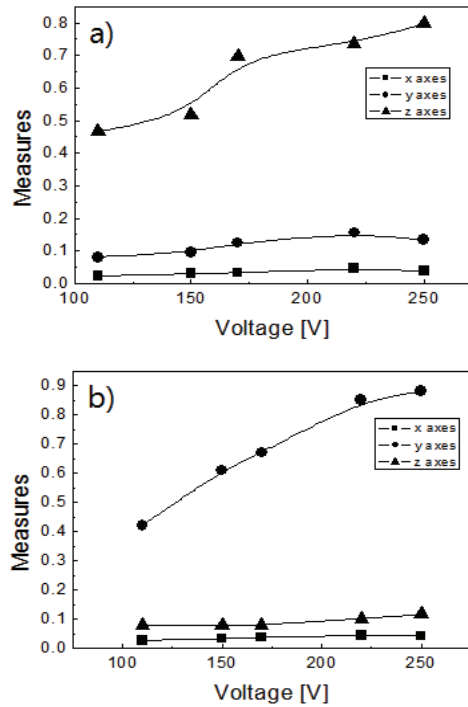


Fig. 6. Characteristics of flux in axes due to voltage, (a) distance 0 cm and (b) distance 3 cm.

3.4 주파수 변화에 따른 자계특성

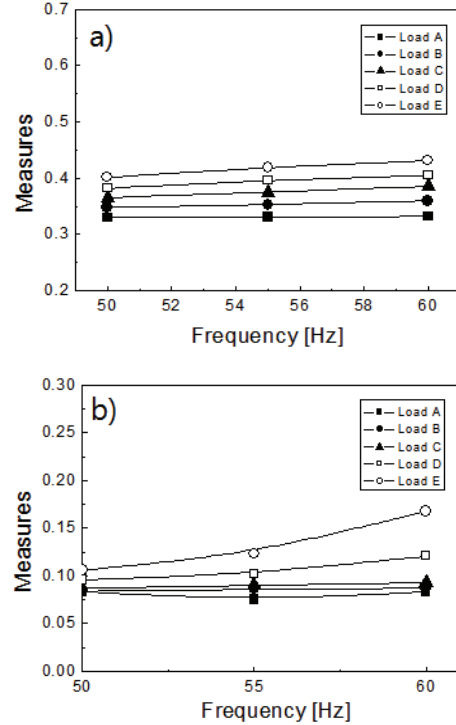


Fig. 7. Characteristics of Flux due to frequency, (a) distance 0 cm and (b) distance 3 cm.

그림 7은 AC 220 V가 인가된 상태에서 주파수 변화에 따른 자계특성을 나타낸 것이다. 주파수의 증가에 따라 선형적으로 자계의 세기 커지는 것을 확인할 수 있으며, 이격거리가 3 cm로 떨어질수록 선로 주변의 자장의 차이가 더 확연히 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 이것은 실험 부하가 모터부하로 내부 인덕턴스가 큰 값을 가지기 때문에 주파수 증가는 유효전력이 커지게 되어 전체 도선 주변의 자장 세기가 커지기 때문이라고 생각되며, 근접한 위치에서 무효전력성분에 의한 자장도 존재하지만 거리가 멀어질수록 유효전력에 의한 자장만이 나타나기 때문이라고 생각된다.

그림 8은 주파수 변화에 따른 각축에서 검출되는 자계특성을 나타낸 것이다. 8(a)는 근접한 위치에서, 8(b)는 3 cm 이격한 거리에서의 3축값을 나타낸 것이다. 근접한 위치에서는 자계 방향이 x축 성분이 크고, y축과 z축의 값이 작은 반면에 이격거리가 3 cm일 때는 y축 자계의 값이 커짐을 확인할 수 있었다. 이러한 현상은 선로에

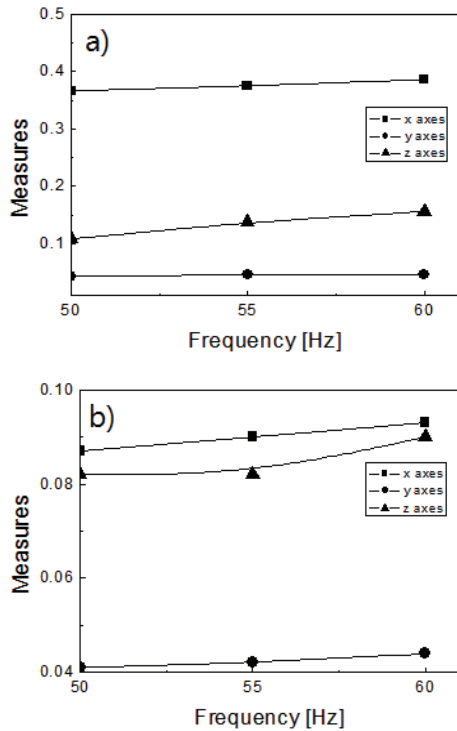


Fig. 8. Characteristics of Flux in axes due to frequency, (a) distance 0 cm and (b) distance 3 cm.

서 발생하는 자계 보다는 내외부의 노이즈 성분이 커지기 때문이라고 생각되면, 추후 각 축에 대한 자계차폐구조로 재설계후 현상을 고려해봐야 할 것으로 사료된다.

4. 결론

본 연구는 3축 자계센서를 이용하여 동일 부하상에서 주파수, 전압, 거리를 변화시키면서 각 축의 자장 변화와 검출 특성을 연구하였으며, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 선로와의 이격거리는 거리제곱에 비례하여 자장이 감소함을 확인할 수 있었다.

2. 모터부하에서 정격전압 감소는 정격용량을 감소시켜 자장도 감소하였음을 확인할 수 있었다.
3. 주파수의 감소는 무효전력성분의 증가를 초래하여 선로주변의 자장도 감소시켰음을 확인할 수 있었다.
4. 근접측정시 3축 방향의 센서에 미소한 자장의 영향을 미치지만 거리가 2 cm 이후에서는 거의 노이즈 성분만이 존재하였음을 확인할 수 있었다.

감사의 글

이 논문은 인천대학교 2016년도 자체연구비 지원에 의하여 연구되었음.

REFERENCES

- [1] Y. C. Oh, K. S. Lee, H. J. Lee, H. S. Jung, M. H. Choi, M. Y. Song, and K. J. Kim, *2010 Summer Conference of KIEEME (The Korean Institute of Electrical and Electronic Material Engineers, Korea, 2010)*. p. 157.
- [2] T. Y. Kim, Y. C. Oh, K. S. Lee, J. S. Kim, M. Y. Song, M. H. Choi, and K. J. Kim, *Proc. The 41st KIEE Summer Conference (KIEE, Busan, Korea, 2010)*.
- [3] K. J. Kim, Y. C. Oh, K. S. Lee, H. S. Jung, T. Y. Kim, M. H. Choi, M. Y. Soung, J. S. Kim, and C. K. Shin, *J. Korean Inst. Electr. Electron. Mater. Eng.*, **24**, 166 (2011). [DOI: <https://doi.org/10.4313/jkem.2011.24.2.166>]
- [4] D. Li, K. Chun, T. Zuka, and H. Fujita, *Technical Digest of the Sensor Symposium*, **16**, 217 (1998). [DOI: <https://doi.org/10.1541/ieejsmas.118.532>]
- [5] T. M. Liakopoulos, M. Xu, and C. Ahn, *Proc. The 7th International Conference on Solid-State Sensors and Actuators Workshop (IEEE, Yokohama, Japan, 1993)* p. 19.
- [6] D. Li, K. Chun, T. Zuka, and H. Fujita, *Technical Digest of The Sensor Symposium*, **16**, 217 (1998).