

비접촉식 전류 검출 장치에 관한 연구

김기준^a

인천대학교 메카트로닉스공학과

A Study on the Current Detector with Non Contact Type

Ki-Joon Kim^a

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

(Received May 16, 2018; Revised May 23, 2018; Accepted May 28, 2018)

Abstract: Commonly, a live-line alarm can be used to measure the electric field strength of a high-voltage system to calculate its current, but it is hard to detect the electric field of shielded cables or concealed structures, such as underground distribution cables. Current sensors can detect the magnetic field in a single core wire, but they cannot determine the magnetic field about a double-core wire because the currents flow in opposite directions. Therefore, it is very difficult to detect certain current problems, such as a fault current in an extension line comprised of a double line. In this paper, to ultimately develop a sensor that can detect the current regardless of line conditions, we used a simulation to determine the concentration of the magnetic field dependent on the distribution of the external magnetic field and the path of each line's core.

Keywords: Non-contact, Current detection, Double line, Magnetic field, Core

1. 서론

세계적으로 전력산업은 지속적으로 발전하였으며 전기설비의 다양화, 복잡화 및 설비용량의 증가 등으로 전기 사용량은 급속히 증가하였다 [1]. 따라서 전기 재해로 인한 위험성은 점차 증가하고 있는 추세이다. 이러한 발전과 성장 속에서 소홀한 부분이 '안전'으로 현재까지 우리나라는 전기 산업의 안전 부문에서 선진국과 비교했을 때 좋지 않은 것으로 나타났으며 [2], 이를 위한 전기 안전 환경 조성의 필요성이 대두되고 있다 [3,4]. 전기 에너지는 자연에 존재하는 에너지원을 이용할 수 있도록 가공한 에너지로서 어떻게 사용하든 이용 과정에서 매우 불안정한 상태를 초래하여 전기 재해(화재,

감전 및 2차 재해 등)로 이어질 수 있다. 따라서 안전을 확보하는 것이 무엇보다도 중요하며 [5,6] 안전은 전기 에너지의 가공과 사용, 그리고 설비 운영 등에 필요한 기본적인 요구사항을 의미한다고 볼 수 있다.

최근 국내외 업체에서는 전력전자 및 통신 기술의 발전으로 전력산업에 ICT (information communication technology, 정보통신기술) 기술이 융합된 원격감시시스템이 개발되어 적용되고 있으며, 이를 확대 적용하여 전기 안전관리 업무에 신뢰성을 확보하는 기술 개발이 많이 진행되고 있다.

또한 센서 기술에 대한 발전은 정밀 측정이 가능하였으며, 이를 통한 설비의 신뢰성 확보가 많이 개선되었다고 할 수 있다. 그러나 전기 재해의 대부분을 차지하는 과전류는 사용자가 문어발식 연결, 개인적인 선로 확장 등이 많은데, 실제 이러한 선로는 대부분 복선으로 되어 있어 전류의 검출이 힘들기 때문에 확장선로의 문제점을 검출하기는 매우 어렵다. 또한, 기존에 사용되고 있는 활선경보기는 전류 검출을 위해 전

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

계를 검출함으로써 고압에서만 적용이 가능하며, 지중 배전선로와 같은 차폐기능이 있는 실드 케이블이나 복심구조를 가진 전선에서는 검출이 불가능하다 [5].

이에 본 논문에서는 선로의 상태에 관계없이 선로의 전류를 검출할 수 있는 센서의 개발을 위해 단선, 복선에서의 외부 자기장 분포와 검출 센서의 베이스가 되는 코어의 접근에 따라 자기장의 집중이 어떻게 되는지를 시뮬레이션을 통해 조사해 보았다.

2. 실험 방법

2.1 시뮬레이션

전류를 검출하기 위한 방법으로 그림 1에서 보는 바와 같이 환형 내부에 전선을 관통시켜 그 주변에 발생하는 자기장을 검출하는 링타입과 클램프타입이 사용되고 있다. 그러나 이러한 전류 센서는 단선에서는 검출이 가능하지만, 복선에서는 전류의 방향이 서로 반대로 되기 때문에 주변에 자장이 서로 상쇄되어 나타나지 않거나 매우 미약한 값을 나타낸다.

전선의 측면에서 단선과 복선에 관계없이 전류를 검출할 수 있는 그림 2와 같은 센서 개발을 위해 단선/복선에 따른 선로주변의 자기장 분포와 그 주변에 페라



Fig. 1. Current sensor (a) ring type and (b) clamp type.

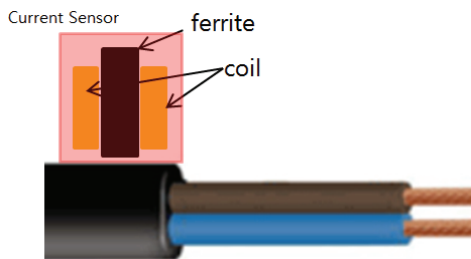


Fig. 2. Current Sensor to develop.

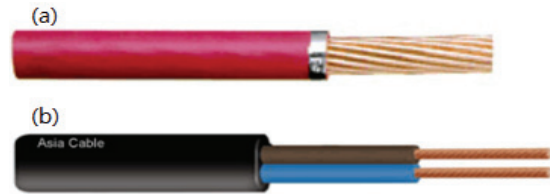


Fig. 3. Insulated wires for household use (a) single wire and (b) double wire.

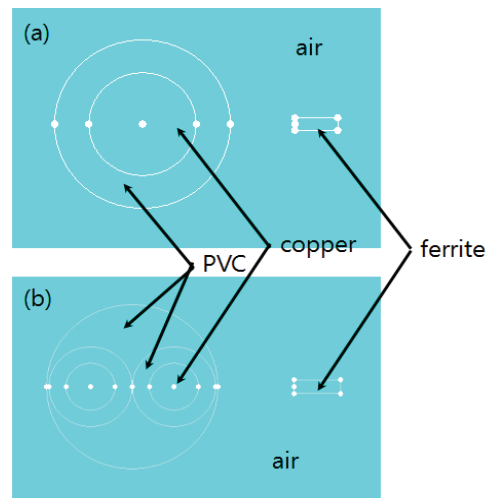


Fig. 4. Modeling of simulation (a) single wire and (2) double wire.

이트를 접근시켰을 때 자기장의 집중도를 CEDRAT사의 Flux V12 [7]을 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다.

전선은 그림 3과 같이 일반 가정집에서 주로 사용하는 600 V 비닐절연전선(복선)과 HIV절연전선(단선)을 모델링하여 자계의 분포를 조사하였으며, 전선의 형상은 한국표준협회에서 규정한 KS C IEC 60227-5 규정에 맞춰 모델링하였다.

그림 4는 모델링한 모습을 나타내고 있다. 또한 전류 센서의 페라이트는 전선으로부터 5 mm 떨어진 위치에 배치하였을 때의 자계집중도를 조사하였다.

전선에 흐르는 전류는 교류 1 A의 전류가 흐르게 하였으며, 복선에서는 전류의 방향을 서로 반대로 설정하였다.

2.2 전류 검출

표면에 전류를 측정하기 위해 그림 5와 같이 시뮬레이션과 동일한 투자율을 가지는 페라이트에 코일 500

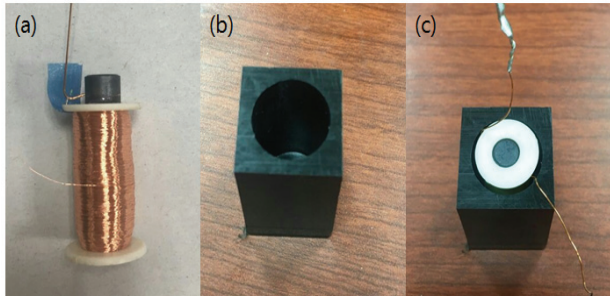


Fig. 5. Current Sensor (a) ferrite & coil, (b) case, and (c) sensor.



Fig. 6. Experimental environment.

turn을 감은 후 자계를 검출하였다. 전류는 가정용 가전설비를 부하로 사용하였으며, 전류계를 이용하여 흐르는 전류와 만들어진 센서를 이용하여 유기 전압을 측정하였으며, 실제 실험 모습은 그림 6과 같다.

3. 결과 및 고찰

3.1 시뮬레이션을 통한 자계분포

그림 7은 도선에 1 A의 전류가 흐를 때 단선에서의 자속분포를 나타낸 것으로 그림 7(a)는 자속 밀도의 방향을 나타낸 것이고 7(b)는 자속 밀도의 세기를 나타낸 것이다.

전선 코어 인접에서는 자속 밀도는 약 5.98×10^{-4} T의 값을 나타내다가 근처에서 코어로부터 2 mm 떨어진 위치에서 4.32×10^{-5} T로 감소하고 5 mm 떨어졌을 때 5.09×10^{-7} T의 값으로 감소하는 것을 확인할 수 있었다.

그림 8은 2심 코어에서의 자속 밀도를 나타낸 것으로

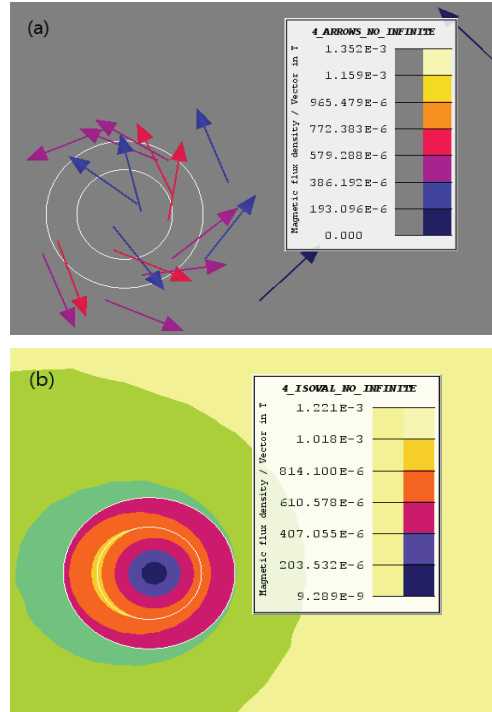


Fig. 7. Magnetic flux density in the single core wire (a) vector and (b) magnitude.

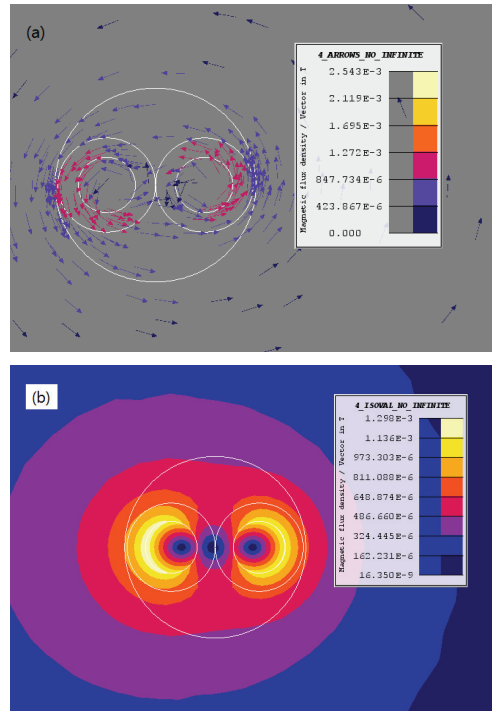


Fig. 8. Magnetic flux density in the double core wire (a) vector and (b) magnitude.

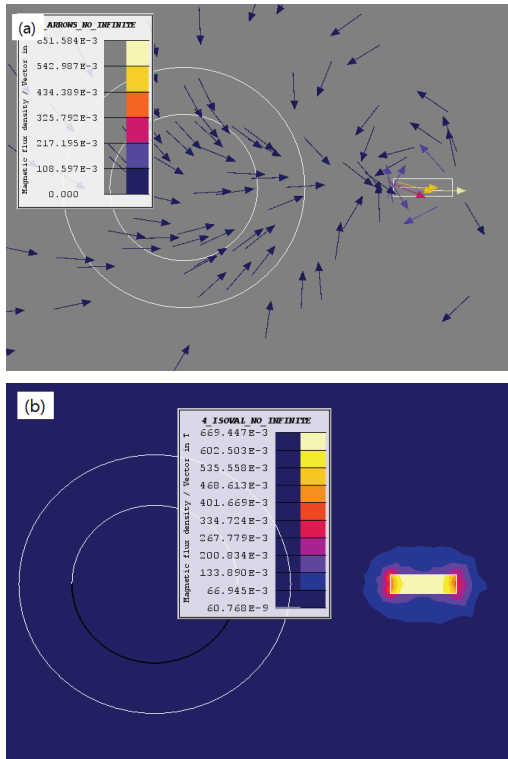


Fig. 9. The magnetic flux density by the core in the single core wire (a) vector and (b) magnitude.

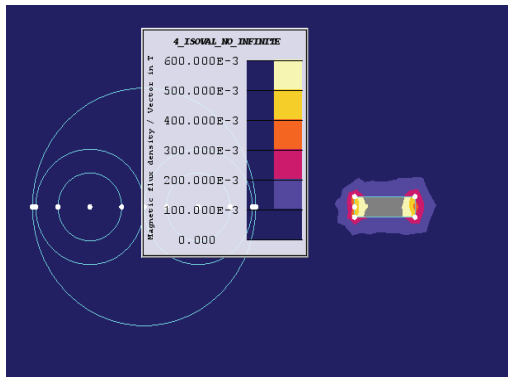


Fig. 10. Magnetic flux density by the core in the double core wire.

로 전류의 방향은 서로 반대로 설정하여 모의 실험하였다 [5].

오른쪽 코어에 근접한 위치에서의 자속 밀도는 5.87×10^{-4} T로 단심코어와 큰 차이가 없이 나타남을 확인할 수 있었으나, 2 mm 떨어진 위치에서는 2.65×10^{-5} T이었으며, 5 mm에서는 3.80×10^{-7} T로 단심에 비해 거의

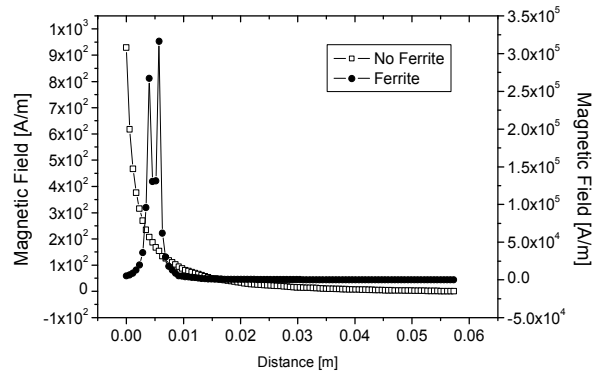


Fig. 11. The magnetic field with and without core in the single core wire.

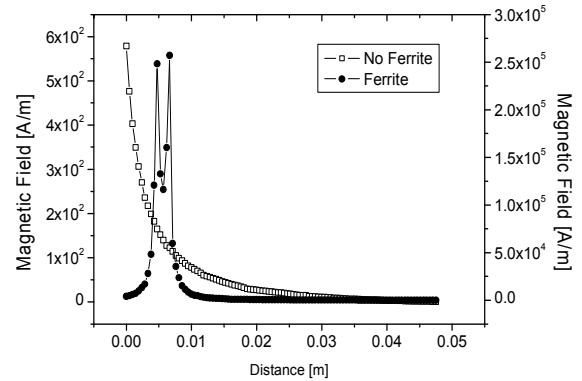


Fig. 12. The magnetic field with and without core in the double core wire.

반으로 줄어듦을 확인할 수 있었다. 이러한 현상은 복선구조의 전선에서는 서로 전류의 방향이 반대이므로 외부에서는 서로 감쇄현상에 의해서 이러한 현상이 나타난다고 사료되며, 거리로 인해 일부 자계의 값이 나타남을 확인할 수 있었다.

그림 9는 단심구조의 전선에서 자속 집중도를 나타낸 것으로 코어가 없을 때 전선 주변에 집중된 자속 밀도가 코어의 양단에 집중되는 현상을 확인할 수 있었으며, 전선의 주변에 비해 매우 높게 형성됨을 확인할 수 있었다.

그림 10은 복심코어에서의 자속 밀도를 나타낸 것으로 코어의 끝단에서 자속은 6.5×10^{-1} T로 매우 집중됨을 확인할 수 있었다.

그림 11은 페라이트의 유무에 따른 자계를 나타낸 것으로 코어가 없을 때는 전선에 근접한 위치에서 가장 큰 자계로 9.5×10^2 A/m가 나타났으나, 페라이트의 끝

에 자계가 집중되었으며, 그 크기는 약 3.0×10^5 A/m의 세기가 나타났다. 그리고 페라이트의 양 끝단에 자계는 집중되었으며, 내부의 자계는 거의 없는 것으로 나타났다.

그림 12는 복심선로에서의 자계의 크기를 나타낸 것으로 코어가 없을 때 전선 표면에서 5.7×10^2 A/m가 나타났으며, 페라이트를 설치하면 페라이트 끝단에 자계가 집중되고 그 크기는 2.7×10^5 A/m가 나타남을 확인할 수 있었다.

3.2 실험에 의한 자속 검출

시뮬레이션 결과 페라이트는 주변 자계를 집중시켜 자계에 의한 전류 검출이 가능할 것으로 사료되며, 이를 기반으로 실제 전류 센서를 제작하여 전류를 측정해 보았다. 전류는 제작된 센서에 유기된 전압을 5배 증폭한 값을 검출하였으며, 검출 값은 rms로 표시하였고, 상용 전원에 부하의 크기에 따른 전류를 측정하였다.

그림 13은 단심 선로에서 이격 거리를 변화시켰을 때 전류 센서에 의한 검출 값을 나타낸 것으로, 이격

Table 1. Current characteristic due to load current.

Load	Current [A]
A	0.332
B	0.360
C	0.386
D	0.405
E	0.431

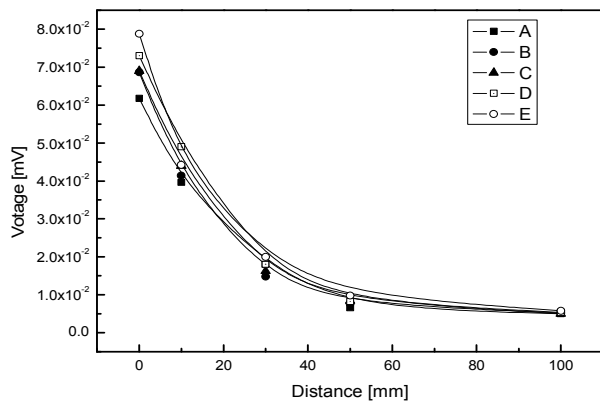


Fig. 13. Characteristics of current sensor due to distance at single core wire.

거리의 증가에 따라 검출 전압은 급속히 감소하였으며, 이격 거리가 50 mm 이후부터는 주변 노이즈와 섞여서 전류에 따라 차이는 있지만 거의 구분이 힘든 상태이다. 부하 전류에 의한 자계가 거의 사라지는 것을 확인할 수 있었다.

그림 14는 복심선로에 대한 결과를 나타낸 것으로 단심선로의 특성과 비슷하게 전체적으로 거리의 증가에 따라 선형적으로 감소함을 확인할 수 있었으며, 복심선로에서도 50 mm 이상에서의 값은 신뢰성이 떨어지는 값을 나타내었다.

그림 15는 단심과 복심 선로에서의 검출 값을 측정한 것으로 그 세기가 거의 2.4배 정도 감소하였으나, 전류 변화에 따라 모두 선형적으로 변화하는 것을 확인할 수 있었으며, 이를 통해 비접촉식 전류 센서의 제작이 가능할 것으로 사료된다.

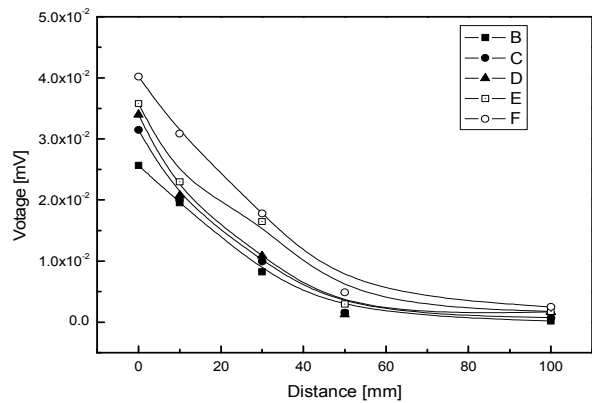


Fig. 14. Characteristics of current sensor due to distance at double core wire.

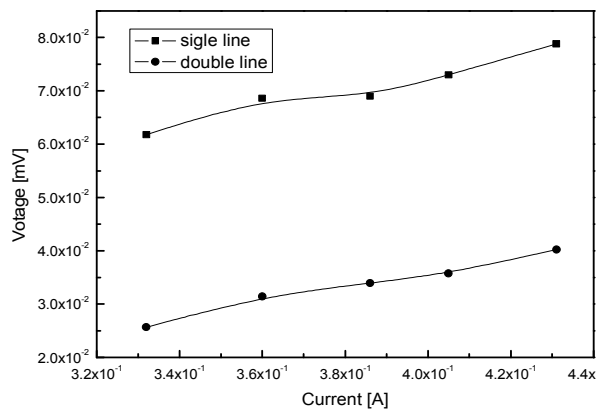


Fig. 15. Characteristics of current sensor due to wire at 0 mm.

감사의 글

이 논문은 인천대학교 2017년도 자체연구비 지원에 의하여 연구되었음.

여 5 cm 이상의 거리에서는 검출되지 않음을 확인할 수 있었다.

4. 결론

비접촉식 전류 검출장치에 관한 연구 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 복심전선에서는 단심전선에 비해 자속 밀도가 거의 2배 작아짐을 확인할 수 있었다.
- 2) 복심전선에서는 서로 전류의 방향이 서로 반대방향으로 동작하기 때문에 자속 밀도가 감소하지만, 자속이 존재하는 것을 확인할 수 있었다.
- 3) 페라이트는 전선 주변의 자계를 모으는 특성을 가지고 있으므로 페라이트로 인해 자속의 집중현상을 확인할 수 있었다.
- 4) 전류센서를 전선 측면으로 접근 시킬 경우 0.9 mV의 전압을 나타냈으며, 전선에서 멀어짐에 따라 전류 센서에 유기되는 전압은 급격히 감소하

REFERENCES

- [1] Y. T. Cho, Master, *Thesis, Study on Private Electric Facilities Safety Management and Electrical Safety Management System*, p. 1-2, Hanyang University, Seoul (2018).
- [2] J. J. Pyo, Master's, *Thesis*, p. 1-2, Hanyang University, Seoul (2016).
- [3] J. P. Han, Master's, *Thesis*, p. 3-4, Dongshin University, Naju (2017).
- [4] KESCO, *How to Handle Low-Voltage Electrical Equipment Inspection Work for General Use* (2016) p. 3-5.
- [5] K. J. Kim, *J. Korean Inst. Electr. Electron. Mater. Eng.*, **30**, 253 (2017). [DOI: <https://doi.org/10.4313/JKEM.2017.30.4.253>]
- [6] K. J. Kim, Y. C. Oh, K. S. Lee, H. S. Jung, T. Y. Kim, M. H. Choi, M. Y. Soung, C. G. Shin, and J. S. Kim, *J. Korean Inst. Electr. Electron. Mater. Eng.*, **24**, 166 (2011). [DOI: <https://doi.org/10.4313/JKEM.2011.24.2.166>]
- [7] JAEWOO, User Guide Flux 11, JAEWOO Tech. Co., Ltd. (2012) p. 3-4.