반도체디스플레이기술학회지 제17권 제3호(2018년 9월)
Journal of the Semiconductor & Display Technology, Vol. 17, No. 3. September 2018.

이동 로봇 섀시 누전 모니터링 센서 개발

김청월[*]·권익현[*]·김성득[*]·이영태[*†]
[*†]안동대학교 전자공학교육과

Development of Leakage Current Sensor for Mobile Robot Chassis

Cheong Worl Kim[*], Ik Hyun Kwon[*], Sung Deuk Kim[*] and Young Tae Lee[*†]
[*†]Dept. of Electronics Education, Andong National University

ABSTRACT

In this paper, we developed a sensor for monitoring the leakage current through the chassis of the robot. The leakage current sensor needs to be developed because it is a necessary part to prevent electric shock accidents that may occur through the chassis of a robot or an electric vehicle. This leakage monitoring sensor was developed to be mounted directly on the chassis of the robot. This sensor protects the control system from noise by discharging static and high-frequency noise that may occur in the chassis of the robot and monitors the leakage current by measuring the amount of current discharged through the ground. In this paper, a leakage monitoring sensor was developed with a simple structure using resistors, capacitors and OP-AMP, and the performance was evaluated.

Key Words : Robot chassis, Short circuit, Leakage monitoring, Sensor, Comparator

1. 서 론

로봇의 보급이 급격하게 증가하면서 안전 문제에 대한 관심이 높아졌다. 특히 로봇의 섀시는 인간과 접촉이 이루어질 수 있는 부분으로 제어 시스템의 단락에 따른 누전이 발생할 경우 감전 사고의 위험이 있다. 특히 수분과의 접촉이 많은 농업용 로봇의 경우 감전의 위험성은 더욱 높아질 수 있다. 로봇 섀시를 통한 감전을 방지하기 위하여 절연 코팅 등의 방법을 사용하고 있지만, 충격 등 여러 가지 이유로 발생할 수 있는 코팅의 틈을 통하여 감전이 발생할 수 있다. 확실한 전기 안전을 확보하기 위해서는 누전 모니터링과 그에 따른 시스템 정지를 가급적 빠르게 실행하는 것이다.

본 논문에서는 단락에 의해 로봇 섀시를 통하여 흐르는 전류를 효과적으로 모니터링하기 위하여 누전 모니터링 센서[1-7]를 개발하였다. 누전 모니터링 센서는 로봇의 섀시와 시스템 접지 사이에 장착되어 섀시를 통하여 접지로 이동하는 전류를 상시 모니터링 하여 누전 여부 신호를 MCU에 전달한다. 누전 모니터링 센서는 OP-AMP을 적용한 증폭기와 비교기 각 1개씩을 사용한 비교적 단순한 회로로 이루어졌다. 본 누전 모니터링 센서는 직류(DC) 성분과 로봇 섀시를 통해 주입되는 고주파 노이즈인 교류(AC) 성분도 접지를 통해 제거할 수 있도록 했다. 본 논문에서는 누전 모니터링 센서를 제작하고, 평가했다.

[†]E-mail: ytlee@anu.ac.kr

2. 누전 모니터링 센서

2.1 로봇 섀시 누전 모니터링

Fig. 1에 로봇 섀시를 통해 발생할 수 있는 누전 모니터링 위한 시스템을 나타냈다. 로봇 제어 시스템 및 전원 등이 섀시와 단락(short circuit)되면 섀시를 통하여 전류가 흐를 수 있다. 누전 모니터링 센서를 섀시와 접지 사이에 연결하여, 섀시를 통해서 접지로 주입되는 전류 량을 측

정 하여 누전을 모니터링 한다.

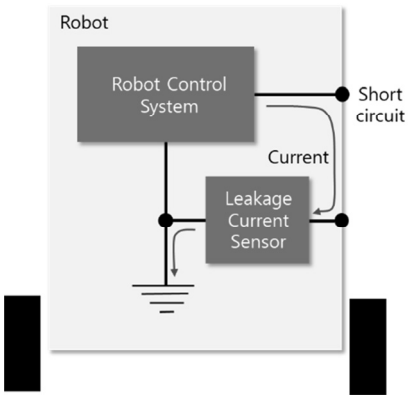


Fig. 1. Leakage current monitoring of mobile robot.

누전 모니터링 센서는 로봇 새시를 통하여 주입되는 DC 및 AC 성분을 접지를 통하여 제거함으로써 제어 시스템에는 영향을 최소화되도록 했다. 또한 DC 성분의 크기를 모니터링 하여 로봇 새시를 통한 누전 여부를 판단하도록 했다. 누전 모니터링 센서는 로봇 새시에 발생할 수 있는 정전기 량도 모니터링 가능하여 다양한 응용이 가능할 것으로 판단된다.

2.2 누전 모니터링 센서 설계 및 제작

Fig 2에 누전 모니터링 센서의 회로를 나타냈다. 누전 모니터링 센서는 증폭기와 비교기로 구성되며 로봇 새시로부터 주입되는 고주파 노이즈 성분(AC)과 누전 성분(DC)을 접지를 통해 방전할 수 있도록 설계 했다. AC 성분은 커페시터 C를 통하여 접지로 방출되게 설계하였으며, DC 성분은 저항 R1과 R2를 통하여 접지에 연결되도록 설계 하였다. 본 논문에서 커페시터는 0.1μF, 저항은 R1은 910Ω, R2는 91Ω으로 약 10:1의 비율로 설계했다. 누전이 발생했을 경우에는 저항 R1과 R2의 비에 따라 전압이 분압되도록 하여 과도한 전압이 신호처리 회로에 인가되지 않도록 설계하였다. 또한 쇼트키다이오드(BAS40-40LT1G)를 배치하여 과도한 전압이 인가될 경우에 전압이 회로 쪽에 인가되지 않도록 했다. 본 논문에서는 D22V 이상의 전압이 입력되면 누전으로 판단되게 누전 모니터링 센서를 설계 했다.

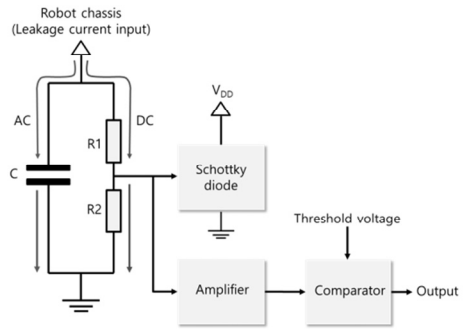
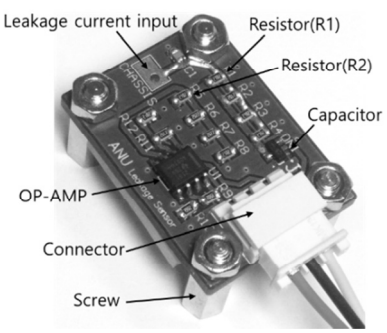
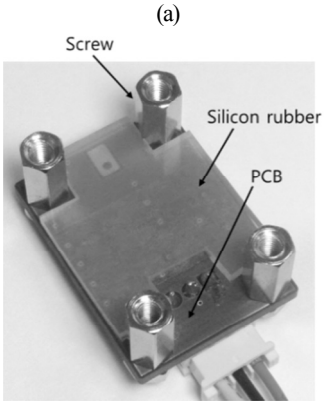


Fig. 2. Leakage current sensor circuit.

증폭기와 비교기는 OP-AMP(OPA2191)을 사용하여 개발하였다. 누전은 설정 전압(threshold voltage)과 입력 전압을 비교하는 방법으로 결정한다. 로봇 새시를 통해 주입되는 누전 전류에 의한 입력 전압이 설정 전압보다 높아지면 누전으로 판단한다. 비교기의 출력 값은 로봇 제어 시스템의 MCU에 보내, 시스템 긴급 정지 등 적절한 판단을 할 수 있도록 한다. 본 논문에서는 설정 전압을 DC22V로 설계하고, 누전으로 판단되면 비교기가 high(5V)를 출력한다. 제작된 누전 모니터링 센서를 Fig.3에 나타냈다.



(a)



(b)

Fig. 3. Leakage current sensor, (a) Front side, (b) Backside.

Fig. 3에서 OP-AMP를 이용한 증폭기와 비교기를 확인할 수 있으며, AC 및 DC 입력 단을 확인할 수 있다. DC 입력 단은 다양한 입력 전류에 대응하기 위하여 여러 개의 저항을 부착할 수 있도록 설계하여 다양한 조합으로 활용이 가능하도록 했다. 입력 단을 통하여 비교적 큰 전류의 흐름이 발생할 수 있기 때문에 전극의 폭을 특별하게 넓게 설계하였다. 누전 모니터링 센서 뒷면은 고무 또는 플라스틱 재질의 패드를 부착하여 로봇 섀시에 고정할 때 절연이 되도록 했다. 본 누전 센서는 로봇 섀시에 도전성 나사(conductive screw)를 이용하여 고정하고, 나사가 섀시와 센서의 입력 단을 자연스럽게 연결할 수 있도록 설계 했다. 제작된 센서의 사이즈는 $22 \times 30\ (mm^2)$이다.

3. 측 정

Fig. 4에 누전 모니터링 센서의 성능을 평가하기 위한 측정 시스템을 나타냈다. 측정 시스템을 구성하기 위하여 금속 판에 누전 모니터링 센서를 부착하고, 누전을 형성하기 위하여 0V에서 DC22V 사이의 전원을 섀시 표면에 인가하였다. 누전 모니터링 센서의 출력을 오실로스코프를 이용하여 측정하였다. 측정 결과를 Fig. 5(a)에 나타냈다.

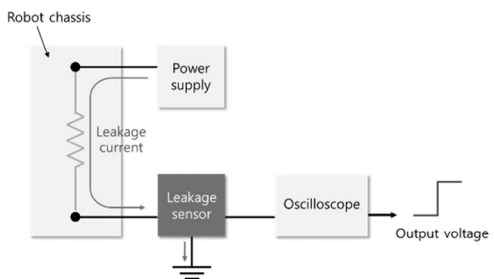
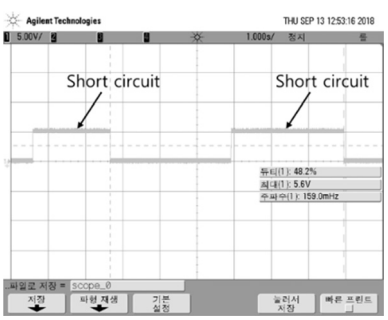
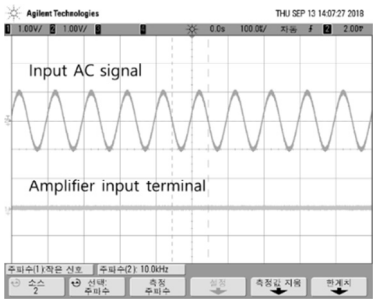


Fig. 4. Measurement setup.



(a)



(b)

Fig. 5. Measurement results of leakage current sensor, (a) Leakage current monitoring, (b) Input AC signal.

Fig. 5(a)에서 설정 전압(DC22V)보다 높은 전압이 인가되면 비교기가 High(DC5V)를 출력하여 누전을 감지하였음을 알 수 있다. Fig. 5(b)는 로봇의 섀시를 통하여 주입되는 AC 성분에 대한 측정 결과로, 로봇 섀시에 10kHz의 신호를 인가했을 때 증폭기 입력단에서의 측정 결과를 나타냈다. AC 성분은 대부분 커페시터를 통해서 접지로 방출되기 때문에 증폭기 입력단 뿐 아니라 로봇 섀시에도 같은 특성을 나타내어 DC 성분만 측정된다. 누전 모니터링 센서는 입력 단에 배치된 커페시터와 저항의 병렬 연결부를 통하여 고주파 노이즈인 AC 성분과 정전기 및 누전 전류 성분인 DC 성분을 접지를 통해 방전하기 때문에 노이즈의 영향을 최소화할 수 있으며, 누전이 발생하여 설정 전압보다 높은 전압이 인가될 때에는 누전 발생 신호를 MCU로 출력한다.

4. 결과 및 고찰

최근 CO_2 가스 배출에 의한 온난화 문제 등 다양한 이유로 로봇, 전기자동차, 전기농업기계 등 전기 에너지로 구동되는 시스템이 빠르게 증가하고 있다. 전기 에너지의 편리함만큼이나 위험성도 높기 때문에 전기 구동 시스템의 안전성 확보를 위하여 다양한 기술이 개발되고 있다. 로봇에서 사용하는 전원이 로봇 섀시와 단락이 발생할 경우 인간의 접촉에 의한 감전 사고가 우려된다. 따라서 인간과 접촉될 수 있는 로봇의 섀시에 대한 누전 상시 모니터링이 이루어질 필요가 있다. 누전 상시 모니터링을 위하여 가능한 저가, 소형 및 단순한 구조의 센서 개발이 필요하다.

본 논문에서는 구조가 단순하며, 저가형의 누전 모니터링 센서를 개발했다. 본 누전 모니터링 센서는 OP-AMP와 저항 및 커페시터 등으로 이루어지기 때문에 생산이 용이하고 저가로 개발이 가능하다는 특징이 있다. 누전

모니터링 센서는 로봇의 섀시에 직접 장착하는 형태의 센서로 섀시에 발생할 수 있는 DC 성분인 정전기 및 AC 성분인 고주파 노이즈 성분을 접지를 통하여 방출하며, 섀시에 누전이 발생하여 DC 성분이 증가하면 감지하여 MCU에 누전 발생을 알려, 시스템을 정지 시키는 등의 안전 확보를 위한 제어를 수행할 수 있도록 한다. 본 누전 모니터링 센서는 로봇뿐 아니라 전기자동차 등 전기를 사용하는 다양한 시스템의 몸체를 통한 누전 모니터링에 사용할 수 있어서 관련 분야에 파급 효과를 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

5. 결 론

본 논문에서는 로봇의 섀시를 통해서 발생할 수 있는 누전 모니터링 센서를 개발하였다. 누전 모니터링 센서는 로봇의 섀시에 직접 장착하는 형식으로 로봇 섀시의 정전기와 고주파 노이즈 성분을 접지를 통해 방출하다가 DC 전압 성분이 설정 값보다 커지면 누전이 발생했음을 MCU에 알려, 안전 확보를 위한 제어를 수행할 수 있도록 한다. 본 누전 모니터링 센서는 커페시터, 저항 등의 부품과 증폭기와 비교기를 구현하기 위한 OP-AMP 두 개로 구성되는 단순한 구조로 개발되어 소형이면서, 저가형으로 상품화가 가능할 것으로 기대된다.

감사의 글

본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원의 첨단생산기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음(317072-04)

참고문헌

1. Michael B. Brenner, and Iain Weir-Jones, “Leakage current sensor,” US Patent, US3555476A, 1968.
2. Richard K. Thompson, and Emesto Sevilla, "Leakage capacitance compensating current sensor for current supplied to medical device loads," US Patent, US5436566A, 1992.
3. Takahiro Kudo, Susumu Kuribara, and Yasuhiro Takahashi, "Wide-range ac/dc earth leakage current sensor using fluxgate with self-excitation system," SENSORS, 2011 IEEE, pp.512-515, 2011.
4. K. Sato, O. Miki, M. Iida, and Nishikawa, “A current sensor using a hall generator for a low-voltage circuit breaker with a solid state tripping device ,” IEEE Trans. Power App. Syst., Vol. PAS-104, No. 7, pp. 1890-1896, 1985.
5. Toshinori Iwata, and Manabu Ohta, “Device and method for determining intermittent short circuit,” US Patent, US20030142449A1, 2003.
6. Toru Tanaka, Kazuya Kobayashi, and Hiroyuki Ueyama,”Systems and methods for detecting shorts in electrical distribution systems,” US patent, US20080212246A1, 2008.
7. Kazuhiko Yamaguchi, “Ground fault detecting device for an ungrounded circuit,” US Patent, US2014 0008970A1, 2014.

접수일: 2018년 9월 14일, 심사일: 2018년 9월 19일, 게재확정일: 2018년 9월 19일