

저압용 전기전자부품의 신뢰성 평가를 위한 부분방전 측정시스템에 관한 연구

서황동, 송재용, 문승보, 길경석, 강동식*, 황돈하*
 한국해양대학교, *한국전기연구원

A Study on the PD Measurement System for Estimating Reliabilities of Low-voltage Electrical and Electronic Components

Hwang-dong Seo, Jae-yong Snog, Seung-bo Moon, Gyung-suk Kil, Dong-sik Kang*, Don-ha Hwang*
 Korea Maritime University *KERI

Abstract : In this paper, we dealt with a partial discharge(PD) measurement system that has been accepted as an effective and non-destructive technique for estimating reliabilities of low-voltage electrical and electronic components. Calibration tests on laboratory set-up have shown that the PD measurement system has a stable sensitivity of 37.6 mV/pC. In an application test on photo coupler, we could detect 0.1 pC level of partial discharge at the applied voltage of AC 520 V_{peak}.

Key Words : electrical and electronic components, partial discharge, coupling network, PD measurement system,

1. 서론

반도체기술 및 집적회로기술의 발달로 이를 이용한 전기전자기들은 소형화, 경량화, 고밀도 실장화가 이루어지고 있다. 이러한 전기전자기들은 산업사회 활동의 대단히 중요한 핵심요소로 등장하고 있으며, 고성능화 및 고신뢰성 요구된다. 이들 기기의 안전성 및 신뢰성을 확보하기 위해서는 먼저 이들 기기에 사용된 전기전자부품의 절연에 대한 평가가 선행되어야 한다^[1]. 전기전자부품에서 절연파괴 사고가 발생하면 이들을 포함하고 있는 기기를 손상시켜 큰 손실을 유발하게 된다. 이러한 전기전자부품의 신뢰성을 평가를 위해서는 정확한 절연 상태 평가가 수행되어야 하며, 초기 생산단계에서부터 정확한 절연평가가 필요하다^{[2],[3]}.

그러나 지금까지 전기전자부품의 절연열화 및 평가기술에 대한 연구는 미진한 실정으로 생산초기단계에서 품질관리에 절연파괴 시험이나, 내전압 시험 등 절연상태에 직접적인 영향을 주는 시험법이 적용되고 있다. 이러한 이유에서 부분방전측정 기술은 비파괴 시험으로서 저압용 전기전자부품의 절연성능에 영향을 주지 않으면서도 효과적인 품질관리 및 절연상태 평가가 가능하다^[4].

따라서 본 연구에서는 저압용 전기전자부품을 대상으로 절연상태에 영향을 주지 않는 범위에서 부분방전 신호를 검출하는 것으로 절연상태 평가를 수행할 수 있도록 저잡음 고감도 검출회로를 적용한 미소 부분방전 측정시스템을 설계·제작하였다.

2. 부분방전 측정시스템

일반적으로 부분방전 신호는 고주파 전류 펄스 형태로 발생하기 때문에 결합코플렉서 및 검출암피던스로 구성되는 결합회로망이 필요하다^[5]. 결합회로망은 부분방전 시험전압인 60 Hz의 상용주파수 전압신호는 완전히 차단하고, 고

주파 펄스형태의 부분방전 신호만을 통과시키는 고역 통과 필터의 특성을 가지도록 구성하였다. 그림 1에는 결합회로망의 구성을 나타낸 것으로 상용주파수 전압에 대한 감쇄특성은 -270 dB로 완전히 차단할 수 있으며, -3 dB가 되는 차단주파수는 1 MHz로 저압용 전기전자부품에서 발생하는 부분방전 신호를 충분히 검출할 수 있는 주파수 대역을 갖는다.

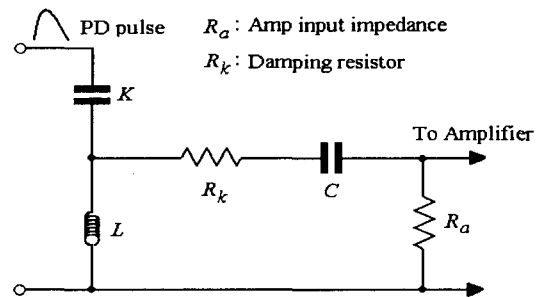


그림 1. 결합회로망의 구성

부분방전 펄스 신호의 크기는 대단히 작기 때문에 출력단에 증폭회로를 접속해야만 부분방전 신호를 검출할 수 있다. 증폭회로는 충분한 주파수 대역, 낮은 잡음특성을 갖는 증폭기를 적용하여 2단으로 구성되는 증폭회로를 구성하였다. 본 연구에서 적용한 증폭기의 주파수 범위는 DC ~ 420 MHz로 부분방전 검출에 충분한 주파수 범위를 가지며, 입력 off set 전압은 3 mV_{max}로 대단히 낮은 잡음 레벨 특성을 갖는다. 증폭회로의 증폭도는 40 dB로 설계하였으며, 부분방전 신호의 발생 주파수 범위 및 외부 또는 내부의 방사잡음에 대한 영향을 고려하여 출력단에 10 MHz의 저역통과 필터회로를 삽입하였다. 이렇게 구성된 부분방전 측정 시스템은 외부로부터의 잡음 제거를 목적으로 시험용 차폐함내에 설치된다.

3. 측정 시스템의 평가

제안한 미소 부분방전 측정시스템의 성능평가를 위하여 외부 잡음레벨의 평가 및 감도산출을 위한 교정실험을 수행하였으며, 포토커플러를 대상으로 부분방전 검출 특성을 평가하였다.

먼저 결합회로망과 증폭회로를 포함한 전체 측정시스템의 외부잡음에 대한 평가 결과 그림 2에 나타난 바와 같이 최대 잡음 신호 레벨은 약 3.19 mV_{p-p}로 측정되었다. 이는 증폭기의 잡음레벨과 비슷한 값으로 외부로부터 유입되는 잡음은 완전히 차단되는 것으로 평가되었다.

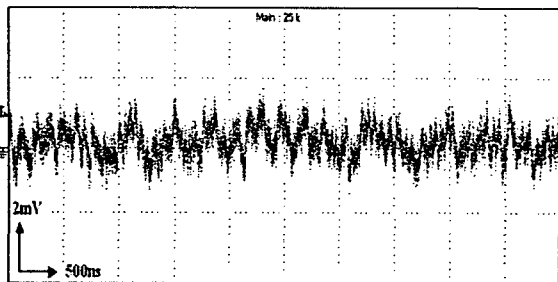


그림 2. 부분방전 측정시스템의 잡음 레벨

측정시스템의 교정실험은 전용의 교정기 CALIA(GmbH, 1 pC ~ 100 pC)를 이용하여 이미 알고 있는 방전전하량을 시료측에 주입하고 검출회로에서 검출된 값을 오실로스코프(DL9140, YOKOGAWA, 1 GHz, 5 GS/s)로 측정하였다.

그림 3에는 1 pC의 전하 주입시 측정된 파형의 예를 나타내었으며, 1~50 pC의 교정펄스에 대하여 선형적인 특성을 나타내었다. 교정실험결과로부터 부분방전 측정시스템의 검출감도는 37.5 mV/pC으로 산출되었다.

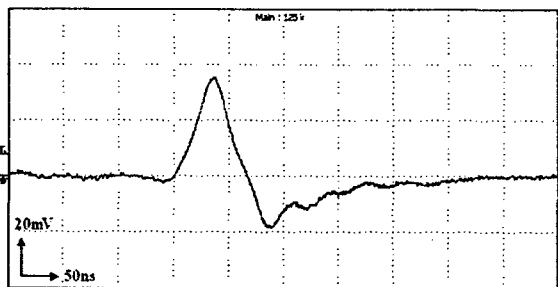


그림 3. 1 pC 교정펄스에 대한 응답파형

부분방전 측정시스템의 적용성 평가를 위하여 절연분리전압이 5,000 V인 포토커플러를 대상으로 부분방전 검출을 수행하였다. 시험전압 인가시 최초 검출된 부분방전파형은 그림 4와 같이 520 V_{peak}가 되는 지점에서 약 3.68 mV의 부분방전 펄스가 검출되었다. 이때의 신호는 측정시스템의 검출감도를 고려할 때 0.1 pC의 방전전하량에 해당하는 크기이다. 시험전압을 계속 상승시키면 1,500 V_{peak}에서 0.49 pC의 부분방전이 검출되었으며, 방전소멸전압은 500 V_{peak}로 측정되었다. 본 연구에서 적용한 시험결과는 부분방전 측정시스템의 적용성 검토를 위해 수행한 것으로 절

연 분리 전압이 5,000 V인 포토커플러에서 약 520 V_{peak}에서 부분방전 신호가 검출되므로 본 연구에서 제안한 측정시스템은 저압용 전기전자부품의 절연평가를 위한 시스템으로 충분한 특성을 가지는 것으로 확인되었다.

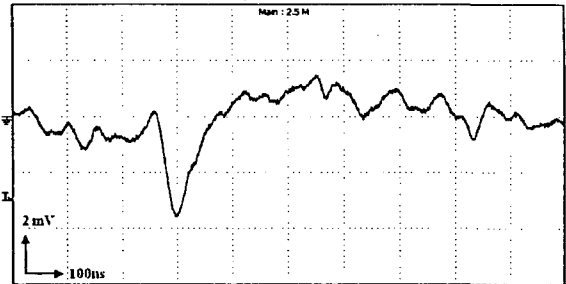


그림 4. 포토커플러에서의 부분방전 파형

4. 결론

본 연구에서는 저압용 전기전자부품의 신뢰성 평가를 위한 미소 부분방전 측정시스템을 설계·제작하였으며, 잡음 평가, 교정실험 및 적용성 평가로부터 우수한 특성을 확인하였다. 외부 잡음에 대한 평가 결과, 잡음신호 레벨은 최대 3.19 mV_{p-p}로 나타났으며, 교정실험결과 측정시스템의 감도는 37.5 mV/pC으로 잡음레벨을 고려하면 미소한 부분방전신호 검출이 가능하다. 포토커플러를 대상으로 한 적용실험결과 520 V_{peak}에서 0.1 pC의 부분방전 검출이 가능하였다.

따라서 본 연구에서 제안한 미소 부분방전 측정시스템은 0.1 pC 레벨의 부분방전 검출이 가능하므로 저압용 전기전자부품의 절연상태 평가를 위한 시스템으로 충분한 활용 가치가 있을 것으로 기대되며, 다양한 적용 실험을 통하여 신뢰성을 높이는 연구가 지속되어야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부의 지역혁신인력양성사업의 연구결과로 수행되었음.

참고 문헌

- [1] P. Wolfgang, "Partial-discharge Testing of Components for Low-voltage Equipment", IEEE Transactions on Electrical Insulation, Vol. 26, No. 2, p. 247, 1991.
- [2] L. A. Dissado and J. C. Fothergill, "Electrical Degradation and Breakdown in Polymers", Redwood Press, p. 242, 1992.
- [3] R. M. Eichhorn, "Treeing in Solid Extruded Electrical Insulation", IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. EI-12, No. 1, p. 2, 1976.
- [4] T. Okamoto and T. Tanaka, "Novel Partial Discharge Measurement Computer-Aided Measurement System", IEEE Trans. EI, Vol.21, p. 1015, 1986
- [5] F. H. Kreuger, "Partial Discharge Detection in High Voltage Equipment", Butterworth, p. 129, 1989.