

회전기 고정자 권선의 부분방전 방사특성

강동식 · 황돈하 · 이기창 · 이재복 · 김용주
한국전기연구원

**RE(Radiated Emission) Characteristics of Partial Discharge
on Stator Winding for Rotating Machines**

Dong-Sik Kang · Don-Ha Hwang · Ki-Chang Lee · Jae-Bok Lee · Yong-Joo Kim
Korea Electrotechnology Research Institute

Abstract - 회전기인 고압 전동기 및 발전기의 고정자 권선에서 나타나는 운전중 부분방전 진단을 위한 방법의 하나로 비접촉식 센서를 이용한 부분방전 측정에 관한 연구가 최근 들어 활발히 진행되고 있다. 그러나 이들 권선에서 나타나는 부분방전의 방사특성에 대하여 정확한 측정이 국내에서 체계적으로 검토된 실적이 없는 실정이다.

본 논문에서는 회전기 고정자권선의 부분방전 현상을 측정하는데 이용될 비접촉식 부분방전 진단센서를 개발함에 있어서 필요한 측정 주파수대역을 선정하는데 이용하고자, 여러 종류의 고정자 권선을 대상으로 전압을 인가하여 발생하는 부분방전의 펄스의 방사특성 및 잡음특성을 실험실적으로 측정하여 고찰하였다.

파가 다르게 나타날 수 있다. 셋째, 현재의 대부분 운전 중 측정법은 권선의 일부분만을 측정한다. 넷째, 판정기준의 절대치를 설정하기가 어렵다. 다섯째, 부분방전 측정만으로 권선의 모든 문제를 판단할 수 없다[3].

일반적으로 고정자권선에서 발생하는 부분방전은 수 MHz에서 수백MHz 대역으로 나타나고 있다고 보고되어 있다. 그러나 이들 권선에서 나타나는 부분방전의 방사특성에 대하여 정확한 측정이 국내에서 체계적으로 검토된 실적이 없는 실정이다. 본 논문에서는 여러 종류의 고압 회전기 고정자 권선을 대상으로 부분방전이 발생하는 전압을 인가하여, 이때 발생하는 부분방전의 펄스의 방사특성과 잡음특성을 모의 차폐실에서 측정하여 발생 부분방전 특성을 고찰하였다. 이 결과는 회전기 고정자 권선의 부분방전 현상을 비접촉식 부분방전 진단센서로 감지할 주파수 대역을 선정함에 있어서 기본 자료로 활용될 예정이다.

1. 서 론

발전설비를 비롯한 산업설비에 많이 사용되는 고압 회전기의 장기간 사용에 따른 주요 고장원인은 고정자 권선의 절연부에서 열화가 진전되어 예상치 못한 절연과피 사고로 나타나는 경우이다. 이러한 회전기 고정자 권선의 전기적 절연열화 진단방법은 비파괴시험과 파괴시험으로 대별되며, 이들 시험방법을 통하여 절연과피 level과 비파괴시험항목들의 상관성 규명을 통한 수명평가에 관한 많은 연구가 1980년대부터 일본 및 북미를 중심으로 이루어져 왔다[1-3]. 그러나 현재까지 직류 및 교류전압을 이용한 여러 가지 진단기법은 절연상태에 대한 중요한 정보를 제공하지만, 이들 진단기법 중 절연과피 전압과 상관성이 높게 나타나는 시험항목이 발표되지 못한 상태에서, 회전기의 사용시간 경과에 따른 누적된 진단시험 결과로부터 경향을 분석하는 것이 최적인 방법으로 보고 되고 있다[3].

최근 들어 고정기인 GIS, 변압기를 비롯하여 회전기인 고압 전동기 및 발전기의 안전운전 및 장기사용을 위한 진단기술에 관한 연구가 세계적으로 활성화되어 있다[4,5]. 이의 일환으로 고압 고정자 권선의 열화진단 기법의 하나로 비접촉식 센서를 이용한 운전중 부분방전 진단기술에 관한 많은 연구가 활발히 진행되고 있다. 그 결과로 비접촉식 센서인 Stator Slot Coupler(SSC) 및 Resistance Temperature Detector(RTD) 등의 센서를 이용한 RF radiation sensing 법 등을 이용한 on-line 부분방전 측정 기술이 개발되어 일부 이용되고 있는 실정에 있다[3].

IEEE Std 1434에 따르면 회전기 부분방전 측정기술상의 한계 및 문제점을 다음과 같이 지적하고 있다. 첫째, 정지중 측정법은 실제 운전상태의 결과를 나타내지 못한다. 둘째, 측정방법/기기/측정자가 다를 경우에는 측정결

2. 고정자 권선의 부분방전 방사 특성

2.1 실험준비

고압 회전기 고정자 권선에 전압을 인가하여 부분방전을 발생시키고, 이때 발생되어지는 부분방전 펄스의 방사특성 및 잡음특성을 고찰하기 위하여 그림1과 같은 측정회로를 차폐실내에 구성하였다.

실험에 사용된 고정자 권선은 수력발전기에서 교체된 권선, 철강압연용 모터 권선, 일반 전동기용 권선을 준비하였다.

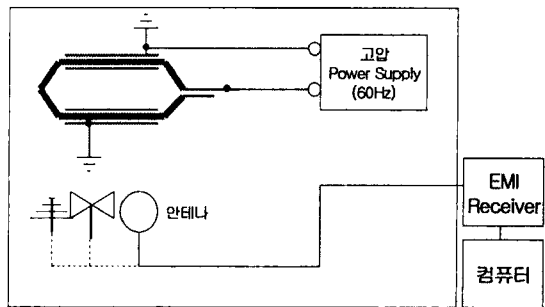


그림 1. 모의 부분방전 방사특성 측정 회로도

부분방전 및 잡음성분을 측정하기 위하여 3종류의 안테나로 10kHz ~ 1GHz까지의 주파수 범위에서 방사특성을 측정하였다. 이를 위하여 준비된 안테나 3종류의 측정영역은, 저주파 대역인 10kHz ~ 30MHz 영역은 루프(Loop) 안테나, 중주파 대역인 30MHz ~ 200 MHz 영역

은 바이콘 (Biconical) 안테나, 고주파 대역인 200MHz ~ 1GHz 영역은 Log Periodic 안테나를 사용하였다. 또한 측정을 위하여 이용된 EMI Receiver는 Electro-Metrics 사의 Interference Analyzer(Model : EMC-30 MK IV, 9kHz ~ 1GHz)였으며, 이 EMC-30 MK IV는 IEEE-488(GPIB) 통신을 통하여 PC와 제어 명령과 Data 를 수수하도록 구성하였다.

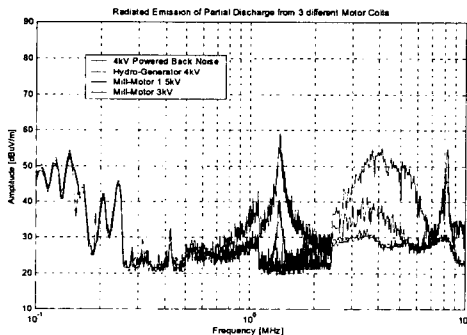
2.2 실험 진행

모의 슬롯내에 고정자권선을 넣지 않고 기본 잡음 상태 및 부분방전이 발생되는 전압상태에서의 잡음을 측정 한 후, 고정자 권선에서 부분방전이 발생되는 전압을 인 가한 상태에서 부분방전 신호의 방사 특성을 3종의 센서 를 교대로 연결하여 측정하는 순서로 다음과 같이 진행 하였다.

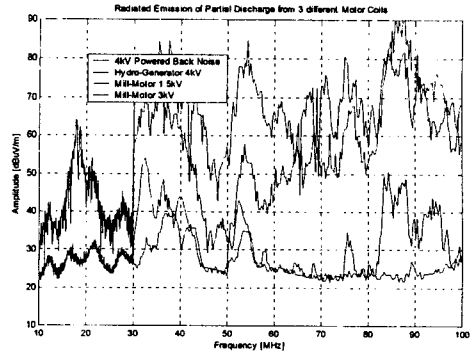
- 1) 차폐실 내에서의 잡음 측정
 - 2) 시료없이 교류 4kV 인가한 상태의 잡음 측정
 - 3) 수력발전기용 권선에 교류 3.0kV 및 5.0kV 인가한 상태의 부분방전 방사 스펙트럼 측정
 - 4) 철강압연용 권선에 교류 1.5kV 및 3.0kV 인가한 상태의 부분방전 방사 스펙트럼 측정
 - 5) 일반전동기용 권선에 교류 1.5kV 및 3.0kV 인가한 상태의 부분방전 방사 스펙트럼 측정
- 측정시 안테나와 시료의 간격을 1m 및 10cm로 하여 측정하여 거리에 따른 방사 펄스의 감쇠정도도 분석하도록 실험을 진행하였다.

2.3 일정 거리에서의 방사특성

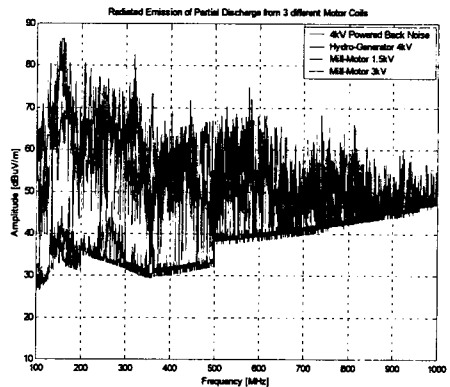
안테나와 측정 시료 권선의 간격을 1m로 유지한 상태에서 측정된 잡음 및 부분방전 방사 스펙트럼을 나타낸 것이 그림 2와 그림3이다. 이를 살펴보면, 권선 종류에 따라 보이드 상태가 다르나 발생 부분방전 주파수는 약 1MHz 이상 영역에서부터 1GHz 대역까지 발생됨을 알 수 있다. 또한, 시료에 인가된 전압이 상승하면 부분방전이 발생되어진 주파수 대역 전체적으로 큰 크기의 펄스가 측정되어 졌다. 이는 많은 보이드를 포함하고 있는 고정자 권선 시료에서 보다 큰 크기의 방전을 발생시키는 결합 부위에서 부분방전이 발생되는 것을 의미하므로, 상용적 부분방전 시험에서 전압상승에 따라 부분방전 양이 증가하는 것과 일치되는 것으로 보여진다.



(a) 100kHz - 10MHz의 방사 특성



(b) 10MHz - 100MHz의 방사 특성



(c) 100MHz - 1GHz의 방사 특성

그림 2. 각종 권선에서의 부분방전 펄스 방사 특성

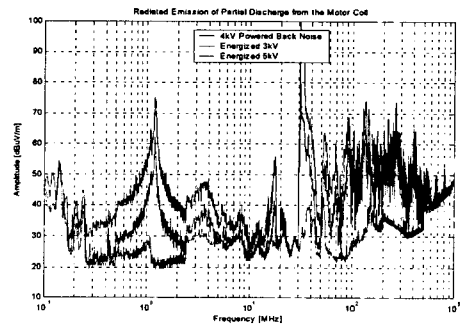
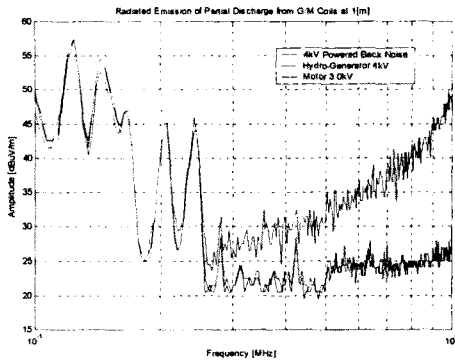


그림 3. 전압상승에 따른 부분방전 펄스 방사 특성

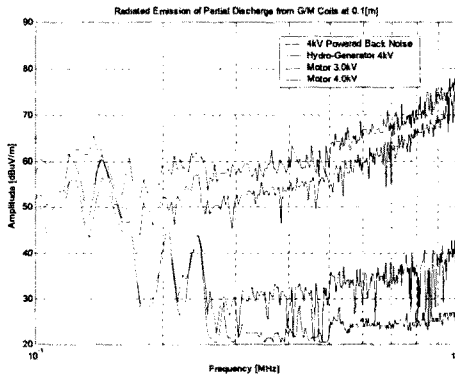
2.4 거리변화에 따른 방사특성

안테나와 측정 시료 권선의 간격을 1m 및 0.1m로 유지한 상태에서 측정된 잡음 및 부분방전 방사 스펙트럼을 나타낸 것이 그림 4이다. 저주파 대역 측정용 루프 안테나를 이용하여, 펄스 방사의 측정이 어려운 상대적 저주파 영역에서 방사 패턴을 정밀 측정하였다.

이를 살펴보면, 상대적 저전압 인가시에는 발생 부분방전 펄스의 크기가 작아 1m 떨어진 위치에서는 감쇠가 발생되어 측정이 어려웠던 펄스도 0.1m 위치에서는 측정이 가능한 것으로 나타났다. 또한 200kHz 이상의 성분은 근접 위치에서 측정할 경우에 펄스 발생 크기의 변화가 구분될 수 있음을 확인하였다.



(a) 1m 위치에서 측정된 부분방전 펄스 방사 특성



(b) 0.1m 위치에서 측정된 부분방전 펄스 방사 특성
 그림 4. 측정 거리에 따른 부분방전 펄스 방사 특성

3. 결 론

본 논문에서는 회전기 고정자 권선 시료를 이용하여 발생하는 부분방전 펄스의 방사특성을 조사하여 다음과 같은 결과를 도출하였다.

- 1) 안테나와 측정 시료 권선의 거리가 1m 정도 떨어진 경우에는 발생 부분방전 스펙트럼이 약 1MHz 이상 영역에서부터 1GHz 대역까지 폭 넓게 나타났다.
- 2) 부분방전 크기가 적어 감쇠로 측정이 곤란한 1 MHz 이하 성분도 안테나가 발생시료에 근접함으로 200K Hz 영역까지 측정 가능함을 확인하였다.

이는 향후 비접촉식 센서 및 측정시스템 개발시 센서 위치 선정 및 측정 주파수 대역 설정 등에 활용이 가능하다.

[참 고 문 헌]

[1] Dong-Sik Kang, Woo-Yong Sim, and Yong-Joo Kim., "The Novel Partial Discharge Sensor for Global VPI Rotating Machines", Proceedings of the 2002 Joint Conference of AECD & K-J Symposium on ED and HVE, Seoul, Korea, pp.234-237 Nov. 17-20, 2002.

[2] Ken Kimura, Yoshiharu Kaneda, Koji Mio, Satoru Kuroki, Teruya Osawa and Hiroki Tanaka "On-line Partial Discharge Monitor for Turbine Generator", Proceedings of the International Conference on Electrical Engineering 1999 (ICEE '99), Vol. 1, pp. 172-175, 1999.
 [3] IEEE Std 1434-2000, "IEEE Trial-Use Guide to the Measurement of Partial Discharges in Rotating Machinery", 2000.
 [4] T. Hoshino. et al, "Frequency characteristics of electromagnetic wave radiated from GIS apertures", , IEEE Trans. on PD, vol. 16, no.4, pp.552 - 557, Oct. 2001.
 [5] F. Marangoni. et al, "Investigation into effects of different antenna dimensions for UHF detection of partial discharges in power transformers", 2003 IEEE PowerTech Conf. June 23-26, Bologna, Italy.