

결함에 따른 견인전동기 고정자 코일의 부분방전측정 및 패턴분류

장동욱, 박현준, 박영
한국철도기술연구원

PD Measurement and Pattern Discrimination of Stator Coil for Traction Motor according to Different Defects

Dong-Uk Jang, Hyun-June Park and Young Park
Korea Railroad Research Institute

Abstract : In this paper, application of NN (Neural Network) as a method of pattern discrimination of PD(partial discharge) which occurs at the stator coil of traction motor was studied. For PD data acquisition, three defective models are manufactured such as internal discharge model, slot discharge model and surface discharge model. PD data for recognition were acquired from PD detector and DAQ board which is able to analysis the PD signal and perform the pattern discrimination. Statistical distributions and parameters are calculated to discriminate PD sources. And also these statistical distribution parameters are applied to classify PD sources by BP and has good recognition rate on the discharge sources.

Key Words : Partial discharge, Stator coil, Traction motor, BP, Pattern discrimination

1. 서 론

전기철도 차량은 속도제어를 위해서 VVVF인버터 시스템을 사용하고 있으며, 스위치 소자의 사용에 따라서 인버터 스위칭 서지가 견인전동기 고정자 코일에 가해져서 코일이 받는 전기적 스트레스는 증가를 한다. 또한 차량의 진동, 습기 및 분진 등에 의해서 고정자 코일은 열화가 진전되어 간다. 따라서 이러한 열화를 부분방전 측정에 의해서 진단할 필요가 있을 것이다.

운행 중에 발생 가능한 결함원들을 모의 제작한 200 kW급 견인전동기용 고정자코일을 사용하여 부분방전을 측정하고 분석하였다. 결함의 종류는 내부방전, 표면방전, 슬롯방전으로 하여 시편을 제작하였고, 부분방전 측정은 IEC60270에 따라서 부분방전신호를 측정하였다. 측정된 신호는 DAQ 보드와 LabView 프로그램을 이용하여 데이터를 취득하였으며, LabView프로그램을 통하여 통계적 분포 및 통계연산자 계산하여 DB로 저장하였다. 저장된 DB는 부분방전 결함원을 식별하기 위한 학습데이터로 사용하였다. 부분방전을 식별하기 위해서 BP알고리즘을 이용하였다. 식별결과 양호하게 부분방전을 분류하는 것을 확인할 수 있었다.

2. 실 험

실제 도시철도차량에 사용되는 제조공정과 동이하게 하여 고정자 코일을 제작하였으며, 제작한 결함의 종류는 내부방전, 표면방전, 슬롯방전 시편으로 나누어 제작하였다. 진단 시스템 구축을 하기 위해서 DAQ(Data Acquisition) 보드, Notebook PC, LabView프로그램을 이용하였다. DAQ로 입력된 부분방전 신호를 분석하기 위해서

랩뷰 프로그램을 사용하였으며, 이 프로그램으로 부분방전의 통계적 분포 및 데이터 저장을 실시하였다.

부분방전신호는 IEC 60270규격에 따라서 구성된 부분방전 계측기의 출력신호를 DAQ 보드 입력으로 사용하였다. 부분방전 신호는 BNC컨넥터를 통하여 DAQ 보드로 입력되며, Ch0에 부분방전 신호가 입력되고, 부분방전신호를 상용주파수와 동기화시키기 위해서 60 Hz 트리거 신호가 사용되었다. 부분방전신호는 48 kHz로 샘플링하고 여기서 한 주기당(60 Hz)800개의 데이터를 읽어 데이터 처리를 하였다.

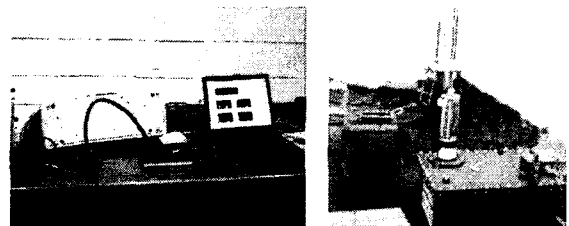


그림 1. 부분방전신호 측정 시스템

측정된 데이터는 그림 2와 같이 부분방전 통계적 분포를 그래프 나타낼 수 있으며, 통계적 연산자를 계산하여 표시할 수 있도록 하였다. 부분방전신호를 측정과 동시에 통계적 연산자를 자동 계산하여 저장하였다. 저장된 통계 연산자는 추후에 신경망회로망의 입력으로 사용되어 부분방전의 패턴을 분류하는데 사용하였다. 사용한 통계연산자들은 평균부분방전 발생위상각, 첨예도, 왜도, 표준편차, 상관계수이다.

위와 같이 구성된 진단시스템을 이용하여 이미 제작된

결함 모의시편을 가지고 부분방전 측정을 실시하였다. 모의 제작한 시편의 종류는 내부결함, 표면방전, 슬롯방전 이렇게 3종류로 그림 3과 같이 제작하였다.

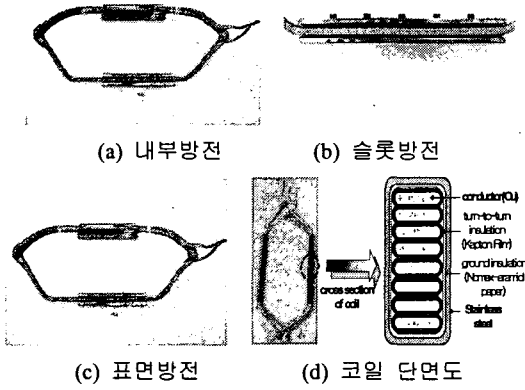


그림 2. 코일시편

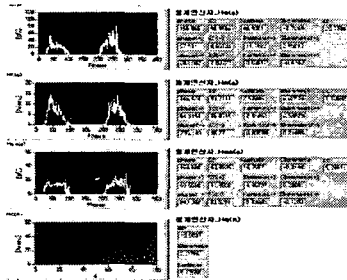


그림 3. 부분방전 측정결과 일례(내부방전)

3. 결과 및 검토

건인전동기에서 발생할 수 있는 결함을 실시간으로 진단할 수 있도록 하기위해 발생 가능한 결함을 인공적으로 모의하여 부분방전 시험을 실시하였다. 부분방전 결함분류를 위해 BP알고리즘을 사용하였으며, 학습시 사용한 파라미터는 RMSE(root mean square error)가 0으로 수렴되도록 선정하여, 학습률은 0.2, 은닉층 수는 5, 학습회수는 10000회로 하였다. 그림 4는 BP알고리즘을 적용하여 분류한 결과를 나타내고 있다. 그림에서 보면 각 건전시편과 슬롯방전에서 약 92%와 99%의 식별률이 나왔고, 나머지는 100 %로 식별하는 것을 확인할 수 있다.

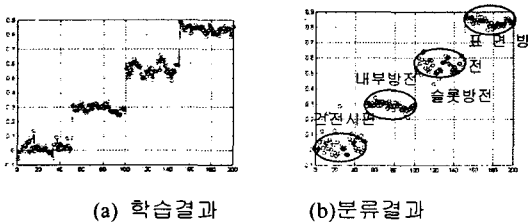


그림 4. BP에 의한 부분방전 분류결과

BP학습결과가 양호하게 나타나 온라인 진단시에 활용

하기 위해서 학습된 결과를 LabVIEW프로그램을 이용하여 패턴을 분류할 수 있도록 하였다. 그림 5는 LabVIEW를 이용하여 작성된 프론트 패널을 나타내고 있으면, 부분방전측정 후에 방전원을 식별하여 결과를 나타낼 수 있도록 하였다.

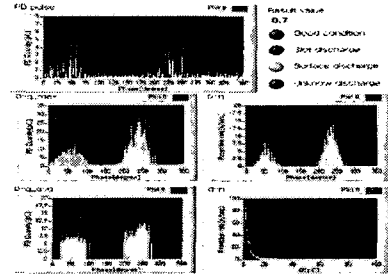


그림 5. LabVIEW를 이용한 부분방전 측정 및 패턴분류

4. 결론

본 논문은 부분방전 측정을 통하여 건인전동기 고정자 코일의 결함을 분류하기 위해서 모의 결함시편을 3종류 제작하여 부분방전을 측정하였으며, 결함분류를 위해서 BP 알고리즘을 적용하였다. BP 알고리즘 적용결과 우수한 식별결과를 보여 온라인 진단시스템의 적용이 가능할 것으로 판단이 된다. 또한 현장적용을 위해서 LabVIEW프로그램으로 프로그램을 작성하여 부분방전을 측정하였으며, BP알고리즘을 LabVIEW프로그램에 적용하여 부분방전의 결함을 분류할 수 있도록 하였다.

참고 문헌

- [1] Kai Gao and Chengqi.Wu, "PD Pattern Recognition for Stator Bar Models with Six Kinds of Characteristic Vectors Using BP Network". IEEE Trans. EI, Vol. 9, No. 3, pp. 381-388, 2002.
- [2] M. Hoof, B. Freisleben and R. Patsch "PD Source Identification with Novel Discharge Parameters using Counter-propagation Neural Network". IEEE Trans., EI, Vol. 4 No. 1, pp. 17-32, October, 1997.
- [3] H. Suzuki and T. Endoh, "Pattern Recognition of Partial Discharge in XLPE Cables Using a Neural Network". IEEE Trans., EI, Vol. 27, pp. 543-552, 1992.
- [4] F.H. Kreuger, E. Gulski and A. Krivda, "Classification of Partial Discharges". IEEE Trans., EI, Vol. 28, pp. 917-931, 1993.
- [5] A. Mazrouna, M.M.A. Salama and R. Bartnikas "PD Pattern Recognition with Neural Networks" IEEE Trans., EI, Vol. 25, pp. 917-931, 2002
- [6] E. Gulski and A. Krivda, "Neural Networks as a Tool for Recognition of Partial Discharges", IEEE Trans., EI, Vol. 28, No. 6, p. 984-1002, 1993.