

로터 미인출 상태에서 절연 파괴 예방을 위한 발전기 웨지 체결강도 진단 기술 연구

김준영, 윤덕규, 김영근*

*유진기술

kjy940925@naver.com, deokkyuyun@gmail.com, *kimyg@ujintech.net

Diagnosis of Generator Wedge Tightness for Insulation breakdown Prevention without Rotor Disassembly

Jun Young Kim, Deokgyu Yun, Young Geun Kim*

*Ujin Technology, Inc.

요 약

본 논문은 화력발전기 로터가 미인출된 상태에서 고정자에 체결된 웨지의 체결 상태를 진단하기 위한 연구이다. 고정자와 로터 사이의 협소한 틈새를 안정적으로 주행할 수 있는 로봇을 개발하였으며, 해당 로봇이 내부를 주행하면서 설치된 웨지에 대해 다음검사를 수행함으로써 체결 상태를 상대적으로 분류하고, 이를 통해 웨지의 교체 여부를 판단한다. 실제 발전기 구조와 유사한 테스트베드에서의 실험을 통해, 로봇의 주행 성능과 웨지 체결 상태의 분류 가능성을 확인하였다.

I. 서 론

본 논문은 발전기의 절연 파괴를 방지하기 위해, 고정자에 체결된 웨지의 체결 강도를 평가하여 교체 기준을 판단하는 방법에 관한 연구이다. 장기간 연속 운전이 요구되는 발전기의 특성상, 모든 정비는 제한된 오버홀 기간 내에 이루어져야 한다. 특히 웨지의 열화나 이탈로 인한 고정자 절연 파괴는 막대한 인적·물적 피해를 초래할 수 있으므로, 이를 예방하기 위한 다양한 진단 기법이 적용되고 있다[1, 2]. 그러나 기존의 진단 방법들은 로터가 인출된 상태(A급 정비)에서만 수행이 가능하며, 로터 미인출 상태(B급 정비)에서는 적용이 어렵다는 한계가 있다. 본 연구에서는 이러한 한계를 극복하고자, 로터를 인출하지 않은 상태에서도 웨지의 체결 강도를 평가할 수 있는 로봇 시스템을 개발하였다.

II. 검사 로봇

아래 그림 1은 고정자와 로터 사이의 좁은 틈새를 주행하기 위해 개발된 검사로봇을 나타낸다. 이 틈새에는 냉각 공기의 흐름을 제어하는 배플이 존재할 수 있으며, 검사로봇은 이러한 장애물도 통과할 수 있도록 설계되었다.

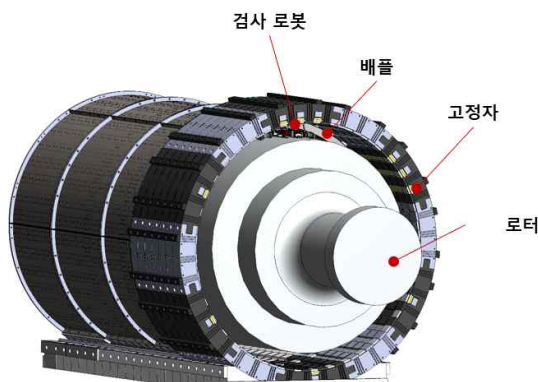


그림 1. 발전기의 구조

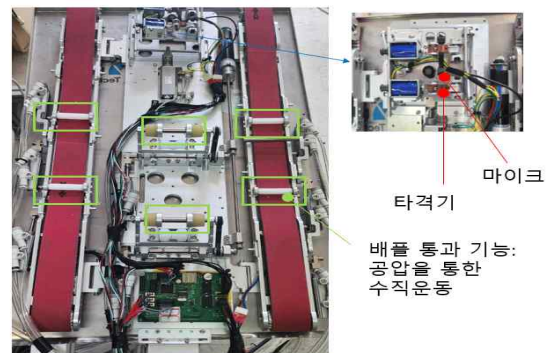


그림 2. 검사 로봇

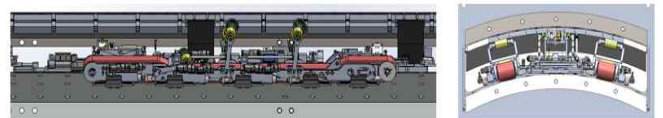


그림 3. 배플 통과 시 모습

그림 2는 틈새 주행 및 타격 데이터를 수집하기 위해 제작된 검사로봇의 실제 사진을 보여준다. 본 로봇은 공압 구동 장치를 이용하여 수직 방향으로 오르내릴 수 있으며, 이를 통해 발전기 내부의 3시 및 9시 방향과 같은 위치에서도 충분한 접지력을 확보하면서 주행이 가능하다. 또한, 배플과 같은 장애물을 효과적으로 극복하며 연속적인 주행이 가능하도록 설계되었다. 웨지를 타격하는 장치와 함께, 타격 시 발생하는 음향 신호를 수집하기 위한 마이크도 장착되어 있다. 장애물 극복 방식은 그림 3에 도시하였다. 그림과 같이 공압부를 순차적으로 구동하며 통과한다. 표 1은 검사로봇의 주요 성능을 정리한 것이다. 본 장치는 45mm 폭의 틈새에서 주행이 가능하며, 공압 구동부를 수직으로 내렸을 때 최대 36mm 높이의 장애물을 통과할 수 있다. 약 2,000개의 웨지가 설치된 발전기 기준으로, 14시간 이내에 전수 검사가 가능하다.

표 1. 성능지표

성능지표	단위	측정 결과
주행 속도	mm/sec	8.78
주행 가능한 틈새 높이	mm	44.98
주행 가능한 장애물 높이	mm	36
한 웨지의 데이터 취득 소요 시간	sec	24.55

데이터 수집에는 음향, 가속도, 압력 등의 센서가 활용될 수 있으며, 발전기 최외곽에 위치한 웨지에서 체결 강도가 가장 약한 데이터를 기준으로 삼아 상대적인 분류가 가능하다. 그림 4는 실제로 수집한 음향 신호의 스펙트럼이며, 가우시안 혼합 모델[3] 등의 비지도 학습을 통해 체결 상태를 군집화하고 상대적인 분류를 수행한다.

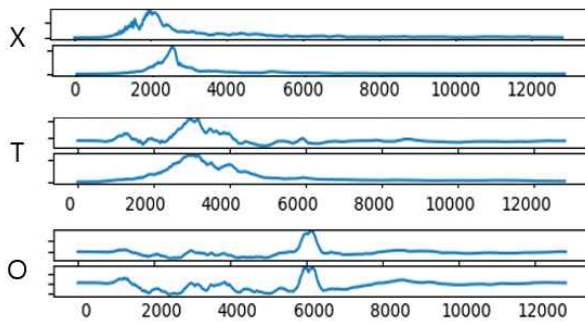


그림 4. 타격 데이터의 구분

III. 결론

본 논문에서는 발전기 고정자와 로터 사이의 좁은 틈새를 주행할 수 있는 검사로봇을 개발하였다. 개발된 로봇은 최대 36mm 높이의 장애물을 통과할 수 있으며, 웨지에 대한 타격 및 음향 데이터 수집 기능을 통해 체결 상태를 진단할 수 있음을 확인하였다. 이를 통해 발전소의 B급 정비 기간 동안, 사람이 접근하기 어려운 영역에서도 웨지의 체결 강도 진단이 가능해진다. 본 기술은 발전 설비의 안전사고를 예방하고, 유지보수 비용 및 시간을 절감하는 데 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

ACKNOWLEDGMENT

본 논문은 한국전자통신연구원 기본사업의 일환으로 수행되었음.
[25ZS1210, 산업현장에서의 사람-이동체-공간 자율협업지능 기술 개발]

참 고 문 헌

- [1] 오준석 외, "발전기 고정자 웨지 건전성평가를 위한 신호분석 기법," 한국소음진동공학회논문집, 제30권, 제5호, pp. 441-447, 2020년 5월.
- [2] Kim, H.S., et al., "A study on the change of dynamic characteristics of stator windings due to generator operation," Proc. of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering

Conference, vol. 2006.05a, pp. 1029 - 1033, 2006. (ISSN: 1598-2548)

- [3] Reynolds, Douglas A. "Gaussian mixture models," Encyclopedia of biometrics 741, pp. 659-663, 2009.