

발전기 회전자 충전단락 감지기 국산화 개발

이 영준*, 김 회동, 주 영 호
한국전력공사 전력연구원

Development of Shorted Turn Sensor for Generator Rotor

Young-Jun Lee*, Hee-Dong Kim, Young-Ho Ju
Korea Electric Power Research Institute

Abstract - The shorted-turn sensor for generator's field winding has been developed. The sensor, installed in the generator air-gap, senses the slot leakage flux of field winding and produces a voltage waveform proportional to the rate of change of the flux. For identification of reliability for sensor, a shorted-turn test was performed at the Seoinchon & Sininchon combined cycle power plant on gas turbine generator. This sensor will be used as a detecting of shorted-turn for generator's field winding.

슬롯에서 발생하는 누설자속의 변화에 상응하는 전압파형을 유기하며, 그 개략도는 그림 1과 같고 유기되는 전압파형 값은 식(1)과 (2)와 같다.

1. 서 론

90년대 초부터 국내 복합화력 발전소의 증가와 더불어 많은 장전에도 불구하고 발전기 회전자에 의한 고장발생이 증가하는 추세에 있다. 특히 권선간 단락 및 접지에 의한 고장발생이 두드러지게 증가하고 있는데 이는 일일기동정지 및 빈번한 출력 증감발 등 운전여건이 매우 열악한 것도 큰 원인으로 작용하고 있다. 발전기 운전중 회전자에 의한 고장발생은 발전기의 불시정지를 수반하며 장기간 정비를 요하는 큰 고장으로 파급될 우려가 있다. 현재 선진국에서는 발전기 정상 운전 중 회전자권선의 충전단락을 감지하는 센서를 개발하여 현장에 적용, 정상 운전중 계자권선의 이상상태를 사전 감지하여 발전기 불시정지 예방 및 계획적인 정비계획 수립을 통한 안정운전에 많은 노력을 기울이고 있다. 그러나 현재 국내의 회전자권선에 대한 진단방법은 발전기 장치중에서 가능한 절연저항, 성극지수, 분담전압 시험 등을 시행하고 있으나 정확한 단락의 위치를 판별해 내기가 쉽지 않다.⁽¹⁾ 최근 복합화력 발전기에 대한 계자권선의 충전단락에 의한 고장발생이 점차 증가하면서 발전기 정상 운전중 단락상황을 조기 감지할 수 있는데 관심을 기울이고 있다.⁽²⁾

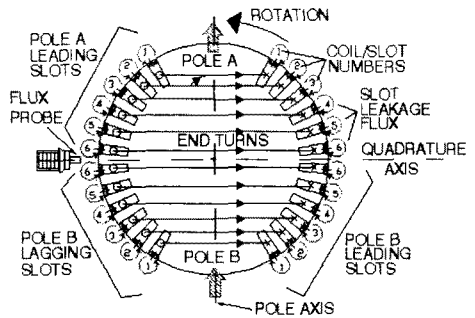


그림 1. 센서 전압유기 개략도

$$e = -N \int_s \frac{\partial B}{\partial t} dS \dots\dots\dots (1)$$

또는, $e = -N \frac{d\Phi}{dt} \dots\dots\dots (2)$

여기서, e : 센서 유기전압 [V]
N : 회전자 권선 턴수 [turn]
 $\partial B/\partial t$: 자속밀도의 시간변화
dS : 권선의 단면적
 $d\Phi/dt$: 자속의 시간변화

유기되는 전압파형은 계자권선 각 슬롯의 누설자속 분포를 나타내며, 충전단락이 존재하는 슬롯은 전압파형의 크기가 감소되어 나타나 파형분석을 통해 충전단락이 발생한 계자 개별권선의 위치 및 발생 수 등을 쉽게 판별할 수 있다.⁽³⁾⁽⁴⁾

2.2 충전단락 감지기 국산화 제작

그림 2는 기존의 외자제품의 장점만을 응용하여 국산화 설계, 제작한 충전단락 감지기 이다. 감지기 내부의 코일이 감긴 probe를 고무재질인 rubber로 성형한 튜브속에 삽입하여 base 지지부분에 실리콘으로 접착, 고정함으로써 발전기 회전자 인출입시의 충격에 의해 probe가 파손되지 않도록 제작 하였으며, 발전기 외부로 인출하는 신호선은 고급의 온도급 케이블을 사용 하였다.

표 1은 1, 2차에 걸쳐 국산화 제작한 충전단락 감지기 시작품의 비교표이다. 1차 시작품의 현장시험 결과에서 나타난 문제점을 바탕으로 2차로 제작한 시작품은 충전단락 감지기의 길이를 증가시켜 회전자 표면에 좀더 근접 설치가 가능하도록 하였으며, 아울러 감지기의 코일턴수도 230회로 증가시켜 감았다. 이러한 모든 변경 제작 이유는 1차 현장시험시 감지기의 감도가 매우 불

발전기 정상 운전중 회전자권선의 충전단락 현상을 감지하기 위해서는 발전기 고정자 웻지에 회전자권선의 누설자속을 감지할 수 있는 센서가 설치되어야 하는데 현재 국내에서는 개발된 실적이 없어 필요시 전량 외국업체에서 구입하여 사용하고 있다. 그러나 가격이 고가일 뿐만 아니라 구입하는데 많은 시일이 소요되어 필요한 적기에 진단시험을 수행하지 못하고 있는 실정이다. 따라서, 본 논문에서는 이러한 문제점을 해소하기 위해 그 동안 충전단락 감지 센서를 자체 개발하기 위하여 수행한 연구결과를 소개하고, 실제 현장 발전기에 대한 진단시험을 통해 얻어진 결과를 기존의 외국제품에서 얻어진 결과와 상호 비교하여 개발중인 센서의 신뢰성을 입증한 결과에 대하여 논 하고자 한다.

2. 충전단락 감지기

2.1 감지이론

발전기 회전자권선의 충전단락을 감지하는 센서는 발전기 고정자 웻지에 설치되어 정상운전중 계자권선 각

량하여 취해진 조치이다.

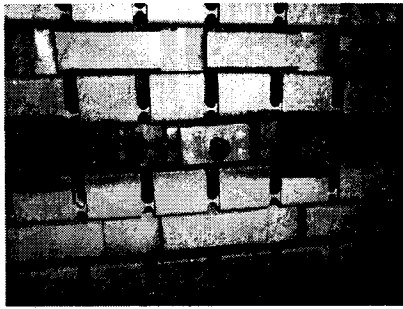


그림 2. 국산화 제작한 중간단락 감지기

표 1. 1. 2차 중간단락 감지기 시작품 비교

구 분	1차시작품	2차시작품	비 고
센서 길이	29mm	36.8mm	2차시작품 길이 증가
코일 턴수	190 turn	230 turn	2차시작품 코일턴수 증가
코일 굵기	0.12mm	0.12mm	-
감지기재질	고무 (Rubber)	고무 (Rubber)	-

2.3 중간단락 감지기 현장 설치

국산화 설계, 제작한 2차 시작품을 신인천복합 #11 가스터빈발전기에 설치하고자 계획에방정비공사 기간중 회전자를 발전기내에서 인출한 후 시공을 하였다. 국산화 제작한 중간단락 감지기의 설치위치는 기존의 외자제품이 설치되어 있는 위치와 동일한 위치를 선택하여 고정자 윗지위에 안전하게 설치하였다. 이 발전기는 기존에 외국산 중간단락 감지기가 기 설치되어 있는 발전기로서 금번 국산화 제작한 시작품의 성능 비교에 아주 유용하였다.

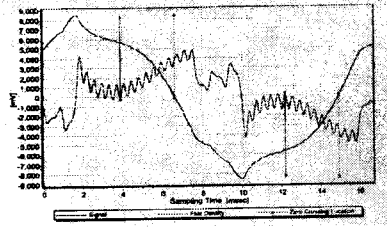
3. 현장시험 및 분석

3.1 시험방법

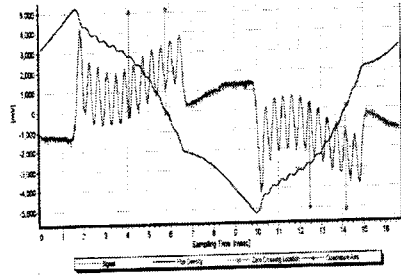
국산화 제작한 중간단락 감지기의 신뢰성 확인을 위해 발전기 정상운전중 무부하에서 전부하에 이르기 까지 각 부하대별로 회전자 중간단락 진단시스템을 이용하여 기존의 외자제품과 2차로 국산화 제작한 중간단락 감지기 시작품을 이용하여 동시에 전압파형을 측정하여 상호 비교하여 보았다.

3.2 시험결과 및 분석

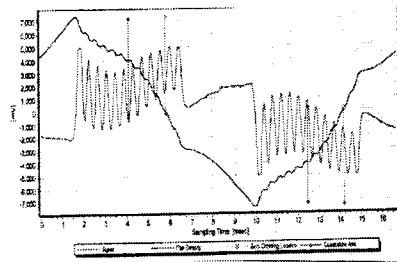
그림 3은 중간단락 진단시스템을 이용하여 측정한 중간단락 감지기의 전압파형이며, 이들 전압파형으로부터 발전기 회전자 권선의 권선간 단락이나 중간단락 현상을 진단하는 것이다.



(a) 1차 시작품 전압파형



(b) 기존 외자제품의 전압파형



(c) 2차 시작품 전압파형

그림 3. 중간단락 감지기 전압파형

그림 3(a)는 1차 시작품의 전압파형이며, 그림 3(b)는 기존의 외국산 제품의 전압파형이며, 그림 3(c)는 금번에 새로이 제작한 2차 시작품의 전압파형이다. 그림에서 보는바와 같이 1차시작품의 전압파형의 경우 센서 길이가 작은 이유로 인해 감도가 매우 불량함을 알 수 있으며, 2차로 제작한 시작품의 경우에는 센서 길이를 크게, 그리고 코일턴수를 증가 시킴으로 인해서 감도가 기존 외자제품에 비해 오히려 양호한 결과를 나타내어 금번에 제작, 설치한 국산화 중간단락 감지기의 성능 및 감지 신뢰성이 매우 우수하다는 것을 알 수 있었다.

4. 결 론

발전기 정상운전중 회전자귀선의 권선간 단락 및 중간 단락 현상을 진단할 수 있는 감지기의 국산화 개발을 위해 수행중인 연구과제의 일환으로 시행한 국산화 제작, 설치 및 현장시험의 결론은 다음과 같다.

- [1] 자체 국산화 설계, 제작한 층간단락 감지 센서의 성능 및 신뢰도가 기존 고가의 외국제품과 비교하여 차이가 없었으며, 향후 기존에 운영 중인 발전기에 설치되는 층간단락 감지기는 국내 기술로 제작하여 설치, 운영할 수 있음을 확인할 수 있었다.
- [2] 현재 80MW, 150MW급 복합화력발전기에 대한 현장시험을 완료한 상태이며, 향후 표준석탄화력인 500MW급 발전기에 대한 현장시험을 추가로 시행하여 어떠한 용량의 발전기에도 적용 가능한 국산화 제품을 개발, 규격화 하도록 할 예정이다.
- [3] 향후 국산화 개발한 제품을 활용할 경우 국외에 지출되는 외화경비 절감은 물론, 저렴한 비용으로 제작, 설치 가능함으로써 국내에 있는 발전기에 대한 회전자권선 층간단락 진단기법의 확대적용이 기대되며, 발전기 안정운전에 기여할 것으로 사료된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 전력연구원 발전연구실, "발전기 권선 및 철심 진단기법", pp79-85, Sep. 1996.
- [2] 전력연구원 발전연구실, "발전기 회전자 On-line 단락 감시시스템 개발" Apr. 1999
- [3] "Generator Field Winding Shorted Turn Detector", GET 6987A, Apr. 1992, General Electric, USA.
- [4] "The Need for Shorted-Turn Detection Sys", Generator tech, Inc., [Http://www. Generator tech. com](http://www.generator tech. com), Internet Website.