

발전기 회전자 감시용 센서의 효과적인 설치방법 고찰

이영준*
한전전력연구원

A study on Effective Installation Method for Shorted-Turn Sensor

Young-Jun Lee*

Korea Electric Power Corporation Research Institute

Abstract - 본 논문에서는 발전소 현장에서 전력을 생산하는 발전기의 중요 구성품인 회전자 계자권선의 단락 현상을 감지할 수 있는 센서를 개발하여 현장 발전기에 설치함에 있어, 설치시 발생할 수 있는 문제점으로 인해 센서가 제 기능을 발휘하지 못하는 것을 사전에 차단하고자, 그동안 현장설치시 나타난 문제점을 고찰하고 향후 발전기 내에 단락 감시용 센서 설치시 이러한 문제점이 발생하지 않도록 효과적인 설치방법에 대하여 기술하였다.

1. 서 론

발전기 회전자 계자권선은 여자시스템으로 부터의 여자전류를 자속으로 발생하여 고정자 권선에서 발전기 전압을 유기하도록 하는 중요한 역할을 담당한다. 이러한 회전자 계자권선은 회전자 각 슬롯에 여러층의 동도체를 적층하여 삽입되어 있으며, 이 적층된 동도체 사이의 절연이 나뉘는 경우 동도체가 상호 접촉하여 단락이 발생한다. 이러한 단락 현상은 발전기 안정운전에 해로운 요소로 작용하며, 심할 경우 발전기를 정지해야 하는 문제점을 가지고 있다. 최근 일일기동정지 및 빈번한 출력 증감발을 시행하는 열악한 운전조건에 복합화력 발전기 증가로 인해 회전자 계자권선의 단락현상이 빈번히 발생하고 있다.

발전기 회전자 계자권선의 단락 현상은 슬롯내부에 여러층으로 구성된 동도체 사이의 절연물이 찢어지거나 손상되어 단락이 발생하는 것이다. 이러한 단락 현상이 발생하면 열적 불평형에 의해 회전자가 휘어지고 그로인해 진동이 상승하게 된다. 또한, 출력 제한운전, 발전기 성능저하 등이 발생할 수 있으며, 심한 경우 발전기 불시고장이 발생하여 장기간 정비를 요하는 경우도 있다. 따라서 이러한 심각한 고장이 발생되기 이전에 회전자권선의 건전성을 판단하는 일이 매우 중요하며, 주기적인 진단을 통해 설비 신뢰성을 확보하여야 한다.^{[1][2][3]}

이러한 회전자 계자권선의 단락현상을 사전에 인지하여 고장이 발생되기 이전에 조치를 취하는 것이 매우 중요하며, 단락 현상을 사전에 진단하는 방법으로는 정지중 진단방법인 분단전압 시험, RSO(Recurrent Surge Oscillography) 시험법 등이 있으며, 운전중 진단방법으로는 flux probe를 이용한 계자자속 검출을 통해 회전자 계자권선의 단락여부를 진단하는 방법이 있다. 최근에 전 세계적으로 발전기 정상운전에서 단락현상을 감지할 수 있는 진단방법이 많이 활용되고 있는 추세이다.

우리나라의 경우에도 전력연구원에서 설계, 개발 완료한 회전자 계자권선 단락 감시 센서를 발전기 현장에 설치하여 널리 활용하고 있다. 그러나 일부 발전기에 설치된 단락 감시 센서가 발전기 내에 설치하는 과정에서 문제가 발생할 경우 센서가 제 기능을 발휘하지 못하는 경우가 있다.

본 논문에서는 국산화 개발하여 현장 발전기에 회전자 단락 감시 센서를 설치하는 과정에서 발생하기 쉬운 문제점을 도출하고, 그 예방책을 논하고자 한다.

2. 본 론

2.1 발전기 회전자 계자권선 단락 현상

그림 1은 발전기 회전자 계자권선을 나타낸 것으로 각 슬롯에 적층되어 있는 얇은 동도체 사이에 절연물이 삽입되어 있는 것을 알 수 있다. 이러한 절연물은 고속의 원심력에 견딜 수 있도록 최대한 얇고 가볍게 제작되고 있다.

발전기 회전자는 자속을 발생하는 역할을 담당하며, 고속의 회전시 원심력에 견딜 수 있도록 기계적으로 정밀하게 제작한다. 회전자 각 슬롯에 설치된 회전자권선은 각 슬롯내에 7~18개의 개별 동도체를 적층되어 있으며, 이들 동도체 사이에는 얇은 절연물이 삽입되어 있다.

회전자 계자권선의 단락 현상은 이러한 개별 동도체 사이의 틈간 절연물이 손상되거나 운전 중 원심력에 의해 한쪽으로 밀리거나 찢어지게되면 상, 하 동도체가 서로 접촉되는 현상을 말하며, 이러한 틈단락 현상 발생시에는 열적불평형에 의해 회전자 진동이 가장 먼저 나타나게 되고, 심한 경우 발전기를 정지해야 하는 큰 고장을 일으키기도 한다.

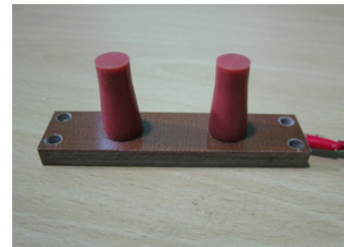


〈그림 1〉 발전기 회전자 계자권선

2.2 단락 감시용 센서 설계, 제작

발전기 회전자권선의 틈단락 현상을 감지할 수 있는 센서는 발전기 고정자 웨지에 영구적으로 설치되어, 회전자 계자권선에서 발생하는 자속을 검출하여 전압으로 유기하며, 유기된 전압값을 N, S극 상호 비교를 통해 틈단락 발생여부를 판단하는 것이다.

그림 2는 전력연구원에서 개발한 회전자권선 틈단락 감시용 이중화구조 센서로서, 센서 tip을 이중화 구조로 하여 하나의 센서가 손상 또는, 기능을 상실하여도 나머지 하나가 제 기능을 발휘하도록 설계, 제작하였다.



〈그림 2〉 이중화 단락 센서

2.3 단락 감시용 센서 현장설치

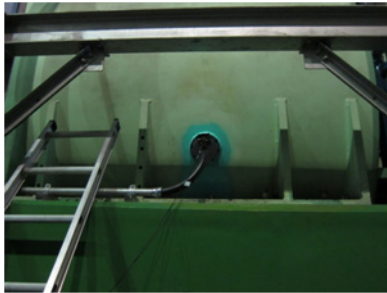
이중화 구조로 제작된 틈단락 센서의 신뢰성을 확인하고자 00 복합화력 5호기 overhaul 기간 중 회전자를 발전기 내에서 인출한 후 발전기 고정자 웨지에 직접 설치하였다. 그림 3은 고정자 웨지에 틈단락 센서를 직접 설치한 사진으로 센서 베이스 부분을 예폭시 접착제를 이용하여 견고하게 고정시켰으며, 신호선은 웨지 상부를 따라 센서와 마찬가지로 예폭시 접착제를 이용하여

견고하게 고정하였다.



<그림 3> 턴단락 센서 설치상태

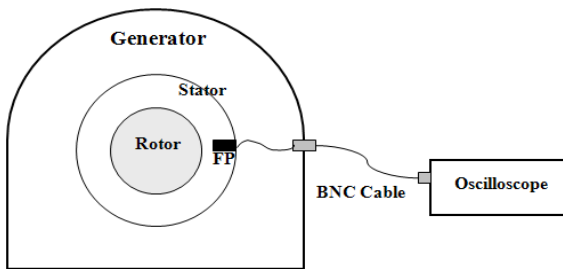
그림 4는 센서 신호선을 발전기 외부로 인출하는 실링키트로 발전기 내부는 냉각을 위해 수소가스가 주입되어 있어 누설되지 않도록 매우 정밀하게 제작되었다.



<그림 4> 센서 신호선 인출부(실링키트)

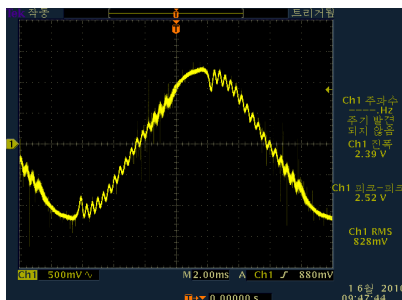
2.4 센서 신호측정 및 결과분석

00복합화력 5호기 발전기에 설치한 이중화구조 단락 센서의 신뢰성 확인을 위한 현장시험은 발전기가 정상적으로 운전되는 동안 그림 5와 같이 센서 신호선 인출부에 오실로스코프를 연결하여 센서 신호를 측정하였다.



<그림 5> 턴단락 센서 신호측정 개략도

그림 6은 발전기 외부에 설치된 신호선 인출부에 오실로스코프를 설치하여 센서로부터 측정된 전압파형을 측정한 것으로, 센서에서 나오는 전압파형이 센서 자체의 신호 뿐만 아니라 사인파 성분이 포함되어 측정됨으로서, 회전자 계자권선의 단락현상을 정확히 진단할 수 없는 문제점이 발견되었다.



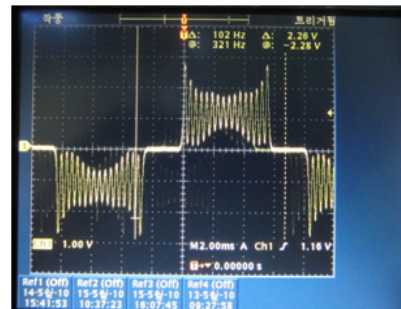
<그림 6> 일그러진 센서 전압파형

이러한 문제점에 대한 원인분석 결과, 발전기 내에 설치된 센서 신호선을 발전기 외부로 인출하는 과정에서 센서 신호선 여유분을 두고자 신호선을 여러겹 원형으로 감아 발전기 내부에 고정시킴으로서 발전기 정상운전중 센서 코일 뿐만아니라 여유분의 신호선에도 전압이 유기되어 나타난 현상이라 판단되었다.

2.5 센서 재설치 후 신호측정 및 결과분석

00복합화력 5호기에 설치한 센서 신호측정값이 불량하여, 동일 제작사의 동일 용량인 00복합화력 6호기 발전기에 회전자 계자권선 단락 감시용 센서를 재설치하였다. 6호기에 설치시에는 5호기와 달리 센서 신호선은 발전기 내에 여유분을 두지않고 최대한 거리로 발전기 외부로 인출하였다.

그림 7은 6호기에 설치한 센서로부터 얻은 전압파형이다. 그림 7에서 보는데와 같이 센서의 전압파형이 정상적으로 측정됨으로서 회전자 계자권선의 단락현상을 진단하는데 아무런 문제가 없음을 확인하였다.



<그림 7> 정상 센서 전압파형

3. 결 론

발전기 회전자 계자권선의 단락현상을 감지할 수 있는 센서를 두 개 호기 발전기에 설치, 전압파형을 측정한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

[1] 발전기 회전자 계자권선의 단락 현상을 감지할 수 있는 센서를 제작, 현장발전기에 설치, 발전기 정상운전 중 센서 전압파형을 측정된 결과, 전압파형이 센서 자체의 신호 뿐만아니라 사인파 성분이 포함되어 측정됨으로서, 회전자 계자권선의 단락현상을 정확히 진단할 수 없는 문제점이 발견되었다.

[2] 동일 용량의 발전기에 센서 신호선 인출시 여유를 두지않고 최대한거리로 센서 신호선을 인출 한 결과, 측정된 센서 신호가 매우 정상적으로 나타나, 기존의 설치방법으로 인한 비정상적으로 측정되었던 파형이 센서 신호선 여유분을 원형으로 감아 발전기 내부에 묶어서 이것이 코일 역할을 하여 전압이 유기된 것으로 판단된다.

[3] 상기 두가지의 현장설치 결과를 토대로 향후 회전자 계자권선 감지를 위한 센서를 설치시 신호선에 여유를 두지않고 최대한 거리로 발전기 외부로 인출하여야 함을 알 수 있었다.

[참 고 문 헌]

[1] E. Woschnagg., "Turbogenerator Field Winding Shorted Turn Detect-ion by AC Flux Measurement", IEEE Trans. on Energy Conversion. Vol.9, No2, pp.427-431, June. 1994.
 [2] J. penman, H.G Sedding, B.A. Lloyd and W.T. Flank, "Detection and Location of Interturn Shorted Circuits in the Stator Windings of Operat-ing Motors", IEEE Trans. on Energy Conversion. Vol.9, No4, pp.652-658, June. 1994.
 [3] M.P. jenkins, "On-line Monitoring of Rotor Shorted Turns", IEE Co-nference Publication No.401, pp.55-60, Dec. 1994.