

발전기 회전자의 층간단락 감지기 개발

Development of Inter-Turn Short Circuits Sensor for Rotor Winding of Synchronous Generator

南 鍾 夏* · 李 承 學** · 崔 圭 夏***

(Jong-Ha Nam · Seung-Hak Lee · Gyu-Ha Choe)

Abstract - Inter-turn short circuits can have significant effects on a generator and its performance. The Inter-turn short circuits sensor for synchronous 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 combined cycle power plant on gas turbine generator and stim turbine generator. This sensor will be used as a detecting of Inter-turn short circuits for synchronous generator's field winding.

Key Words : Inter-turn short circuits sensor, synchronous generator's field winding.

1. 서 론

산업 및 경제가 급속히 발달함에 따라 전력수요의 급격한 증가에 따라 이를 충족하기 위해 발전설비 단위용량도 계속 증가하고 있다. 발전설비는 지리적 여건상 수력발전이나 공기가 긴 원자력 발전보다는 단시간에 전력수요를 충족하기 위한 화력발전소의 건설이 많으며 90년대 이후부터는 복합화력발전소가 많이 건설되어지고 있으며 발전기의 설계 및 제작 기술의 향상과 함께 세계적으로 많은 연구가 추진되어 기기의 성능과 신뢰성이 지속적으로 향상되어 왔다. 하지만 복합화력발전소의 특성상 일일기동정지 및 빈번한 출력의 증감 발 등 가혹한 운전여건으로 인하여 발전설비의 중요한 요소인 발전기 회전자가 정상운전 중 고장발생이 잦아지고 있다.

이러한 발전기 회전자의 고장원인 중에서 발전기 회전자의 층간단락현상은 발전정지는 물론 장기간 정비를 요하는 고장을 일으키기도 하여 경제적 손실뿐만 아니라 전력계통에 악영향을 미쳐 전력의 원활한 공급에 지장을 주게 된다. 현재 발전기 회전자의 층간단락을 감지할 수 있는 감지기의 경우 국내에서는 이제 연구가 시작되고 있는 현실이며 대부분 외국업체에서 전량 수입하여 사용되고 있으며 가격이 고가이고 제반 기술이전이나 설치 시 불편한 점이 많았다[1]-[5].

따라서 본 논문에서는 발전기 회전자의 층간단락 감지기의 연구를 통하여 적합한 감지기를 개발하고 현장의 발전기에 적용, 진단시험을 거쳐 그 특성을 검증하고자 한다.

2. 발전기 회전자의 층간단락

2.1 적용발전기의 사양

본 논문에서 층간단락 감지기를 적용할 발전기는 서인천 복합 화력발전소 제 2발전처 G/T (Gas/Turbine)이며 발전기 사양은 표 1과 같다.

표 1 실험에 사용된 G/T 발전기 사양

Table 1 Specifications of G/T generator used in the experimentation

구 분	사 양	구 분	사 양
정격용량	215,700[KVA]	회 전 수	3600[rpm]
정격전압	13,800[V]	극 수	2[극]
정격전류	9,024[A]	절연등급	B
계자전압	500[V]	제작년도	1990년
계자전류	1,403[A]	제 작 사	GE
역 률	0.90	상업운전	1992년
공극길이	41.69[mm]		

2.2 발전기 회전자의 구조 및 절연재료

발전기 회전자는 전기자권선에 비해 저전압, 소전류의 직류가 공급되고 구조를 간단하게 하기 위한 회전자계자형 구조를 사용한다. 회전자구조에 따른 계자권선은 보통 스틱 링과 브러시를 통해 외부 직류원으로부터 전원을 공급받는다. 구조를 살펴보면 강(鋼)제의 원통형으로 단조시켜 슬롯을 만들고 슬롯절연, 턴절연 및 동도체로 구성된 권선을 집중권선 방식으로 삽입한 후 리테이닝 링(retaining ring)을 사용하여 양쪽 끝을 고정시키는 형태를 가진다.

* 準 會 員 : 建國大學 電氣工學科 碩士課程
 ** 正 會 員 : 大德大學 電氣·電子系列 教授
 *** 正 會 員 : 建國大學 電氣工學科 教授 · 工博
 接受日字 : 2002年 1月 23日
 最終完了 : 2002年 4月 8日

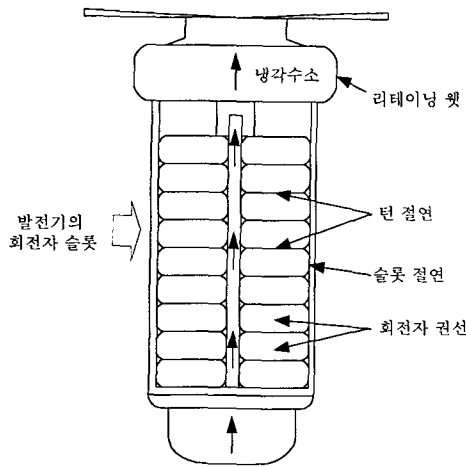


그림 1 회전자 권선의 구조
Fig. 1 Structure of field winding

그림 1은 회전자 슬롯의 단면도와 구조를 나타내며 슬롯내의 회전자 권선은 대략 7~18개 정도로 이루어져 있다. 각각의 회전자 권선은 슬롯과 절연되어 있으며 각 권선도 독립적으로 절연이 되어있다. 또한 냉각을 돕기 위해 권선의 중심에 있는 냉각홀을 통하여 수소가스가 흐르고 있다[2].

그림 2에서와 같이 각각의 회전자권선 사이는 턴절연에 의하여 분리되어 있고 슬롯절연에 의해 회전자 몸체와도 분리되어 있다. 턴절연의 재질은 글라스/에폭시 (glass / epoxy) 복합재료, 글라스/폴리에스터 (glass / polyester) 복합재료 및 노멕스 (nomex) 등으로 구성되어 있고 수지(resin)의 함유량이 43% 정도이며 두께는 0.3~0.5[mm]의 테이프 형태로 제작하고 있다. 발전기 회전자 권선의 절연재료는 높은 원심력 및 인접 권선으로부터 가열됨으로써 충분한 기계적 강도와 내열특성을 갖고 있어야 한다. 그리고 발전기 권선 절연재료는 원심력을 감소시키기 위해 최대한 얇고 가벼운 재료를 사용한다[3].

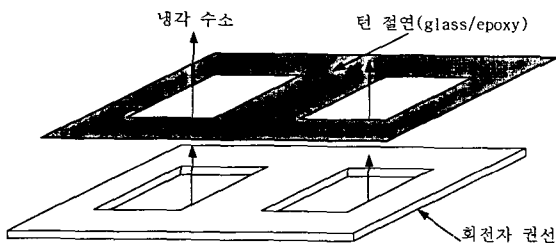


그림 2 회전자권선과 턴절연
Fig. 2 Field winding and turn insulation

2.3 발전기 회전자의 층간 단락현상

2.3.1 층간 단락의 메카니즘

발전기 회전자 권선은 고정자에 비해 저전압이 가해지기 때문에 이로 인한 층간 단락의 경우는 거의 없으며 일반적으로 층간 단락을 일으키는 메카니즘은 크게 두가지로 볼 수 있다. 그림 3은 이러한 층간 단락현상이 발생하는 주요한 원인을 보여준다.

층간 단락현상의 첫 번째 메카니즘으로는 동분 발생에 의한 층간 단락을 들 수 있다. 대부분의 경우 발전기의 운전 시간 경과 및 운전 스트레스로 인하여 회전자 권선 사이의 마찰 및 마모로 인하여 발생된 동분의 퇴적이 증가하여 회전자 개별 권선 사이에 층간 단락 및 접지사고 등이 발생한다. 동분의 발생은 원심력이 작은 기동 및 정지시에 발생하는 것으로 판명되었다. 따라서 발전기의 누계 기동 및 정지 횟수로부터 회전자 권선의 동분 발생량을 추정하는 일이 가능하며 슬롯 형상과 누계 기동 및 정지 횟수를 관찰하여 슬롯내를 점검할 필요가 있다.

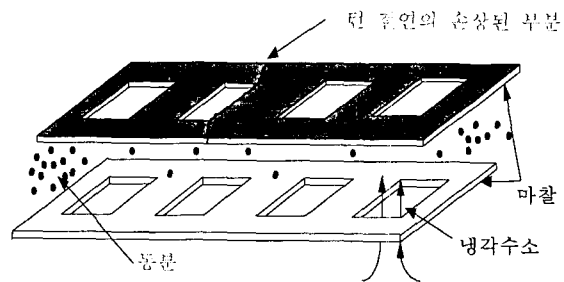


그림 3 층간 단락현상의 발생
Fig. 3 Generation of inter-turn short circuits

층간 단락의 두 번째 메카니즘으로는 층간 절연지의 손상에 의한 층간 단락을 들 수 있다. 턴절연은 회전자 권선 사이에 설치하고 절연재료 자체는 양면 테이프의 형태를 가지고 있고 조립시 각 슬롯에서 회전자 권선을 고정 시킨다.

복합화력 발전소의 발전기의 경우 일일 기동 정지 및 빈번한 출력 증감발로 인하여 회전자 권선이 팽창, 수축을 반복함으로써 권선 사이에 위치한 턴절연이 열응력으로 인해 한쪽으로 밀리거나 끊어지는 현상 등이 발생함으로써 손상되어 층간 단락이 발생하기도 한다. 또한 이러한 현상은 층간 단락뿐만 아니라 수소 냉각홀마저 막아버려 온도 상승의 원인이 되기도 하며 이로 인해 회전자 권선의 변형을 유발하게 되고 축진동의 원인이 되기도 한다[2].

2.3.2 층간 단락현상에 의한 영향

발전기 회전자 계자 권선의 층간 단락은 회전자 슬롯내의 개별 권선 사이의 접촉에 의해 나타난다. 비대칭적으로 발생한 층간 단락, 즉 N, S극 중 어느 한쪽에서 단락이 발생되었을 경우 비대칭적인 발열이 회전자에서 발생되고 이로 인하여 회전자의 휘어짐 현상이 발생한다.

이러한 휘어짐 현상은 여자 전류의 변화와 함께 회전자의 불평형, 즉 축진동의 변화를 일으킨다. 이러한 축진동 발생은 발전기의 운전 정지로 이어지고 때로는 장기적인 고장을 불러 일으키게 된다. 따라서 층간 단락 현상은 그 현상 자체만으로도 머무는 것이 아니라 연속적으로 고장을 파급하게 된다[3].

그림 4는 층간 단락 현상에 의해 손상된 계자 권선을 보여주고 있으며 층간 단락시 발생된 단락 전류로 인해 회전자 권선이 심각한 상태로 됨을 알 수 있다.



그림 4 층간단락현상으로 인해 손상된 계자권선
Fig. 4 Damage of field winding with inter-turn short circuits

2.4 회전자 층간단락의 진단기법

2.4.1 정비 개념의 변천

그림 5는 발전기의 정비개념의 변화를 보여주고 있는데 과거에는 고장이 발생하였을 때 대처하는 사후정비의 수준에서 점차적으로 발전하여 정기적으로 점검을 함으로써 돌발사고를 방지하는 예방정비로 발전하였으며 성능을 개선해 나가는 개량정비를 거쳐 현재는 예측정비로 변화되고 있다. 이러한 예측정비는 운전상태를 모니터링함으로써 이상징후를 초기단계에 감지하고 이를 바탕으로 장기적인 정비계획을 세움으로써 불시의 고장을 미연에 방지하고자하는데 그 목적을 두고 있다. 본 논문에서의 층간단락 감지기 또한 이러한 예측정비 기술에 포함된다.

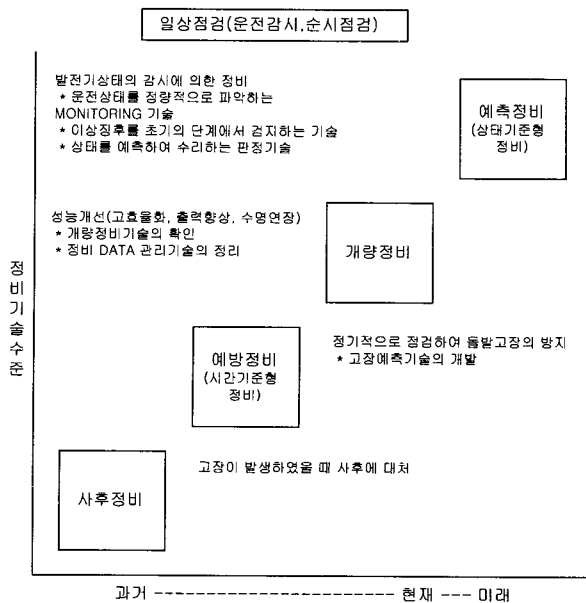


그림 5 발전기 정비개념의 변화
Fig. 5 Transition diagram of generator maintenance

2.4.2 정지중 진단기법과 운전중 진단기법

발전기 회전자 권선의 층간단락 진단기법 중에는 크게 정지중(off-line) 진단기법과 운전중(on-line) 진단기법으로 나누어진다.

정지중 진단기법으로는 절연저항, 성극지수, 분담전압 및 내전압 시험등을 시행하며 발전기의 운전정지가 필수적이고 효과적으로 단락현상을 찾아내기가 쉽지 않다.

이에 비해 운전중 진단기법은 발전기의 정지없이 진단이 가능하다는 큰 장점을 가지고 있으며 회전자권선의 층간단락은 주로 발전기 운전중에 회전자의 회전에 의한 원심력의 작용으로 발생하는 경우가 많아 정지중에는 잘 나타나지 않는 경우가 많기 때문에 운전중 진단이 신뢰성 면에서 매우 탁월한 방법이다.

운전중 진단기법으로서 고정자 윗지에 설치되는 감지기를 사용하게 되며 감지기는 회전자가 정상적으로 회전시 자속밀도의 변화크기를 감지하여 이를 전압파형으로 나타내고 여기서 얻어진 전압파형을 분석하여 심각한 층간단락 상황을 감지할 수 있다[2].

2.4.3 층간단락 감지기의 해석

그림 6은 감지기에 의해 회전자 계자권선의 누설자속이 전압파형으로 유기되는 개략도와 회전자 권선에서 발전기 정상부하 운전중 측정된 전압파형을 도식적으로 보여준다.

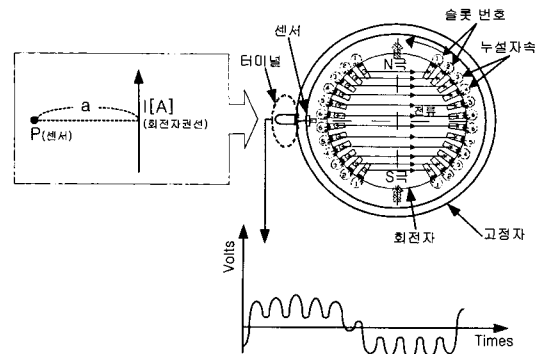


그림 6 Flux Probe Test의 개략도
Fig. 6 Basic structure of flux probe test

그림 6에서 P점에서의 전장에 의한 자계의 세기 H의 크기는

$$H = \frac{I}{2\pi r} [AT/m] \quad (1)$$

로 된다. 식 (1)을 자속밀도 $B [Wb/m^2]$ 으로 전개하면

$$B = \mu H = \mu_0 \mu_s H = \mu_0 \mu_s \frac{I}{2\pi r} [Wb/m^2] \quad (2)$$

가 되고 또 다시 이 식을 자속 $\phi [Wb]$ 로 전개하면

$$\phi = BA = \mu_0 \mu_s HA = \mu_0 \mu_s \frac{I}{2\pi r} A [Wb] \quad (3)$$

가 된다. 여기서 A는 감지기의 단면적이다.

식 (3)를 다시 전압 $e [V]$ 로 전개하면

$$e = -N \frac{d\phi}{dt} = -N \frac{d}{dt} (\mu_0 \mu_s \frac{I}{2\pi r} A) [V] \quad (4)$$

가 된다. 여기서 N은 감지기의 권선수이며 발전기에서의 환경에 적용하여 보면 감지기를 기준으로 회전자 권선이 나열되어 있다. 따라서 무한히 많은 도선이 평행하게 나열되어

있을 때 발생전압의 크기는 다음과 같다.

$$e = -N \frac{d}{dt} \mu_0 \mu_s \left(\frac{I_1}{2\pi r_1} + \frac{I_2}{2\pi r_2} + \dots + \frac{I_n}{2\pi r_n} \right) A$$

여기서 $I_1 = I_2 = \dots = I_n = I$ 이므로

$$= -N \frac{d}{dt} \mu_0 \mu_s \frac{I}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \dots + \frac{1}{r_n} \right) A [V] \quad (5)$$

가 된다.

식 (5)에서 보는 바와 같이 감지기에서 유기되는 전압은 인가자속보다 위상이 90° 늦으며 인접한 슬롯의 코일로부터 점차적으로 다른 슬롯의 권선으로 이동하며 이격거리에 반비례하는 것을 알 수 있는데 감지기로부터 가장 가까운 슬롯으로부터 가장 많은 영향을 받고 이후 슬롯의 권선에서는 역시 이격거리에 반비례하나 그 영향이 작음을 알 수 있다. 또한 감지기의 권수 N에 비례하여 전압이 유기됨을 알 수 있다.

2.4.4 층간단락 감지기에 의한 결과판정 방법

발전기 회전자 계자권선의 층간단락 진단시 감지기에 의해 유기된 전압파형으로부터 각 슬롯 전압의 피크값을 각 극별, 권선별로 겹쳐서 나타내고 각 턴수에 대한 편차율을 계산하여 그 값과 비교, 판정하게 된다.

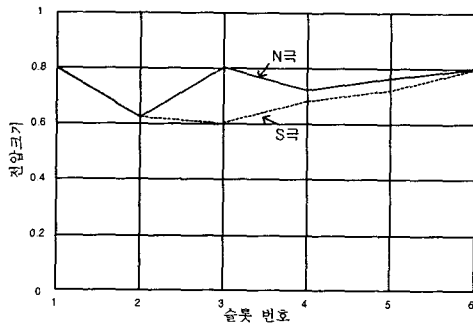


그림 7 각 극별, 슬롯별 전압 비교
Fig. 7 Comparison of voltages at sensor

여기서 층간단락이 발생한 경우에는 전류가 권선 전체에 흐르는 것이 아니라 일부가 단락된 권선을 통해 by-pass됨으로써 회전자 권선수가 감소하게 된다. 따라서 층간단락이 발생한 권선에서는 발생하는 전압의 크기가 감소하게 된다.

표 2 전압의 편차율

Table. 2 Deflection ratio of voltages

단락턴수	편차율	편차율
1, 7	$1/12 \times 100[\%] = 8.33[\%]$	$7/12 \times 100[\%] = 58.33[\%]$
2, 8	$2/12 \times 100[\%] = 16.66[\%]$	$8/12 \times 100[\%] = 66.66[\%]$
3, 9	$3/12 \times 100[\%] = 25.00[\%]$	$9/12 \times 100[\%] = 75.00[\%]$
4, 10	$4/12 \times 100[\%] = 33.33[\%]$	$10/12 \times 100[\%] = 83.33[\%]$
5, 11	$5/12 \times 100[\%] = 41.66[\%]$	$11/12 \times 100[\%] = 91.66[\%]$
6, 12	$6/12 \times 100[\%] = 50.00[\%]$	$12/12 \times 100[\%] = 100[\%]$

예를 들어 6개의 슬롯으로 구성이 되고 각 슬롯에는 12개 턴수로 구성된 동도체가 있다면 정상적인 계자권선의 경우 N, S극에서의 전압이 일치할 하나 그림 7에서는 편차가 발생하였음을 쉽게 확인할 수 있으며 그래프로부터 나타나는 편차율을 가지고 표 2의 도표를 통해 단락된 계자권선의 턴수를 알 수 있다. 각 극별, 권선별 편차율을 구해보면 1, 2, 6번권선에서는 편차가 없고 3번권선에서는 25[%]정도이며 4, 5번의 경우는 5.56[%]가 됨을 알 수 있고 표 2를 통해 층간단락 유무를 확인하게 되면 3번 권선에서 3턴의 층간단락이 발생하였고 4, 5번 권선에서 1턴가량의 층간단락이 우려됨을 알 수 있다.

2.5 실험 및 시제품제작

2.5.1 턴수 및 이격거리 실험

감지기에서 전압의 크기를 결정하는 중요한 변수는 식 (5)에서 보는 바와 같이 크게 두가지로 나타낼 수 있다. 첫 번째 변수로는 감지기와 회전자 표면과의 이격거리이며 두 번째 변수는 감지기의 코일턴수이다. 이 두변수는 식에서 보는바와 같이 턴수에 비례하고 이격거리에 반비례하는 것을 알 수 있다. 본 실험에서는 발전소의 발전기와 유사한 실험셋트를 구성하여 실험을 통하여 감지기에 있어서 턴수와 이격거리별로 실험을 실시하였다.

표 3 턴수 및 이격거리별 전압의 크기[mV]

Table. 3 Magnitude of voltages according to turns and distance

턴수	저항[Ω]	1[mm]	2[mm]	3[mm]	4[mm]	5[mm]
220[Turns]	6.5	1306	1031	862	619	541
210[Turns]	6.3	1237	970	837	603	534
200[Turns]	6.1	1200	956	744	575	497
190[Turns]	5.7	1019	962	775	569	494
180[Turns]	5.4	944	875	700	528	463
기존 sesor	5.6	1556	1369	1212	912	762

표 3은 기존의 센서와 각각의 턴수별로 제작된 시제품들을 1~5[mm]의 거리별로 각각 실험한 데이터이다. 여기서 진단 시스템과의 임피던스 매칭을 위해 감지기의 저항치를 6[Ω] 이내로 제한하고 있다. 따라서 제한저항치에 가장 근접한 턴수는 190턴임을 알 수 있다.

하지만 그림 8에서의 그래프에서 알 수 있듯이 기존제품과 동일한 감도를 가지는 전압이 발생한 지점이 약 2[mm]정도 차이가 남을 알 수 있다.

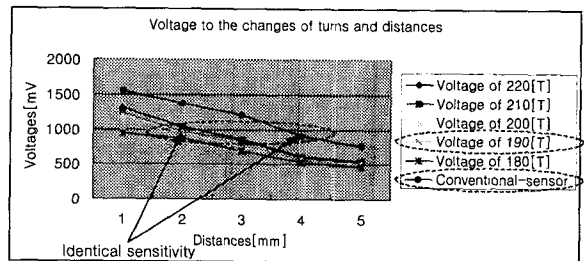


그림 8 턴수 및 이격거리별 전압의 크기

Fig. 8 Magnitude of voltages according to turns and distance

2.5.2 시제품 제작

위의 실험결과를 토대로 시제품을 제작하였으며 기존제품보다 감도향상을 위해 길이를 5.5[mm] 더 증가하여 제작하게 되었다.

그림 9은 제작된 시제품에서의 감지기를 보여주고 있다. 고정자 웅지에 설치되는 감지기는 회전자 표면으로부터의 누설자속을 감지하여 전압을 발생시키는 부분이다. 기존의 제품에 있어서는 재질이 배클라이트로서 정비시 회전자의 인출입으로 인해 파손의 우려가 많았다. 시제품에 있어서는 센서부분을 유연성을 가지는 NBR(Nitrile Butadiene Rubber)을 사용함으로써 파손의 우려를 방지하였다.

그림 10은 시제품의 터미널 부분으로서 발전기 외함에 설치되어 센서로부터 유기되는 전압을 진단시스템으로 측정하기 위한 외부 인출구 역할을 한다. 터미널 부분에서도 기존 제품에서의 단점을 보완하여 설계 및 제작하였으며 이상전압으로부터 센서를 보호하기 위한 서지 프로텍터를 설치하였다.

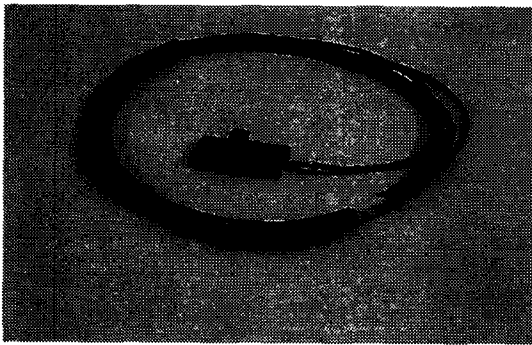


그림 9 제작된 시제품의 감지기
Fig. 9 Proposed sensor-external view of sensor

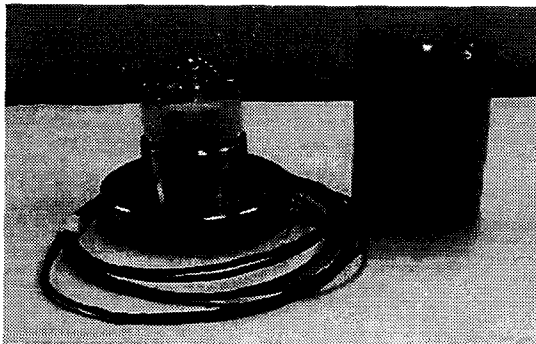


그림 10 제작된 시제품의 터미널
Fig. 10 Proposed sensor-external view of terminal

제작된 시제품을 서인천 복합화력 제 2 발전기의 G/T 발전기를 대상으로 G/T #6호기의 계획정비시 설치하여 실험하였다.

그림 11은 센서의 설치 위치를 보여주는 그림이며 그림에서 알 수 있듯이 센서는 고정자 웅지에 설치가 된다. 여기서 센서는 회전자의 인출입시 파손의 우려가 있다. 따라서 파손의 우려를 줄이기 위해 그림 12에서와 같이 회전자의 리테이닝 링 부근에 위치하게 된다.

2.5.3 현장실험

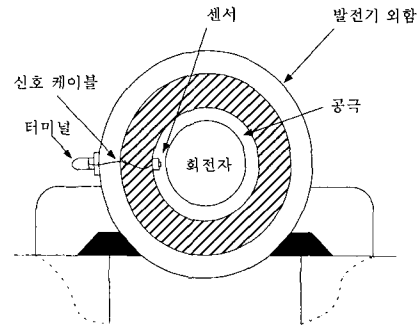


그림 11 발전기에서 센서의 위치(외관)
Fig. 11 Location of sensor at generator(external view)

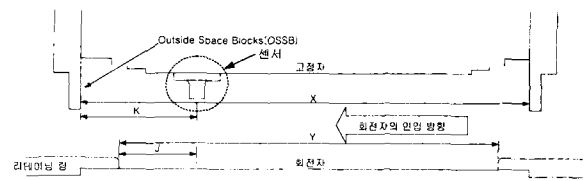


그림 12 발전기에서 센서의 위치(내부)
Fig. 12 Location of sensor at generator(internal view)

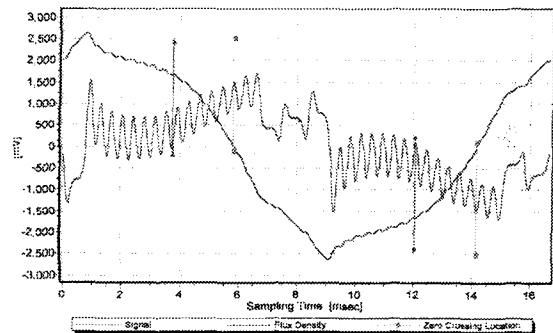


그림 13 기존제품에서의 데이터
Fig. 13 Actual data from conventional-sensor

그림 13는 기존제품에서의 진단데이터이며 그림 14는 시제품에서의 진단데이터이다. 그림 14에서 알 수 있듯이 N극과 S극의 슬롯에서의 전압의 피크치를 비교함으로써 층간단락의 유무를 확인할 수 있다.

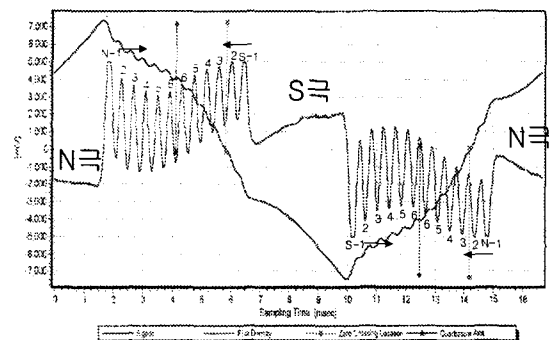


그림 14 시제품에서의 데이터
Fig. 14 Actual data from proposed sensor

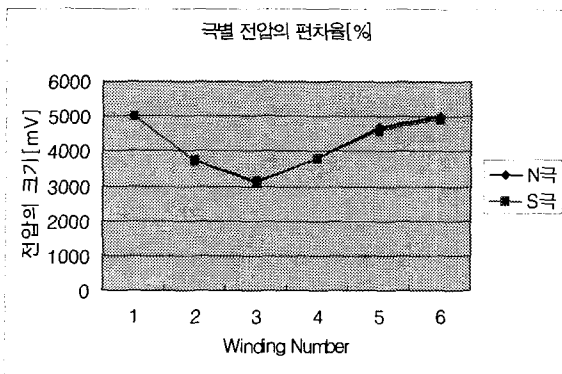


그림 15 실험 발전기에서의 N,S극 전압편차율
Fig. 15 Deflection ratio of voltage of N, S pole at generator

발전기는 6개의 슬롯으로 구성되며 한 슬롯당 12턴의 회전자 권선으로 구성된다. 앞서 설명한 단락권선 판정방법에 의해 판정을 하게 되면 그림 15에서와 같은 시제품의 편차율을 계산할 수 있고 결과로서 N,S극간의 전압의 편차율이 표에서와 같이 최저 0.07[%]에서 최대 1.98[%]로 나타나며 여기서 +부호를 가지는 슬롯은 S극에서 층간단락이 발생한 경우이고 -부호를 가지는 경우는 N극에서 층간단락이 발생된 경우를 보여주고 있다. 이 결과를 표 2와 비교하였을 때 현재 적용 중인 발전기(서인천 복합화력 제 2 발전기의 G/T 발전기를 대상으로 G/T #6호기)는 층간단락현상이 없는 건전한 발전기임을 알 수 있었다.

표 4 발전기 N,S극의 전압 편차
Table 4 deflection of voltage of N, S pole at generator

슬롯번호	1	2	3	4	5	6
편차율[%]	0.07	0.34	-0.83	0.32	1.98	1.62

3. 결 론

본 논문에서는 실험을 통하여 가장 적합한 감지기의 턴수는 190턴임을 증명하였다. 또한 감지기가 현재 적용을 한 G/T에만 적용되는 것이 아니라 다른 규격의 발전기에도 모두 적용될 수 있고 또한 각 발전기는 감지기가 설치될 공극이 모두 다르며 같은 규격의 G/T 발전기라해도 공극이 차이가 나는 것을 감안한다면 또 하나의 가장 중요한 변수는 모든 발전기에 동일하게 적용될 수 있는 변수로서 감지기와 회전자표면과의 이격거리가 된다. 본 시제품과 동일한 이격거리에서는 동일한 결과가 나타나게 된다. 따라서 다른 발전기에 동일한 감도로 적용될 수 있음을 제안한다. 또한 기존 센서에 비해 가격비가 35[%]정도이며 센서의 재질을 변경함으로써 파손의 우려를 줄였으며 그 결과로 센서의 길이를 더 증가하였고 이로 인해 감도가 향상됨을 확인하였다.

참 고 문 헌

[1] 남종하, 최규하, 이승학, 정석윤, 류벽우, 주영호, 이영준, "발전기 계자의 층간단락 감지기 개발", 대한전기학회, 하계학술대회 산학특별위원회 특별Session 및 전시회 논문집, pp.121-124, 2001.7

[2] 이영준, 김희동, 박종정, 주영호, 조지원, 한상욱, 전력연구원, 인천대학교, 충남대학교, "발전기 회전자 층간단락진단기법", 대한전기학회, 춘계학술대회논문집, 1998.5
[3] 이영준, 김희동, 박종정, 주영호, 조지원, 이병하, 전력연구원, 인천대학교, "발전기 운전중 회전자 계자권선의 단락진단기법에 관한 연구", 대한전기학회, 하계학술대회논문집, 1998.7
[4] M.P. Jenkins, "On-Line Monitoring of Rotor Shorted Turns", IEE Conference Publication No. 401, pp. 55-60, Dec. 1994
[5] J. Penman, H.G Sedding, B.A. Lloyd and W.T. Fink, "Detection and Location of Interturn Shorted Circuits in the Stator Windings of Operating Motors", IEEE Trans. on Energy Conversion, Vol.9, No4, pp. 652-658, June 1994.

저 자 소 개



남 종 하 (南 鍾 夏)

1974년 4월 24일생. 2000년 호서대 공대 전기공학과 졸업. 2000년 9월~현재 건국대 대학원 전기공학과 석사과정
Tel : 02-450-3486
E-mail : njhman@hanmail.net



이 승 학 (李 承 學)

1979년 숭실대학교 전기공학과졸업. 1982년 동 대학원 전기공학과졸업(석사). 2000년~2002년 현재 건국대학교 전기공학과 박사과정수로. 1974년~1998년 한국전력공사 전력연구원근무. 현재 대덕대학 제어계측과 교수
TEL : 042-866-0373,
E-mail Leeshak@mail.ddc.ac.kr



최 규 하 (崔 圭 夏)

1978년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1980년 동 대학원 졸업(석사). 1986년 동 대학원 졸업(공학박). 1987년~1988년 미국 오레곤주립대 Post-Doc. 1998년~1999년 미국 버지니아 주립대 교환방문교수. 1997년~1998년 건국대학교 연구처장. 현재 건국대학교 전기공학과 교수 및 전력전자기술연구센터 소장.
Tel : 02-450-3486, E-mail : ghchoe@konkuk.ac.kr