

발전기 계자 접지 검출회로 신뢰성 점검에 관한 연구

천영식*, 박호철*, 원학재*, 한승문*, 한정훈*
한전기공(주) *

A Study Of Reliability Check Method for Generator Field Ground Detectors

Young-Sik Cheon*, Ho-Chul Park*, Hak-Jai Won*, Seung-Mun Han*, Jeong-Hoon Han*
Korea Plant Service & Engineering Co.Ltd.*

ABSTRACT - The rotorbody and rotor winding of generator are isolated by an insulator and the output characteristic of the generator is maintained in the best states. Only when an insulation resistance between them is over a certain extent. The aim of this research is to develop the simulator for rotor earth fault detection circuits. It is composed of the power resource which is to control the virtual field voltage, stepping motor which is to give virtual ground. It is possible to inspect with the device and program developed in this study in the same as real operating condition and evaluate the integrity of generator rotor through the function of data acquisition and graphic output. If these technologies will be applied to the inspection, prevent a damage of the generator and contribute to improve maintenance reliance.

로 계자회로 접지를 100% 검출하기위해 별도로 외부에서 전원을 공급하여 준다. <그림1>은 Unipolar Type의 개념도이다.

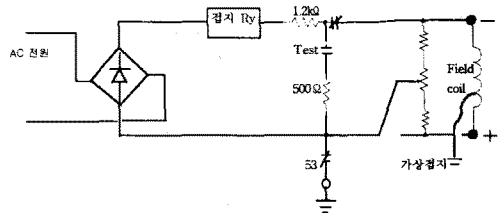


그림 1 Unipolar Type 회로도

2.1.2 Bipolar type (보령, 울산, 삼천포화력등)
여자전압을 이용한 회전자 접지검출방식을 이용하였으나 중성점 부근에서의 불감대를 해소하기 위해 검출용 전원을 추가 하였다.(단 brushless형 회전자의 울산화력 발전소의 경우 회전자기 중성점과 회전자 몸체사이에 AC 전압을 별도로 인가하여 접지여부를 검출하고 있다.) <그림2>는 Bipolar Type의 기본 회로도이다.

1. 서 론

발전기는 고정자와 회전자로 구성 되어있으며 회전자 코일은 여자기(exciter)에서 직류전압을 공급받아 발전기의 계자로서의 역할을 수행한다. 이때 회전자의 본체와 코일사이는 절연체로 격리되어 충분한 절연저항값을 유지해야만 정상적인 발전기 출력특성을 보장할 수 있고 회전자의 수명을 유지할 수 있다. 대부분의 원자력, 수화력 발전기에 이 절연상태를 감시하기 위한 접지 검출장치가 설치되어 있으나 오동작으로 접지검출회로의 정확한 양부 판정에 가끔은 의문이 제기되고 종종 unit trip까지 진전되므로 접지검출회로에 대한 정밀진단 및 신뢰성확보를 위한 진단기법의 확립이 요구되고 있다. 국내외 기술동향을 살펴보면 발전기 회전자 접지검출장치 및 검출회로의 건전성을 진단하는 특별한 방법이 제시되고 있지 않으며 단지 동작여부를 점검하는 수준으로 회전자권선의 열화진단 시험기술만이 일부 소개되고 있다. 본 논문에서는 실제 현장 상황과 같은 조건 즉 접지 특성분석을 위한 직류 고전압 제어와 가상접지 검출을 위한 입력력 파라미터를 설정하고 인가전압에 따른 접지의 계자 위치까지 정확히 포착할 수 있는 시뮬레이터를 구현하여 그 특성을 진단하고 신뢰성 확보를 위한 분석기법을 제시하고자 한다.

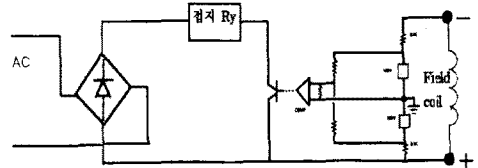


그림 2 Bipolar Type 회로도

2. 본 론

2.1 국내발전소의 일반적인 접지회로 방식

2.1.1 Unipolar type(영일, 서천화력, 고리원자력등)
회전자 계자전원만을 이용하면 동작불감대가 존재하므

2.2 오동작사례 및 유형

2.2.1 일반적인 점검유형

회전자접지 검출은 대부분 검출기 자체의 테스트 버튼을 사용하여 검출기 건전성을 점검하고 정지중에는 발전기 Field에 전압이 가압되지 않은 상태에서 슬럼프링 양단에 저항(240kΩ)을 연결한 후 저항값을 가변 시키며 접지경보가 발생하는 시점을 확인하는 것으로만 점검절차가 이루어지기 때문에 보다 정확한 동작특성을 위한 평가기술이 확보되지 않고 있는 실정이다. 실제 발전소에서는 회전자절연이 저하되어 접지상태로 진전될 때 검출회로가 정상적으로 동작되지 않는 오동작 사례가 발표되고 있다.

2.2.2 회전자 접지 사고유형

회전자 접지시 검출기 부동작으로 인한 연속 운전시 권선내 2차접지를 유발하여 도체가 소손되고, 불평형에 의

한 과도한 진동이 나타나며, 베어링 손상 및 회전자 위치가 변이되어 고정자가 소손되는 등 커다란 물리적 피해까지 발전되며 이에 따른 경제적 손실이 수반된다.

2.2.3 발전기 회전자 접지고장 사례

	사고일시	접점 및 조치사항
○○ 화력	97'.2.14	○ RotorWedge 상호간 축방향 접촉면 Arc 및 과열 ○ 접지유발개소 모델링 및 응력해석
○○ 원자력	85'.11	○ 접지경보 발생, 해소 반복됨 ○ 터빈축엔드벨 내부에 축적된 도전성이 물질 및 오일 혼입되어 발생
○○ 복합 화력	95'.10.17	○ 실제 절연상태 양호하나 접지계전기 오경보 ○ 접지회로 설비개선
○○ 화력	88'.10	○ 극연결도체 (Pole-To-pole) 균열 발생으로 회전자 축간 단락 ○ 설계 불량으로 판명되어 제작사에서 전량 교체
기타 접지고장 10여건 발생		

2.2.4 접지 진단기법 Modeling

계자전원 인가를 위하여 제어용 PC에서 설정한 시험값이 계산되면 전원장치에 4-20mA의 전류출력을 통해 원격으로 출력전압을 제어할 수 있도록 소프트웨어를 구현하였다. 계자의 접지위치를 정확히 검출하기 위하여 접지저항과 계자저항을 제어할 수 있도록 stepping motor를 사용하였고 특성분석을 위한 파라미터를 다음과 같이 설정하였으며 흐름도는 <그림3> 과 같다.

- 시험 계자전압 제어 (Auto/Manual 선택기능)
- 가상접지위치 설정 및 표시기능
- 진단 방식 선택기능 (unipolar, bipolar)
- 접지저항 조정 및 동작값 표시기능
- 접지위치에 따른 릴레이 동작 접지저항값 표시기능

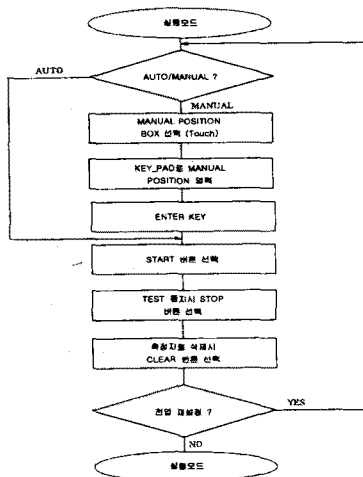


그림 3 접지회로 진단 흐름도

2.2.5 직류 가변전압 공급장치

본 전원장치는 단상교류전압을 공급받아 MOS FET

및 IGBT를 교류입력전원의 변동과 부하에 관계없이 일정한 전압을 공급해주며 과전압, 과전류에 의한 보호기능이 내장되었다.

2.2.6 접지저항 설정장치

터치스크린을 통해 계자전압의 위치를 설정하게 되면 Workstation의 D/I Board를 통해 실행명령을 주고 해당위치로 계자저항용 가변저항이 이동하도록 스텝핑 모터가 동작되고 해당위치에 이르면 접지저항 설정용 가변저항이 최대에서 최소로 이동하도록 해당모터가 동작한다. 이때 접지 릴레이가 동작되면 접지저항 설정용 모터가 정지되고 저항값이 Data에 저장된다. <그림4> 는 Hardware 내부의 기하학적 위치를 나타낸 것이다.

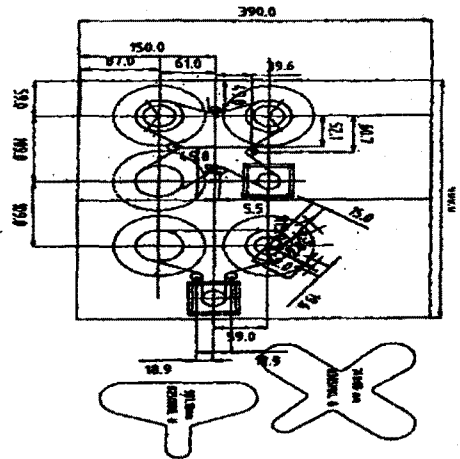
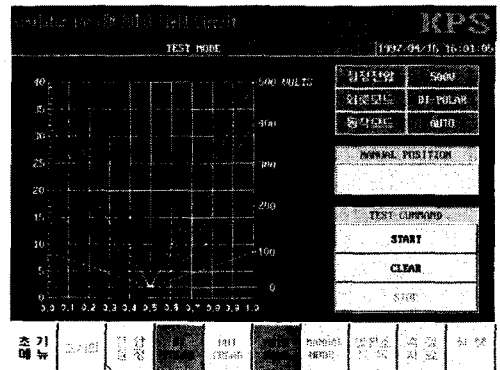


그림 4 접지저항 장치 설계도

2.3 분석용 Software 구성

2.3.1 Software 기능

계자전압의 종류선택은 버튼식으로 표시되어 화면에서 간단하게 전압 Range를 선택할 수 있다. 선택된 계자전압은 0-10V로 변환되어 직류전원장치를 원격제어한다. 또한 각 저항기의 제어는 스텝핑 모터에 의해 제어된다. 스텝핑모터는 Pulse의 Counter에 의해 위치제어를 하고 속도는 Pulse와 Pulse 사이의 시간을 조정하여 쉽게 속도를 제어한다. 측정자료 버튼은 Graph로 측정된 자료를 수치화 하여 화면에서 볼 수 있다. 또한 본 화면에는 Report 양식으로 프린터 출력하는 기능과 File 저장기능이 있다. <그림5> 는 측정을 위한 기본화면을 나타낸 것이다.



2.3.2 접지검출 회로에 대한 Simulation

접지검출회로에 대한 건전성 시험은 Unipolar type과 Bipolar Type 모두에 적용시켰다. Unipolar 선택시 계자용 가변저항은 스테핑모터에 의해 (+)End Side로 자동이동 하여 (+)위치(계자의 맨 끝단)에서 자동 정지하도록 한다. 해당되는 Field 전압을 설정하고 실행 명령을 주면 접지저항 설정용 모터가 동작하여 접지 Relay가 동작 할 때까지 접지저항 값을 내려준다. 접지 Relay 동작되면 모터는 정지하고 그때의 접지저항 값과 시험전압을 Graph에 표시한다. 위의 동작을 (+)End Side에서 (-)End Side로 이동하면서(100%, 90%, 80% 0%) 각 인가전압 마다 위의 동작을 반복수행하며 해당 계자전압에 따라 동작되는 접지저항 값을 화면에 Display 해준다. <그림6>은 Unipolar Type의 특성을 나타낸 기준 Graph이다.

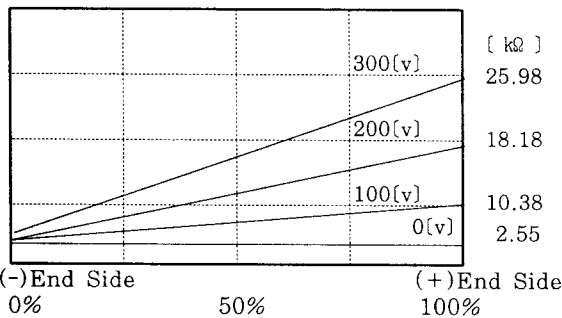
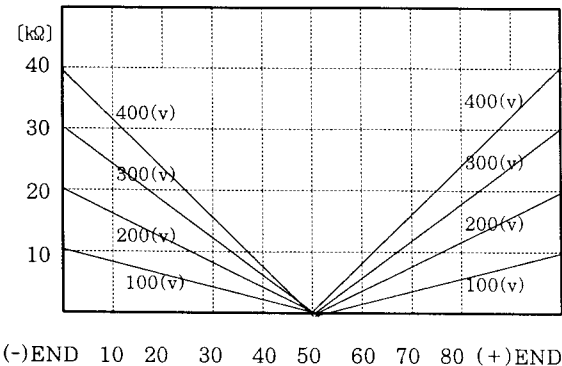


그림 6 Unipolar Type 특성곡선

즉 계자전압 200V 일때 RELAY가 동작된 POINT가 20kΩ/50%라고 지시되었다면 계자의 50%위치에서 접지저항 값이 20kΩ이하시 RELAY가 동작됨을 의미한다. 특성곡선과 위의 결과를 비교해볼때 200V, 계자위치 50%에서의 정상 접지 저항값은 12kΩ 이하임에도 불구하고 정상상태에서 계전기가 오동작 함을 알 수 있다. 반대로 12kΩ 이하일때 계전기가 동작되지 않았다면 부동작 했음을 판단할 수 있는 것이다.

Bipolar 기능도 Unipolar 와 유사하나 Graph 특성이 양방향이므로 시험전압을 선택한 후 실행하게되면

(+)End Side에서부터 Center(50%) 부분까지 먼저 실행되고 다시 (-)End Side에서부터 Center 까지 실행된후 Graph를 Display 한다. 즉 (+)End Side 에서부터 Center까지 90%, 80%.... 50% 순서로 시행한후 다시 (-)End Side 에서부터 10%, 20% ... 50%로 수행한후 점검을 완료한다. 특성곡선은 그림7과 같고 검출회로 해석은 Unipolar와 동일하다.



3. 결 론

본 논문에서 제시한 시뮬레이터 및 진단기법은 발전기 회전자 접지검출회로 특성을 정밀진단 하기 위해 개발되었다. 시뮬레이터는 직류 전원공급장치, 가상 접지저항 제어장치, Monitoring과 수집한 Data를 분석할 수 있는 프로그램으로 구성하였다. 접지 검출계전기의 시뮬레이션은 가상접지 상황을 이 장치가 제공하며 그 상태에서 계전기의 동작과 동작된 상태의 Data를 취득하여 PC에서 접지 검출회로의 특성을 분석하도록 되어 있으며 이와같은 일련의 동작이 자동으로 실행되도록 프로그램 되어있고 또한 Data File을 관리할 수 있고 실시간 Data를 그래프로 Display 할 수 있는 기능이 있다. 본 연구에서 구현된 시뮬레이터 및 접지회로 진단기법의 가장 큰 특징중의 하나는 실제운전상태와 같은 조건을 설정, 즉 정지중에도 운전상태와 똑같은 환경에서 계자전압을 인가하여 회전자 접지검출회로를 동작시킬 수 있고 접지 계전기가 동작하는 접지 Position을 정확히 검출할 수 있다는 것이다. 이는 정지중 접지회로를 사전에 진단하여 발전소의 운전중 고장정지를 미연에 예방할 수 있음은 물론 운전중 계전기의 오동작으로 인한 불시정지 및 불필요한 회전자 분해작업을 사전 방지 할 수 있고 또한 접지 사고시 접지위치를 정확하게 포착하여 기존에 접지위치 확인 및 복구를 위해 투입되었던 인적, 물적비용을 절감할 수 있는 것이다. 국내발전소의 수명이 점차 노후화 추세로 접어들어 향후 발전기 사고가 더욱 빈번히 발생될 것으로 판단되어 신뢰성 진단에 활용이 기대된다.

[참고문헌]

- [1] Alsthom Atlantique "Symposium On Power Generator" Nov.1984
- [2] 한국전기 연구소 "발전기 및 변압기 절연진단 시험"
- [3] WestingHouse "Generator OnLine Diagnostics"
- [4] 이병구, 홍현문, 류홍우 "발전기 여자시스템 속응성 개선을 위한 예측제어 전류기법" 대한전기학회 논문집 1997.Nov.