

여자시스템 정지시 문제점에 대한 분석

옥연호*, 이은웅**, 김기원*, 조남빈*, 변일환*, 최홍열*
 한국 수자원공사*, 충남대학교 전기공학과**

The Analysis on Stopping Trouble for Excitation System

Ok, Yeon-Ho. Lee, Eun-Woong. Kim, Ki-Won. Cho, Nam Bin. Byun, Il-Hwan. Choi, Hong-Yeol
 Korea Water Resource Corporation, Chungnam National University Engineering

Abstract - The Analysis on stopping trouble for Excitation System
 The excitation system must be stopped stably on generator's stopping. Therefore through studying on Excitation Stopping scheme, and problems which might happen when stopping, we would like to enhance the stability of generator and control system.

1. 서 론

운행중 발전기를 정지시킬 경우에 발전기 전압을 제어하는 여자시스템도 안정적으로 정지하여야 한다. 여자시스템을 정지하는데 고려해야 할 사항에 대하여 검토하고, 현장에서 정지시 발생한 여러 가지 문제점을 분석하므로 발전기 및 계통 안정화에 기여코자한다.

2. 본 론

2.1 발전기 여자시스템

발전기는 자계내의 도체가 자계와 상호 운동을 하면 그 상대 속도와 자속의 크기에 비례하는 기전력이 도체에 유도(誘起)된다는 원리를 이용하는 설비이다.

실제 발전소의 주 발전기는 도체를 고정자(STATOR) 위치에 두고 회전자(ROTOR)에 자계를 형성시키며, 수차를 이용 회전자를 회전시키는 것이 일반적인 형태이다. 발전기 회전자에 의해 형성되는 자계는 영구자석을 이용하는 것이 아니고 회전자 권선에 직류 전류를 흘려 형성되는 자계를 이용한다. 이때 자계를 형성시키기 위하여 회전자 권선에 전류를 공급하기 위하여 필요한 설비를 통칭하여 여자계통(Excitation System)이라 한다.

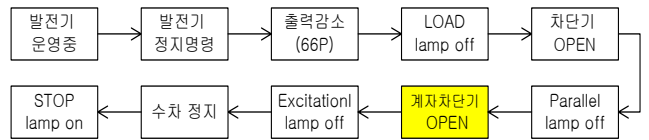
여자시스템의 구성은 여자 전원 공급 설비, 정류기(Rectifier), 브러쉬 및 Slip Ring, AVR 등 이며 발전기의 규모 및 여자 전원 공급 방식에 따라 여러 종류로 나누어 진다.

반도체 기술이 발달함에 따라 정류 여자기 방식이 도입되었다. 이는 회전형인 교류 발전기 방식과 정지형인 정지형 여자 방식으로 나누어지며 지속적인 기술 발전으로 대용량의 터빈-발전기까지 적용할 수 있게 되었다.

발전기가 장거리의 송전 계통에 연결되어 있는 경우에는 계통에 필요한 과도 안정도를 충족시킬 수 있는 응답 특성이 좋은 여자 시스템이 필요하게 되어 이러한 것에 적당한 정지형 Thyristor 여자시스템이 사용되고, 현실적으로 최근에 건설되는 대용량 발전소에서는 거의 정지형 Thyristor 여자시스템이며, 기존 발전소의 AVR을 교체하는 경우에도 여자 시스템은 이 방식을 적용하여 개조하고 있는 추세이다.

2.2 발전기 정지 시스템 개요

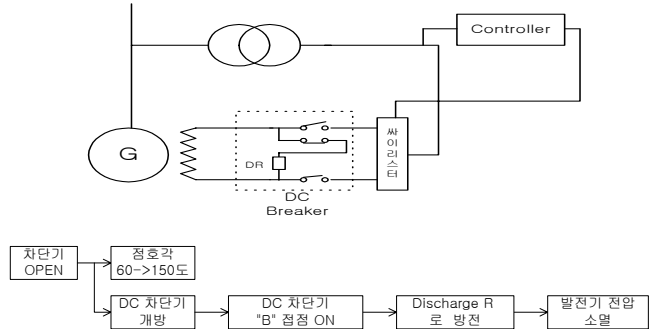
발전기 운영중에 중앙제어실에서 발전기 정지 명령을 실행하면그림 2-1와 같이 출력이 무부하까지 감소하고 Load Lamp off 후 동기 차단기가 개방되어 계통과 분리된다. 이 신호를 여자시스템에서 수신하여 계자차단기가 개방되어 발전기 전압이 소멸되고 수차가 정지하면 STOP lamp 가 "ON" 되며 수차발전기가 완전 정지된다.



<그림 2-1> 발전기 정지 시스템 개요도

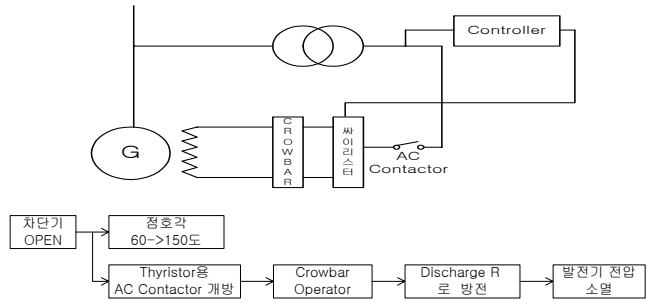
2.2.1 계자차단기 개방 제어

그림2-1에서 계자 차단기의 개방은 설계자의 의도와 설비구성에 따라 여러 가지 방식으로 제어된다.

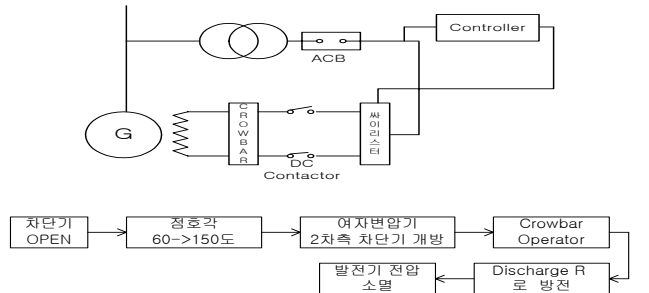


<그림 2-2> DC Breaker 를 이용한 계자차단

그림2-2는 DC 차단기를 이용한 계자차단회로이다. 전력전자 설비의 발달로 현재는 거의 사용하지 않으며 DC 차단기가 기계적인 구조로 되어 있어 주기적인 분해점검이 필요하다.



<그림 2-3> 소용량의 발전기의 계자차단

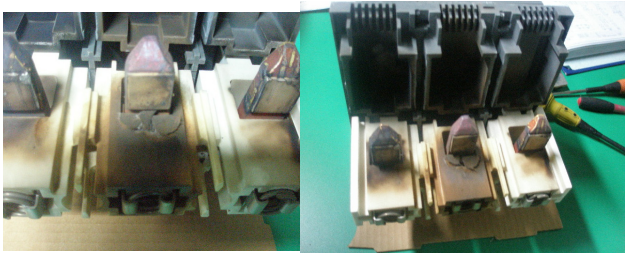


<그림 2-4> 대용량의 발전기의 계자차단

그림2-3과 그림2-4는 전력설비의 발달로 Crowbar 회로를 이용하는 것이다. AC Contactor 이나 ACB 의 보조접점을 수신하여 Crowbar 회로의 양방향 SCR를 도통시키고 SCR와 직렬로 연결된 Discharge Resistor 로 잔류전압을 방전한다. 그림2-4에서 DC Contactor 는 항상 "ON" 되어 있으며 점검시에 만 "OFF" 한다.

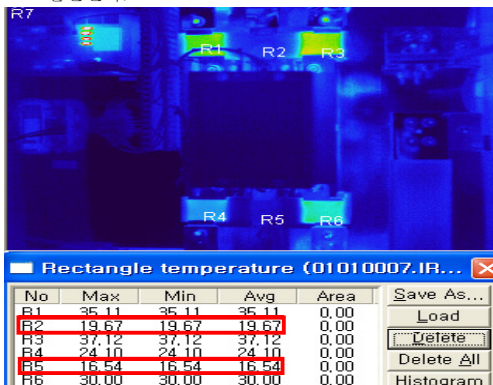
2.2.2 계자차단기 제어의 문제점

그림2-2는 기계적 구조인 DC 차단기로 되어 있어 각종 접점의 동작이 불일치 할 때 단락의 위험이 있다. '97년 1월 충주1수력 계자차단기 소손사고가 그 예로 볼 수 있다. 그림 2-3은 소용량의 발전기에 이용하는 계자차단 제어 회로나, 간혹 대용량에도 사용하는 경우도 있다. 공사에서는 대청수력의 설비 구성이 이와 같으며, 동기중의 계자 부하 전체를 AC Contactor 가 차단하므로 용량이 부적절하면 그림 2-5와 같이 소손될 우려가 있다.



<그림 2-5> AC Contactor 소손

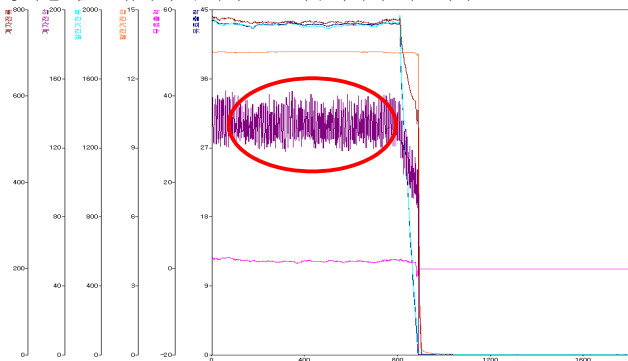
그림2-6 은 1상 소손시 운영중 열화상 장비로 온도를 측정한 결과이다. S상(R2,R5)의 온도는 건전상과 비교하여 현저하게 낮게 나타나므로 결상된 것으로 판단된다.



<그림 2-6> 결상시 열화상 점검결과

2.2.3 계자차단기 1상 소손시 현상

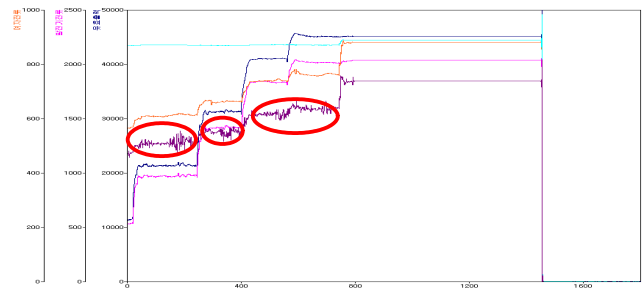
계자 차단기의 1상 소손시의 현상은 그림2-7과 같다. 그림2-7에서 계자전압이 Hunting 하는 것은 3상이 항상 점호되지 못하고 2상 혹은 3상이 번갈아 점호함으로써 생기는 현상으로 판단된다. 이런 경우에도 발전기 전압의 변동이 크게 없는 것은 이 자료가 초당 데이터이고 3상의 정상적인 점호 입력이 주기적으로 이루어지기 때문이다.



<그림 2-7> 계자차단기 1상 소손시 현상

그림 2-8은 소손된 AC Contactor 를 예비품으로 교체 후 시험이다. 계

자전압의 변동이 그림 2-6보다는 작지만 그레도 조금씩 발생한다. 이는 AC Contactor 소손이 항상 발생할 가능성을 내재하고 있다고 판단된다.



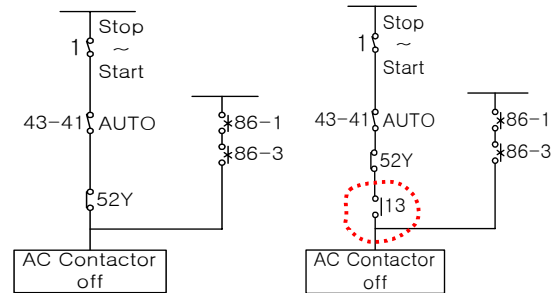
<그림 2-8> AC Contactor 예비품 교체후 시험

2.2.4 계자 차단기 제어회로 개선 방법1

그림 2-9은 시험 결선도는 기존 계자차단기 제어 회로이며

- ① Master S/W 를 Stop->Start 위치
- ② 계자차단기(43-41)가 AUTO 모드
- ③ 동기 차단기가 개방(OPEN)되면 AC Contactor 가 Off 된다.

그림 2-10은 개선후 회로이다. 위 조건에서 직렬로 수차 발전기 속도 계전기13(정격속도의 약80%, 8초 소요)을 이용하여 동기 차단기가 개방되어도 수차발전기 속도가 80%로 떨어지야 AC Contactor 가 Off 되어 AC Contactor Off 시 차단 부하를 줄여주는 방식이다.

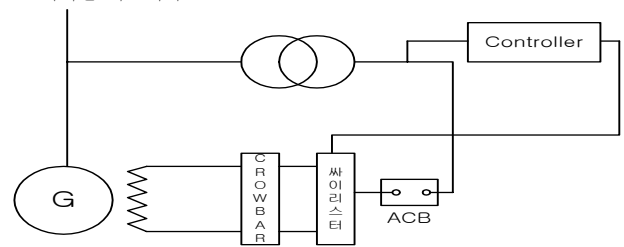


<그림 2-9> 개선전

<그림 2-10> 개선후

2.2.5 계자 차단기 제어회로 개선 방법2

그림 2-11은 기존 AC Contactor 보다 부하 차단 능력이 우수한 ACB 로 대체한 회로이다.



<그림 2-11> 개선후 회로

3. 결 론

사용 년수가 오래된 발전기 여자시스템을 시설대체할 경우 고려해야 할 요소중에 계자차단기 제어는 매우 중요하다. 대청수력의 경우 기존의 DC 차단기 방식에서 AC Contactor 와 Crowbar 를 병행한 시스템으로 변경하였으나 두 제어 시스템의 차이를 완전히 변경 구현하지 못함으로 상기와 같은 사고가 발생하였다. 향후 여자시스템의 신설이나 시설대체 시 이러한 점을 충분히 고려하여 시행해야 할 것으로 판단된다.

[참 고 문 헌]

- [1] IEEE 421.1 "Definitions for excitation systems for synchronous machines", IEEE Power Engineering Society, 1986.01.01
- [2] 유연호, 이은용, "발전기 여자시스템의 에러 해석", 2005하계학술대회 논문집 B권, pp. 1047~1051, 대한전기학회, 2005.7
- [3] P.M. Anderson, A.A. Fouad "POWER SYSTEM CONTROL AND STABILITY ", pp. 401~403, McGraw-Hill, Inc, 2003.