

## 발전기 여자시스템의 에러 해석

옥연호\*, 이은웅\*\*, 변일환\*, 백두현\*  
한국 수자원공사\*, 충남대학교 전기공학과\*\*

### The Analysis of Faults for the Excitation System of Generator

Ok, Yeon-Ho, Lee, Eun-Woong, Byun, Ill-Hwan, Paik, Doo-Hyun  
Energy Business Dept. Korea Water Resource Corporation,  
Chungnam National University Engineering

**Abstract** – Hydraulic power plant is operated for peak load and frequently start-stop because of no continuous operation. So the fault can happen due to field voltage swing in the middle of starting or reactive power swing on the line. On this research, we want to analyze that this status influence on line and generator. we hope this research can contribute to the power quality improvement.

## 1. 서 론

수력 발전소는 첨두 부하용으로 운전되어, 연속 운전하지 않기 때문에 기동 정지가 빈번하다. 따라서, 기동중 계자 전압 Swing이나 계통에 병입된 후 계통의 무효전력 Swing으로 발전기 고장 발생이 일어날 수 있다. 본 연구에서 여자시스템에서 발생하는 기동중 계자 전압 Swing 현상, 운전중 무효전력 Swing 현상의 분석을 통하여 전력 품질 향상에 기여코자한다..

## 2. 여자시스템 기능

### 2.1 여자시스템의 개략도는 그림 2-1과 같다.<sup>(1)</sup>

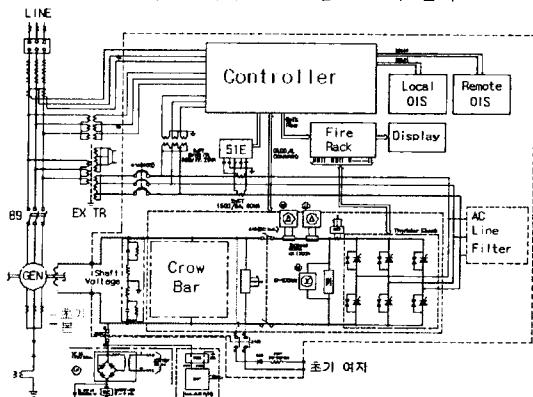


그림 2-1 여자시스템의 개략도

수차발전기를 기동하면 수차 정격속도의 약 80%에서 여자 시스템이 동작한다. 초기에는 Battery에서 회전자에 직류 전원을 공급하여 발전기 전압의 약 15%까지 상승시키고, 이 전압을 검출하여 Controller에서 Thyristor에 점호 신호를 주게 된다. 이때 초기 여자 기능을 담당하던 직류 전원은 OFF 되고 정상적으로 발전기 전압이 제어하게 된다. AC Line Filter는 Thyristor에 과전압 유입 방지용 Filter이며, Shaft Voltage는 고정자에 과전압이 입력되는 것을 방지한다. 그림 2-2는 점호각 제어 흐름도이다.

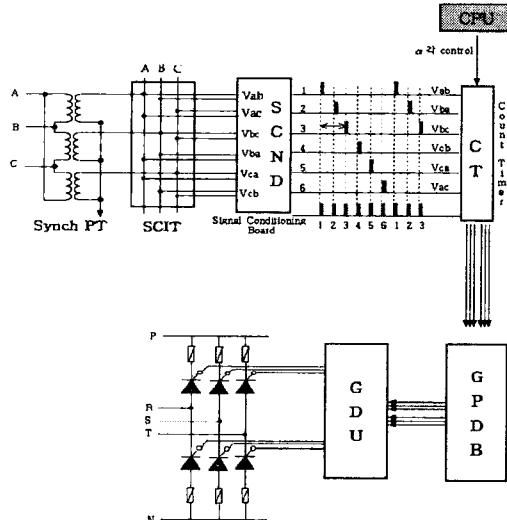


그림 2-2 점호각 제어의 흐름도

그림 2-2에서 Synch PT의 1차는 발전기 전압에서 검출하는데 3상의 발전기 전압을 2차 6상의 전압으로 제작되었다. 이는 사이리스터 점호에 기준이 되는 전압 즉 선간 전압을 출력하기 위한 목적인데 선간 전압이 0V 되는 시점을 SCND에 입력시킨다.

SCND는 6개의 선간 전압(Vab, Vba, Vbc, Vcb, Vca, Vac)을 입력받아, “0V” 되는 시점을 디지털 신호 High(5V)를 내보내어, 1주기(1Hz)당 6개의 High 신호가 순차적으로 Counter Timer에 입력되게 한다. C/T(Counter Timer)는 선간 전압 “0V” 시점을 디지털 신호 High로 입력받고 CPU에서 계산된 Thyristor 점호 시점(α각)을 더한 출력을 GPDB로 출력한다. GPDB는 CT에서 출력된 점호 신호와 각종 발전기 제어에 필요한 아나로그 상태를 최종 점검하는 장소이다. 즉 Thyristor를 점호시켜도 이상이 없는 조건(각종 차단기 ON, 경보 없음)이면 GDU로 점호 신호를 출력 한다.

GDU는 GPDB 출력 신호를 받아 Thyristor를 점호시킨다.

### 3. 기동중 혹은 운전중 계자전압, 무효전력 SWING

#### 3.1 정상적인 점호 신호

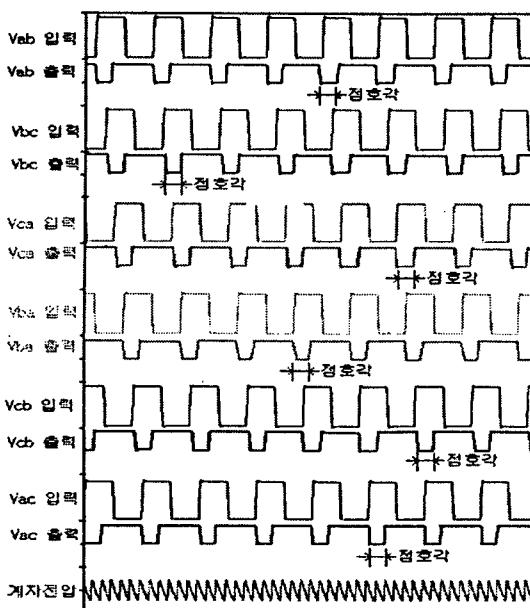


그림 3-1 점호각 제어신호

그림 3-1의 점호각 제어 신호는 Counter Timer Input의 상태와 상관없이 Counter Timer의 Output이 Low → High로 변환되는 시점이 Gate 점호 시점이다. 그림 3-2는 CT 입력과 점호각의 상관 관계를 나타내었다.

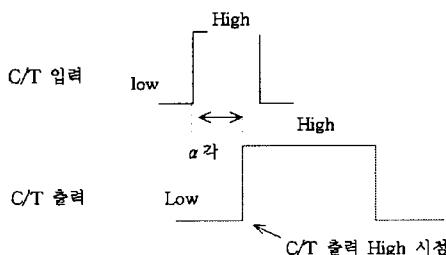


그림 3-2 CT 입·출력과 점호각

### 3.2 비정상적인 점호 신호

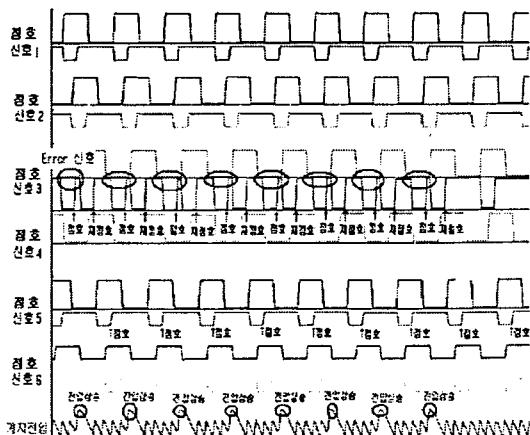


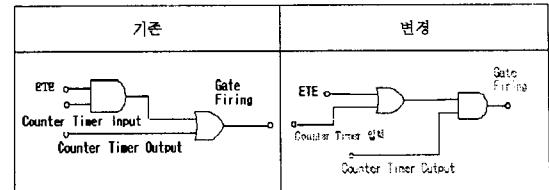
그림 3-3 비정상적인 점호 신호

그림 3-3의 비정상적인 점호 신호는 1Cycle에 2번 점호를 하는 관계로 계자 전압이 상승하여 Swing의 원인

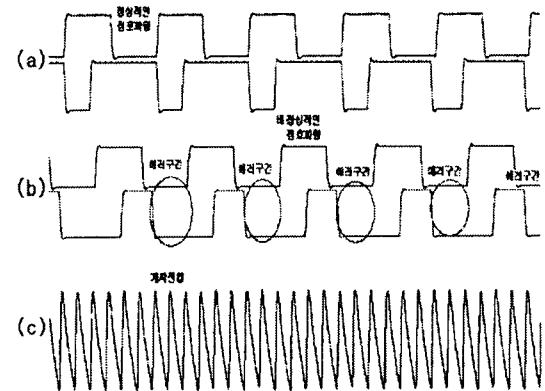
이 된다.

임시 개선책으로 표 3-1처럼 Counter 입력이 HIGH 일 때만 점호할수 있도록 회로를 개선하고 오신호 없는 Counter Timer를 제작 교체한다.

표 3-1 보완된 점호 제어 신호



임시 개선후 파형은 그림 3-4에 나타냈다.  
그림 3-4 개선된 계자 전압 파형



임시 개선책으로 Counter 출력에 에러가 있어도 계자 전압의 파형은 그림 3-4(c) 처럼 정상적이다.

## 4 운전중 계자전압, 무효전력 FULL SWING

### 4.1 계자전압, 무효전력 FULL SWING<sup>(2)</sup>

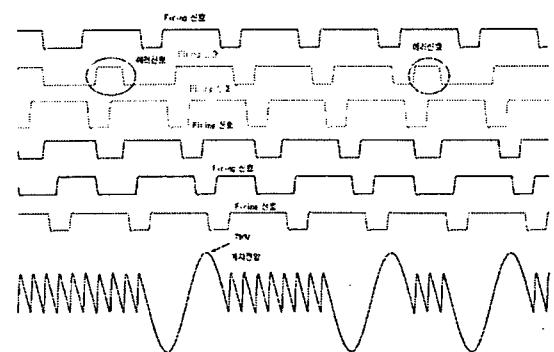


그림 4-1 계자전압,무효전력±Full Swing 파형

그림 4-1에 의하면 Counter 입력 에러 신호에 대해서는 3장에서 조치한 내용에 의해 계자 전압이 정상적이거나 이 에러 신호와 상관없이 Rotor에 입력되는 계자 전압의 파형이 그림 4-2(b)처럼 정현파로 나타난다. 이런 경우는 그림 4-3 회로가 되어 SCR 보호용인 SA(Surge Arrest)의 소손으로 Thyristor로 점호하지 않고 SA로

전류가 흐르기 때문이다. 계자 전압의 파형이 정현파일 때의 대체로 예비 SA 를 교체한다.

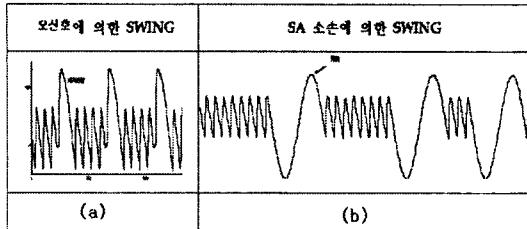


그림 4-2 오신호 와 SA 소손시 계자전압 파형 비교

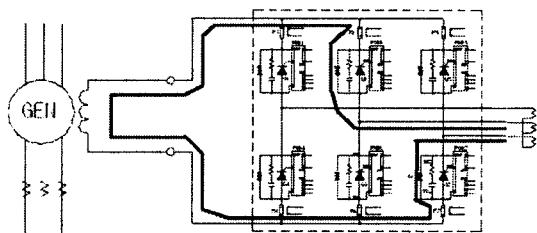


그림 4-3 SA 소손시 Rotor에 입력되는 전압 회로

## 5 기동중 64D 및 30IV로 인한 기동 실패

### 5.1 정상적인 기동시 기동모드<sup>(3)</sup>

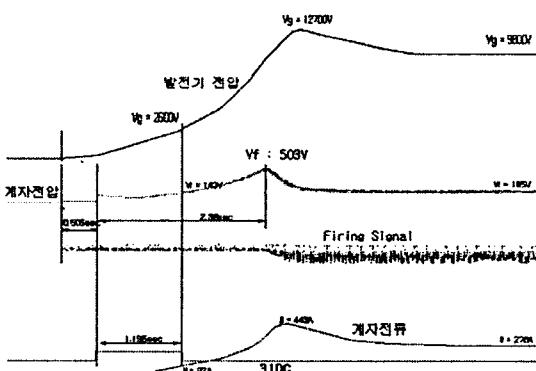


그림 5-1 정상적인 기동시 전압·전류 파형

정상적인 기동시에는 초기여자시간이 약 1.2sec 소요된다. 또한 본여자로 절체시(31DC OFF) 전압이나 전류에 ARC 흔적이 없다. 그림 5-2는 기동 실패시 발전기전압  $V_g$ , 계자전압  $V_d$ , 전류  $I$ 를 나타낸다.

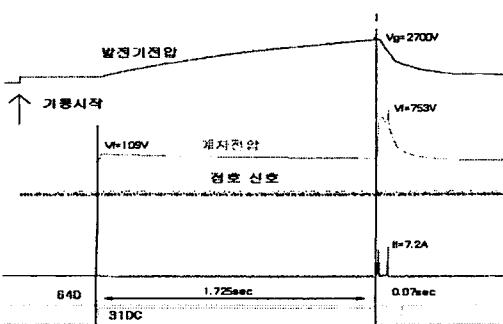


그림 5-2 비정상적인 기동시 발전기전압·계자전압·전류 파형

비정상적인 기동모드에서 보면 64D Fault 는 31DC 차단기가 OFF 되면서 아크에 의한 순간적인 지락사고로 판단되면 31DC OFF시 ARC 는 본 여자가 없는 관계로 140A 해당하는 전류를 초기여자에서 회전자에 공급하고 있다가 끊어지는 순간 발생되는 것으로 판단된다.

그림5-3은 비정상적인 기동시 점호 신호를 나타낸다.

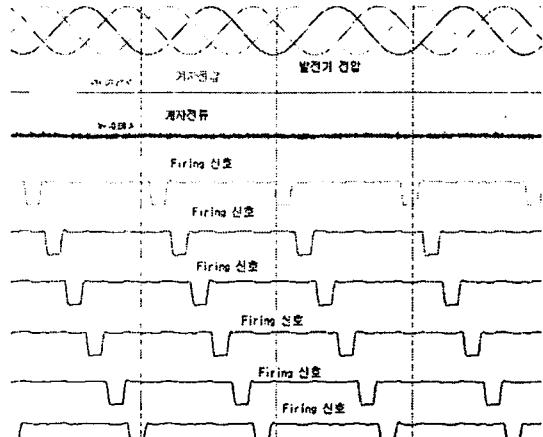


그림 5-3 기동 실패시 점호 그래프

기동 실패시 점호 신호는 정상적이나 실제 점호는 되지 않는다. 점호 신호를 저지(Blocking)하는 신호 확인 결과, 그림2-1에서 기동시 AC차단기 접점(52E)신호 에러로 점호는 있으나 발전기 정지로 인식하여 점호 동작을 하지 않으므로 52E 차단기 접점을 수용하는 RYIB 모듈 교체 한다.

## 6. 결 론

발전기 여자시스템은 발전기전압을 제어하는 주요한 설비로써 Digital Module에 Noise 입력, SA 소손, 52E 접점 에러들이 발전기에 어떠한 영향을 미치는지 파악하였다.

첫째, Digital Module의 노이즈는 그 원인은 알 수 없으나 외부에서보다 내부에서 발생하는 에러로 판단 Counter Timer의 재 제작을 통하여 해결하였다.

둘째, SA 소손으로 인한 계자 전압, 무효전력의 Full Swing이 발생하는 것은 SA 교체로 해결하였고, 셋째, 52E 접점 신호의 에러로 기동이 실패한 것은 발전기 정지시 점호로 인한 발전기 전압이 생성되는 것을 방지하기 위한 안전 장치인 "INHIBIT" 기능이 발전기 기동 52E 접점을 받지 못해 생긴 현상이다.

그러나 SA 자체가 반영구적이고 또한 한번 도통 후 재 사용이 가능한 형태이나 왜 완전 소손되었는지? 또 소손되었으면 기동부터 또는 운영중에 항상 Swing을 해야 하는데 왜 간헐적으로 현상이 일어났는지에 대한 의문점이 남아 있다.

## [참 고 문 헌]

- [1] 두산중공업: Digital Excitation Manual Tab4 2001
- [2] "POWER SYSTEM STABILITY AND CONTROL", p315-373 P.KUNDUR
- [3] 한국수자원공사: "발전기여자시스템 연구보고서" p33-40 2001