

여자시스템 자동-수동 전환 문제점에 대한 분석

옥연호\*,이은웅\*\*,변일환\*,이형묵\*,최홍열\*  
한국 수자원공사\*,충남대학교 전기공학과\*\*

The Analysis on AVR-MVR Conversion Trouble for Excitation System

Ok, Yeon-Ho. Lee, Eun-Woong. Byun, Il-Hwan. Lee, Hyoung-Mook. Choi, Hong-Yeol  
Energy Business Dept. Korea Water Resource Corporation,  
Chungnam National University Engineering

Abstract - The Analysis on AVR-MVR conversion trouble for Excitation System

AVR-MVR conversion is a very important function to transfer AVR to MVR when the grid has abrupt changes or the control system has some problems. Therefore through studying on AVR-MVR transfer scheme, and problems which might happen when transferring, we would like to enhance the stability of generator and control system.

1. 서 론

발전기 여자시스템의 자동-수동 전환은 계통에 갑작스런 변화나 제어 계통에 문제가 생겼을 때 자동적으로 변환되는 아주 중요한 설비이므로 이에 대한 제어 체계에 대하여 검토하고 또 전환시 발생하는 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.

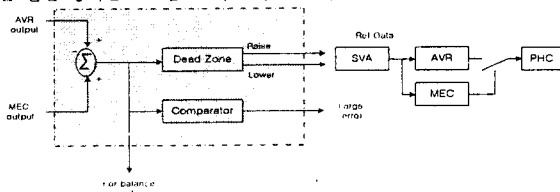
여자시스템의 구성은 여자 전원 공급 설비, 정류기(Rectifier), 브러쉬 및 Slip Ring, AVR 등이며 발전기의 규모 및 여자 전원 공급 방식에 따라 여러 종류로 나누어 진다.

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.

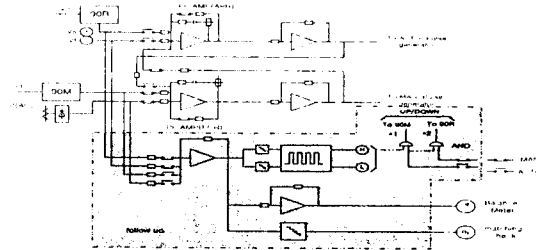
발전기가 장거리의 송전 계통에 연결되어 있는 경우에는 계통에 필요한 과도 안정도를 충족시킬 수 있는 응답 특성이 좋은 여자 시스템이 필요하게 되어 이러한 것에 적당한 정지형 Thyristor 여자시스템이 사용되고, 현실적으로 최근에 건설되는 대용량 발전소에서는 거의 정지형 Thyristor 여자시스템이며, 기존 발전소의 AVR을 교체하는 경우에도 여자 시스템은 이 방식을 적용하여 개조하고 있는 추세이다.

2.2 AVR-MVR

발전기 전압을 제어한다는 목적은 동일하지만 제어를 위한 검출은 다르다. 즉, AVR 은 발전기 전압을 검출하여 제어 신호를 출력하고 MVR 은 FCR 이라고 표현하는데 계자 전류를 검출하여 제어한다. AVR에서 MVR으로의 전환은 AVR 계통에 문제가 발생되었을 때 이루어지며 이를 통하여 발전기를 정지하지 않고 계속 운영하여 계통에 기여하는 주요 설비별 회사별 전환 방식은 <그림2-1>,<그림2-2>와 같다.



<그림 2-1> Toshiba 사의 AVR-MVR 전환 체계



<그림 2-2> Fuji 사의 AVR-MVR 전환 체계

2.2.1 AUTO Mode(AVR) ⇄ MANUAL Mode(MVR)

발전기 전압과 무효전력은 90R로 조정하고, Balance Meter 가 0V 로 지시 할 때 MANUAL Mode 로 전환한다. 이때 BM 을 "0"V 되게 하는 것은 90M 이며, 이는 AFU(자동 추종 장치 : Auto Follow Up)가 자동 조절한다.

2.2.2 MANUAL Mode(MVR) ⇄ AUTO Mode(AVR)

발전기 전압과 무효전력은 90M로 조정하고, Balance Meter 가 0V 로 지시 할 때 Auto Mode 로 전환한다. 이때 BM 을 "0"V 되게 하는 것은 90R 이며, 이는 AFU(자동 추종 장치 : Auto Follow Up)가 자동 조절한다.

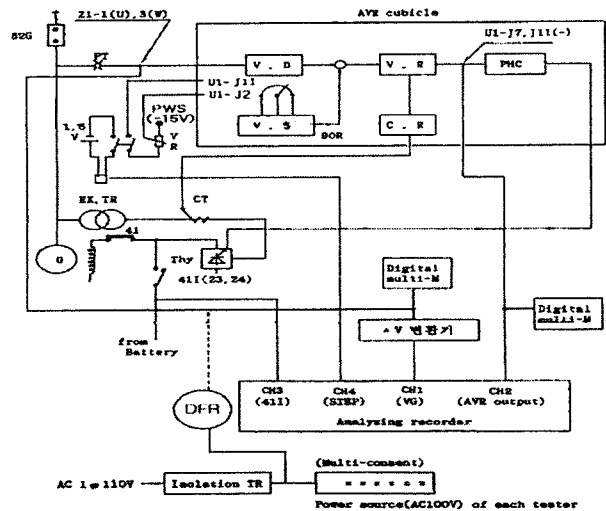
2.2.3 AUTO FOLLOW-UP (AFU)

AUTO FOLLOW-UP System 은 AVR 및 MVR Mode에서 동작한다. 즉, 발전기의 電壓과 무효전력을 90R(AVR MODE)로 調整하면, 90M(MVR MODE)은 자동적으로 추종(Follow-Up)하고, 90M(MVR MODE)으로 調整하면 90R(AVR MODE)은 자동적으로 추종(Follow-Up)한다.

2.3 시험 방법 및 시험 결과

2.3.1 시험 방법

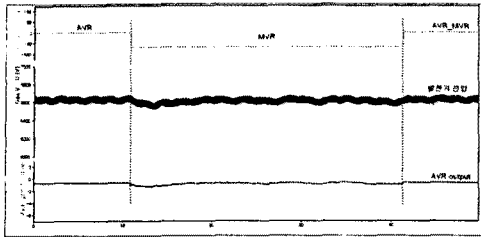
시험 결선도는 그림2-3과 같고 발전기 전압을 검출하면서 AVR-MVR 절체 스위치를 전환하며 자동 기록한다.



<그림 2-3> 시험 결선도

**2.3.2 시험 결과**

시험 결과는 그림2-4와 같으며 판정은 전압의 과도한 변화없이 안정적이므로 양호하다.



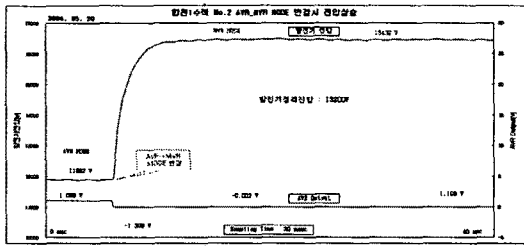
<그림 2-4> AVR-MVR 절체 시험

**2.4 자동-수동 전환 문제점**

**2.4.1 여자시스템 수동모드시 전압급상승 현상**

가. 현상

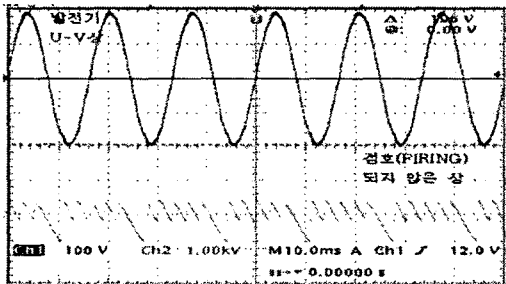
AVR → MVR MODE 변경시험시 그림 2-5처럼 발전기 전압이 정격전압(13,200V)의 124.8%인 16,482V로 급격히 상승하는 현상이 발생하였고 자동모드로의 재 절체 및 90M을 이용한 전압조정이 되지 않음.



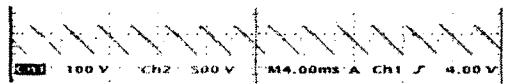
<그림 2-5> 수동모드 변경시 전압 급상승 파형

나. 수동절체시 계자전압 파형 측정

발전기 전압 상승 현상을 파악하기 위해 계자전압의 파형을 측정한 결과 그림 2-6과 같이 사이리스터 한 상의 점호(FIRING)가 되지 않는 것을 확인.



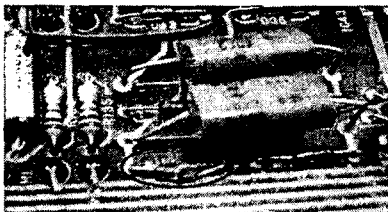
<수동절체시 계자전압 파형>



<그림 2-6> 계자전압 파형

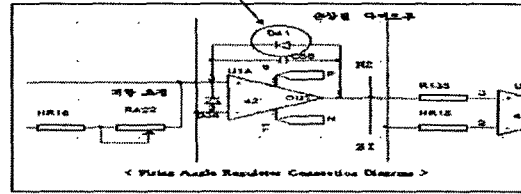
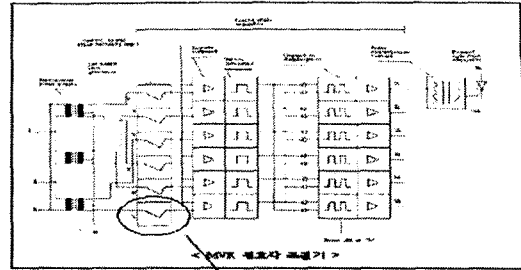
다. PCB 점검

PCB 기판을 육안 점검한 결과 그림 2-7과 같이 손상된 다이오드를 발견하여 교체



손상된 다이오드

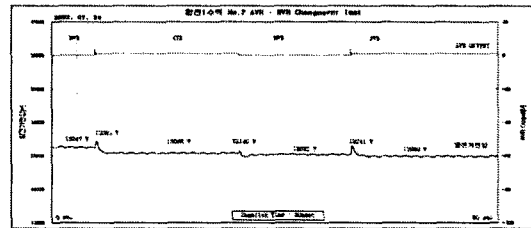
<그림 2-7> 손상된 다이오드



<그림2-8> 소손 다이오드 회로도

라. 조치 후 시험 결과

다이오드(D140) 교체후 AVR-MVR MODE 시험기동결과 그림 2-9와 같이 전압변동이 없음

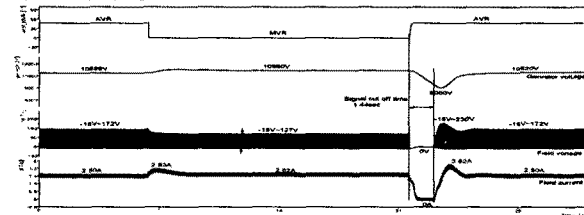


<그림2-9> 조치후 시험 결과

**2.4.2 수동모드에서 자동모드 절체시 제어신호 단절 현상**

가. 현상

자동모드에서 수동 모드로 절체시에는 이상이 없으나 수동모드에서 자동모드로 절체시 그림2-10과 같이 일시적으로 제어 신호가 단절되어 발전기 전압이 하강함.



<그림2-10> 제어 신호 단절 현상 곡선

나. 현상 분석

현상이 지속되면 계자상실 계전기가 동작하여 발전기를 정지시킬 것이며 계자상실 계전기가 고장나 부동작해도 유도발전기로 계속 운영되기 때문에 문제가 없으나 정상적인 수차발전기의 운영이 아니므로 단절시간이 길어지는 것을 주기적으로 확인할 필요가 있다.

**3. 결 론**

발전기 여자시스템 기능중 AVR-MVR 전환에 대한 개념 및 문제점에 대하여 연구한 결과, 다이오드 소손시 전압이 상승하였고 제어신호 단절시 전압이 하강하는 현상이 전력 계통 비상시에 기능을 상실하여 수차발전기를 정지해야만 하는 사고로 연결될 수 있으므로 정기적인 시험을 통하여 설비를 안정되게 관리하는 것이 중요하다.

**[참 고 문 헌]**

[1] IEEE 421.1 "Definitions for excitation systems for synchronous machines", IEEE Power Engineering Society, 1986.01.01  
 [2] 옥연호, 이은웅, "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.