

수력발전소 자동제어설비 시험용 신호변환장치 개발에 관한 연구

변두균^o 장문성 김주현
한국수자원공사

A Study on Development of Signal Conditioner for Test of Automatic Control Equipments in Hydro Power Plant

Doo-Gyoon Byun Moon-Soung Chang Ju-Hyeon Kim
KOREA WATER RESOURCES CORPORATION

Abstract - Automatic control equipment in hydro power plant, such as turbine governor or automatic voltage regulator have to act promptly against for variation of power system, so it is necessary to check and test continuously. During last five years, the performance test of automatic control equipment was performed about 20 units of hydro turbine generator. In this process, because it has complex connection and before calibration, signal conditioner was developed as an auxiliary equipment for performance test. It includes function of signal amplifier, transducer, and meters. As a result of use this equipment for electric governor test at soyang-gang hydro power plant, it was possible to find output data equal to old one.

1. 서 론

발전프랜트에 있어서 수차속도를 조정하는 조속기나 발전기의 단자전압을 일정하게 조정, 유지하는 자동전압조정장치 등의 제어설비는 발전설비의 중추적 기능을 담당하는 매우 중요한 설비로써 부단한 성능의 관찰, 조사, 분석 등이 요구된다. 특히 수력발전소의 경우 그 운용 특성 상 원자력이나 화력과는 달리 전력계통의 침투부하 변화에 즉시 응동 하여야 하므로 설비운전의 안정성 확보와 주파수 및 전압제어에 있어 보다 확실한 속응성을 요구하게 되며, 따라서 이와 같은 기능을 직접 수행하게 되는 제어설비는 대단히 중요하게 인식되고 있다. 이와 같은 제어설비의 성능확보 및 유지를 위해 지난 5년간 총 20기의 수력발전소 제어설비에 대하여 매 2년 주기로 시험을 실시하였다.

그러나 주요 동작신호의 취득을 위해서는 각종 시험기기를 여러 사업장에서 수배하여야 했고, 결선 및 캐리브레이션에 장시간이 소요되었으며, 장비사용, 신호 취득, 데이터 분석 등에 전문성과 숙련도가 요구되었다. 또한 시험자의 성향에 따라 시험데이터 취득·해석의 일관성이 결여되었다.

따라서 이와 같은 시험방법 및 과정 상의 개선을 위해 각종 증폭기, 변환기, 측정기, 모의신호입력장치의 기능을 내장한 신호변환장치를 제작하여 발전소 별로 일정치 않은 입력신호를 배율조정을 통해 출력 표준화 시킴으로서 종전의 복잡하고 번거로운 시험방법을 개선하였다. 또 신호검출유니트를 제작·설치하여 시험 시간단축 코드의 연결만으로 현장 신호 취득이 가능토록 하였다.

2. 데이터 취득 과정

수력발전소의 주된 제어설비인 전기조속기 또는 자동전압조정장치는 제어시스템의 출력이 기준입력과 일치하는가를 항상

비교하여 일치하지 않을 때에는 그 차에 비례하는 동작신호가 시스템에 다시 보내져 오차를 수정하는, 즉 제어동작이 입출력 간의 함수관계로 이루어지는 대표적인 폐루프제어계이다.

시험은 각각의 설비에 대하여 동특성 시험과 정특성 시험으로 이루어지며 동특성 시험을 통해 얻은 제어계의 종합특성이 양호하게 해석, 판정되었을 때에는 정특성시험은 생략된다.

조속기에 대하여는 수차 기동특성, 주파수설정부 조정특성, 과도응답특성 등이 조사되며 수차의 회전속도 안정까지의 소요시간(Ts)이 적정한지, overshoot가 과도하게 발생되지 않는지 그리고 주파수설정부의 초기설정치가 회전속도의 안정이나 과도한 overshoot를 고려, 적정하게 설정되어 있는지를 확인하게 된다.

또 자동전압조정장치에 대하여는 자동전압설정기 조정특성, 초기여자 전압확립 특성, 과도응답 특성 등이 조사되며 전압 확립 시 발전기 전압의 hunting 현상은 나타나지 않는지, overshoot가 발전기 정격전압의 120%를 초과하지 않는지 그리고 안정시간은 적정하며 2차진동 현상은 나타나지 않는지 등을 판정의 기준으로 하고 있다.

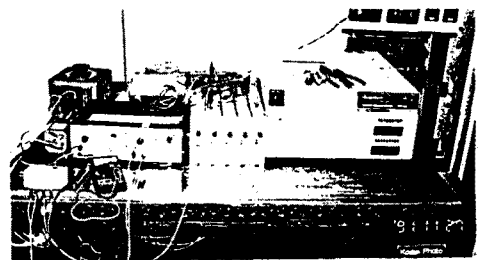


사진 1. 신호변환장치 개발 전 주시험장치 입력신호 변환용으로 사용되던 각종 변환기

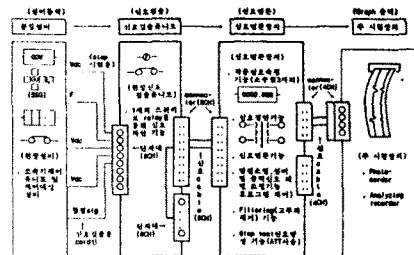


그림 1. 시험장치 및 시험대상설비 구성도(조속기)

측정코자 하는 여러 형태의 신호는 출력신호의 형태에 따라 사진 1에서와 같은 여러 대의 신호변환기를 거치게 되고 이는 그림 1과 같은 경로를 통해 주시험장치인 analyzing recorder 또는 photo corder에서 그림 2와 같은 형태로 출력된다. 신호 변환장치 만을 사용하여 시험 할 경우 이와 같은 변환기의 대부분은 생략할 수 있었다.

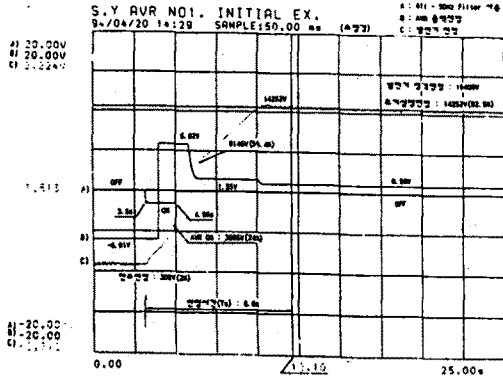


그림 2. Analyzing recorder를 통해 출력된 소양강수력발전소 자동전압조정장치의 초기 여자특성

3. 설계 및 제작

신호변환장치는 그림 3과 같이 80386DX를 CPU로 하는 제어부와 하드 및 플로피 디스크드라이버의 보조기억장치, membrane keypad 방식의 입력장치, 그리고 각종 신호를 요구하는 신호로 변환시키는 기능카드 등으로 구성되어 있다. 사진 2에 실제 제작된 신호변환장치의 외관을 보인다.

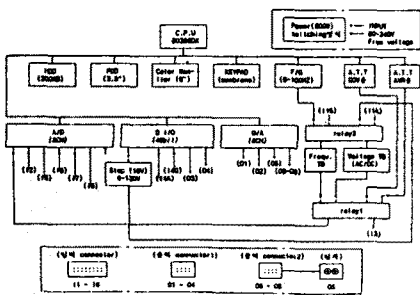


그림 3. 신호변환장치의 구성도

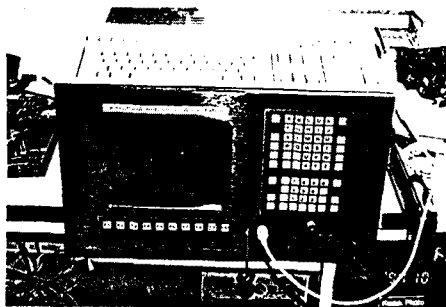


사진 2. 제작 완료된 신호변환장치 외관

장치는 시험 중 시험대상설비에 어떠한 영향도 주지 않도록 입력 저항을 최소한 10kΩ 이상으로 하는 것을 기본조건으로 하였다. 각 채널 별로는 고주파 성분을 제거할 수 있는 필터

기능을 선택적으로 조정할 수 있도록 하였으며 발전소별, 설비별로 각각 다른 시험대상설비로부터 받은 주파수, AC전압, DC전압 등의 신호를 일정한 DC전압으로 변환시키고 이를 표 1과 같이 프로그램에 의해 다양한 레벨의 출력신호로 조정될 수 있게 하였다.

또 과도응답 특성시험을 위해 발전소별 및 설비별로 각각 다른 저항값이나 또는 DC전압을 계단입력으로 발생시켜 설비에 인가시킬 수 있게 하였고, 각종 입력신호를 실시간으로 동시에 측정하여 화면에 표시하는 metering 기능도 갖도록 하였다. 부품이 내장된 장치의 크기는 500x440x270mm 이내로, 총 무게는 30kg을 넘지 않도록 하여 운반이 빈번한 시험기기의 이동 편의성을 고려하였다.

표 1. 신호변환장치 채널별 입·출력 신호 내역

구분	채널 번호	신호내역	신호종류	신호값	용도	
입력	11	Vg(발전기전압)	VAC	0~110V/0~100%	AVR	
		RPM(PMG속)	F	0~60Hz/0~100%	GOV	
	12	AVR output	VDC	0~±10V	AVR	
		GOV output	VDC	0~±10V	GOV	
	13	AVR testing signal	R(VDC)	0~50kΩ or (0~±10V)	AVR	
		GOV testing signal	R(VDC)	0~50kΩ or (0~±10V)	GOV	
	14	Ex. signal	집점신호	"a" 집점	AVR	
		GEN start signal	집점신호	"a" 집점	GOV	
	15	GV stroke	VDC	0~10V	GOV	
	16	RPM(SSG 속)	VDC	0~10V	GOV	
	17	spare 1	VDC	0~±10V	spare	
	18	spare 1	VDC	0~±10V	spare	
	출력(1)	01	Vg / RPM	VDC	0~10V	주 시험
		02	AVR/GOV output	VDC	0~±10V	기기
		03	AVR/GOV step	VDC	0V, 1V	입력
		04	Ex. / start signal	VDC	0V, 1V	신호
	출력(2)	05	DC calibration	VDC	0~±10V	calibrate
		06	spare 3	VDC	0~±10V	spare
07		spare 1	VDC	0~±10V	spare	
08		spare 2	VDC	0~±10V	spare	

운용프로그램으로는 C언어를 사용하였으며 장치 내 모든 부분에 있어서의 제어는 프로그램으로 이루어진다. 발전소별, 시험대상 설비별, 주시험기기별 및 각 채널별로 입·출력 신호 레벨 설정을 모니터를 통해 간단한 키조작으로 제어할 수 있도록 menu driven 방식으로 되어 있다.

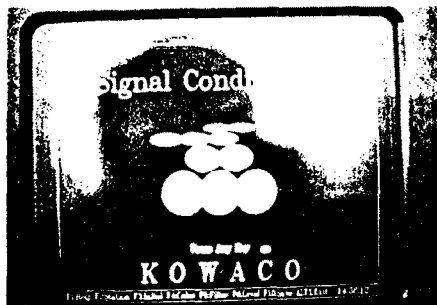


사진 3. 신호변환장치의 초기 화면

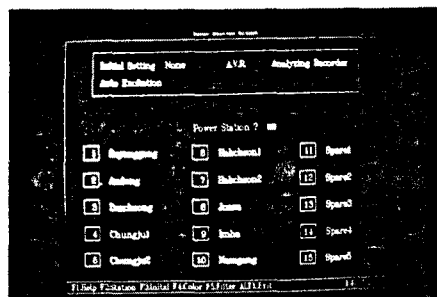


사진 4. 발전소 선택 화면

프로그램의 내용은 장치를 가동하면 사진 3과 같은 초기 화면이 나타나면서 사진 4와 같이 시험하고자 하는 발전소를 요구한다. 발전소의 선정은 소양강수력 외에도 12개 발전소까지 가능하다. 발전소가 결정되면 다음 화면에서는 초기 설정 작업을 할 것인지, 또는 측정에 들어가는지, 신호 calibration을 수행할 것인지를 묻는다. 같은 화면 내에서 시험대상설비를 선택해야 하고, 제어계의 특성이 출력되는 주시험장비가 어느 것인지를 선택한다. 사진 5에서 설정화면을 보인다.

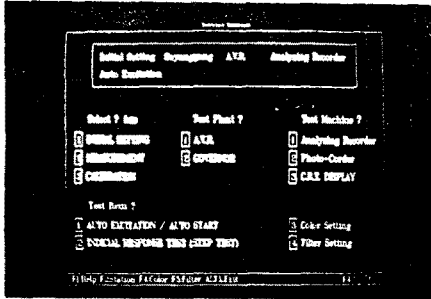


사진 5. 시험대상설비 및 시험종류별 선택 화면

이상과 같은 과정을 거쳐 원하는 모든 설정이 완료되면 화면 위에 있는 navigation window상에는 이제까지 설정한 내용이 표시되어 현재의 상태를 자세하게 알려준다. 이후 부터는 설정된 화면에 의해 입·출력 신호레벨의 초기치를 결정한다든지 또는 입·출력 데이터를 측정할 수가 있다.

4. 현장 적용시험

신호변환장치를 실제 시험에 적용하기 위하여 사진 6과 같은 신호검출유니트를 제작하였다.

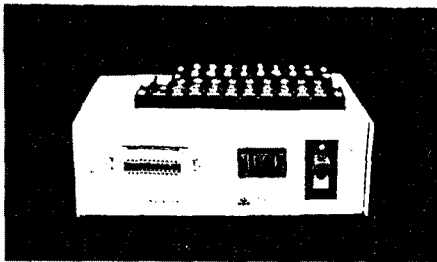


사진 6. 신호검출유니트

본 유니트는 각 발전소의 조속기 또는 자동전압조정장치로부터의 신호를 측정점으로부터 검출하여 용이하게 신호변환장치로 입력시키는 데 사용된다. 1개의 스위치로 모든 채널신호와 전원을 차단할 수 있게 제작하였다. 또 발전소 제어설비 큐비클 내에 상설 부착됨을 감안, 200x100x100mm의 소형으로 하였

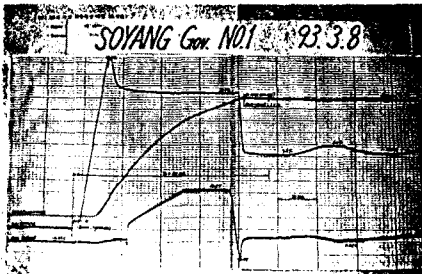


그림 4. photo corder에 의해 얻은 소양강수력발전소 조속기 특성(93년 3월)

으며 입력 측은 100V용 전원단자를 포함하여 9채널, 출력 측은 8채널의 케이블 connector로 구성하였다.

95. 3월, 제작된 신호변환장치를 소양강수력발전소 조속기 성능조사시험에 적용하였다. 그 결과 93년 3월에 얻은 출력값인 그림 4와 신호변환장치를 사용하여 얻은 그림 5의 출력은 같게 나타남을 확인할 수 있었다. 단 93년에는 주시험장치로 photo corder를, 95년에는 analyzing recorder를 사용하였다.

SOYANG Gov. NO.1 95.3.30

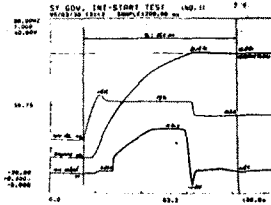


그림 5. analyzing recorder에 의해 얻은 소양강수력발전소 조속기 특성(95년 3월)

5. 결 론

신호변환장치의 개발을 완료하고 소양강수력발전소 수차조속기 시험에 적용한 결과

- 1) 종전 10여종 이상의 측정 기기가 수배·동원되어야 가능했던 성능조사시험이 3종 3대로 가능하였고
- 2) 결선 및 사전 조정이 생략 또는 단축될 수 있었으며
- 3) 표준화된 데이터의 수집으로 일관성 있는 시험 데이터를 관리할 수 있었다. 또한
- 4) 복잡한 결선으로부터 발생할 수 있는 오결선의 우려를 사전 배제함으로써 시험의 안정성을 확보할 수 있었고
- 5) 디지털 데이터의 직접 취득이 가능하여 업무 전산화 구현의 용이한 집단을 확인할 수 있었다.

6. 참고문헌

- [1] 千熙英, 洪奉植, 林春培, 自動制御系統, 清文閣, 1994, pp. 3-4, 186-187
- [2] 金昌錫, 鄭 勳, 制御工學, 東逸出版社, 1994, pp.16
- [3] 한국수자원공사 연구원, "발전설비 시험과정(1)", 1995. 10. pp 311-315, 373-377
- [4] 한국수자원공사, "수력발전소 제어설비 시험방법 표준화", 발전시리즈 T-93-83, 1993, 12
- [5] 한국수자원공사, "'94 자동제어장치 성능조사분석 보고서", 발전시리즈 T-95-93, 1995. 2.