

수력 터빈제어시스템 모의제어기 구성을 위한 데이터 분석

정창기, 김종안, 우주희 (전력연구원)

Data analysis for Simulator of hydro turbine-governor

Jeong Chang-Ki, Kim Jong-An, Woo Joo-Hee (KEPRI)

Abstract

국내에 설치되어 있는 수력발전설비의 많은 부분이 노후화되고 있으며 디지털 시스템의 발전으로 발전소의 제어시스템도 디지털시스템으로 설비개체가 많이 시행되고 있다. 특히 부가가치가 높고 연구개발이 미진한 터빈 조속기 제어시스템 분야의 국산화가 시급한 실정이다. 본 논문에서는 수력발전소 수차제어를 디지털 제어시스템으로 개발하기 위하여 기본 자료로서의 각 운전 단계별로 데이터를 취득하고 분석하여 제시하였다.

1. 개요

수력 발전소 조속기에 관련된 자료중 수차의 설계자료, 기계적 자료, 전기적인 자료 등을 조사하였다. 조사된 자료는 이러한 수차의 기술적인 자료들을 추후 디지털 조속기 시스템의 응용프로그램에 반영할 수 있을 것이며, 조속기와 관련된 기계적 혹은 전기적인 기구 등의 변경 시에 실제의 기초자료로써 활용될 것이다. 특히 이러한 자료들은 수차터빈이 초기의 건설 후 시운전 때의 성능과 개조후의 성능을 비교할 수 있는 자료이다.

2. 섬진강 수력 자료조사

유효낙차(m)	158.99	150.86	144.20	129.38
유량(m ³ /s)	11.27	10.99	10.67	9.94
수차출력	14500	14500	13500	11250

[표 1]

유효낙차에 대한 유량과 수차발전기 출력

유효낙차(m)	수 차 출 력(%)			
	100	80	60	40
수 차 효 율(%)				
158.99	90.7	90.4	87.1	80.9
150.88	89.3	90.7	87.9	82.2
144.2	89.6	90.7	87.7	81.0
129.38	89.3	89.9	86.6	81.0

[표 2] 수차 효율

- 유효낙차 150.86m, 출력 14500 Kw 때
갑자기 차단했을 때의
최대순간속도상승률 : 43 %
- 정상운전시 조속기의 감도 : 0.1 %
- 조속기의 속도조정을 : $\pm 10 \%$
- 무부하에서 전부하까지의 속도 변동의
조정범위 : 0 (Zero)
- 영구속도변동율(Permanent Speed Droop)
: 무부하에서 정격속도의 90 % 최대
영구속도 변동율: 전부하 정격속도의 104%
- Governor의 전폐시 부동시간
(Dead Time) : 0.2 sec
- Governor의 열리는 시간 : 5.0 sec
- Guide Vane Servomotor 수량:1개
- Guide Vane Servomotor 정격 Stroke
: 239 mm
- Guide Vane Servomotor 용량 :
6000 m - kg (유압 14.5 kg/cm²)

3. 데이터 취득

터빈의 제어 알고리즘을 구성하기 위해 터빈을 계통병입 전 무부하 정격 속도에서 Pilot Valve를 약 5 ~ 6%, 계통 투입 후 전부하에서 출력을 약 3.3MW 증·감시키면서 수차의 운동 상태를 계측하였다. 데이터 취득은 터빈 조정반의 Data Logging Box에서 수행하였으며 계측된 신호는 [표 3]과 같다.

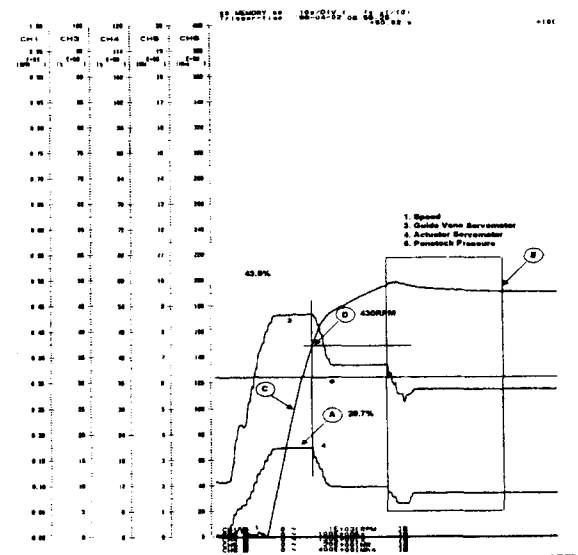
3.1 수차 기동

[그림 1]는 수차터빈을 정격속도까지 기동시키고 데이터를 취득 한 그림이다. Actuator Servomotor와 Guide Vane Servomotor 가 각각 20.7%, 43.5% 개방 됨에 따라 터빈의 속도가 상승하게 된다. 이 두

Servomotor는 터빈의 속도가 430RPM이 될 때까지 개도를 유지하며 430RPM 이상 속도부터 두 Servomotor가 동작하는 상태를 볼 수 있다. 그 후 조속기는 설정된 정격속도를 유지하기 위하여 터빈의 속도를 안정시키는 과정을 볼 수 있다.

구분	입력 값	출력 값	입력 저항
Actuator Servomotor	0 ~ 60mm	4 ~ 20mA	250Ω
Guide Vane A	0 ~ 318mm	0 ~ 1mA	2kΩ
Guide Vane B		0 ~ 1mA	2kΩ
RPM	0 ~ 1000rpm	0 ~ 1mA	2kΩ
MW	0 ~ 20MW	0 ~ 1mA	2kΩ

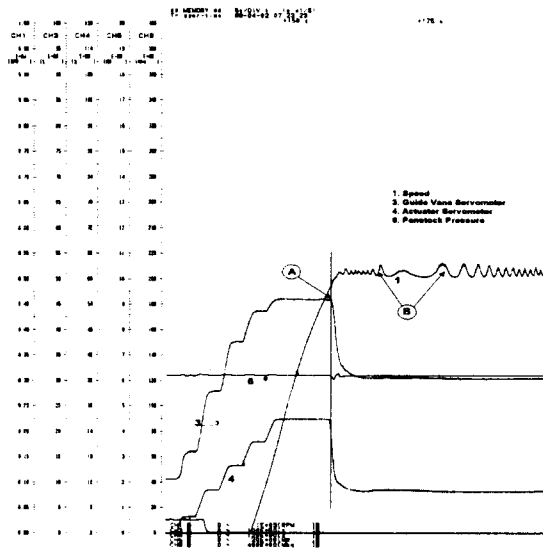
[표 3] 계측 신호 종류



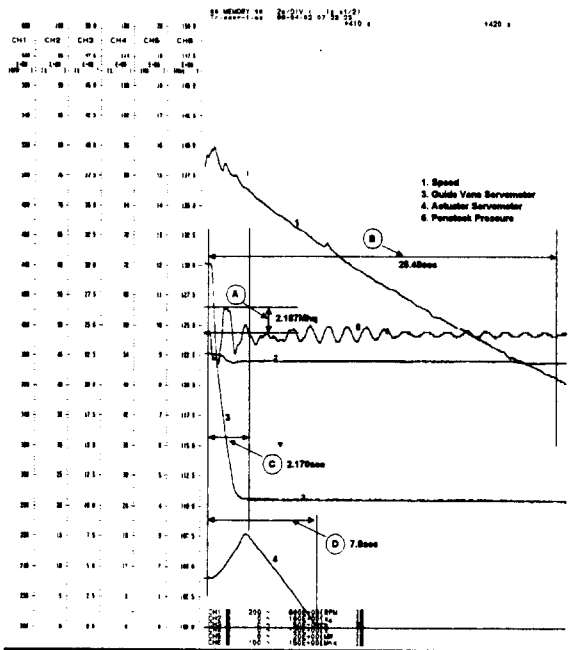
[그림 1] 기동후 여자전류 투입전의 각 신호

[그림 2]는 터빈을 기동하여 속도가 상승하는 중간에 여자전류를 투입하였을 때를 나타낸다. 여자전류의 투입 후 조속기는 약간의 속도 난조를 보이고 있다. 그러나 이러한 여자전류 투입후 속도의 난조가 실제 터빈의 속도의 난조인지 아니면, 여자전류로 인한 노이즈인지를 명확히 판단할 수 없어 정확한 속도 측정

용 장치를 통해 검출이 필요할 것으로 판단된다.



[그림 2] 기동 후 여자전류 투입



[그림 3] 무부하 정격속도에서 정지

3.2 무부하 정격속도에서 정지

[그림 3]은 터빈을 무부하 정격속도에서 운전하

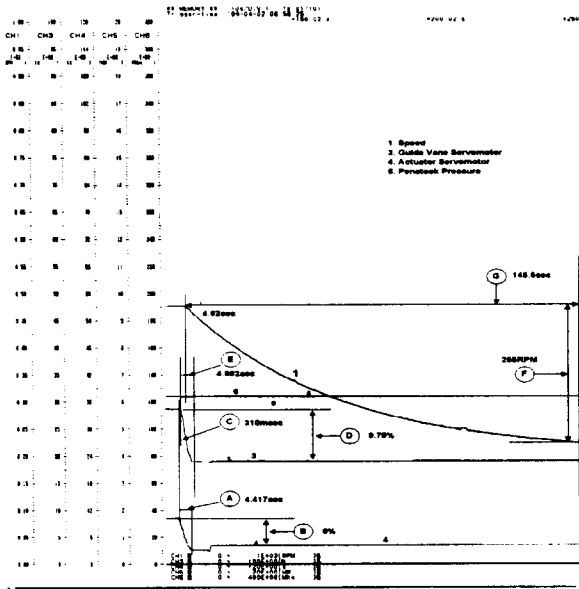
다가 정지시켰을 때 데이터를 취득하였다. Actuator Servomotor와 Guide Vane Servo motor 각각의 출력이 감소하는 것을 볼 수 있으며 완전히 닫혀질 때까지의 시간은 각각 2.17sec, 7.8sec로 정도 걸린다. 수압은 최대 2.187Mhq 변화하였으며 안정될 때까지 시간은 25.48sec 이다.

3.3 무부하 정격속도에서 Actuator Servomotor 증·감

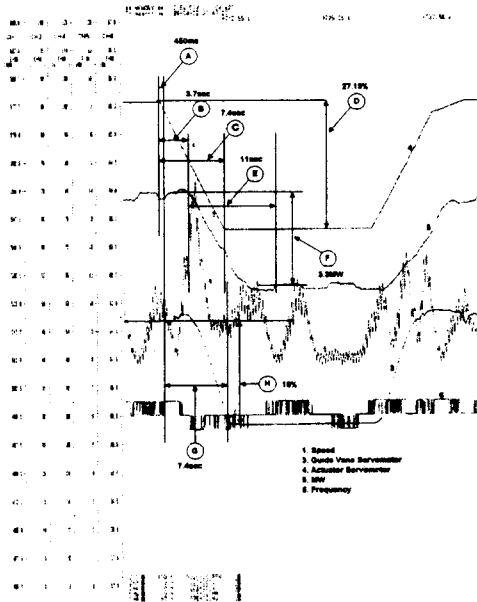
[그림 4]는 무부하 정격속도에서 수동 조작을 통해 Actuator Servomotor의 개도를 약 6% 정도 닫았을 때의 데이터를 측정된 것이다. 이때 걸리는 시간은 4.417sec 정도이며 Guide Vane 서보모타는 4.882sec 동안 9.75% 움직였고 두 Servomotor의 지연 시간은 310msec이다. Guide Vane 서보모타가 닫히며 속도가 255RPM 감소하였고, 이때 걸리는 시간은 145.5sec임을 이며, 무부하 정격속도에서 수동 조작을 통해 Actuator Servomotor의 개도를 약 5.4% 정도 열었을 때의 데이터를 측정에 걸리는 시간이 4.2075sec 정도이며 Guide Vane Servo motor는 4.62sec 동안 7.65% 움직였고 두 Servomotor의 지연 시간은 330msec이다. Guide Vane Servomotor가 열리면서 속도가 235RPM 증가하였고, 이때 걸리는 시간은 140sec이다.

3.4 발전기의 출력을 약 3.3MW 증·감

[그림 5]는 발전기의 출력을 약 3.3MW 증가하거나 감소하였을 때 데이터를 측정된 그림이다. 발전기 출력의 제어는 Load Limiter를 조정하여 3.3MW 감소시켰고 이때 Actuator Servo motor는 18%정도 감소하였으며 7.4sec 소요되며, Guide Vane Servo motor는 27.18%정도 감소하였으며 7.4sec 소요된다.



[그림 4] 무부하 정격속도에서 Actuator Servomotor
6% 감소



[그림 5] 발전기의 출력을 약 3.3MW 증감

[참 고 문 헌]

1. 섬진강 수력발전소 운전조작 설명서
한국전력 1982..
2. 계측제어 편람 한국전력 1999