

### 터빈 속도신호의 자동백업 시스템 개발

\* 김관행\* 김호찬\*\*  
\*한국전력, 북제주화력 \*\* 제주대학교 전기공학과, 산업기술연구소

### Development of automatic backup systems for turbine speed signal

\* Kwan-Haeng Kim\* Ho-Chan Kim\*\*  
\* KEPCO, Pukcheju Thermal Power Plant \*\* Cheju National University, RIIT

**Abstract** - A speed signal of governor, which control the output and speed of a generator, is important because a signal failure can be causing the shutdown of a power plant. thus, it is necessary to introduce switching method with two complementary signal. This paper presents a comparative study of speed signal switching methods. One of the proposed methods has been tested at a power plant in Pukcheju and the approach described here is expected to be of wide applicability.

#### 1. 서론

발전기의 출력과 속도를 제어하는 조속기(governor)는 원동기 속도를 감지하여 이를 조속기 제어장치의 계환(feedback) 신호로 하는 속도검출은 필수적인 요소이다[1]. 조속기에 사용되는 속도 검출기는 원동기와 가장 가까운 곳에 위치하므로 진동, 고열 등이 있는 현장에 설치되어 오동작, 단자풀림 및 특성변화 등으로 속도 신호가 상실되어 불시에 발전정지가 되는 사례[2]가 많이 발생되고 있다. 최근 새로운 설비들은 장치의 이중화되어 속도신호 상실로 인한 발전정지는 개선되었지만 아직도 구 설비의 조속장치는 개선된 형태의 기기로 교체시 비용이 매우 높고 관련 기기의 특성 파라미터의 정확한 연구가 이뤄져야 하는 등 여러 가지 문제점을 가지고 있어 이를 계속적으로 사용할 수밖에 없는 실정이다.

본 논문에서는 속도신호가 이중화 되어있지 않은 구 형태의 조속설비에서 가장 취약한 속도검출계통의 이중화를 연구하여 발전설비의 신뢰성을 향상시키고자 한다. 이를 위해서는 속도검출 이중화를 위한 여러가지 방법과 이에 따른 실험을 하고 적용대상 발전설비(북제주 가스터빈)를 선정, 직접 발전플랜트에 적용하여 그 신뢰성과 유효한 가치를 인증 할 수 있도록 한다.

#### 2. 본론

##### 2.1 적용 대상설비의 현황 및 문제점

###### 2.1.1. 설비 현황[3]

북제주 화력 가스터빈 165MW(55MW×3)는 최근 제주 지역의 높은 전력 수요 증가에 대처함은 물론 계통상황에 따라 긴급히 운전할 수 있는 비상발전기의 역할과 현재 운용중인 전력 해류연계(HVDC) 운전시 동기조상기로 다양하게 운용되고 있다. 이 설비의 제어시스템은 그림 1과 같다.

###### 2.1.2 속도 제어시스템의 문제점 고찰

그림 3과 같은 구형의 조속기 및 시퀀스 제어시스템의 문제점은 다음과 같다.

- 가. 엔진당 3개의 속도센서 검출신호 1과 2중 어느 한 개라도 검출신호가 없으면 발전 정지된다.
- 나. 속도센서는 고온 및 부식성 가스가 체류하는 곳에 설치되어 오동작 및 특성변화를 일으킬 수 있다 (타 기기들도 대부분 고열, 진동 등이 있는 곳에 설치되어 있다).

다. 속도센서의 오동작 및 특성 변화로 인하여 년 3회 정도 정도가 발전 정지됨으로 양질의 전력생산과 효율적인 발전 운영에 저해 되고 있다.

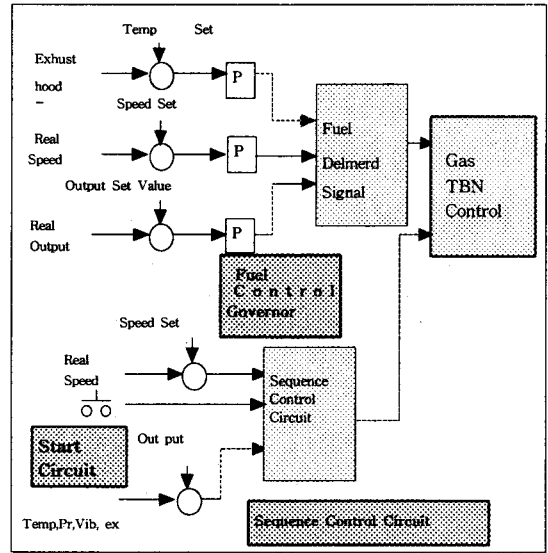


Fig. 1 Block diagram of control system in a gas generator

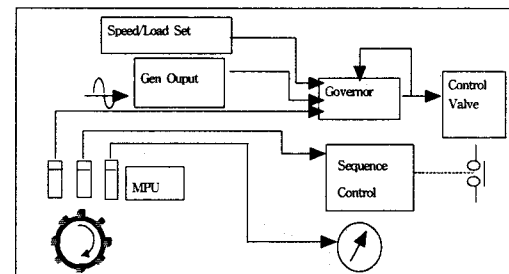


Fig. 2 The configuration of speed signal of a gas turbine in Pukcheju

##### 2.2. 속도 검출신호 이중화에 관한 연구

###### 2.2.1 High Signal Selector(HSS)를 이용한 이중화 장치

최근 이용되고 있는 속도신호 이중화 장치[5]이다. 그림 3과 같이 2개의 MPU에서 검출된 주파수를 이에 해당되는 직류전압으로 변환시킨다. 이 신호는 HSS 기능을 이용하여 이중 가장 높은 신호 1개만을 출력으로 선택하며 이 출력은 내부적으로 조속기용, 속도 릴레이용, 지시계 등의 신호로 분배

되어진다.

만약 운전중 2개의 MPU신호중 한개가 고장이 발생되더라도 High Selector에서 높은 신호만을 선택함으로써 발전 장치 없이 운전할 수 있다. 그러나 복제주 가스터빈 시스템에 적용시에는 V/F 변환장치가 필요하므로 시스템이 복잡해지고 오차가 클 수 있다

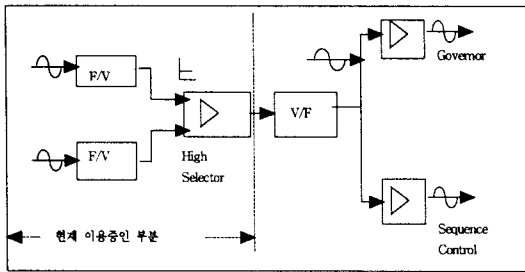


Fig. 3. The scheme of a speed signal switching method using a high signal selector (HSS)

### 2.2.2 Signal Detector(SD)를 이용한 이중화 장치

그림 4와 같이 2개의 MPU에서 검출된 속도신호의 건전성 유무를 판단할 수 있도록 하여 1개 신호가 이상시에는 아날로그 스위치에 의해 건전한 신호로 고속 절체가 되도록 한다.

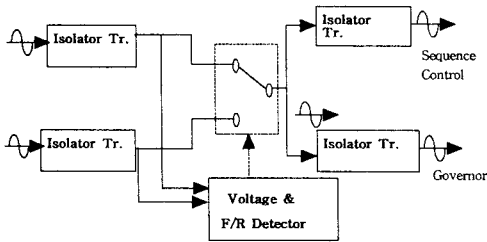


Fig. 4 The scheme of a speed signal switching method using a signal detector (SD)

### 2.4.3 Frequency Coupling(FC)을 이용한 이중화 장치

2개의 MPU에서 검출된 속도신호는 같은 치차에서 검출된 동일한 주파수이므로 전기적인 결합이 가능하며 속도신호를 이용하다가 그중 한개가 고장이 발생하여도 다른 한 신호에 의해서 계속적인 속도감지가 된다. 그러나 이 방식은 검출기 위상을 측정하여  $\pm 3\%$  이내의 위상 차가 있을 경우에만 이용이 가능하므로 적용범위가 매우 좁다. 적용시에는 MPU의 위상을 측정하여 동상일 경우에는 가능하나 다르다면 위상이 같도록 MPU의 위치를 재정렬하여야 한다.

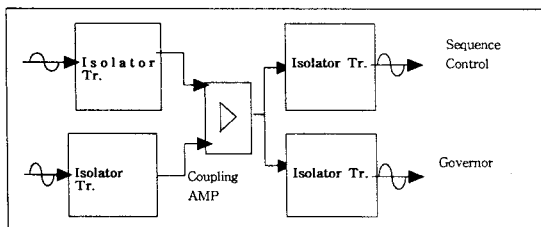


Fig. 5 The scheme of a speed signal switching method using a frequency coupling (FD)

## 2.3 SD를 이용한 속도신호 이중화 장치 개발 및 적용

### 2.3.1 신호감시장치 개발

적용 대상설비인 복제주 가스터빈설비의 여러 가지의 운전

조건(신뢰성, 신호의 정확성 등)과 속도검출신호 이중화에 관한 연구결과 등을 고려할 때 SD를 이용한 속도 신호 이중화 장치가 가장 적합하며 개발시 신호계통의 격리(signal isolation), 잡음(noise) 억제, 전원계통 이중화, 비정상적인 신호 감지시 고속 절체, 장치의 신뢰성 등에 주안점을 두고 발전설비에 적용한다.

### 2.3.2 구성 [7]

SD를 이용한 속도신호 이중화 장치의 전체적인 구성은 그림 6과 같으며 속도신호 이상유무 판별 및 절체과정은 다음과 같다.

가. 주파수 검출 신호검출(FED)은 단안정 멀티 바이브레이터를 이용하여 설정된 주파수 이하의 입력 속도 주파수를 변별한다. 즉, 정해진 속도 주파수보다 낮은 신호가 들어오면 그때 출력이 "1"→"0"이 되어 R/S 플립플롭으로 로직 출력을 내보낸다.

나. 입력세기 검출회로(IVD)는 입력 교류전압을 직류화(ripple과 noise 제거)하여 비교용 OP Amp를 통해 설정된 전압과 비교하여 입력신호의 이상상태를 감지한다. 이상시에는 아날로그 절체 스위치로 절체 신호를 보낸다.

다. 상기 두 회로의 출력신호는 NAND회로로 조합하여 아날로그 절체신호로 사용한다. 2개중 어느한 신호가 절체스위치로 출력되고 있는 중 이상이 검출되면 대기(standby)상태에 있던 다른 신호가 절체된다

출력신호는 아날로그 절체 스위치에서 출력된 신호를 출력변압기를 이용하여 신호의 세기를 증폭 및 절연시켜 조속기와 시퀀스 제어기에 속도신호로 보낸다

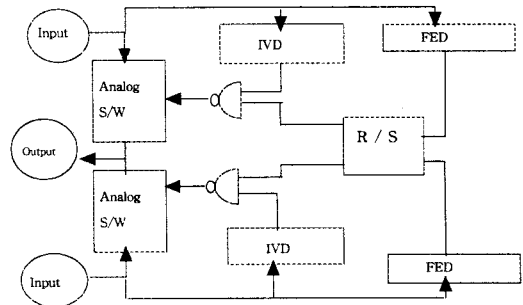


Fig. 6 The configuration of gas turbine control system using an automatic backup system

### 2.4 장치의 제작 및 시험

복제주 가스터빈 발전설비에 적용하는 SD를 이용한 속도신호 백업시스템을 전체적인 가스터빈 제어계통설비에 그림 7과 같이 구성하였으며 또한 실제 제작된 자동 백업 시스템을 가스터빈 설비에 적용하기 위해 시험설비를 그림 8과 같이 구성하여 중앙 제어실에서 실제시험을 하였다.

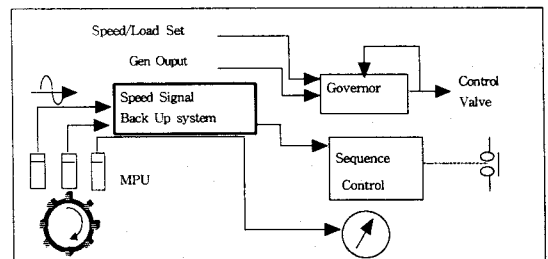


Fig. 7 The configuration of gas turbine control systems using an automatic backup system

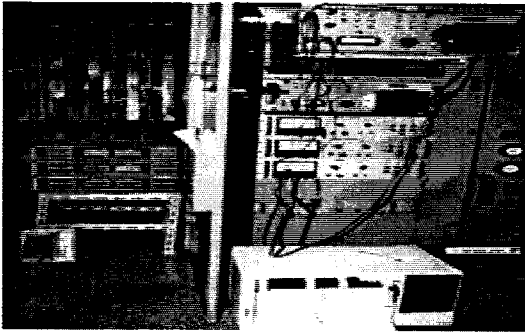


Fig. 8 Experimental test station using a proposed backup system in Pukcheju

### 2.4.1. 시험결과 분석

시스템 제작후 자체 절체시험을 그림 8과 같이 실시하였고 그 실험한 결과는 그림 9와 같다. 입력 1과 2에는 3600 RPM에 해당되는 속도신호(3.6 KHz, 치차 60개×60 RPS)가 백업시스템에 입력되고 있고, 입력 2의 신호로 자동 선택되고 있다. 이때 입력 2에 이상이 발생하면 때 자동적으로 입력 1의 신호가 선택되어 출력1 과 2로 보내지고 있음을 알 수 있다. 이와같은 절체시험을 여러차례 걸쳐 실시하였으나 신호절체시 불안정한 시간은 5msec이내였으며, 기록장치는 5ms/div(50ms×10)로 측정하였다.

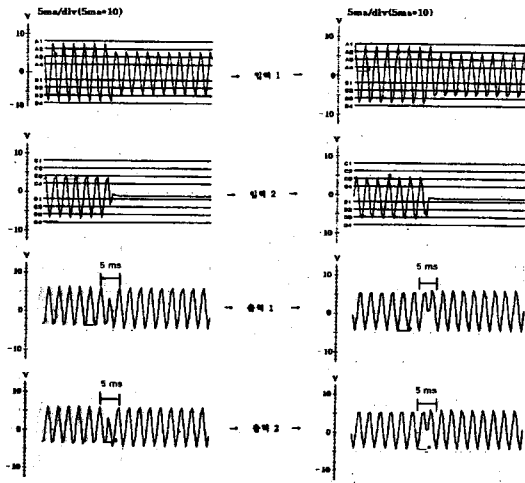


Fig. 9 The input and output signals during speed signal switching

그림 10은 실제 가스터빈 발전기를 운전하며 속도신호 자동백업 시스템을 시험한 출력결과이다 (출력은 500KW/세로 1칸, 측정속도는 2mm/sec, 10mm/가로1칸). 발전기 출력 5.0 MW운전중에 선택되어 있는 속도신호를 정지시켰을 때 타 신호로 자동 절체되었고 절체시 발전기 출력변동은 약 3.5 MW(Full load 55MW)출력이 상승되었다가 1.5초의 안정시간을 거쳐 정상적인 운전이 계속되고 있음을 확인하였다. 따라서 SD를 이용한 속도신호 자동백업시스템은 북제주 가스터빈 발전설비에 성공적으로 적용 가능함을 확인할 수 있었다.

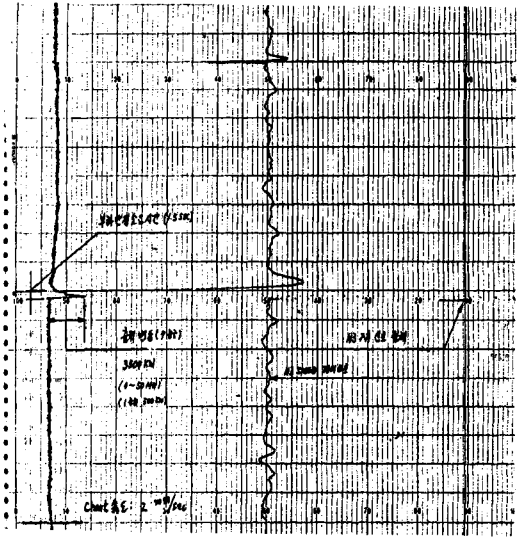


Fig. 10 The generator output of a power plant during speed signal switching in Pukcheju

## 3. 결 론

발전설비는 효율적인 운전과 신뢰성을 확보하는 것이 무엇보다도 중요하다. 한 개의 검출신호의 고장으로 불시에 발전정지가 된다면 이는 경제적인 손실은 물론 양질의 전력을 공급하는데 막대한 지장을 초래할 것이다.

본 논문에서는 발전설비의 조속기 중 속도검출이 한 개로 이루어진 구형 발전시스템을 대상으로 속도검출의 이중화를 위한 여러 가지의 형태를 제안하였으며 그중 북제주 가스터빈 발전설비에 가장 적합한 SD를 이용한 백업 시스템을 개발하고 직접 하드웨어 시스템으로 제작하였다. 제작된 시스템은 여러 가지 시험과정을 거쳐 실제로 운영되고 있는데 지금까지 이로 인한 불시 발전정지는 발생한 적이 없어 매우 성공적으로 동작하고 있다. 또한 향후 이와 유사한 설비에도 기 제시한 방법 중 그 시스템에 가장 적합한 방식을 채택하여 적용하면 간단한 방법으로 시스템의 신뢰도 향상을 가져올 것이라 기대된다.

## 참 고 문 헌

- [1] 한국전력공사 정비기획실, *Control of prime mover speed*, 1997.
- [2] 한국전력공사 발전처, 계측제어용 전송기 고장 방지대책, 1997.
- [3] 한국전력공사, 북제주 가스터빈 매뉴얼, 1978.
- [4] 정창기 외, 발전소의 운전데이터에 의한 가스터빈 제어제동의 성능지수 PI 제어기 응답특성비교, '98 대한 전기학회 하계 학술대회 논문집 B권, pp. 731-734, 1998.
- [5] 전력연구원, *Development of a 10MW intelligent governor*, 1997.
- [6] 최평 외, P-spice 기초와 활용, 북두출판사, 1996.
- [7] 한경희 외, 전력전자공학, 형설출판사, 1996.