

碩士學位論文

터빈 속도신호의 자동 백업 시스템  
개발에 관한 연구



濟州大學校 産業大學院  
電子電氣工學科

金 官 幸

1999年 6月

# 터빈 속도신호의 자동 백업 시스템 개발에 관한 연구

指導教授 金 豪 贊

金 官 幸

이 論文을 工學 碩士學位 論文으로 提出함

1999年 6月

金 官 幸의 工學 碩士學位論文을 認准함

審査委員長\_\_\_\_\_ 印

委 員\_\_\_\_\_ 印

委 員\_\_\_\_\_ 印


濟州大學校 産業大學院

1999年 6月

A Study on the Development of an Automatic  
Backup System for Turbine Speed Signal

Kwan-Haeng Kim

(Supervised by professor Ho-Chan Kim)

 제주대학교 중앙도서관  
A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE  
REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF ENGINEERING

DEPARTMENT OF ELECTRONIC AND ELECTRICAL ENGINEERING  
GRADUATE SCHOOL OF INDUSTRY  
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

1999. 6.

# 목 차

그림목차 .....	iii
표목차 .....	v
SUMMARY .....	vi
I. 서론 .....	1
II. 발전설비 조속기 .....	3
1. 발전설비 조속기의 개요 .....	3
가. 기계식 조속기 .....	4
나. 유압식 조속기 .....	5
다. 전기식 조속기 .....	6
2. 주요 전기식 속도 검출기 원리 .....	7
가. MPU .....	7
나. PMG .....	8
3. 적용 대상설비의 현황 및 문제점 .....	9
가. 설비현황 .....	9
나. 속도 제어시스템의 문제점 고찰 .....	10
4. 속도 검출신호 이중화 방법 .....	12
가. HSS를 이용한 이중화 방법 .....	12
나. SD를 이용한 이중화 방법 .....	12
다. FC를 이용한 이중화 방법 .....	13
라. 속도 검출신호 이중화 방법의 장단점 비교 .....	14

III. SD를 이용한 속도신호 이중화 시스템 개발 및 적용 .....	16
1. 신호감시장치 개발 .....	16
2. 신호감시장치 구성 .....	17
3. 장치의 제작 및 시험결과 .....	20
가. 장치의 제작 및 시험 .....	20
나. 시험결과 분석 .....	21
IV. 결론 .....	24
참고문헌 .....	25



## 그림목차

Fig. 1 Governor scheme in a generator system .....	3
Fig. 2 Mechanical hydraulic control governor .....	4
Fig. 3 Oil hydraulic control governor .....	5
Fig. 4 Electric hydraulic control governor .....	6
Fig. 5 Principle of MPU .....	7
Fig. 6 Construction example of MPU .....	8
Fig. 7 Principle of PMG .....	8
Fig. 8 Block diagram of control systems in a gas turbine .....	10
Fig. 9 The configuration of speed signal of a gas turbine in Pukcheju .....	11
Fig. 10 The scheme of a speed signal switching method using a high signal selector .....	12
Fig. 11 The scheme of a speed signal switching method using a signal detector .....	13
Fig. 12 The scheme of a speed signal switching method using frequency coupling .....	14
Fig. 13 The output signal of MPU in Pukcheju .....	15
Fig. 14 The configuration of a speed signal switching device using a signal detector .....	16
Fig. 15 The input circuit of speed signal .....	17
Fig. 16 Automatic switching circuit of speed signal .....	17
Fig. 17 The output circuit of speed signal .....	18
Fig. 18 Dual power supply for a backup system .....	18

Fig. 19	Circuit of a speed signal backup system .....	19
Fig. 20	The configuration of gas turbine control systems using an automatic backup system .....	20
Fig. 21	Circuit module for a backup system .....	20
Fig. 22	Experimental test station using a proposed backup system in Pukcheju .....	21
Fig. 23	The input and output signals during speed signal switching .....	22
Fig. 24	The generator output of a power plant during speed signal switching in Pukcheju .....	23



## 표목차

Table 1 Comparison of proposed speed signal switching methods … 14





# A Study on the Development of an Automatic Backup System for Turbine Speed Signal

Kwan-Haeng Kim

DEPARTMENT OF ELECTRONIC AND ELECTRICAL ENGINEERING  
GRADUATE SCHOOL OF INDUSTRY  
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

Supervised by professor Ho-Chan Kim



## SUMMARY

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 the switching method with two complementary signals. 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.

## SUMMARY

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 the switching method with two complementary signals. 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.



## I. 서 론

조속기는 원동기의 속도 및 출력을 부하변동에 따라 자동적으로 제어해야 하는 발전소, 운송기관, 정유공장, 자동화된 생산공장 등에서 사용되고 있다. 운송기관의 경우에는 철도기관차, 항공기, 선박, 고급 승용차 등에 이용되고, 정유공장에서는 펌프의 속도제어에, 자동화된 생산공장에서는 생산량에 따라 각 생산기계의 속도 및 출력을 자동적으로 제어하는데 이용된다. 발전소에서는 증기터빈, 수차, 디젤엔진과 가스터빈 등에서 발전용 원동기의 속도 및 출력 제어용으로 이용되고 있으며 또한 보일러 급수펌프용 원동기 속도제어 등에도 사용되어지고 있다. 오늘날 전자기술이 급속히 발달됨에 따라 조속기 성능도 많은 발전을 가져와 원동기의 안정된 속도제어는 물론 제어의 신뢰성 향상과 타 제어기기와의 인터페이스(interface)가 가능한 인텔리전트 디지털 조속기 (전력연구원, 1997) 등이 개발되어 산업현장에 적용되고 있다.

조속기는 주요 구성장치에 따라 분류하면 기계식, 유압식, 전기식(analog 및 digital)으로 나눌 수 있는데 이것은 그 구성장치 중 중요한 장치가 기계장치 또는 전기장치인가에 따라 결정된다. 한편 조속기의 구성요소를 보면, 조속기는 최소한 두 가지의 구성요소 즉 속도 감응요소와 원동기 입력제어 장치(throttle valve, steam control valve, wicket gate 등)로 나눈다. 조속기에서 회전속도 검출(속도감응요소)은 물리적(압력, fly wheel 등)인 방법과 전기적(PMG, encoder, magnetic pickup 등)인 방법 등을 이용되고 있는데, 최근 설비의 대형화, 자동화, 정확도, 측정의 편리 등으로 후자가 많이 사용되고 있다. 그러나 발전설비에서 사용되는 대부분의 조속기는 전기식 속도검출기로 진동, 고열 등이 있는 원동기와 가장 가까운 현장에 설치되므로 오동작 및 단자 풀림 또는 특성변화 등으로 속도신호가 상실되어 불시에 발전정지 (한국전력공사, 1998)가 되는 사례가 많이 발생되고 있다. 최근에 새롭게 설치된 설비들은 속도검출신호 시스템이 이중화되어 이로 인한 발전정지

는 개선되었지만, 기존의 구 설비의 조속장치는 개선된 형태의 기기로 교체시 비용이 매우 높고 관련 기기의 특성 파라미터의 정확한 연구가 이뤄져야 하는 등 어려움이 많아 사용하는데 취약점을 가지고 있어도 이를 계속적으로 사용할 수밖에 없는 실정이다.

제주 전력계통의 첨두부하를 공급하고 육지-제주간 전력연계설비(HVDC)의 동기조상기 및 제주계통 자체 기동발전기로 사용되고 있는 북제주 가스터빈인 경우 조속기의 속도 검출신호의 상실로 인한 불시 발전정지가 년 3회정도 발생되고 있어 이로 인한 전기품질 저하와 발전원가 상승의 요인이 되고 있다.

본 논문에서는 이와 같이 발전설비의 조속기 중 속도신호가 이중화 되어있지 않은 구 형태의 조속설비에서 가장 취약한 속도 검출계통의 이중화를 연구하여 발전설비의 신뢰성을 향상시키고자 한다. 이를 위해서는 조속기의 관련 기술과 전기식 속도검출기의 원리 등을 고찰하고 속도검출의 이중화를 위한 여러 가지 방법을 제안한다. 또한 제주 전력계통에 중요한 설비인 북제주 가스터빈 설비를 대상으로 제안된 방식 중 가장 적합한 방식인 SD(Signal detector)를 이용한 자동백업 시스템을 제작하고 현장 시험하여 그 유용성을 얻을 수 있도록 한다.

## II. 발전설비 조속기

### 1. 발전설비 조속기의 개요

발전설비의 조속장치 (한국전력공사 정비기획실, 1997)는 터빈에 들어가는 입력 (증기량, 연료량 등)을 제어하여 회전속도 및 부하조절을 한다. 발전용 조속기는 정속도 기기이므로 발전기가 전력계통과 병렬운전하는 경우 터빈 회전속도는 계통 주파수에 전기적으로 구속되고 조속장치의 조속은 회전수가 변하지 않고 부하변화로 나타난다. 또한 발전기 고장시는 즉시 터빈의 입력량을 차단하여 과속을 방지하며 기동시는 속도조절, 정상운전시는 부하조절을 하는 역할을 한다.

일반적인 조속기 계통도는 Fig. 1과 같으며 (정창기 등, 1998) 속도 감응장치에 따라서 다음과 같은 형식으로 분리된다.

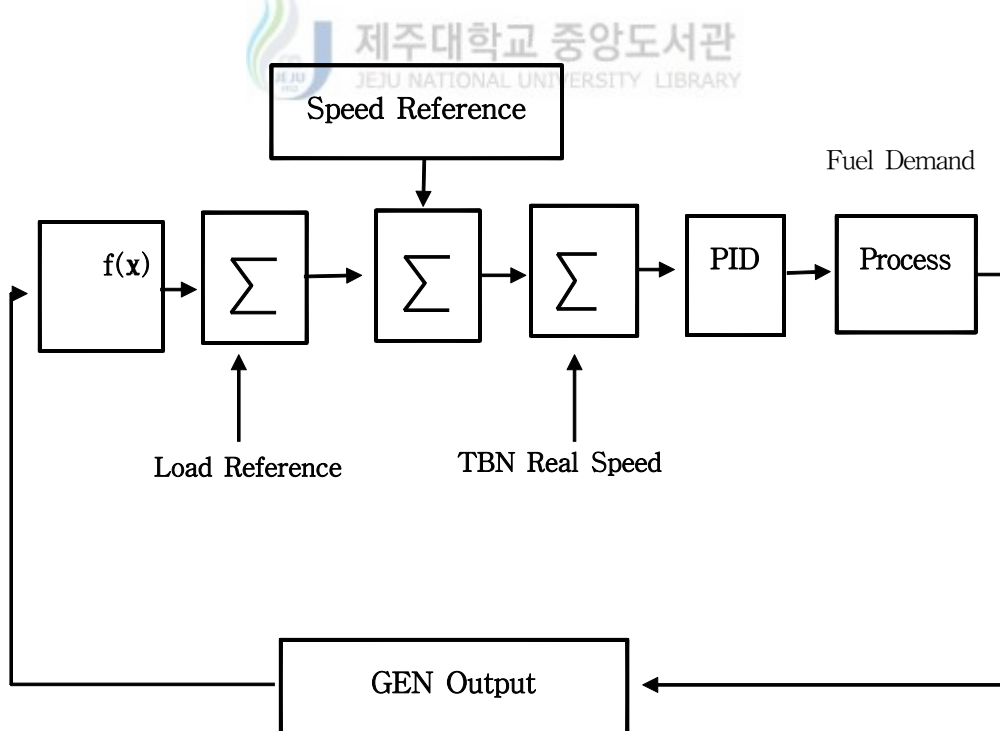


Fig. 1 Governor scheme in a generator system

가. 기계식 조속기

기계식 조속기(mechanical hydraulic control governor)는 원심력을 이용하는 속도 감응장치로서 널리 응용되고 있으며 Fig. 2와 같이 구성된다. 이 장치의 원리는 물체가 일정속도의 원운동을 하기 위해서는 힘이 필요하다. 즉, 이 힘은 회전속도의 제곱에 비례하고 회전축에서 원운동을 하는 물체까지의 거리에 비례한다. 회전속도가 상승하게 되면 관성 추(fly weight)가 벌어져 회전하게 되고 이로 인하여 평속기 연결대가 위로 올라가고, 반대로 회전속도가 감소하면 아래로 내려온다. 따라서 원동기의 속도제어는 이 연결대에 링크(link)된 조종변(pilot valve)과 분배변(distributing valve)에서 압유의 힘으로 서보모터를 응동시켜 최종적으로 원동기의 동력원을 가감하여 속도 또는 출력을 제어한다.

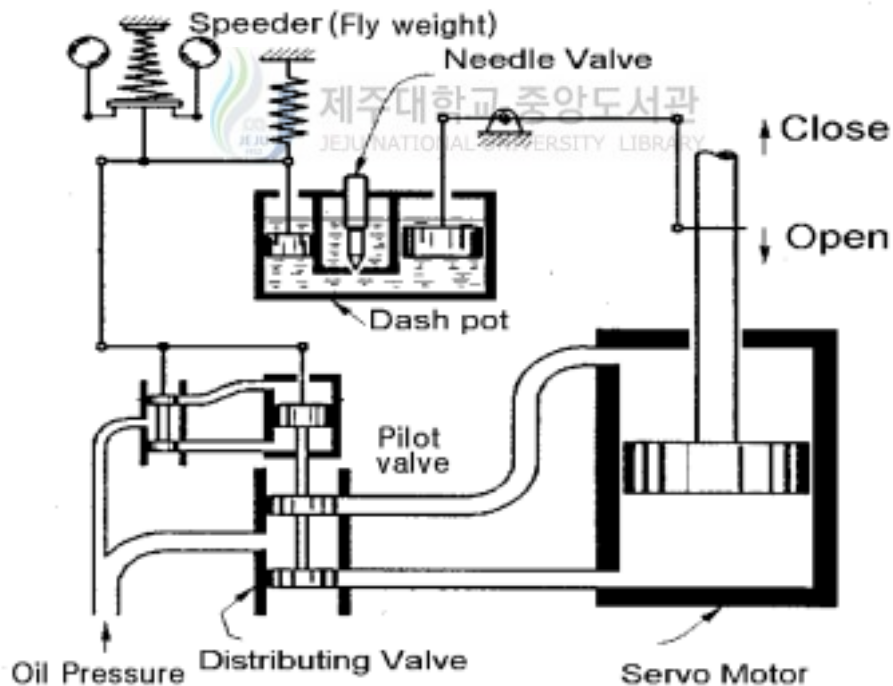


Fig. 2 Mechanical hydraulic control governor

나. 유압식 조속기

유압식 조속기(oil hydraulic control governor)는 Fig. 3과 같이 구성되는데 원동기의 축에 직결된 유압 원심펌프의 토출압력이 속도의 표시로 이용되는 원심펌프와 벨로우즈(bellows)로 구성된 속도감응 장치를 채용하고 있다. 여기에서 원심펌프의 회전속도는 원동기의 회전속도와 비례하고 펌프의 토출압력 또한 펌프의 회전속도와 비례하며, 이 압력의 변화는 벨로우즈 상단의 위치 변화를 일으킨다. 이 변위를 이용하여 Auxiliary Follow-Up Piston에서 유압의 변화를 이용하여 최종적으로 서보모터를 동작시켜 원동기의 속도 또는 출력을 제어한다.

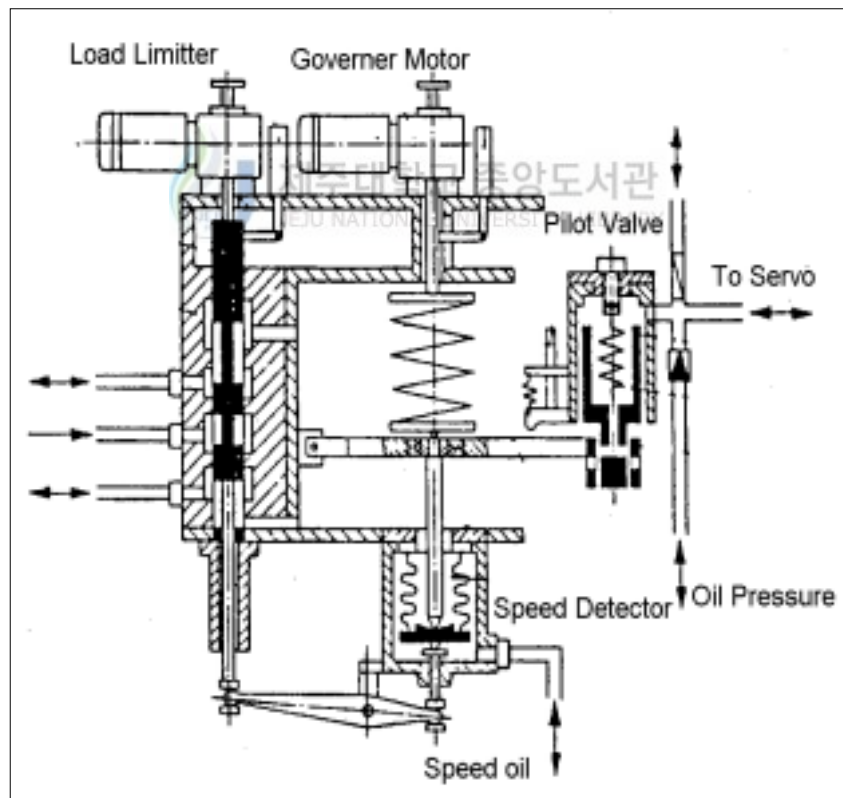


Fig. 3 Oil hydraulic control governor

다. 전기식 조속기

전기식 조속기(electric hydraulic control governor)는 Fig. 4와 같이 구성되는데 원동기의 회전속도를 전기적으로 검출하여 이 속도신호와 설정된 속도와의 차에 대한 정정신호를 만들고 이를 제어유의 압력으로 변환시켜 속도를 조정한다. 또한 최근에는 설비의 대형화에 따른 자동화 요구와 마이크로프로세서의 기술발달로 경제성, 안정성, 속응성이 풍부한 제어기능을 가진 디지털 전기식 조속기 (한국전력공사 호남화력, 1995)가 사용되어지고 있다.

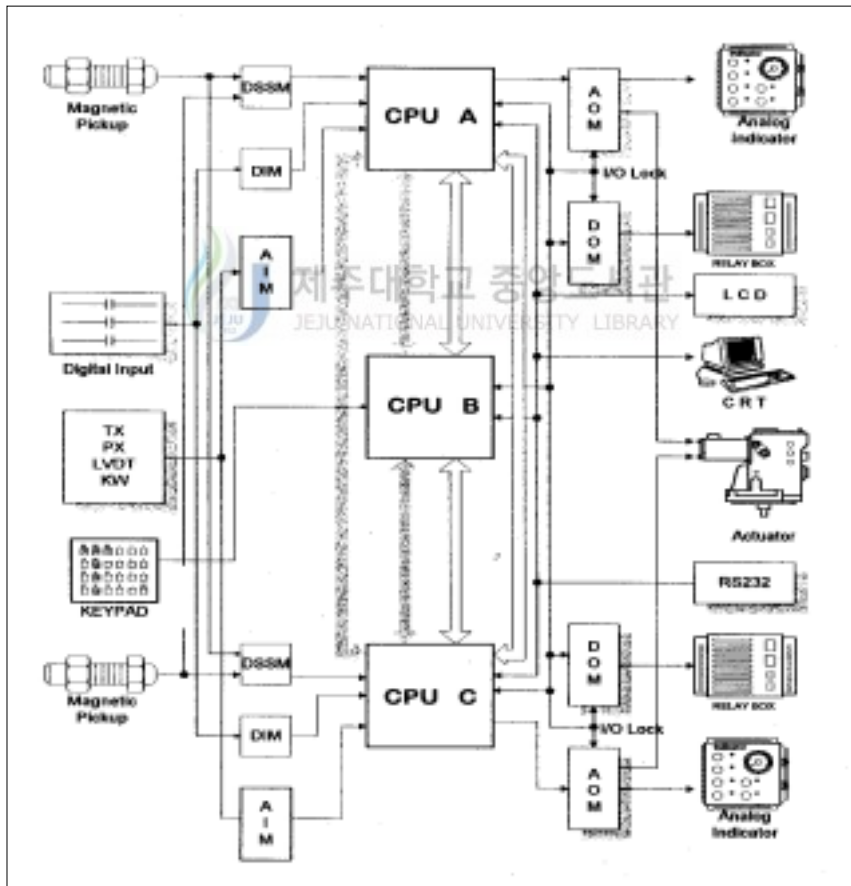


Fig. 4 Electric hydraulic control governor



## 2. 주요 전기식 속도 검출기 원리

현장에서 주로 이용되는 전기식 속도검출기 중 MPU와 PMG의 원리 (월간자동제어계측, 1998)를 간단히 살펴보자.

### 가. MPU

MPU(magnetic pickup)의 원리는 Fig. 5와 같이 나타낼 수 있다. 치차모양의 강자성체의 디스크가 회전체에 부착되고, 코일이 감겨진 영구자석이 치차에 가깝게 위치되어 있다. 이때 페러데이의 법칙에 따라 코일에 유도되는 전압은 자속변화에 비례하고 유도된 전압의 변화로부터 회전속도 내지는 각속도를 측정할 수 있다. 이러한 자기유도 센서는 구조가 간단하고 대형 회전기기의 플라이휠을 이용할 수 있으므로 별도의 기구 없이 바로 적용이 가능하여 발전기의 전기식 조속기의 속도검출기로 가장 많이 사용되고 있다. 이때 발생하는 MPU의 출력은 다음과 같다.

$$emf = -d\Phi/dt = -d\Phi/d\theta \cdot d\theta/dt = -\omega d\Phi/d\theta$$

다만, 회전속도에 따라서 출력전압이 변화하고 정지된 상태에서는 출력이 없는 단점이 있다. 현장에서 사용되는 MPU는 Fig. 6과 같이 설치된다.

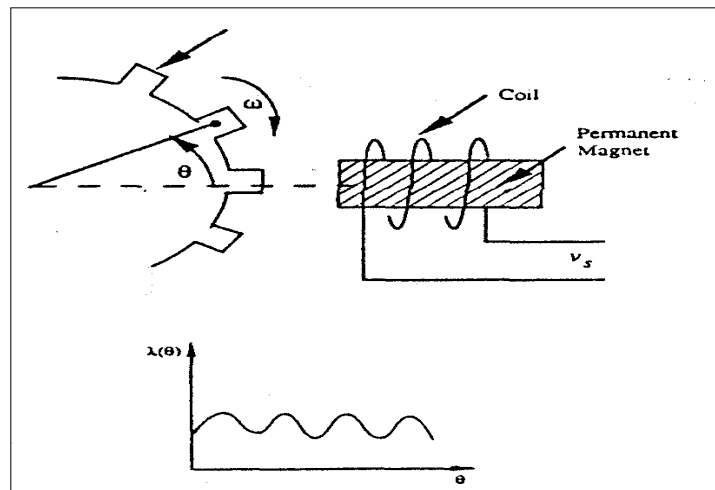


Fig. 5 Principle of MPU

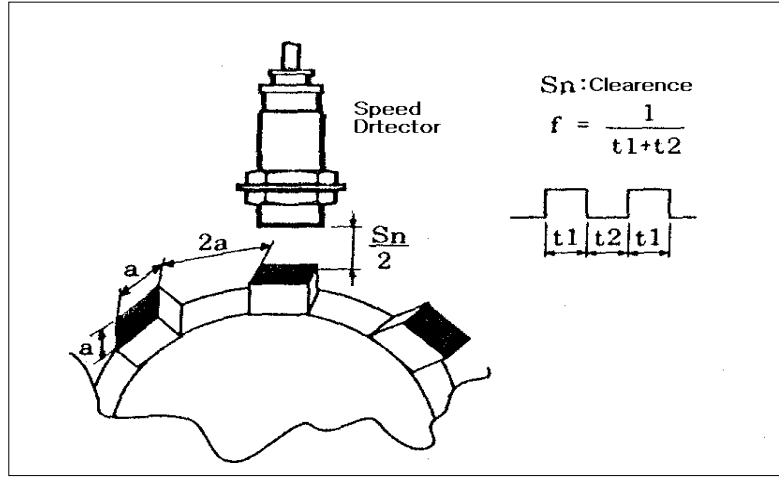


Fig. 6 Construction example of MPU

나. PMG

PMG(permanent magnetic generator)의 원리는 회전체 축에 교류발전기를 설치하는 방법으로 Fig. 7과 같은데 발전기 회전수에 따른 전압변화( $V = k\Phi N$ ) 또는 주파수 변화( $f = NP/120$ )를 이용하여 회전수를 측정한다. 여러 가지 신호를 이용할 수 있으나 원동기 축에 연장하여 설치해야 하며 구조가 복잡하고 고장이 많은 단점도 있다.

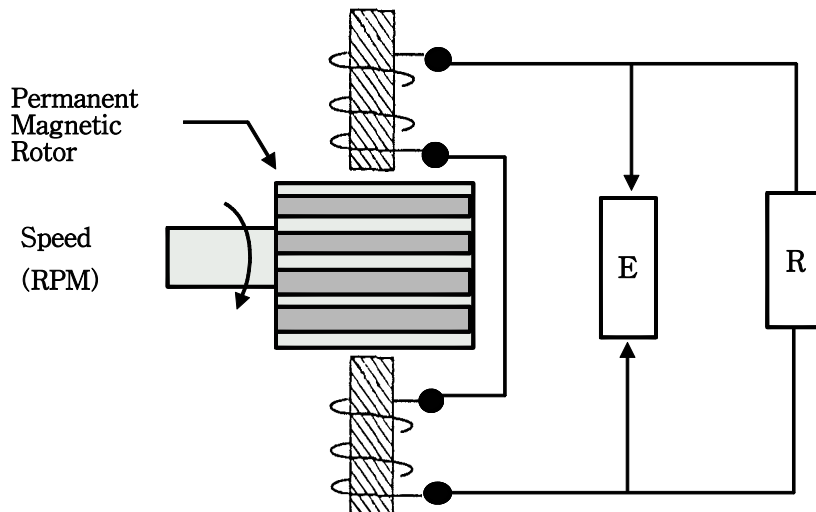


Fig. 7 Principle of PMG

### 3. 적용 대상설비의 현황 및 문제점

#### 가. 설비 현황

북제주 화력발전소의 가스터빈은 미국 UTI사 제품으로 유닛(unit)당 2대의 가스터빈에 의하여 구동되는 70MVA의 발전기와 제어반 그리고 일련의 보조설비로 구성되었다. 각 가스터빈 엔진은 Hot Gas를 기계적 에너지로 변화시키는 한 대의 Free Turbine으로 구성되어 있으며 중앙제어실에서 수동 또는 자동으로 운전을 할 수 있다. 가스터빈의 전자식 연료 제어장치는 가스 Generator 및 Free Turbine의 속도제어와 지나치게 높은 온도에서 엔진이 운전되는 것을 방지하기 위하여 엔진의 가속을 제한하고 어떤 제한치를 초과할 때 엔진을 정지시킨다. 이 장치는 외기온도에 따라 변하는 가스 Generator, Free Turbine 속도 그리고 배기가스의 온도 등 세 가지 신호를 받아 연료 조절밸브의 개도를 변경시킴으로써 엔진의 운전상태를 제어한다. 이 세 가지 신호 루프(loop)의 상호작용이 연료 조절밸브로 전기적인 신호로 보내어 엔진으로 공급하는 연료량을 가감시킨다.

북제주 발전소의 가스터빈 발전시스템과 제어시스템 (한국전력공사, 1978)은 다음과 같이 구성되어 있다.

- 1) Gas Generator 2기/Unit
  - 형식 : 다단 고압 압축기 3단축류 반동터빈
- 2) Free Turbine 2기/Unit
  - 형식 : 3단축류 반동터빈
- 3) 발전기 1기/Unit
  - 형식 : 공냉식, 원통형, 회전계자, 브러쉬리스 여자방식, 동기발전기
  - 주요사양 : 13800V, 3600 RPM, 70MVA
  - 제 작 사 : Brush Co., UK
- 4) 연료제어 조속기 ( Stionary Power Control System )
  - 제 작 사 : Hamilton Standard Co., USA

5) 시퀀스 제어기 등

나. 속도 제어시스템의 문제점 고찰

1) 가스터빈에서 제어시스템의 구성도는 Fig. 8과 같고 주어진 속도 검출신호의 이용 목적은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

가) 회전속도 검출센서는 MPU를 이용하고 있다.

나) 회전속도 검출신호의 이용은 기기운전 이상유무 판단과 기동시 속도제어와 계통병입후 출력제어로 사용되고 있다.

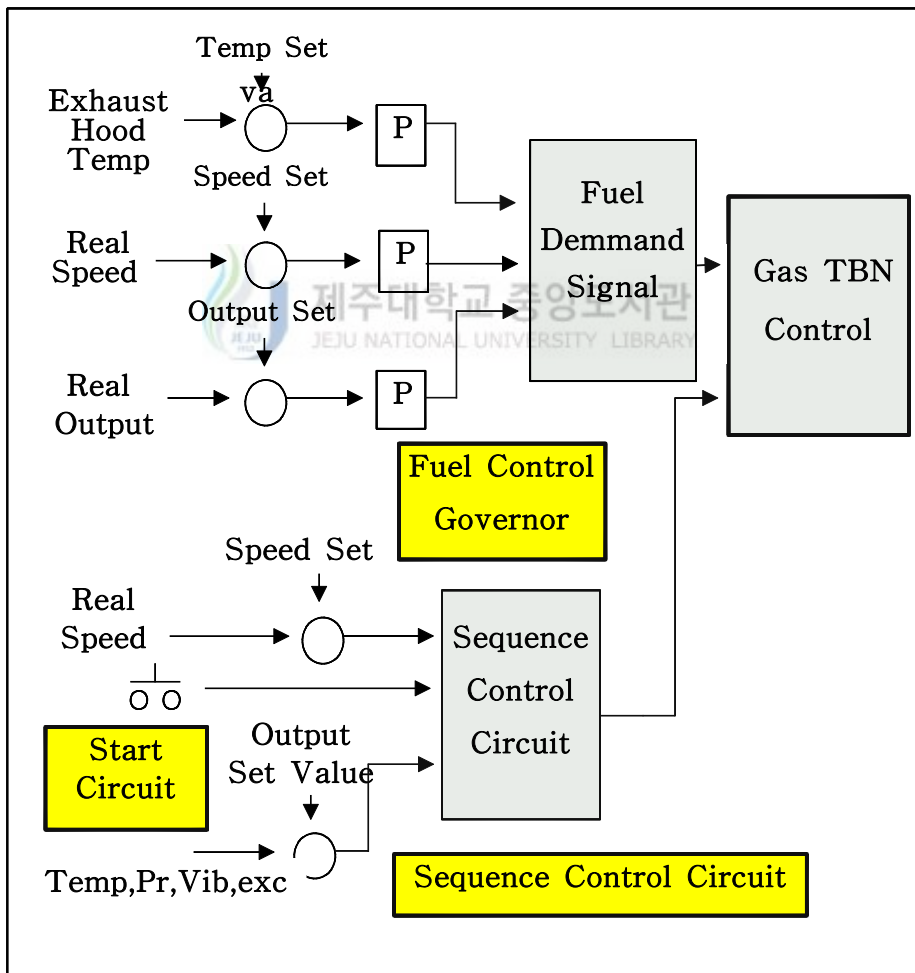


Fig. 8 Block diagram of control system in a gas turbine

다) 속도센서(speed sensor)는 Fig. 9와 같이 엔진당 3개가 설치되어 있으며 각각의 사용목적에 따라 다르다. 검출신호 1은 조속기 제어용 신호이고, 검출신호 2는 시퀀스 제어용 신호이며, 검출신호 3은 지시(indicator)용 신호이다.

2) 기 설치된 구형 조속기 및 시퀀스 제어시스템의 문제점은 다음과 같다.

가) 엔진당 3개의 속도센서 중 검출신호 1과 2중 어느 한 개라도 검출신호가 없으면 발전 정지된다.

나) 속도센서의 설치 위치가 고온 및 부식성 가스가 체류하는 곳에 위치하여 오동작 및 특성변화를 일으킬 수 있다(타 기기들도 대부분 고열, 진동 등이 있는 곳에 설치).

다) 현재 속도센서의 위치변경은 기기의 구조상 매우 어렵다.

라) 속도센서의 오동작 및 특성 변화로 인하여 년 3회 정도가 발전정지 (전력 연구원, 1997) 되기 때문에 양질의 전력생산과 효율적인 발전운영에 저해 요인이 된다.

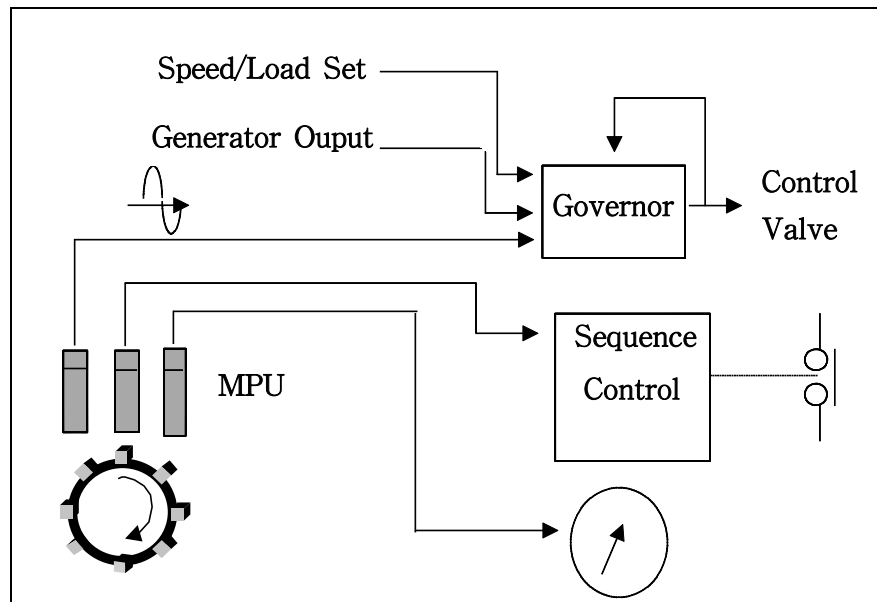


Fig. 9 The configuration of speed signal of a gas turbine in Pukcheju

#### 4. 속도 검출신호 이중화 방법

##### 가. HSS를 이용한 이중화 방법

최근 많이 이용되고 있는 속도신호 이중화 방법이다. Fig. 10과 같이 2개의 MPU에서 검출된 주파수를 이에 해당되는 직류전압으로 변환시킨다. 이 신호는 HSS(high signal selector) 기능을 이용하여 이중 가장 높은 신호(3개의 신호일 경우 중간값) 1개만을 출력으로 선택하며 이 출력은 내부적으로 조속기용, 속도 릴레이용, 지시계 등의 신호로 분배되어진다. 만약 운전중 2개의 MPU신호중 한개가 고장이 발생되더라도 High Selector에서 높은 신호만을 선택함으로 발전정지 없이 운전할 수 있다. 그러나 복제주 가스터빈 시스템에 적용시에는 V/F 변환장치 (한경희 등, 1996, 최평외, 1996)가 더 필요하므로 시스템이 복잡해지고 오차가 클 수 있는 단점이 있다.

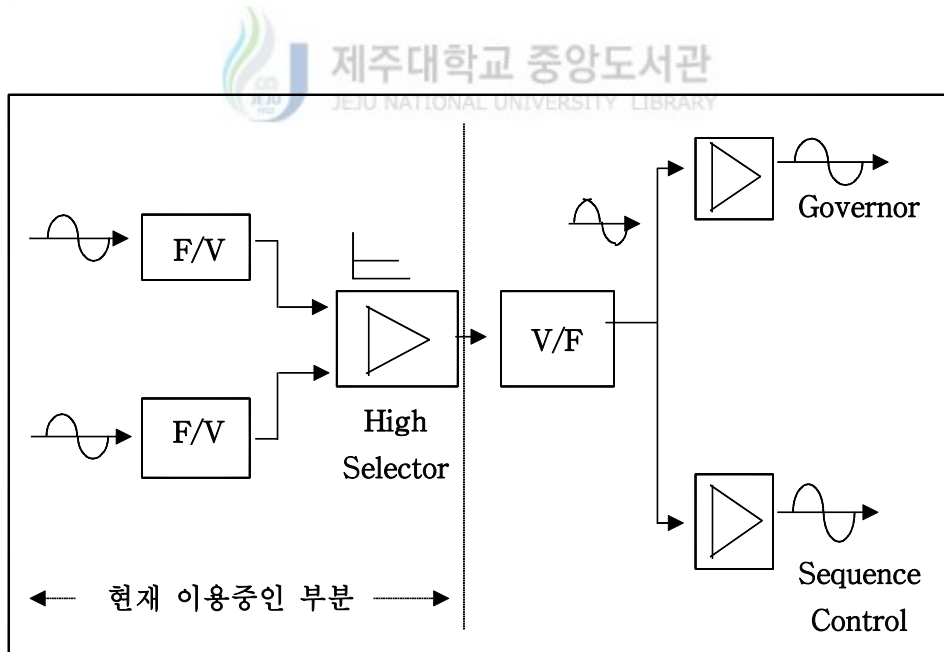


Fig. 10 The scheme of a speed signal switching method using a high signal selector

나. SD를 이용한 이중화 방법

Fig. 11과 같이 2개의 MPU에서 검출된 속도신호는 주파수와 전압레벨(voltage level)을 계속적으로 측정하여 이 신호의 건전성 유무를 판단할 수 있도록 하며 만약 선택된 신호가 이상시에는 아날로그 스위치(analog switch)에 또하나의 정상적인 신호를 주어 건전한 신호로 고속 절체가 되도록 한다. SD(signal detector)를 이용한 시스템은 입력된 신호가 변환장치 없이 출력되므로 북제주 가스터빈 설비에 바로 적용될 수 있는 장점이 있다.

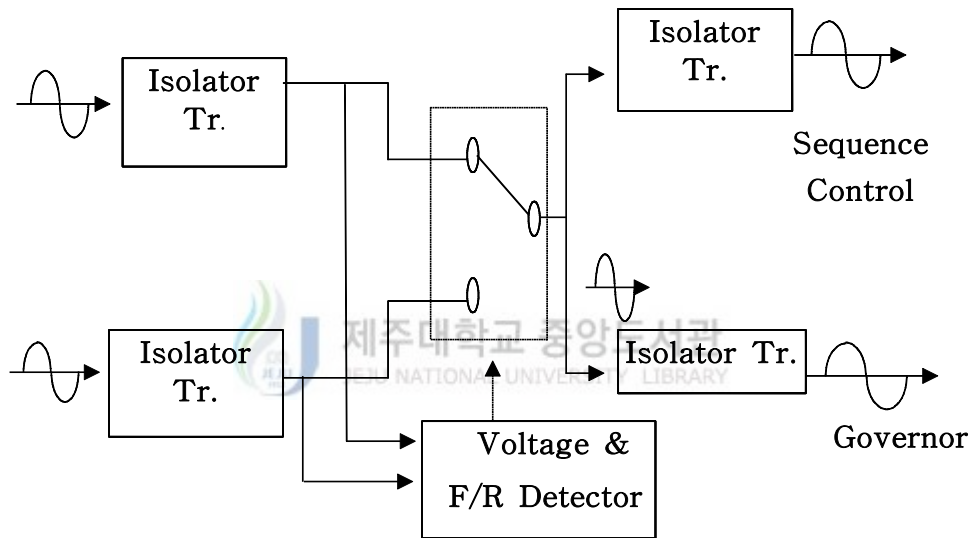


Fig. 11 The scheme of a speed signal switching method using a signal detector

다. FC를 이용한 이중화 방법

Fig. 12와 같이 MPU에서 검출된 2개의 속도신호는 같은 치차에서 검출된 동일한 주파수이므로 전기적인 결합이 가능하며 속도신호를 이용하다가 그중 한 개가 고장이 발생하여도 다른 한 신호에 의해서 계속적인 속도감지가 가능하다. 그러나 FC(frequency coupling)를 이용한 방식은 검출기 위상을 측정하여  $\pm 3^\circ$  이내의 위상차가 있을 경우에만 이용이 가능하므로 적용범위가 매우 좁다. 적용시에는 MPU의 위상을 측정하여 위상이 같을 경우에는 가능하나 다르면 위상이 같도록 MPU의

위치를 재정렬하여야 한다.

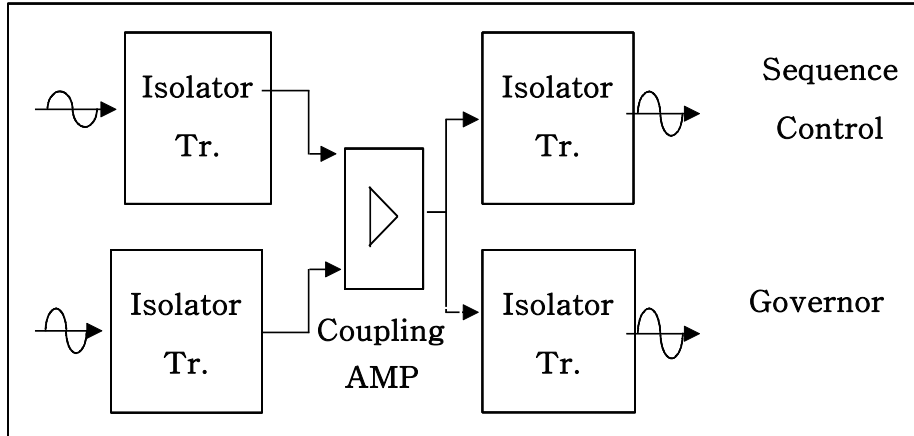


Fig. 12 The scheme of a speed signal switching method using frequency coupling

라. 속도 검출신호 이중화 방법의 장·단점 비교

제안된 3가지의 속도 검출신호 이중화 방법들의 장·단점은 Table 1과 같다.

Table 1 Comparison of proposed speed signal switching methods

method comparison	HSS	SD	FC
merit	- continous speed signal during switching	- simple structure - small error signal - not sensitive	- continous speed signal during switching
demerit	- large error - sensitive - complex structure	- unstable speed signal during switching ( $\leq 5\text{msec}$ )	- limited application area

제안된 방법들을 북제주 가스터빈에 적용할 때 고려사항으로는 다음과 같다. 첫째, HSS를 이용한 이중화 방법을 가스터빈에 적용할 경우에는 전압을 주파수로 바꿔주는 변환장치가 필요하고 연료제어설비 내부를 개조해야하는 등 시스템이 복잡해지고 오차가 클 수 있다. 둘째, FC를 이용한 이중화 방법을 적용한 경우에는



Fig. 13과 같이 가스터빈의 MPU 출력이 30도 정도 위상차이가 발생하는 것을 알 수 있다. 위상차를 작게하기 위해서는 MPU의 재정렬이 필요하나 MPU 설치 구조상 재정렬이 곤란하여 이 방식은 채용할 수 없다. 마지막으로 SD를 이용한 이중화 방법을 북제주 가스터빈에 적용할 경우에는 신호검출 입력단에 장치를 제작하여 구성할 수 있으므로 본 설비에 바로 적용할 수 있다.

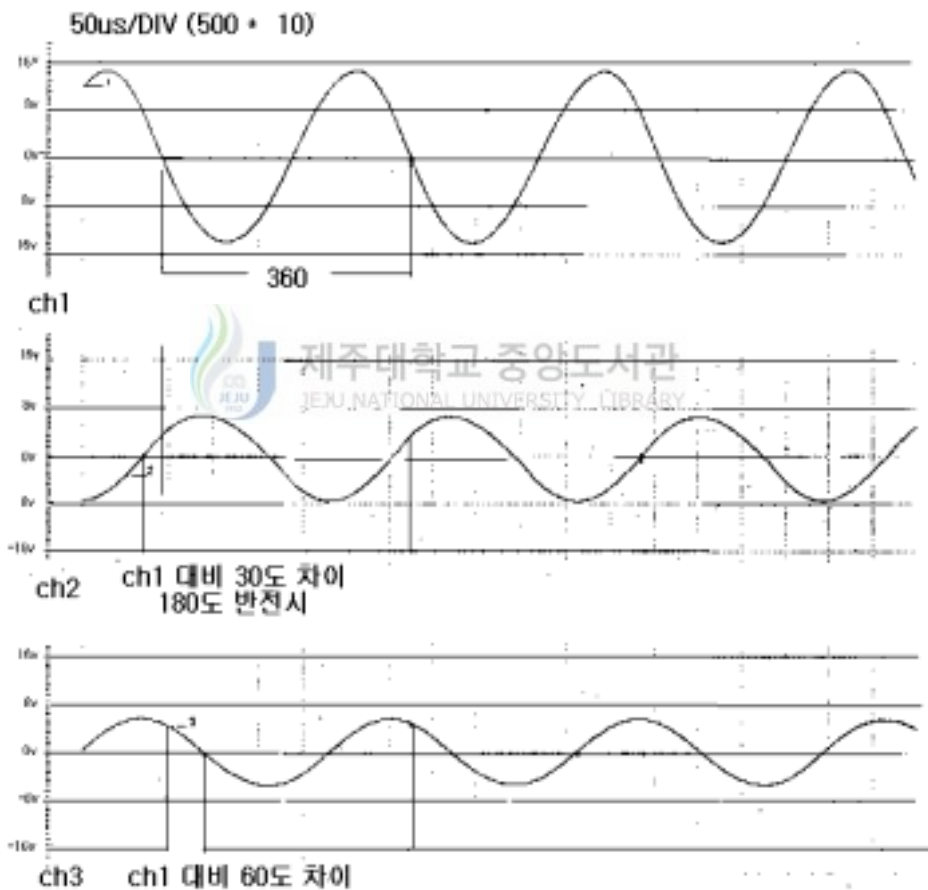


Fig. 13 The output signal of MPU in Pukcheju

### III. SD를 이용한 속도신호 이중화 시스템 개발 및 적용

#### 1. 신호감시장치 개발

적용 대상설비인 북제주 가스터빈설비의 여러 가지의 운전조건(신뢰성, 신호의 정확성 등)과 속도검출신호 이중화에 관한 연구결과(Table 1) 등을 고려할 때 SD를 이용한 속도 신호 이중화 장치가 가장 적합하며, 실제로 이중화 시스템을 개발 시에는 신호계통의 격리(signal isolation), 잡음(noise) 억제, 전원계통 이중화, 비정상적인 신호 감지시 고속 절체, 장치의 신뢰성 등에 주안점을 두고 발전설비에 적용해야 한다 (최평외, 1996).

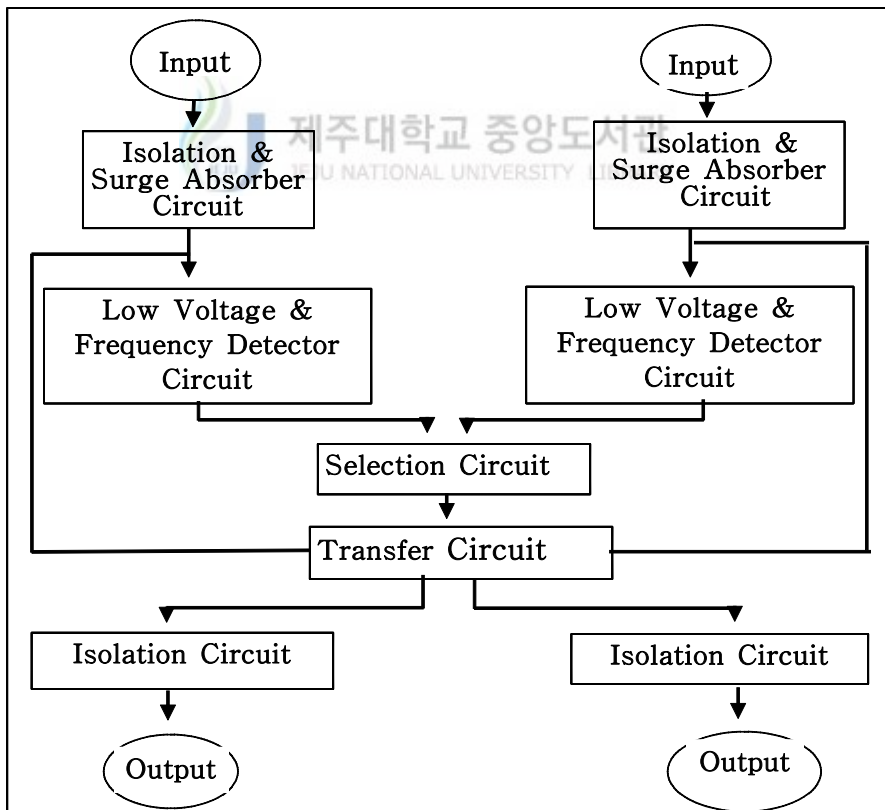


Fig. 14 The configuration of a speed signal switching device using a signal detector

## 2. 신호감시장치 구성

SD를 이용한 속도신호 이중화 장치의 전체적인 구성은 Fig. 14와 같다. 그림에서 각 구성부분을 몇 가지로 나누어 살펴보자.

입력신호 결합은 MPU의 각각의 절연을 위하여 Fig. 15와 같이 변압기(transformer) 입력 결합방식을 이용하며 변압기 2차측에서는 3개의 신호로 나뉜다

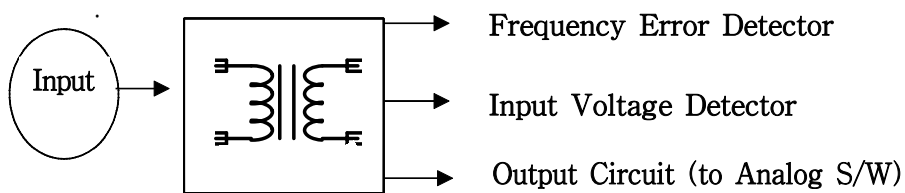


Fig. 15 The input circuit of speed signal

속도신호 이상 유무 판별 및 절체과정은 다음과 같다.

- 1) 주파수 검출 신호검출은 Fig. 16과 같이 단안정 멀티 바이브레이터를 이용하여 설정된 주파수 이하의 입력속도 주파수를 변별한다. 즉, 정해진 속도 주파수보다 낮은 신호가 들어오면 FED(frequency error detector)에서 출력이 "1"→"0"이 되어 R/S 플립플롭으로 로직 출력을 내보낸다.

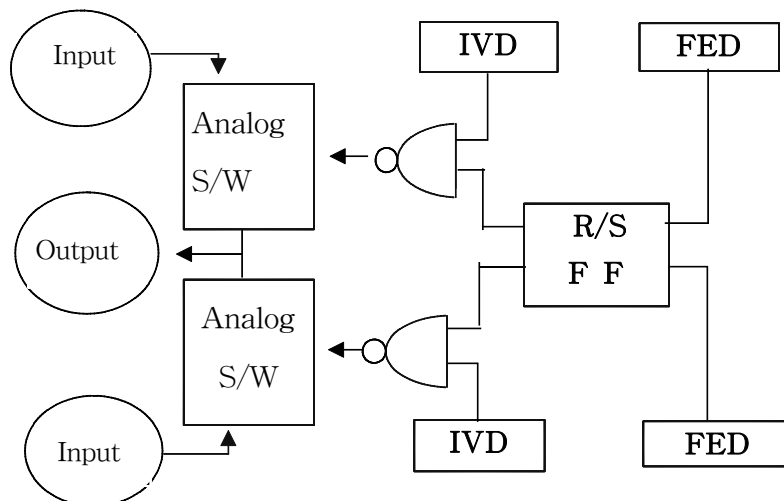


Fig. 16 Automatic switching circuit of speed signal

- 2) 입력세기 검출회로는 입력 교류전압을 직류화(ripple과 noise 제거)하여 비 교용 OP앰프(amp)를 통해 설정된 전압과 비교하는 IVD(input voltage detector)에서 입력신호의 이상상태를 감지한다. 이상시에는 아날로그 절체 스위치로 절체신호를 보낸다.

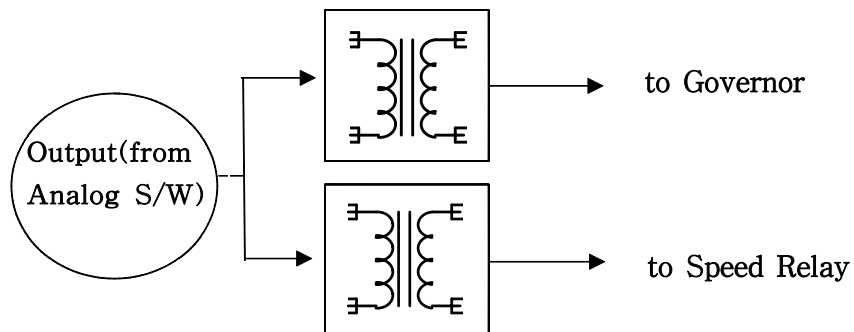


Fig. 17 The output circuit of speed signal

- 3) FED와 IVD회로에서 검출된 출력신호는 NAND회로로 조합하여 아날로그 절체 신호로 사용한다. 2개중 어느 한 신호가 절체스위치로 출력되고 있는 중 이상이 검출되면 대기상태에 있던 다른 신호가 절체된다. 또한 아날로그 절체 스위치에서 출력된 신호를 Fig. 17과 같이 출력변압기를 이용하여 신호의 세기를 증폭 및 절연시켜 조속기와 시퀀스 제어기에 속도신호로 보낸다.
- 4) 전원의 이중화로서 장치의 전원공급기는 Fig. 18과 같이 2개를 사용하여 전원 출력 단에 다이오드(diode)를 OR 회로로 결합하여 한쪽 전원이 이상이 생길 경우에도 이상 없이 동작할 수 있도록 이중화한다

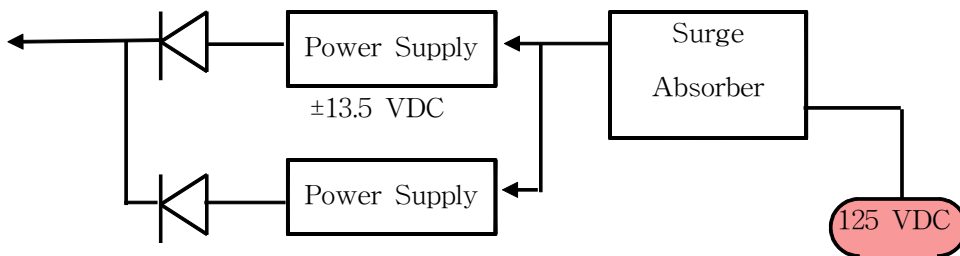


Fig. 18 Dual power supply for a backup system

5) 잡음 방지를 위한 시스템 설계의 고려사항 (한국전력공사 정비기획실, 1998)은 다음과 같다.

- 신호선의 양쪽에서 유기되는 전자 기전력(전자유도)을 상쇄하기 위하여 신호선을 트위스트케이블을 사용한다.
- 정전유도를 대처하기 위하여 차폐케이블을 사용하며 1점만 접지한다.
- 절체시 내부잡음 발생을 없애기 위하여 SSR(solid static relay)를 사용한다.
- 전원의 외부잡음 유입방지를 위해 서지억소버(surgy absorber)를 설치한다.
- 신호의 입력과 출력은 절체시스템과 전기적으로 분리(isolation)하고 잡음이 유입 유출을 방지하기 위하여 복권변압기를 사용한다.

신호감시장치에서 입출력신호 결합, 주파수 와 신호전압 레벨 감시 및 절체 회로를 전자회로로 구성한 것이 Fig. 19와 같다.

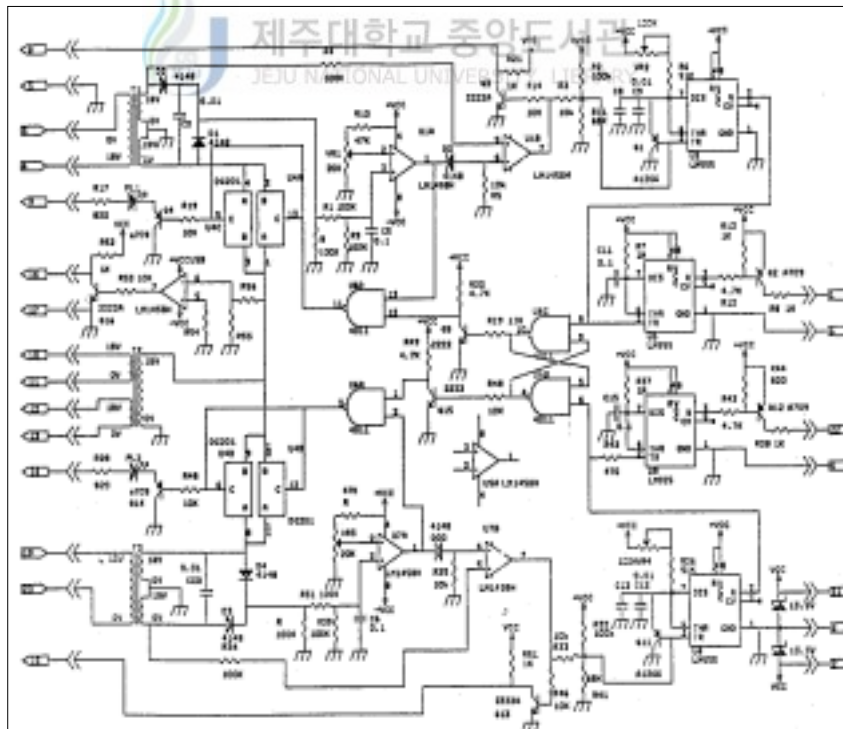


Fig. 19 Circuit of a speed signal backup system

### 3. 장치의 제작 및 시험결과

#### 가. 장치의 제작 및 시험

북제주 가스터빈 발전설비에 적용하는 SD를 이용한 속도신호 백업시스템을 전체적인 가스터빈 제어계통설비에 Fig. 20과 같이 구성하였다

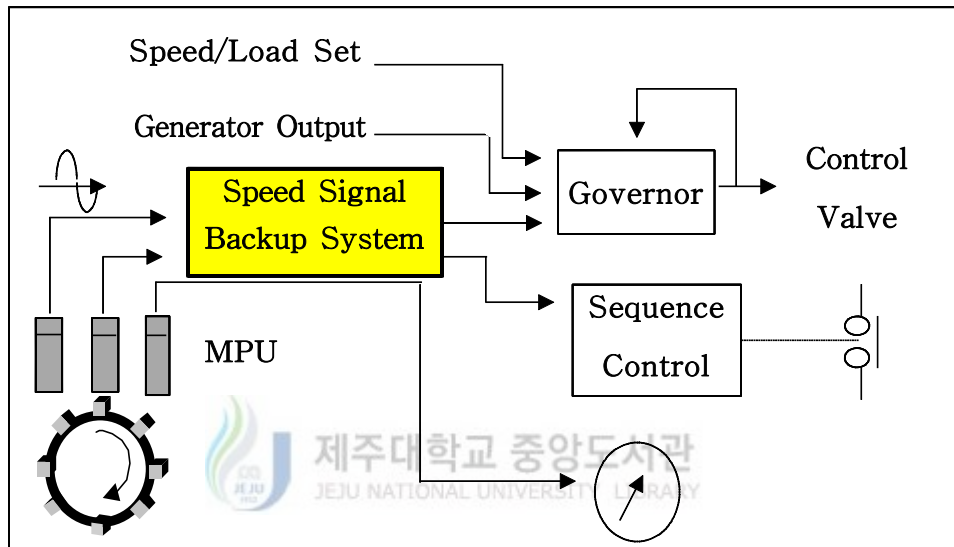


Fig. 20 The configuration of gas turbine control systems using an automatic backup system

또한 속도신호 백업 시스템의 회로모듈을 Fig. 21과 같이 제작 설치하였다.

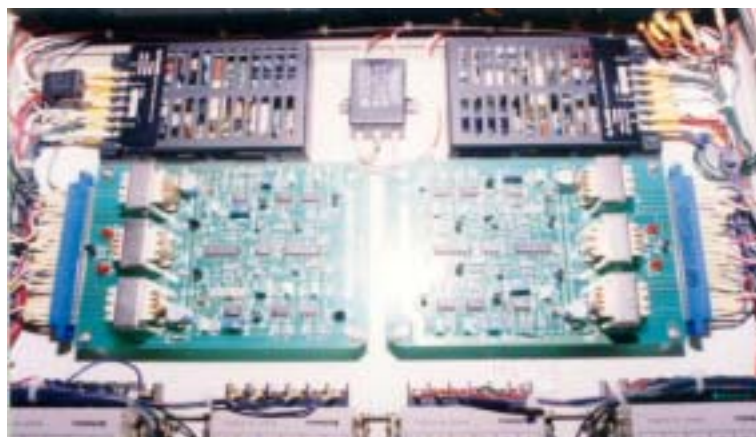


Fig. 21 Circuit module for a backup system

실제 제작된 자동 백업 시스템을 가스터빈 설비에 적용하기 위해 시험설비를 Fig. 22와 같이 구성하여 중앙제어실에서 실제시험을 하였다.



Fig. 22 Experimental test station using a proposed backup system in Pukcheju

#### 나. 시험결과 분석

시스템 제작후 자체 절체시험을 Fig 23과 같이 실시하였다. 입력 1과 2에는 3600 RPM에 해당되는 속도신호(3.6 kHz, 치차 60개×60 RPS)가 백업시스템에 입력되고 있고, 입력 2의 신호로 자동 선택되어 출력 1, 2 (연료 governor, sequence control)로 보내지고 있다. 이때 입력 2에 이상이 발생되었을 때 자동적으로 입력 1의 신호가 선택되어 출력1 과 2로 보내지고 있음을 알 수 있다. 이와같은 절체시험을 여러차례 걸쳐 실시하였으나 신호절체시 불안정한 시간은 5msec이내이며, 절체된 신호의 패턴(pattern)은 거의 동일하였다. Fig 23에서 좌측 부분은 선택된 입력 주파수가 하강시 절체가 이루어졌을 때 나타난 형태이며, 우측은 상승시 절체된 경우 나타난 결과이다. 기록장치는 5ms/div(50ms×10)로 측정하였다.

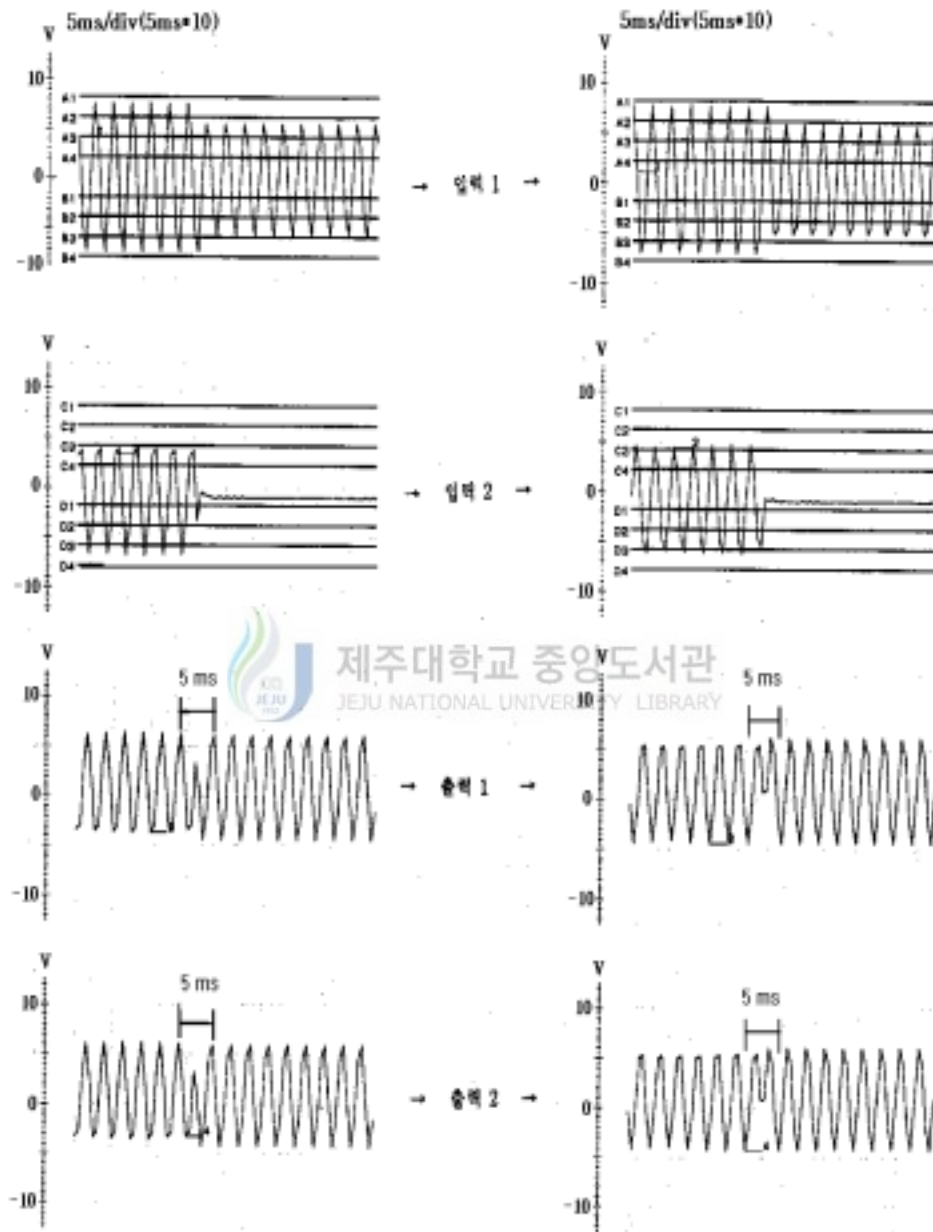


Fig. 23 The input and output signals during speed signal switching



Fig. 24는 실제 가스터빈 발전기를 운전하며 속도신호 자동백업 시스템을 시험한 출력결과이다 (출력은 500KW/세로1칸, 측정속도는 2mm/sec, 10mm/가로1칸). 발전기 출력 5.0MW 운전중에 선택되어 있는 속도신호를 정지시켰을 때 타 신호로 자동절체되었고 절체시 발전기 출력변동은 약 3.5MW(Full load 55MW)출력이 상승되었다가 1.5초의 안정시간을 거쳐 정상적인 운전이 계속되고 있음을 확인하였다. 따라서 SD를 이용한 속도신호 자동백업시스템은 북제주 가스터빈 발전설비에 성공적으로 적용가능함을 확인할 수 있었다.

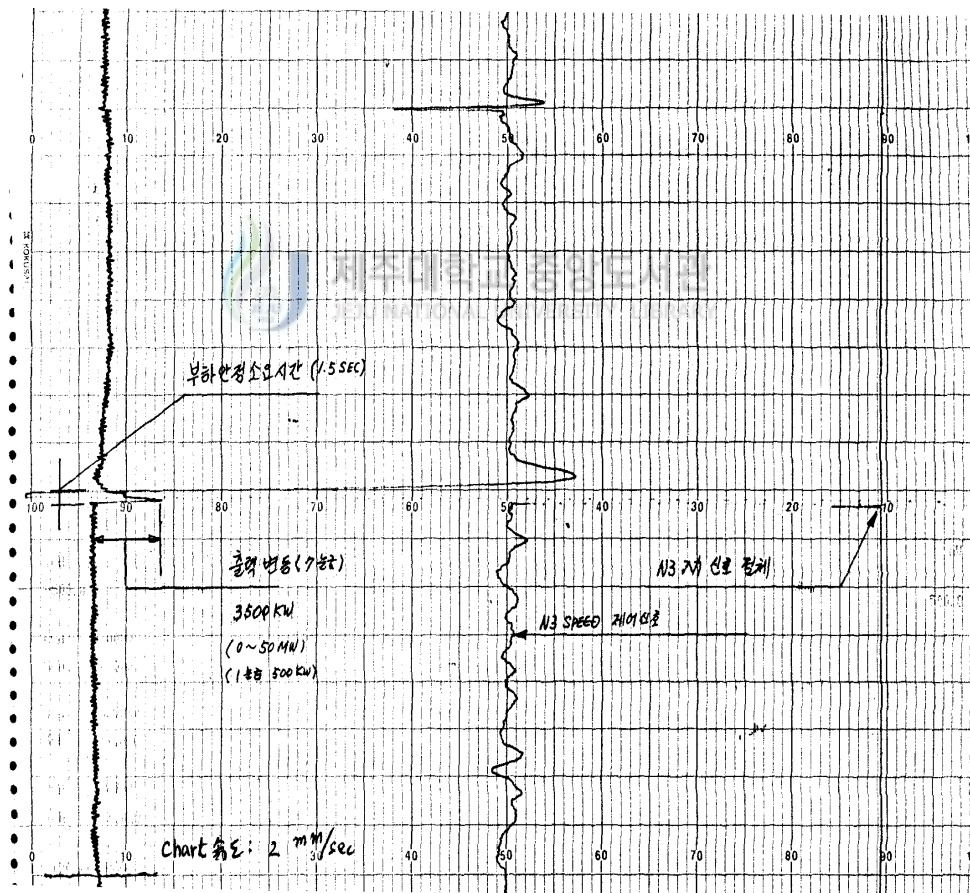


Fig. 24 The generator output of a power plant during speed signal switching in Pukcheju

## IV. 결 론

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

본 논문에서는 발전설비의 조속기 중 속도검출이 한 개로 이루어진 구형 발전 시스템을 대상으로 속도검출의 이중화를 위한 여러 가지의 형태를 제안하였으며 그 중 북제주 가스터빈 발전설비에 가장 적합한 SD(signal detector)를 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 설비 (한국전력공사 정비기획실, 1998, 한국전력공사 북제주 화력, 1985)에도 기 제시한 방법 중 그 시스템에 가장 적합한 방식을 채택하여 적용하면 간단한 방법으로 시스템의 신뢰도 향상을 가져올 것이라 기대된다.

## 참 고 문 헌

- 월간자동제어계측, 1998, 근접 스위치의 활용기술, 7, pp. 26-45.
- 전력연구원, 1997, Development of a 10MW intelligent governor.
- 정창기 외, 1998, 발전소의 운전데이터에 의한 가스터빈 제어시스템의 성능지수 PI 제어기 응답특성비교, '98 대한전기학회 하계 학술대회 논문집 B권, pp. 731-734.
- 최평 외, 1996, P-Spice 기초와 활용, 복두출판사.
- 한경희 외, 1996, 전력 전자공학, 형설출판사.
- 한국전력공사, 1978, 북제주 가스터빈 매뉴얼.
- 한국전력공사 발전처, 1998, 계측제어용 전송기 고장방지대책 보고서.
- 한국전력공사 북제주화력, 1985, 내연 Governor 운전조작 설명서.
- 한국전력공사 정비기획실, 1997, Control of prime mover speed.
- 한국전력공사 정비기획실, 1998, 제어시스템과 전자기 잡음.
- 한국전력공사 정비기획실, 1998, 기술지원보고서(조속기 분야).
- 한국전력공사 호남화력, 1995, Turbine governor retrofit manual for operation and maintenance.

## 感謝의 글

平生教育의 一念으로 시작한 旅程 中에 未洽하지만 자그마한 結實을 주위 분들에게 보여드림을 榮光스럽게 생각합니다.

지금까지 가장 가까운 곳에서 큰 힘이 되어준 사랑하는 우리家族에게 따듯한 情이 흐르는 마음을 전합니다.

또한 이 論文이 完成되기까지 부족한 저를 위하여 指導를 하여주신 電氣工學科 敎授님들과 언제나 주위에서 많은 激勵과 도움을 주신 여러 분들께 다시 한번 감사의 말씀을 드립니다.