

# Turbine Load Set 조정을 위한 Digital Unit 개발

문용선 · 정호진 · 강성률 · 최형윤

## A Study on the Digital Unit Development for Turbine Load Set Control

Yong-Seon Moon\* · Ho-Jin Jeong · Sung-Ryul Kang · Hyeong-Yoon Choi

이 논문은 2004년도 순천대학교 산학연 컨소시엄센타에서 연구비를 지원받았음

### 요 약

Turbine Load Set Motor 장치는 노후화된 화력 발전소에서 출력 부하를 결정하는 중요한 장치로서, Motor를 가변하면서 발전 출력 부하를 조정하게 된다. 이러한 종래 발전시스템에서는 Set Up Range 를 운영자가 수동으로 조작한 Set Up 값에 따라 Motor를 회전시키게 되며, Motor를 포함한 내부적 동작에 의해서 발전 출력 부하 결정이 이루어지게 된다. 따라서 본 논문에서는 수동적으로 출력부하를 작동되는 Turbine Motor Drive Unit를 대체할 수 있는 Digital Drive Unit 장치를 개발하여 기존 Turbine Load Set Motor 성능을 지닐 수 있는 장비를 구현한다. 또한 구현한 Digital Drive Unit을 바탕으로 발전 출력 부하를 결정하는 기본 기능을 기존 Motor Drive Unit과 연결하여 작동될 수 있도록 제어 알고리즘 구현과 구현된 제어 시스템을 통해 기존 Turbine Load Set Motor Drive와 연결 가능성을 확인한다.

### ABSTRACT

As important device that decide output load in superannuated thermoelectric power plant which do Turbine Load Set Motor device. This generation of electric power system operated Set Up Range Motor according to Set Up value that operator manufactures by hand circumvolve, and generation of electric power output load decision is consisted by internal action including Motor.

Therefore, in this research passively output load operated Turbine Motor Drive equipment that can have existing Turbine Load Set Motor Performance developing Digital Drive Unit device design. Also control algorithm implementation and existing Turbine Load Set Motor Drive and connection possibility through designed controlling system to connect basis function that decide development output load with Digital Drive Unit that designed also with existing Motor Drive Unit and can be operated.

### 키워드

Turbine Load Set, Motor Drive Unit, Digital Drive Unit

### I. 서 론

터빈 로드 셋 모터 장치는 노후화된 화력 발전소에서 출력부하를 결정하는 중요한 장치로서 모

터를 가변하면서 발전 출력부하를 조정하게 된다. 이러한 종래 발전시스템에서는 설정 범위를 운영자가 수동으로 조작한 설정 값에 따라 모터를 회전시키게 되며 모터를 포함한 내부적 동작에 의해서

발전 출력 부하 결정이 이루어지게 된다.

그러나 이러한 기존의 발전시스템은 대부분이 설비가 노후화된 발전소에서 특수 제작되어 수입되었기 때문에 사용되는 모터가 단종되어 찾은 동작 시 모터 고장이 예상되고 출력 값의 범위 조정 등이 난이하며 문제 발생 시 이로 인한 경제 손실은 시간당 몇십억원의 손실이 초래할 뿐만 아니라, 이를 방지하기 위해 부하 출력 시스템 설비를 교체하는 데에도 몇백억원이 소요된다는 문제점을 가지고 있다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 디지털 드라이브 유닛을 개발하여 디지털 드라이브 유닛에 카운터회로를 구성하고 기계적인 고장을 방지 및 출력 범위 조정을 용이하게 설정한다. 또한 Primary / Back-up System을 구축하여 제어의 안정화 및 기존의 모터 드라이브 유닛을 전자카드에서 제어하여 모터 드라이브 유닛의 수명연장과 만일 전자카드의 고장 시 기존 제어 방식으로 자동 전환하여 사용할 수 있도록 제어 시스템을 구현한다. 또한 디지털 드라이브 유닛장치에 제어 알고리즘을 구현하고 구현되는 제어시스템과 알고리즘을 통해 기존의 터빈 로드 셋 모터 성능을 지닐 수 있는 장비를 구현하고 발전 출력 부하를 결정하는 기본 기능을 기존 모터 드라이브 유닛과 연결하여 운영할 수 있는 가능성을 확인한다.

## II. Turbine Load Set Motor Drive

일반적으로 화력발전소는 사용원료에 따라 구분되어지며 터빈 원리가 증기터빈과 가스터빈 사용에 따라 발전소는 나누어진다. 현재 국내의 화력발전소는 무연탄과 유연탄을 원료로 사용하여 증기를 발생시켜 이 증기가 가진 열에너지는 터빈으로 유입되어 팽창과정을 거치면서 터빈을 회전시켜 기계적인 에너지로 변환되고 터빈에 직결된 발전기를 회전시켜 전자기작용으로 다시 전기에너지로 변환시켜 전기를 만들어 내도록 되어 있으며 이러한 전기는 최종적으로 전력형태로 소비자에게 전달이 된다. 다음의 그림 1은 화력발전소 중 석탄화력 발전소의 계통도이다.

이러한 화력발전소는 보일러에서 수증기를 발생시키며 수증기로 터빈에 수증기 분출량에 따라 발전소의 발전 출력 부하 결정이 된다. 이 증기 분출량에 대한 조절을 모터 드라이브 유닛에서 담당하고 있다. 현재는 이러한 터빈 부분을 교체하고 있지만 종래 발전시스템에서는 설정 범위를 운영자가 수동으로 조작한 설정 값에 따라 모터를 회전

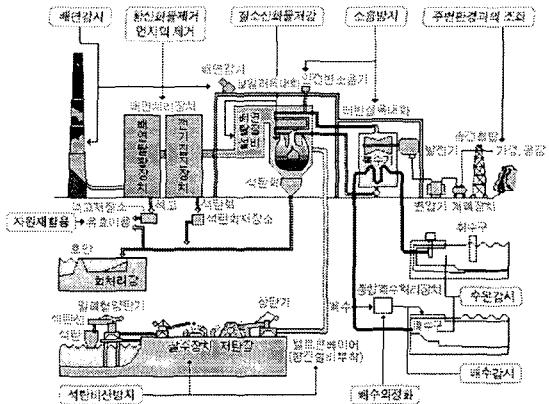


그림 1. 화력발전소 계통도  
Fig 1. Thermoelectric power plant of flow diagram.

시키게 되며 모터를 포함한 내부적 동작에 의해서 발전 출력 부하 결정이 이루어진다. 그러나 이러한 기존의 발전시스템은 대부분이 설비가 노후화된 발전소에서 특수 제작되어 수입되었기 때문에 사용되는 모터가 단종되어 찾은 동작 시 모터의 고장이 예상되고 출력 값의 범위 조정 등이 난이하며 문제 발생 시 이로 인한 경제 손실은 시간당 몇십억의 손실이 초래할 뿐만 아니라 이를 방지하기 위해 부하 출력 시스템 설비를 교체하는 데에도 몇백억원이 소요된다는 문제점을 가지고 있다.

현재 화력발전시스템을 보면 석탄화력, 복합화력, 열병합화력, 수력발전, 양수발전 등으로 하고 있으며 새로운 터빈 장치를 이용하여 발전을 하고 있다.

## III. Digital Drive Unit 설계 및 구현

### 1. Digital Drive Unit 설계

수동으로 조작되는 터빈 로드 셋 모터 드라이브를 카운터회로를 구성하여 기계적인 고장을 방지하고 출력범위 조정을 용이하게 설정하며 Primary / Back-Up System을 구축하여 제어를 안정화 할 수 있도록 하였다. 이러한 디지털 드라이브 유닛은 그림 2와 같이 구성되었다.

그림 2와 같이 구성하기 위해 P-SPICE를 이용하여 디지털 드라이브 유닛을 설계하였다.

디지털 드라이브 유닛은 구성은 디지털 드라이브 유닛에 정보와 아날로그 신호를 입력하기 위한 Load\_IN 부분, 들어온 아날로그 신호를 디지털 신호로 바꿔주는 Load-DA 부분, PIC 칩을 이용하여 정보 및 출력 값을 제어할 수 있는 Load\_CON 부

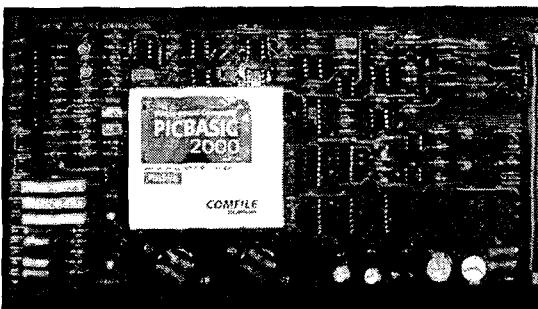


그림 2. 디지털 드라이브 유닛  
Fig 2. Digital Drive Unit.

분, 정보 및 신호를 출력하기 위한 Load\_OUT 부분 이렇게 총 4개의 부분으로 구성하였다.

디지털 드라이브 유닛에 기존의 데이터와 아날로그 신호를 입력하기 위한 LOAD-IN 부분은 입력 단에 Increase\_1,2와 Decrease\_1,2로 4개의 입력 단으로 구성된다. 이것은 기존 모터방식에는 실행 상태에 있는 드라이브와 대기하고 있는 드라이브로 구성하고 있기 때문이고 기존방식과 병영할 수 있게 하기 위해서 4개의 입력 단으로 구성하였다.

Increase\_1,2는 디지털 드라이브 유닛과 모터 드라이브 유닛 두 개를 사용하여 하나는 운영을 할 수 있도록 하고, 다른 하나는 대기형태를 할 수 있도록 하여 현재 운영 중인 드라이브가 마스터와 슬레이브 드라이브 모두 고장 시 대처할 수 있도록 하기 위함이다. Decrease\_1,2는 운영 중에 있는 드라이브 즉 마스터 드라이브가 고장 시 슬레이브 드라이브로 대처할 수 있도록 하기 위함이고, 모터 드라이브 또한 같은 이유로 구성되어 있다. 이 회로에는 카운터와 주파수 발생기로 구성하여 기존의 증기를 뽑아 낼 수 있는 장치를 움직이는데 필요한 전압이 -0.4V~2.5V 사이며, 각 전압이 한번도는 시간이 약 60s 미만이다. 한 바퀴 도는 시간을 제어하기 위해서 41Hz~26Hz 사이의 주파수를 생성하여 들어오는 전압이 D/A 변환기에 들어가는 시간을 제어한다. 이러한 이유는 기계적인 고장을 막기 위해 시간을 제어함으로써 지속적으로 Up-pulse로 되어 전압이 들어가면 고장의 위험이 크다.

Load\_DA 회로 구성은 입력단에서 Up Pulse일 때 입력되어 전압 -0.4V~2.5V를 만들어 준다. 이 전압을 제어회로로 입력된다. Load\_CON회로 만약 어떤 드라이브 유닛이 실행상태가 되면 PIC BASIC 제어기가 제어하게 된다. 실행상태의 드라이브 유닛을 제외한 나머지 드라이브는 항상 현재의 데이터 값을 유지하면서 대기할 수 있게 제어한

다. 기존의 데이터와 현재 운영되어지고 있는 데이터를 저장하고 디지털 드라이브 유닛과 모터 드라이브 유닛에서 계속하여 현재의 데이터 값을 입력 받아 저장하기 위해 저장할 수 있는 회로를 구성하였다. 이런 이유는 운영 중인 드라이브 유닛이 고장이 났을 때 현재 데이터 값을 모르는 상태에 있으면 발전소가 멈추는 현상이 일어나므로 이러한 현상을 방지를 막기 위해서이다. 이런 3부분에 의해 제어된 제어회로에 의해 발전소의 발전출력을 하기 위해 제어값을 출력 단자로 보내진다. 이 출력단자에는 Voltage\_Out과 Current\_Out으로 구성하였다. Voltage\_Out은 -0.4V~2.5V (Load Impedance > 1kΩ)가 출력이 되며, Current\_Out은 0~1mA (Load Impedance < 300Ω) 출력이 된다.

## 2. 제어 알고리즘 구현

모터 드라이브 유닛을 디지털 드라이브 유닛으로 대신 하여 발전소의 출력을 제어하기 위해 카운터 회로를 구성하여 기계적인 고장을 방지하고 출력범위 조정을 용이하게 설정하며, Primary/Back-Up 시스템을 구축하여 제어를 안정화하며, 기존의 모터 드라이브 유닛을 전자카드에서 제어하여 모터 드라이브 유닛의 수명연장과 만일 디지털 드라이브 유닛의 고장 시 기존 제어방식으로 자동 전환하여 사용할 수 있도록 그림 3과 같은 제어알고리즘으로 구성하였다.

전원이 투입이 되면 기존 모터 드라이브와 디지털 드라이브를 선택하고, 디지털 드라이브를 선택하면 다시 운영되고 있는 드라이브("A")와 대기되어 있는 드라이브("B")로 구성하여 A 드라이브가 정상적으로 운영이 되면 A 드라이브를 이용하여

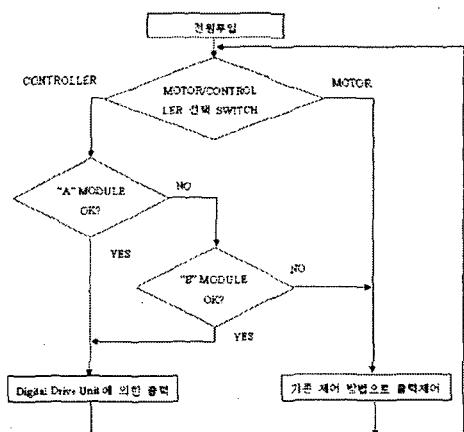


그림 3. Digital Drive Unit 제어 알고리즘  
Fig 3. Digital Drive Unit Control Algorithm.

출력을 제어하고 A 드라이브가 고장일 때 B 드라이브로 출력을 제어한다. A와 B 드라이브가 고장 시에는 기존 모터 드라이브 제어 방법으로 출력을 제어할 수 있도록 하였다.

또한 그림 2에서 PIC BASIC를 이용하여 PIC BASIC 2000에 그림 4와 같이 알고리즘을 입력하였다.

```
RUNNING: OUT 21,0: OUT 24,0: OUT 25,0
CON_STA:3 = 0
IF IN_SIG:0 = 1 THEN GOSUB INC_VAL
IF IN_SIG:1 = 1 THEN GOSUB DEC_VAL
IF CON_STA:2 = 1 THEN OUT 23,1
IF CON_STA:2 = 1 AND CON_STA:1 = 1 THEN GOTO MOT_DRV
GOTO START_PROC

STAND_BY: IF CON_STA:2 = 1 THEN OUT 20,0: OUT 21,1: OUT 23,0
CON_STA:2 = 0
CON_STA:3 = 1
END IF
IF IN_SIG:3 = 1 THEN OUT 20,1: OUT 21,0
CON_STA:2 = 1
CON_STA:3 = 0
GOTO START_PROC
END IF
IF IN_SIG:4 = 1 THEN GOTO CON_SEL
GOTO START_PROC
```

그림 4. PIC BASIC 제어 알고리즘

Fig 4. PIC BASIC Control Algorithm.

### 3. 실험결과

본 논문에서는 기존의 터빈 로드 셋 모터를 가변하기 위하여 설정범위를 운영자가 수동으로 작동하여 발전출력을 제어하는 방법을 디지털 드라이브 유닛으로 대처하는데 그 목적이 있으며, 이를 검증하기 위하여 알고리즘 수행에 따른 설정 값을 디지털 드라이브 유닛에 초기값을 가변시키면서 Increase 신호와 Decrease 신호를 입력했을 때 최대 2.5V ~ 최소 -0.4V까지 도달하는 시간을 측정하였다.

여기서 입력값에 따라 최소 · 최대값에 도달하는 시간을 실시간으로 측정하기 위하여 메모리 레코더를 이용하였다. 현재 화력발전소에서 수동으로 조작하는 설정범위 값은 최소 -0.4V에서부터 최대 2.5V까지 입력할 수 있으며, 최대 2.5V로 입력하였을 시 실제 발전 출력량은 600MW이다.

그림 5는 Increase 신호를 1.9V, Decrease 신호를 -0.24V로 입력하였다. 이는 평균적으로 화력발전소에서 발전출력을 하기 위한 입력 신호값이다.

그림 6은 Increase 신호가 입력이 되었을 때 최대값에 도달하는 응답 시간을 나타내었다.

그림 7은 Decrease 신호 -0.24V를 입력하였을 때 최소값에 도달하는 시간을 나타내었다.

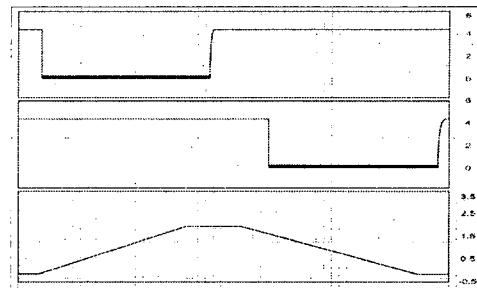


그림 5. 평균값 입력시 1주기에 따른 응답시간  
Fig 5. 1 cycle response time.

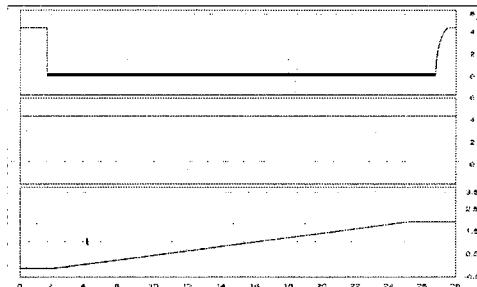


그림 6. Increase 신호에 따른 응답시간  
Fig 6. Increase signal of response time.

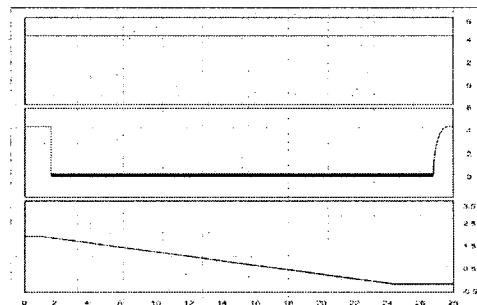


그림 7. Decrease 신호에 따른 응답시간  
Fig 7. Decrease signal of response time.

그림 8은 Increase 신호를 2.5V, Decrease 신호를 -0.4V로 입력하였다. 이는 최대값과 최소값을 입력을 주어졌을 때 도달하는 응답시간이다.

그림 9는 Increase 신호 2.5V가 입력이 되었을 때 최대값에 도달하는 응답시간을 나타내었다.

그림 10은 Decrease 신호 -0.4V가 입력이 되었을 때 최대값에 도달하는 응답시간을 나타내었다.

그림 5와 같이 평균 입력 값을 주어졌을 때 응답 시간은 3.6s이고, 그림 8과 같이 최대값과 최소값을 주어졌을 때 응답시간은 19.8s에 도달하였다. 이는 Increase 신호에서 Decrease 신호로 전환하기 전

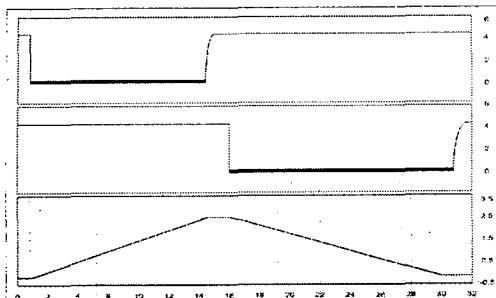


그림 8. 최대 최소값 입력시 1주기 응답시간  
Fig 8. 1cycle response time.

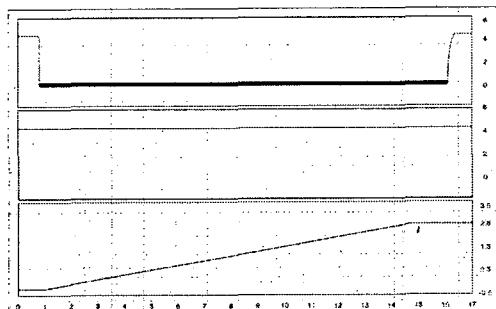


그림 9. Increase 신호에 따른 응답시간  
Fig 9. Increase signal of response time.

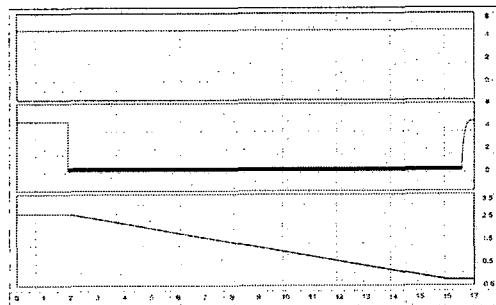


그림 10. Decrease 신호에 따른 응답시간  
Fig 10. Decrease signal of response time.

최대값에 도달하여 Decrease 신호로 전환하였을 때까지 일정 시간을 제외한 응답시간이다.

화력발전소에서의 2.5V에 대한 출력 발전 값은 600MW로 발전이 된다. 즉, 디지털 드라이브 유닛에서 2.5V까지 응답시간이 평균 입력 값을 주어졌을 때는 600MW로 발전시키는데 필요한 시간은 3.6s가 걸린다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 노후화된 화력발전소의 터빈 로드 센 모터 드라이브 유닛을 대처할 수 있는 디지털 드라이브 유닛을 구현하였다. 구현하기 위해 P-SPICE로 회로를 구성하였으며, 드라이브를 제어하기 위해 PIC BASIC를 이용하여 제어알고리즘을 구성하였다. 화력발전소에서의 2.5V에 대한 출력 발전 값은 600MW로 발전이 된다. 디지털 드라이브 유닛에서 2.5V까지 응답시간이 평균 입력 값을 주어졌을 때는 최대값과 최소값에 1회전 하는데 필요한 시간은 3.6s가 걸리며, 이는 600MW을 출력하는데 필요한 시간은 3.6s이다.

본 논문에서는 터빈 로드 센 모터 드라이브를 대처하기 위한 디지털 드라이브 유닛이 노후화된 화력발전소에서 문제점으로 발생되고 있는 모터 드라이브 유닛 고장 시 신속하게 대처할 수 있으며 또한 수동으로 발전 출력 값을 조절했던 부분을 디지털화 하여 정확한 발전출력 값을 입력하여 발전 출력을 할 수 있을 것으로 기대된다.

#### 감사의 글

본 연구는 2004년도 산학연 컨소시엄센터의 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.

#### 참고문헌

- [1] <http://www.fineman.pe.kr/교수학습자료실/중학교자료/터빈원리.htm>
- [2] <http://www.kosep.co.kr/발전원리.html>
- [3] 전산유체학을 이용한 터빈유량계 설계 <http://kosti.kisti.re.kr/image/2000db/c-kosh.hwp>
- [4] Adel S. Sedra/Kenneth C. Smith, "Microelectronic Circuits".
- [5] Robert L. Boylestad/ Louis Nashelsky, "Electronic Devices and Circuit Theory".
- [6] 이태원, 임인철 공역, "최신 디지털 회로 설계".

### 저자 소개

#### 문용선(Yong-seon Moon)



1983년 조선대학교 전자공학과 졸업. 공학사.  
1985년 동대학원 공학석사  
1989년 조선대학교 전자공학과 졸업 공학박사.  
1992년~현재 순천대학교 전자공학과 교수.

※관심분야 : 제어 및 지능로봇공학

#### 강성률(Sung-ryul Kang)



2000년 순천제일대학 전자과 졸업  
2003년 순천대학교 전자공학과 졸업. 공학사.  
2003년~현재 순천대학교 전자공학과 석사과정.  
※관심분야 : 제어 및 지능로봇공학

#### 정호진(Ho-jin Jung)



1986년 단국대학교 전기공학과 졸업. 공학사.  
현재 (주) 메크로시스템 엔지니어링 이사.  
※관심분야 : 실시간 네트워크 및 개방형 제어시스템

#### 최형윤(Hyeong-yoon Choi)



1986년 조선대학교 전자공학과 졸업. 공학사.  
1990년 동대학원 공학석사.  
2002년~현재 순천대학교 전자공학과 박사과정.  
1986년~현재 금당고등학교 교사  
※관심분야 : 제어 및 지능로봇공학