

□ 特 輯 □

퍼지 논리를 이용한 발전소 기동 및 정지의 자동화

한국과학기술원 전기 및 전자 공학과 변 증 남 이 한 오
한국통신 ISDN 연구실 류 형 근

목 차

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> 1. 서 론 2. 기동 및 정지와 퍼지 논리의 이용 3. 발전소 개요 4. 보일러의 기동 및 정지 <ul style="list-style-type: none"> 4.1 개 요 4.2 기동 및 정지의 계획 | <ul style="list-style-type: none"> 5. 퍼지 제어기의 구성 <ul style="list-style-type: none"> 5.1 기동에 대한 제어기의 구성 5.2 정지에 대한 제어기의 구성 5.3 자동 기동의 연구 소개 6. 자동 기동 및 정지의 연구 방향 7. 결 론 |
|---|---|

1. 서 론

1950년대 후반에 코어 메모리(core memory)를 사용한 디지털 컴퓨터를 디지털 데이터 기록에 이용한 발전소가 등장하면서부터 점차적으로 기존의 아날로그 방식의 자동화 설비를 부분적으로 디지털화하려는 움직임이 일어나기 시작하였다[1]. 초기에는 컴퓨터의 계산 능력의 한계, 이것을 보조하는 소프트웨어 기술들의 부족, 경제적 부담 등에 의하여 큰 효과는 주지 못했으나 기술의 발달로 인해 점차적으로 이러한 문제점들을 극복하면서부터 디지털 컴퓨터의 이용을 가속시켜 왔다. 현재에는 기동 및 정지의 자동화까지 포함하는 종합적인 자동화를 시도하려는 단계에까지 기술이 발전되었지만 아직 해결해야 하는 많은 문제점들이 존재한다.

실제로 1960년대 초반에는 발전소의 기동, 정상 운전 및 정지를 종합적으로 자동화하려는 방향으로 야심적인 노력도 있었다. 그 당시에는 중전의 공압식 아날로그 소자들(pneumatic analog elements)이 대부분 트랜지스터

(transister)와 마이크로틱 앰프(magnetic amplifier)와 같은 전기식 아날로그 소자들(electric analog elements)로 바뀌어 가고 있는 추세였고 또 디지털 컴퓨터의 도입이 매우 큰 흥미와 기대를 불러 일으켰기 때문이다[1]. 그러나 이러한 노력은 매우 큰 경제적 부담과 경험 부족으로부터 야기된 많은 실제적인 어려움들을 발견하게 되면서부터 연구는 침체하게 되었고 다른 방향으로 관심을 돌리게 되어 정상 운전에 대한 디지털화에 집중되게 되었다. 1980년을 전후하여 기술의 놀라운 발달로 인해 거의 모든 전력 계통 제어에 컴퓨터 제어 시스템을 이용하게 되면서부터 디지털 컴퓨터에 의한 정상 운전의 자동화가 이루어졌다. 그러면서 발전소의 기동과 정지의 자동화로 다시 관심이 기울어지기 시작하여 1980년대 중반에는 부분적으로 사용되는 연속(continuous) 제어기와 순차논리(sequential logic)를 이용한 자동화 설비가 새로운 발전소에 설치되어 운영되기 시작하였다.

그러나 이러한 제어 시스템만으로는 발전소의 운전 도중의 동특성의 변화나 예상치 못한 특성의 발생, 시스

템의 복잡성, 불안정성 및 불확실한 정보들과 같은 상황 변화에 대해 효과적으로 대처할 수 없기 때문에 아직까지도 인간(human)의 개입을 필요로 하고 있다.

특히 설치된 지 오래된 발전소의 경우는 시간이 지남에 따라 치유에 발전소를 세울 때에는 다른 설비의 확장, 교체, 축소, 변경 등으로 인하여 초기 설계에 의한 자료들을 이용하는 것이 어렵고 이러한 설비들을 만들었던 임체들이 현재에는 더 이상 이러한 설비들을 취급하고 있지 않는 경우가 대부분이며 설계 당시와는 많이 달라진 특성들을 갖는 센서(sensor)나 구동기(actuator) 등으로 인하여 이러한 구설비들을 해석하려는 작업을 어렵게 하고 있다. 발전소는 또한 복잡성(complexity), 비선형성(nonlinearity), 시변(time-varying) 특성을 갖는 MIMO(multi-input multi-output)의 대표적인 시스템으로 전체 동특성을 파악하고 여기에 현대적인 제어 이론들을 적용하는 것 또한 아주 어려운 경우가 대부분이다. 결국 이러한 시도는 상당한 시간적, 경제적 자원의 손실이 아닐 수 없다. 그래서 현재는 운전원들에 의해 수동으로 운전하는 것이 경제적으로 유리한 실정이다.

그러나 최근에 와서는 원자력 발전의 장점이 인정되면서 원자력 발전소의 건설이 급증하고 있고 전체 전력 공급량의 대부분을 원자력 발전이 충당하게 되어 중·소규모의 화력 발전소는 변동 부하(또는 소비자의 전력 요구량의 변동량)만을 담당하는 실정이다. 이 때문에 잦은 기동과 정지가 행해지고 있고 이러한 잦은 기동과 정지로 인하여 복잡한 운전 절차에 따른 운전원들의 조작 실수의 발생, 기동 및 정지 운전시 발전소에 무리를 주지 않는 범위로 제어를 잘해야 한다는 운전원들의 부담감 등이 커지게 되었다. 또한 앞으로 발전소의 급증으로 인한 원가 절감의 효과 등과 같은 이유로 기동 및 정지의 자동화가 필요하게 되었다. 이러한 점에 각 여러 불확실한 정보들과 복잡한 시스템의 해석없어도 오랜 경험과 지식으로 숙련된 운전원들의 지식을 쉽게 다룰 수 있는 퍼지 논리를 이용하여 제어를 구성하는 것이 가능하다. 이러한 퍼지 제어를 이용함으로써 특성 변화 등에 대한 강인성(robustness)을 가지면서 경제적으로도 비교적 무리없이 적용될 수 있다.

여기서는 적절한 시간 단위(time scale)로 운전원(human operator)에 의해 행해지는 이산 제어 동작(discrete control action)을 자동화하여 화력 발전소의 기동 및 정

지에 적용할 수 있는 가능성을 제시하고 기동에 관한 연구 결과[2]를 예로 들어 설명하겠다.

2. 기동 및 정지와 퍼지 논리의 이용

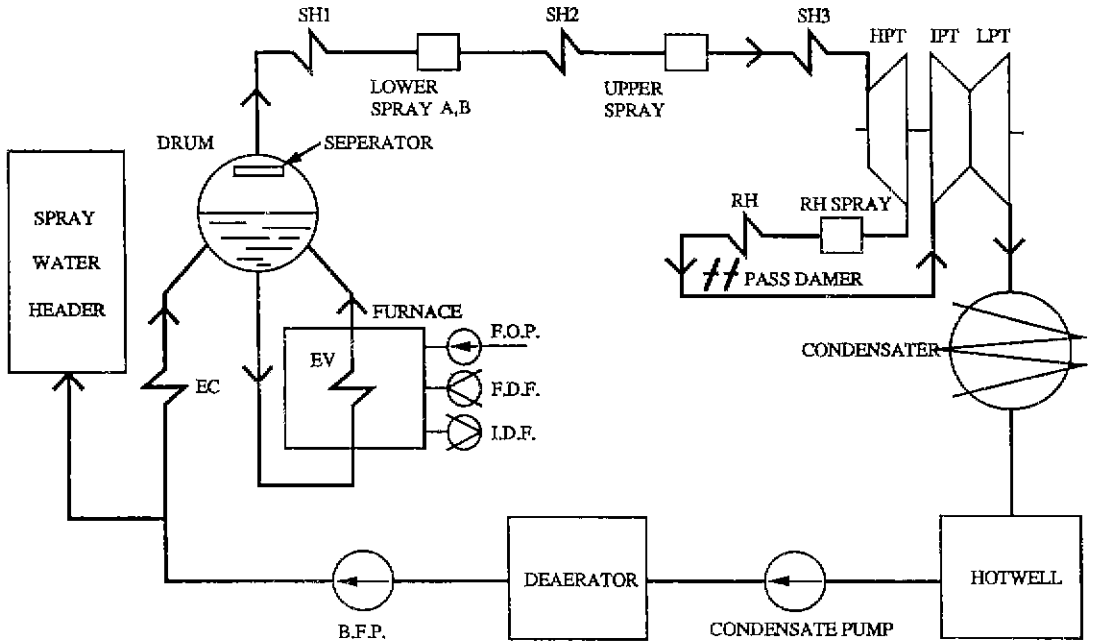
퍼지니스(fuzziness)라는 언어의 애매함이나 개념 정의가 불분명(ill-defined)한 것을 다루는 퍼지 논리는 1965년에 캘리포니아 대학의 Zadeh교수에 의해 주창되었다. 당초에는 그다지 주목을 받지 못했으나 1970년대 초에 런던 대학의 Mordani교수에 의한 보일러 자동 제어에 최초로 시도됨으로써 관심을 모으기 시작했으며, 1980년에 들어와서 덴마크의 시멘트 켈른(cement kiln)의 제어로 실용화되기 시작하였다[3]. 이미 퍼지 논리가 애매성을 가진 시스템의 제어에 큰 효과와 성능이 있다는 것은 여러 연구 사례로부터 인정되었고 이것이 제어 분야뿐만 아니라 다른 여러 분야에서도 인정을 받아가고 있다.

이러한 점을 이용하여 퍼지 논리를 발전소 기동 및 정지의 자동화에 응용할 수 있다. 즉, 시스템의 복잡성, 불안정성, 시간 지연 특성, 비선형성과 네이타의 불확실성 등과 같은 부정확한 정보 등에도 불구하고 이러한 상황에 대처하여 숙련된 운전원들은 운전을 잘 수행하고 있으므로 이 운전원들의 판단, 사고 및 동작(action) 등을 퍼지니스를 포함하는 시스템 기술언어로 표현하고 이것을 바탕으로 하여 제어를 구성함으로써 운전원들의 육체적, 정신적 상태에 크게 의존하는 운전제어에 비해 항상 같은 성과를 얻을 수 있다. 숙련된 운전원들의 경험과 지식은 "IF (condition) THEN (action)"과 같은 구이적인 표현(linguistic expression)을 사용하여 규칙(rule)을 만들어서 제어를 구성할 수 있으며 이러한 구이적인 표현을 다루는데 퍼지 논리는 좋은 도구로 이용된다.

여기서는 화력 발전소의 자동 기동 및 정지를 위한 퍼지 논리의 적용 가능성을 확인하기 위하여 드림형 보일러를 선정하고 구체적으로 대상 시스템의 기동 및 정지에 숙련된 운전원의 경험과 지식을 바탕으로 구이적인 변수(linguistic variable)를 다루기 위한 도구로써 퍼지 집합(fuzzy set) 개념을 이용하여 퍼지 제어를 구성할 수 있음을 설명하겠다[2].

3. 발전소 개요

여기서 소개될 내용은 서울화력 발전소 4호기를 대상



(그림 1) 서울 화력 발전소 4호기의 전체 블럭도

으로 한 것이다. 이 발전소는 드립형 보일러를 갖는 중유 질소식 발전소로서 다음과 같은 사용을 갖고 있다 [5].

- Maximum Power : 137.5MW
- Maximum Steam Evaporating : 450 Ton/Hr
- Steam Pressure : 126.6kg/cm²
- Steam Temperature : 540℃

이 화력 발전소는 보일러, 터빈, 발전기로 구성되며 이 중에서 보일러가 가장 복잡하고 중요한 역할을 한다. 서울화력 4호기 보일러는 평형 동풍식(balance draft), 자연 순환식 설비를 갖춘 반 옥외형이며 전체 구조는 (그림 1)과 같다. 드럼내에 있는 물은 증발기(EV, evaporator)에서 버너에 의해 증기로 바뀐 뒤 다시 드럼내로 모인다. 드럼 상부에 모이게 되는 증기는 과열기(SH, superheater)를 통과하면서 온도가 조절되고 터빈에 공급된다. 처음에 고압 터빈(HPT, high pressure turbine)을 통과한 증기는 재열기(RH, reheater)를 통과하면서 다시 에너지를 얻어서 나머지 터빈에 공급되고 터빈을 거친 증기는 응축기(condensator)에서 응축되어 다시 물로 바뀐 뒤 보일러 급수펌프(BFP, boiler feedwater pump)에 의해 드럼으로 다시 공급된다. 공기가 팬

(FDF, forced draft fan)에 의해 노(furnace)로 공급되던 비너에 의해 고온의 연소가스가 되어 보일러를 거치는 동안 히터(heater)에 열을 공급하고 팬(IDF, induced draft fan)을 통해 외부로 방출된다[5, 6].

4. 보일러의 기동 및 정지

4.1 개요

기동은 정지 상태에서 정상 운전을 시작하기 위해 거쳐야 하는 과도기 운전으로 급전 요구에 따라 발전을 시작하기 위하여 보일러의 증기 생산 기능이 자동 재료가 가능하고 정상적인 보일러 출력을 낼 수 있도록 하기 위한 과정이다. 기동은 각종 밸브(valve), 댐퍼(damper), 팬(fan), 펌프(pump) 등의 상태를 점검하는 예비 점검 과정. 보일러의 상태를 고려한 기동 계획, 정해진 계획과 순서에 따른 보일러 설비의 조작 등으로 이루어진다. 이때 운전원은 배전반이라는 제어실에 설치된 디지털과 아날로그 디스플레이 장치들로부터 공정치(process value)를 관측하고 주로 계획된 온도와 압력의 상승률을 따르기 위해 자신의 경험에 비추어 밸브를 조정한다.

다. 보일러의 기동 운전이 끝날 무렵 터어빈을 롤링(rolling)하고 발전기와 터어빈을 동기(synchronization)시켜 출력을 내게 되며(이 작업을 병입이라고 함) 최대 발전기 출력의 30% 정도에서 보일러 추종 방식에 의한 자동 제어로 완전히 전환된다.

정지는 개념적으로 기동의 역순이라고 생각할 수 있으나 실제로는 목적에 따라 다소 차이가 있다. 정지는 급전 지령에 의해 발전을 중지하기 위하여 자동으로 운전되고 있는 정상 운전 상태에서 부하 감발을 시작하여 전력의 공급을 중단하기 위한 작업이다. 정지 과정은 자동 제어되고 있는 상태로 부하를 감발하여 최대 부하 출력의 약 30% 정도에서 수동 운전으로 전환한 후 보일러의 증기 생산 기능을 줄이고 전력 공급을 중단하는 과정, 각종 밸브와 덤퍼의 조작, 여러 부시스템들을 정지하는 과정, 그리고 보일러 설비를 필요에 의해 강제적으로 냉각시키는 과정 등으로 이루어져 있다.

이러한 기동 및 정지 운전은 복잡한 절차와 그 절차에 따른 운전원들의 수동 조작으로 이루어지므로, 숙련된 운전원들일수록 효율적인 운전을 하게 된다.

4.2 기동 및 정지의 계획

기동과 정지의 계획은 함께 이루어진다. 정지의 방법은 계획된 기동 날짜에 의해 결정되며 기동은 터어빈의 정지 시간에 따라 결정된다. 24시간 안에 기동할 계획이 있는 경우 정지는 압력과 온도의 소모를 최대한으로 억제하면서 출력 전력의 공급만 중지함으로써 기동시 단 시간 안에 필요한 증기를 얻을 수 있어 빠른 전력 공급을 할 수 있다. 약 3일 이후에 기동할 계획이 있는 경우와 같이 장시간 정지를 할 경우에는 압력과 온도의 소모를 억제하기 보다는 오히려 빠른 소모를 유도하여 냉각된 상태로 유지시킨다. 이런 경우는 기동시 압력과 온도를 많이 올려야 하므로 긴 기동 시간이 요구된다. 이와 같은 구분에 의해 기동시 보일러, 터어빈 시스템에 무리가 적은 한도내에서 압력 및 온도의 상승률이 달라지며 보일러 집회에서부터 병입까지의 시간도 달라진다.

5. 퍼지 제어기의 구성

퍼지 제어기는 수동으로 제어되었던 여러 공정 제어 시스템에서 그 유용성이 입증되고 있고 실제로 응용되고 있다. 제어를 위한 알고리즘의 지식은 수동 작업을

하고 있는 운전원들로부터 얻어지며 “IF (condition) THEN (action)”과 같은 구어적 언어로 표현된다. 이러한 문장들의 집합은 제어대상의 공정의 상태가 어떠한 상태일 때 어떤 조작을 취해야 한다라는 운전원들의 제어 전략을 나타낸다. 이 표현을 규칙(rule)으로 정하고 퍼지니스(fuziness)를 사용하여 퍼지 제어기를 구성한다. 소속 함수(membership function)의 universe of discourse는 운전 자료의 분석으로부터 결정되며 주로 공정 변수의 허용 한계값으로 그 범위를 정할 수 있다. 퍼지 제어 규칙은 대상 발전소의 기동 및 정지운전을 관찰한 후 이를 통해서 얻어진 운전원들의 운전에 대한 경험을 보일러의 제어기 구성을 위한 규칙으로 만들며 운전원들의 경험적인 운전 과정으로부터 관찰과 인터뷰를 통하여 규칙을 도출할 수 있고 일부의 규칙은 보일러의 기동 운전 자료 분석 등을 통해 보완할 수 있다. 규칙의 예는 다음과 같다.

```
IF superheater temperature is Very High
and change in superheater temperature is Positive Fast
THEN spray valve is Wide Open
```

5.1 기동에 대한 제어기의 구성

(1) 드럼의 수위 제어

드럼의 수위는 온도 상승에 따라 보일러 내에 증발기로부터 들어온 증기에 의해 시간이 지나면서 급격하게 증가하게 된다. 또한 물이 끓으면서 수위는 심한 번동을 나타내게 된다. 이러한 이유로 드럼에 설치된 C.B.D 밸브를 사용하여 운전자의 수동 조작에 의해 드럼에서 물을 빼는 작업을 한다.

(2) 드럼의 급속 온도와 압력 제어

기동시에는 드럼의 온도와 압력을 계획에 따라 상승시키는 것이 매우 중요하며 운전원도 이것의 상승을 일정 시간 간격으로 점검하면서 조심스럽게 밸브를 조작한다. 온도의 상승률은 warm-up L.O. control 밸브로, 압력의 상승률은 최종 과열기 출구측 드레인(final superheater outlet drain) 밸브로 조정된다.

(3) 과열기의 온도 제어

과열기는 드럼에서 발생된 증기가 터어빈에 공급되는 과정에서 증기의 온도를 높여주는 역할을 한다. 그러나 증기의 온도는 각 부분마다 정해진 온도가 있어서 온도가 높아질 때 온도를 낮추어 일정한 온도가 유지되도록 하여야 한다. 과열기의 온도제어에서는 증기단 과열기

(division wall superheater)의 입구 온도를 일정하게 유지하고 최종단 과열기의 출구측 온도를 범입조건에 맞도록 유지하기 위해 과열저감기(attemperator, spray)를 사용하여 제어한다. 중간단 과열기의 온도 제어를 위해서는 lower spary(LSP)를, 최종단 과열기를 위해서는 upper spray(USP)를 사용한다.

5.2 정지에 대한 제어기의 구성

부하 감발 중 최대 부하의 약 30% 정도에서 자동 운전이 수동 운전으로 전환되며 계속적인 부하 감발에 따른 압력 감소, 주증기량 변화, 수위 변화, 과열기 온도 변화 등을 운전원들이 수동으로 조정하게 된다. 압력 감소는 필요한 주증기량의 감소를 의미하고 이로 인해 드럼에서 공급되는 증기가 줄어든다. 따라서 버너에 공급되는 연료(oli)량과 드럼에 공급되는 급수(feed water)량

〈표 1〉 드럼 수위 제어를 위한 규칙

CONDITION		ACTION
L	DL	CBD
PH	PF/PS/ZO	WD
PL/ZO	PF	MB
PL	PS/ZO	MS
ZO	PS	SM
NL	PF	SM
ZO/NL/NH	NS/NF	CO

number of rule = 6

(Input Variable)

- L - drum level
- DL - change in drum level

(Output Variable)

- CBD - C.B.D valve opening

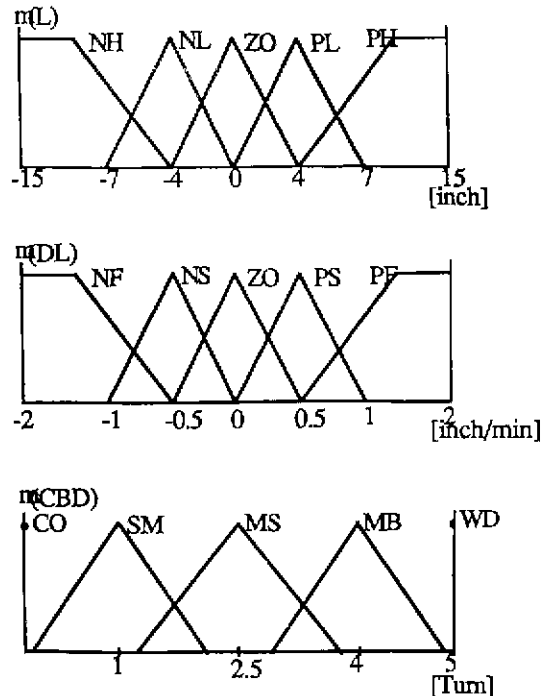
(Linguistic Variable)

- NH - negative high
- NL - negative low
- ZO - zero
- PL - positive low
- PH - positive high
- NF - negative fast
- NS - negative slow
- PS - positive slow
- PF - positive fast
- WD - wide open
- MB - medium big
- MS - medium small
- SM - small
- CO - close

을 감소시키기 위해 이것에 관련된 밸브를 적절히 조절하여야 한다. 다른 한편으로는 전체 시스템의 온도를 낮추어야 하므로 pass damper와 여러 spray들을 조절하여 과열기의 온도를 조절하여야 한다. 따라서 정지에서는 과열기의 온도 제어, 드럼 수위 제어, 연료량 제어와 같은 제어기가 구성되며 이것에 대한 것은 현재 연구중에 있다.

5.3 자동 기동의 연구 소개

이미 소개된 제어기의 구성의 예로 드럼 수위 제어와 과열기 온도 제어를 위한 규칙과 소속함수는 (그림 2)와 (그림 3), 〈표 1〉과 〈표 2〉에 나타나 있다. 이것을 이용하여 (그림 4)와 같은 결과를 얻을 수 있다. 여기서 사용된 추론 방법은 직접 추론법(direct reasoning)이며 비퍼지화(defuzzification) 방법은 널리 사용되고 있는 무게 중심법(center of gravity method)을 사용하였다. 설계된 퍼지 제어기를 이용하여 보일러의 기동을 실험하기 위해 직접 대상 발전소에 적용한다는 것은 여러 가지 여건상 어려운 일이기 때문에 기동시 보일러 동특성을 잘 나타내는 간단한 모델을 구성하여 서술 하리



(그림 2) 드럼 수위 제어를 위한 소속 함수

〈표 2〉 과열기 온도 제어를 위한 규칙

CONDITION		ACTION
TDI	DTDI	LSP
ML	-	CO
MH	PB	BG
HT	PB	MB
HT	PS	MS
HT	NB	SM
NE	PB	MS
NE	PS	SM
NE	NS/ZO	CO
NT	PB	SM
LT	NS/ZO	CO

Number of rule = 10

(Input Variable)

TDI - div. wall S/H inlet temperature
 DTDI - change in div. wall S/H inlet temperature

(Output Variable)

LSP - lower spray control valve opening

(Linguistic Variable)

ML - much lower than 450 °C
 LT - lower than 450 °C
 NE - near than 450 °C
 HT - higher than 450 °C
 MH - much higher than 450 °C
 BG - big

CONDITION		ACTION
TE	DTE	DUSP
NB/NM	PS	NB/NM
NB/NM	ZO/NS/NM/NB	NB
NS	PB/PM	PS
NS	PS	ZO
NS	ZO/NS	NM
ZO	PB/PM	PM
ZO	PS	PS
ZO	NS	NS
ZO	NM/NB	NM
PS	ZO/PS	ZO
PS	NM/NB	NS
PM/PB	ZO/PS/PM/PB	PB
PM/PB	NS	PM/PM
ZO	ZO	ZO

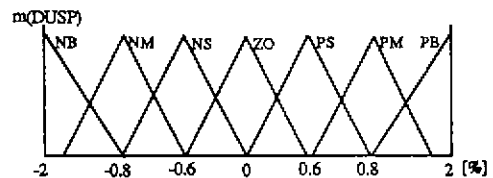
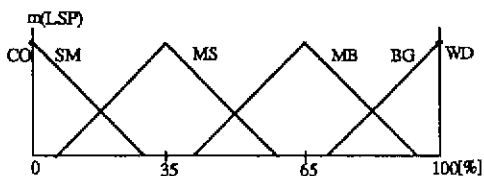
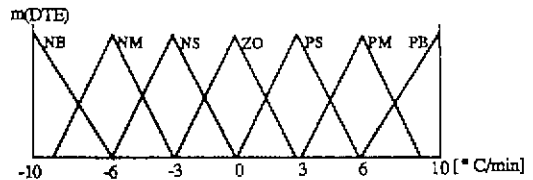
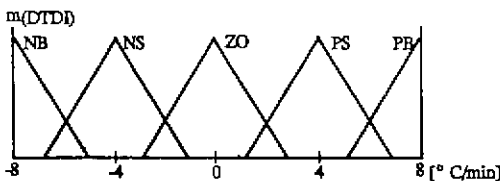
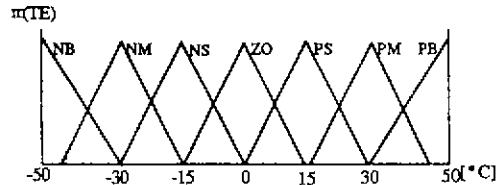
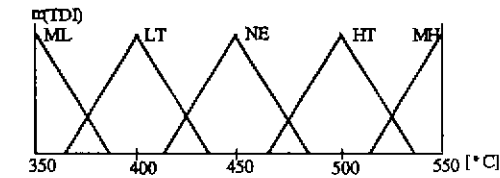
number of rule = 14

(Input Variable)

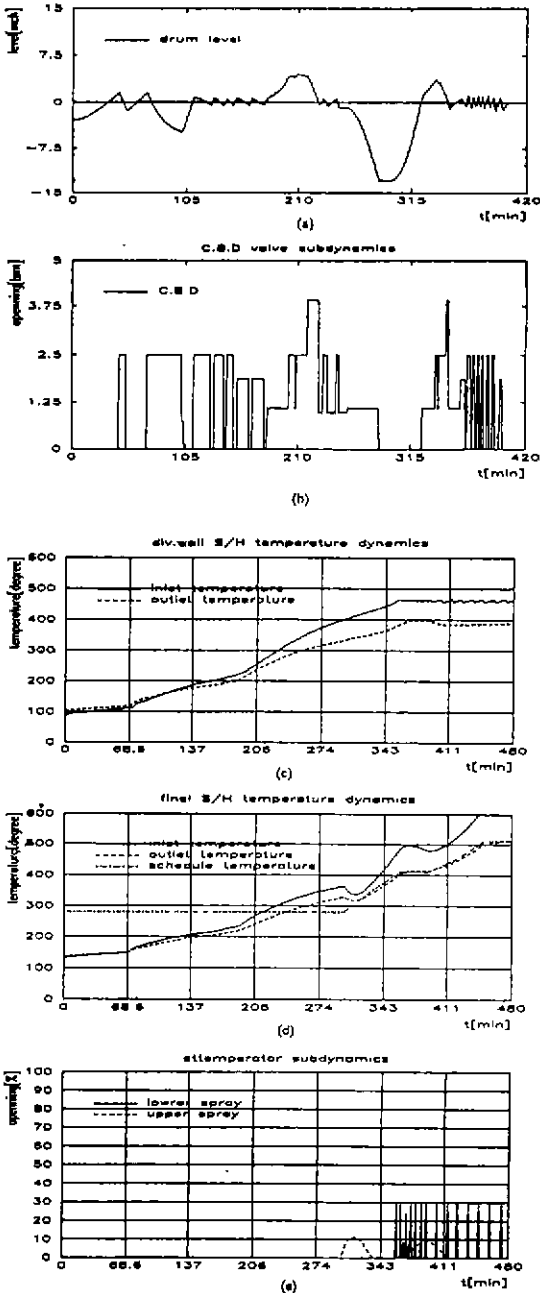
TE - final S/H outlet temperature error
 DTE - change in final S/H outlet temperature error

(Output Variable)

DUSP - change in upper spray control valve opening



(그림 3) 과열기 온도 제어를 위한 소속 함수



(그림 4) 드럼 수위와 과열기 온도 제어에 대한 시뮬레이션

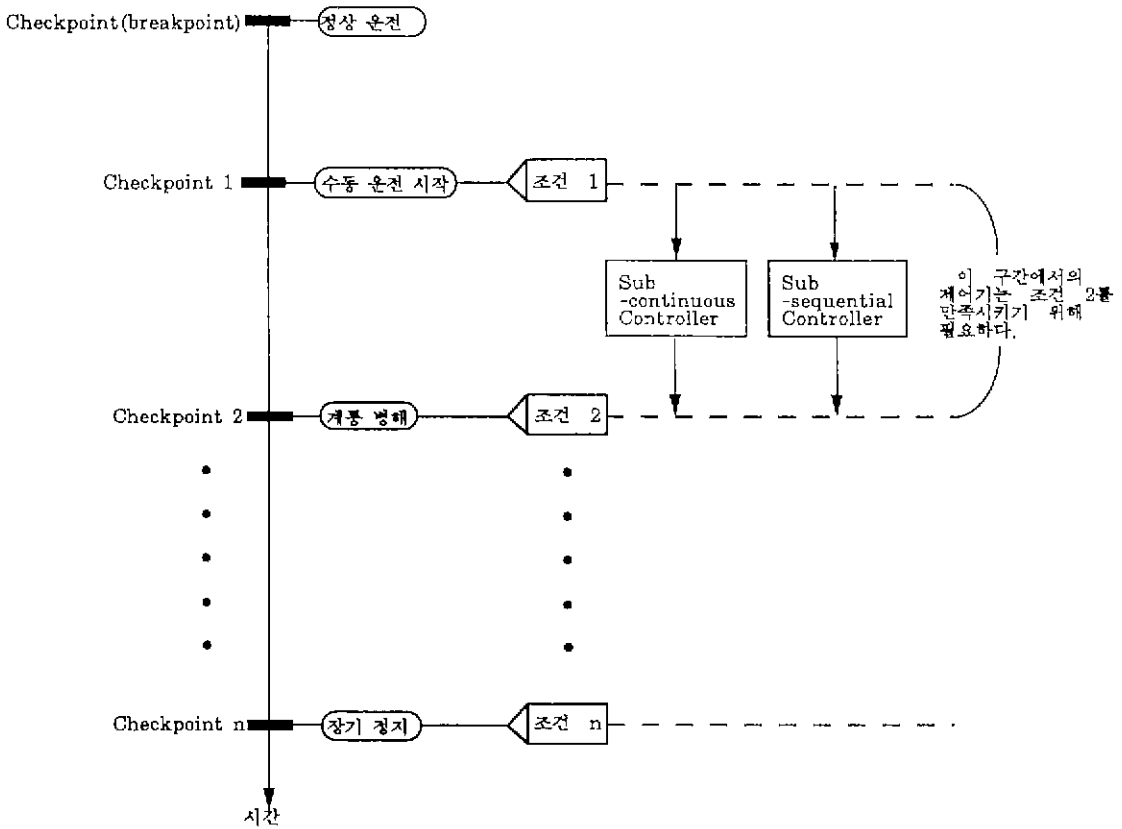
발전소의 기동 운전 데이터로부터 모델의 초기값을 정하고 기동 계획에 따라 모델과 퍼지 제어를 결합하여 시뮬레이션을 행하였다. 기동시 보일러의 동특성은 매우 느리게 나타나므로 많은 제어 입력을 만들어 낼 필요가

없기 때문에 모델의 동특성은 1초마다 계산되며 퍼지 제어기의 샘플링 시간은 1분으로 정하였다. 드럼의 수위는 -1~1[inch]를 유지하기 위한 것으로 약간의 규칙의 추가가 필요함을 알 수 있다. 중간단 과열기의 입구 온도는 온도 상승에 대해 450°C를 유지하고 있으며 최종단 과열기의 출구 온도는 그곳을 통과하는 과열 증기가 터어빈으로 들어가므로 계획된 상승률로 조절되고 있다. 이를 바탕으로 퍼지 제어기에 의한 기동 운전이 충분히 허용되는 범위 안에서 실제 보일러에 적용될 수 있음을 알 수 있다.

6. 자동 기동 및 정지의 연구 방향

가장 최근의 제어 방법은 전체 절차를 몇개의 부절차들로 구분한 후 이 각각의 부절차들을 순차적으로 제어하는데 순차논리와 부분적으로 전문가 시스템(expert system)을 이용하고 있다. 그러나 이 방법은 현재 운전원들에 의해 수동으로 제어되고 있는 모래된 발전소에는 적용하는 데 상당한 시간과 경제적인 부담이 발생한다. 또한 보일러의 여러 복잡한 특성이나 센서의 부정확성 등에 의한 영향에 의해서 다음 순서를 수행하기 위한 조건들의 결정에 영향을 미치게 된다.

그래서 현재는 다음과 같은 제어 방법이 연구되고 있다. 즉, 전체 제어 절차들을 여러 개의 부절차들로 구분하여 이 부절차들을 각각 독립적으로 제어하는 방법이다. 이 각각의 부절차들의 제어는 현재의 부절차의 초기 조건으로부터 다음에 수행될 부절차가 요구하는 초기 조건으로 제어하는 것을 의미한다. 여기에 필요한 제어기들은 앞에서 소개된 퍼지 제어기, 다른 연속 제어기(PID 등등) 그리고 순차 제어기들로 구성될 수 있다. 그러나 여기서는 발전소와 같은 복잡한 시스템을 다루기 때문에 그 초기 조건을 정확하게 맞추는 것은 거의 불가능하다. 따라서 어떤 상황이면 다음 부절차들의 수행이 가능한가를 판단하는 것이 필요하고 이러한 판단을 내리는 각 부절차들 사이의 경계들을 checkpoint(또는 breakpoint)로 정한다. 이 판단기는 수집된 정보의 부정확성, 발전소 상태의 변화 등과 같은 상황에 잘 대처하고 있는 운전원들의 지식을 수집하여 퍼지니스를 도입하여 구성할 수 있다. 이러한 제어 방법은 기동에 대해서도 적용할 수 있으며 현재는 정지에 대한 연구가 우선적으로 수행되고 있다. (그림 5)에 이러한 방법이 나타나 있다.



(그림 5) 정지 자동화의 개략적 제어 구조도

7. 결 론

기술 발전에 따라 화력 발전소의 자동화 연구를 꾸준히 진행시킨 결과 정상 상태 운전을 위한 발전소 자동화는 많은 진척을 이루었으나 기동 및 정지에 관한 자동화 연구는 거의 없는 실정이다. 이러한 시점에서 보일러의 자동 기동 및 정지에 관한 연구는 그 자체로 큰 의의를 가지고 있다고 할 수 있다. 특히 현재 국내 전력 사정으로 인하여 앞으로 많은 발전소를 건설해야 한다는 점에서 더욱 중요하다. 여기서는 화력 발전소의 자동화의 한 부분인 보일러의 자동 기동 및 정지를 퍼지 논리를 도입하여 구현할 수 있음을 설명하였다. 비록 현재는 전체 시스템의 일부인 드럼형 보일러만을 다루고 있지만 퍼지 논리가 발전소와 같은 복잡한 특성을 갖는 일반 공정 시스템에 대한 자동화에 훌륭한 방법으로 쓰일 수 있음을 보여주고 있다.

기동 및 정지에 관한 앞으로의 연구는 현재 순차 제어가 이루어지고 있는 과정에서 인간에 의한 필요한 상황 판단을 대신 결정해주는 decision maker를 구성하는 방향으로 향하고 있다. 지금은 부분적으로 엑스피트 시스템(expert system)을 사용하고 있으나 발전소의 부정확한 데이터를 다루기 위해서는 퍼지 논리를 사용한 fuzzy decision maker를 이용하는 것이 좀더 적절한 방법이 될 것으로 생각한다.

참 고 문 헌

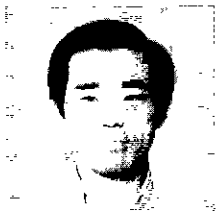
1. Dukelow, S. G., "Boiler Controls—Yesterday, Today, and Tomorrow," COMBUSTION, November 1977.
2. 류형근, "퍼지 논리를 이용한 드럼형 보일러의 자동 기동에 관한 연구", 한국과학기술원 석사학위

논문, 1991.

3. Mamdani, E. H., Assilian, S., "An Experiment in Linguistic Synthesis with a Fuzzy Logic Controller," Int'l Journal of Man-Machine Studies, Vol. 6, 1984.
4. Chuen Chien Lee, "Fuzzy Logic in Control Systems: Fuzzy Logic Controller-Part I and Part II," IEEE Trans. on SMC, Vol. 20, No. 2, March/April 1990.
6. "서울 화력 4호기 운전 조작 설명서", 한국전력공사, 서울화력발전소, 1983.
5. "울산 화력 4호기 운전 조작 설명서", 한국전력공사, 서울화력발전소, 1990.
7. Ikeda, K. S., Tulunay, E., "The Automatic Start-up of the Fluidized Bed Combustor,"

IEEE International Workshop on Intelligent Motion and Control, pp. 20~22, August 1990.

8. Robot E. King, Fotis C. Karonis, "Multi-Level Expert Control of a Large-Scale Industrial Process," Fuzzy Computing, 1988.
9. M. Uchida, N. Kato, "Totally Computer Automated Control System in Thermal Power Unit," IFAC Control Science and Technology(8th Triennial World Congress) Kyoto, Japan. 1981.
10. P. M. Larsen, "Process Applications of Fuzzy Logic Control," Int'l Journal of Man-Machine Studies, Vol. 12, 1980.



변 증 남

1969년 서울대학교 전자공학과 공학사 학위 취득
 1972년 Iowa대학교 전기과 공학석사 학위 취득
 1975년 Iowa대학교 수학과 공학석사 및 동대학 전기과 공학박사 학위 취득

1976년~1977년 Iowa대학교 전기과 조교수

1977년~1992년 한국과학기술원 전기 및 전자공학부 교수

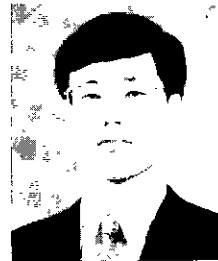
1981년~1982년 Iowa대학교 전기과 객원교수

1987년~1988년 Syracuse대학교 CASE연구센터 객원 연구원

1988년 Tokyo Institute of Technology 객원교수 역임

1992년 한국과학기술원 산업전자기술연구센터(CIET) 소장

관심분야: 자동제이론, 로봇틱스 및 지능제어시스템 등



이 한 오

1990년 동아대학교 전자공학과 졸업
 1990년~1992년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사과정 재학중



류 형 군

1989년 경북대학교 전자공학과 졸업

1991년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사학위 취득

1991년~1992년 한국통신 ISDN연구실 선임 연구원