

화력발전소 약품주입계통의 성능개선을 위한 퍼지시스템 설계

문 채 주

한국전력기술(주) 전력기술개발연구소

Design of fuzzy system for chemical injection system retrofit in thermal power plant

Chae Joo Moon

Power Engineering Research Institute, Korea Power Engineering Co.

요 약

대부분의 기존 화력발전소는 기동정지가 빈번하지 않고 부하는 정상운전시에 일정하게 운전된다. 그러나, 최근에 원자력발전소 운전과 다양한 형태의 전력소비가 이루어지고 있어 발전소에 대한 효율적인 운전이 요구되어지고 있다. 따라서, 일일기동정지 및 주말기동정지 운전이 이루어지고 있으며, 발전소의 기동, 정지 및 부하변동이 자주 일어나며, 이러한 운전형태는 수처리시스템에 영향을 미치게 된다. P 화력발전소는 일일기동정지 운전개념으로 설계되었으며, 수처리설비중의 하나인 약품주입 제어시스템은 수질을 일정하게 유지시키기 위해 자동운전 모드를 갖도록 설계되었다. 불행하게도 제어시스템은 수질을 일정한 설정치로 유지시키지 못하였으며, 현장기술자가 PID 제어기 대신에 F(x) 함수를 갖는 제어시스템으로 설계변경하였으나 시험운전 결과는 만족스런 성능을 나타내지 않았다. 본 논문에서는 제어성능을 개선하기 위한 퍼지약품주입시스템을 제안하고 시뮬레이션으로 타당성을 입증하였다.

Abstract— Many conventional thermal power plants were started up and shutdown not frequently and the operating loads were constant in the normal operation. In contrast, however, in recent years, with the participation of nuclear power generation and from the varied pattern of load consumption, it has been required that the plants should be operated efficiently. Thus, the DSS(Daily Startup Shutdown) and WSS(Weekly Startup Shutdown) have been carried out, and the plant startup, shutdown and load variations have become very frequent. This tendency is reflected also on water treatment systems. The P thermal power plant designed with the concept of DSS operation, and also, the chemical injection system as one of water treatment systems have automatic operation mode to maintain constant water quality with conventional control system. Unfortunately, the control system does not maintain the set point of water quality. The field engineer revised the control system with F(x) function instead of PID controller, but the results of test operation do not show the satisfied performance. This paper suggests the fuzzy chemical injection system to improve the control performance and verifies the validation of suggested system using simulation.

1. 서 론

최근 화력발전소는 unit의 대용량화가 진행되고 있으며, 원자력발전소의 전력생산 비율증대로 인한 운전모드가 기저부하에서 중간 또는 peak 부하로 그 역할이 변화되고 있다. 또한, 정보기구나 가전제품 등의

급속한 보급으로 고품질의 전력수요 요구가 증대되어 이에 대응하는 부하추종운전이 필연적이다. 이와같은 변화에 대응하기 위한 화력발전소의 운전형태는 급격한 부하의 변동이나 일일기동정지(DSS) 또는 주말기동정지(WSS) 운전이 요구된다. 이러한 경향은 수질조절계통에도 영향을 주어 운전신뢰성 및 정밀성

확보와 운전원의 업무부담을 줄이기 위해 기존의 수동운전방식의 설계를 자동운전방식으로 설계방향이 변경되었다. 근래에 건설되고 있는 500 MW급 표준 석탄화력발전소는 이러한 운전개념을 도입하여 설계 및 건설되었다. 약품주입시스템은 계통수의 수질을 일정하게 유지하기 위해 필요한 화학약품을 계통수에 주입하는 시스템으로 복수유량과 급수유량의 잔류산소농도와 산성도에 따라 약품주입량을 결정한다. 잔류산소농도를 조절하는 약품은 하이드라진이고 산성도를 조절하는 약품은 암모니아이며, 암모니아를 주입하면 전도도가 신속하게 변화하고 전도도와 산성도 사이에 일정한 함수관계를 갖기 때문에 제어대상은 전도도와 산소와 반응하고 남은 잔류하이드라진 농도가 된다. 초기설계에서는 PI 제어방식을 적용하였으나 약품주입부와 제어하고자하는 질탄기 입구 사이의 프로세스가 길고 시간지연이 크기 때문에 이 제어방식으로 운전이 불가능하였다. 이의 개선책으로서 복수유량과 농도에 대응하여 약품주입량을 결정하는 F(x) 함수를 사용하는 방식을 채택하고 있으나 이 또한 부하변동시는 그 성능을 내지 못하고 있다. 현재는 기저부하상태에서의 복수유량과 농도를 기준으로 운전원이 약품주입량을 수동으로 설정하고 운전하고 있는 실정이다. 그러나, 향후 부하변동 운전이 요구되면 복수유량이 빈번하게 변동되고 운전원은 계속적으로 변화하는 복수유량을 보면서 수동으로 운전을 하여야 하는 어려움에 처하게 된다는 것을 쉽게 예상할 수 있다. 결국 운전원이 조정할 수 있는 한계를 넘어 계통수 수질이 불안정하게 되고 과도한 약품투입에 의한 경제적손실은 물론 프로세스 배관의 부식을 초래하여 기기의 사용수명을 단축시키는 결과를 가져올 수 있다.¹⁻³⁾ 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 연구에서는 최근 산업분야 뿐만 아니라 공정제어분야에 널리 적용되어 성공적인 결과를 얻고 있는 퍼지이론을 약품주입시스템에 적용하였다. 약품하이드라진과 암모니아를 주입하는 펌프의 속도제어는 부하변동율과 관계가 있는 복수유량을 기준으로 소속 함수와 규칙행렬을 설계하였으며, 탈기기의 잔류하이드라진 농도와 전도도를 기준으로 펌프 stroke를 제어하는 소속함수 및 제어규칙을 설계하였다.⁴⁻¹²⁾ 시뮬레이션에 의한 시험결과 설계된 퍼지시스템은 기존의 F(x) 함수를 갖는 제어시스템에 비해 제어성능이 매우 우수함을 확인하였다.

2. 약품주입시스템 계통분석

2-1. 화력발전소 수질감시계통

Table 1. Correlation of ammonia, pH and conductivity.

pH	Ammonia(ppm)	Conductivity(μS)
9.0~9.5	0.4~2.0	4~10
9.35	0.9	6.3

화력발전소 관류형 보일러의 수질감시시스템은 발전소 water/steam 계통의 보일러수와 급수에 포함되어 있는 다양한 고형물질을 제거하기 위해 전처리 및 deionization 하는 설비, 복수기 튜브누설을 감시하는 설비, 계통수의 일정한 pH 및 용존산소를 유지시켜주는 약품주입설비 등을 감시하는 시스템이다.

2-2. 약품주입설비

약품주입설비의 역할은 계통수의 pH 및 용존산소를 일정하게 유지하여 보일러나 터빈의 부식과 scale을 막을 방지하여 열효율을 상승시키고 국부적인 과열이나 손상을 예방한다.

2-2-1. 설비구성

관류형 보일러의 약품주입시스템은 복수 및 급수에 용해되어 있는 산소를 제거하고 pH를 적절하게 유지하는 설비로서 펌프 및 약품을 저장하는 탱크로 구성된다.

1) 하이드라진 주입설비

하이드라진의 주입은 탈기탑에서 완전히 제거하지 못한 부식인자인 용존산소를 제거하기 위한 목적이며, 질탄기 입구의 잔류 하이드라진 농도를 10ppb이상 유지하여야 한다. 휘발성 탈산소제인 하이드라진은 일정온도하에서 분해되어 암모니아를 생성하고 암모니아는 증기와 함께 응축하여 복수중의 pH를 약간 증가시켜 튜브의 부식을 방지하는 잇점을 가지고 있다. 설비는 하이드라진 탱크(고·저농도), 미터링 실린더, 디스펜싱 펌프, 재순환 펌프 및 하이드라진 주입펌프 등으로 구성된다. 여기서, 하이드라진 주입량은 탈기기의 잔류 하이드라진 농도를 기준으로 펌프의 회전수와 stroke를 조절하여 30ppb가 유지되도록 제어한다. 하이드라진 증가에 대한 전도도의 변화, 즉 pH 변화는 매우 미약하고 전도도에 영향을 주는 것은 암모니아 농도에 기인한 것으로 알려져 있다.

2) 암모니아 주입설비

암모니아의 주입은 계통수의 최적 pH를 조절하며, 암모니아 주입에 따른 빠른 반응특성 및 pH와 비례관계를 갖는 탈기기의 전기전도도 변화를 기준으로 한다. 설비는 암모니아 용해탱크, 미터링 실린더, 디스펜싱 펌프, 재순환 펌프 및 암모니아 주입펌프 등으로 구성된다. 여기서, 암모니아 주입량은 펌프의

회전수와 stroke를 조절하여 제어한다. 암모니아 농도와 pH와의 관계는 Table 1과 같이 정리된다. pH를 9.35로 유지하기 위해서는 반응이 빠른 전도도를 6.3 μ S로 유지하여야 한다.

2-2-2. 제어시스템

약품주입설비의 주요 제어시스템은 하이dra진 및 암모니아 펌프의 회전수와 stroke를 제어하는 설비로서 프로세스의 제어기준을 측정하는 분석기기 및 제어기 등으로 구성된다.

1) 하이dra진 주입량 제어

하이dra진 주입량은 복수유량에 따라 펌프의 회전수를 조절하고, 탈기기 입구(실제 제어기준은 절탄기 입구의 하이dra진 농도이나 탈기기 입구의 농도와 비례관계를 이용하여 제어함)의 하이dra진 농도를 기준으로 하여 펌프의 stroke를 조절한다.

2) 암모니아 주입량 제어

암모니아 주입량은 복수유량에 따라 펌프의 회전수를 조절하고, 탈기기 입구(실제 제어기준은 절탄기 입구의 전기전도도이나 탈기기 입구의 전도도와 비례관계를 이용하여 제어함)의 전기전도도를 기준으로 하여 펌프의 stroke를 조절한다.

3. 약품주입 퍼지시스템 설계

3-1. 약품주입 제어시스템 분석

적용대상 발전소는 P 화력이며, 약품주입설비의 프로세스 계통은 Fig. 1(퍼지 약품주입계통의 프로세스 계통도)과 같이 복수송입펌프 전단에 화학약품이 주입되고 탈기기 전단의 수질값을 측정하여 암모니아 및 하이dra진 펌프의 속도와 stroke를 조절한다. 기존 제어시스템의 구성은 펌프의 속도는 복수유량에 의해 조절되는 F(x) 함수를 사용하고 측정된 수질값은 펌프 stroke를 제어하는 케환신호로 사용된다. 기존 시스템은 다음과 같은 문제점을 포함하여 제어성능이 불량한 것으로 판단되었다. 또한, 일일기동정지 운전시 새로운 문제점도 예견된다.

1) 프로세스 배관에 의한 시간지연

약품주입지점과 취출지점 사이의 프로세스 배관이 길어 주입된 약품이 취출지점까지 이송되는 시간은 복수의 이송속도에 비해하기 때문에 시간지연이 발생된다. 100% 정격(NR)에서 2.65분, 25% 정격에서 5.75분이 소요된다.

2) 분석기기의 tubing에 의한 시간지연

프로세스 배관의 시료취득을 위해 설치한 tubing이 길어 취출수의 이송속도는 분당 취출수유량에 비해하기 때문에 시료수 유량이 500cc/min인 경우는 9.6분, 1000cc/min인 경우 4.8분이 소요된다.

3) 시료취득 지점별경

약품주입 제어설비의 최종 수질제어지점은 절탄기 입구이나 시간지연을 줄이기 위해 시운전시 시료취득

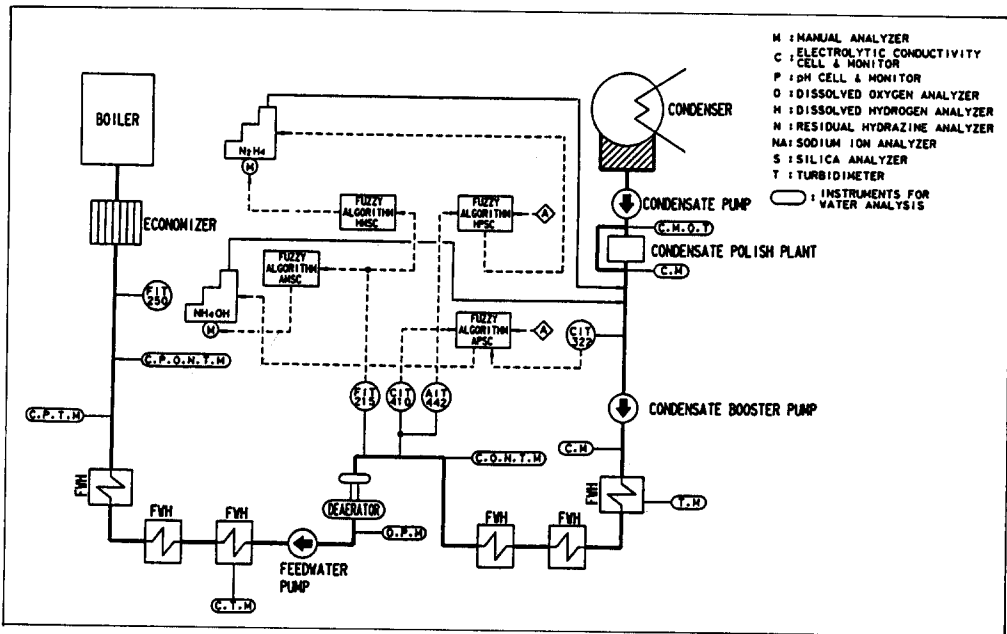


Fig. 1. Process diagram for fuzzy chemical injection system.

지점을 탈기 입구로 설계변경하여 하이드라진 잔류농도값에 대한 근본적인 오차를 내포하고 있다.

4) PI제어기의 제어성 상실

시간지연이 크기 때문에 이를 보상하는 가변이득 기술이 요구되나 경험의 부족으로 적용이 불가능하여 PI제어기의 제어성이 상실된다.

5) 일일기동정지 운전시 예상되는 문제점

기저부하 운전시는 복수유량이 일정하기 때문에 회전수 및 stroke가 일정한 범위이내의 값으로 운전 가능하나 일일기동정지 운전시는 급격한 부하변동에 따라 연속적으로 복수유량 변동이 발생되어 제어성이 상실된다.

3-2. 퍼지시스템 설계

약품주입설비에 대한 퍼지시스템의 설계는 그림 1과 같이 기존의 설비를 기준으로 퍼지알고리즘을 설계하였다.

1) 설계기준

가) 절탄기입구의 잔류하이드라진 농도를 10ppb로

유지하기 위해 탈기 입구의 잔류하이드라진 농도는 30ppb로 유지시키며, 연속분석기의 신호를 받아 하이드라진 펌프 stroke를 조절한다. 하이드라진 펌프 모터속도의 조절은 복수유량 측정계기의 신호를 받아 복수유량과 복수유량 변동율을 계산하여 사용한다.

나) 암모니아 주입에 따른 전기전도도의 반응은 빠르기 때문에 절탄기 입구의 전기전도도와 탈기 입구의 전기전도도는 동일한 것으로 간주한다. 절탄기 입구의 pH를 9.35로 유지하기 위해서는 전기전도도는 63 μ S가 되어야 하며, 연속분석기의 신호를 받아 암모니아 펌프 stroke를 조절한다. 암모니아 펌프 모터속도의 조절은 복수유량 측정계기의 신호를 받아 복수유량과 복수유량변동율을 계산하여 사용한다.

다) 하이드라진 증가에 따른 전기전도도 즉, pH의 변화는 시험운전 결과 극히 미약한 것으로 판단되고 전기전도도는 암모니아 농도에 영향을 받는 것으로 간주한다.

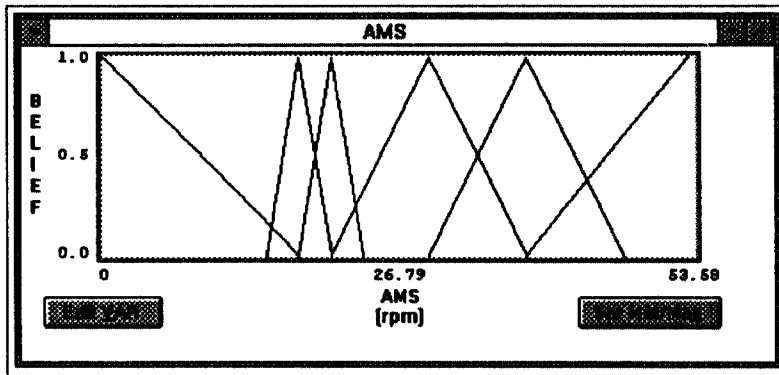


Fig. 2. Membership function for ammonia pump motor speed.

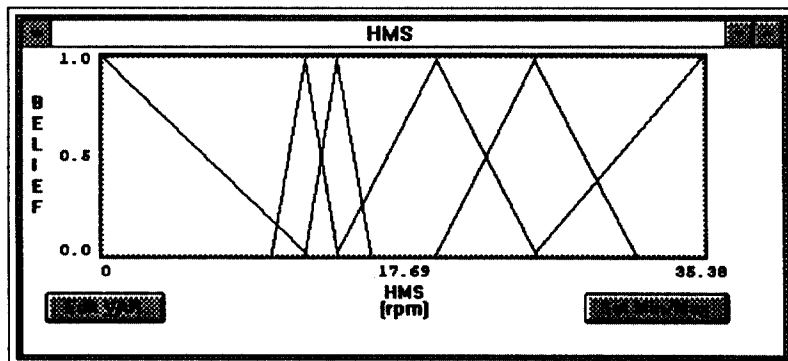


Fig. 3. Membership function for hydrazine pump motor speed.

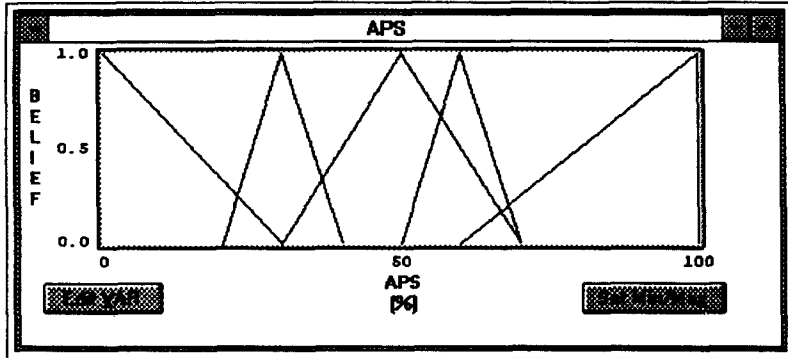


Fig. 4. Membership function for ammonia pump stroke.

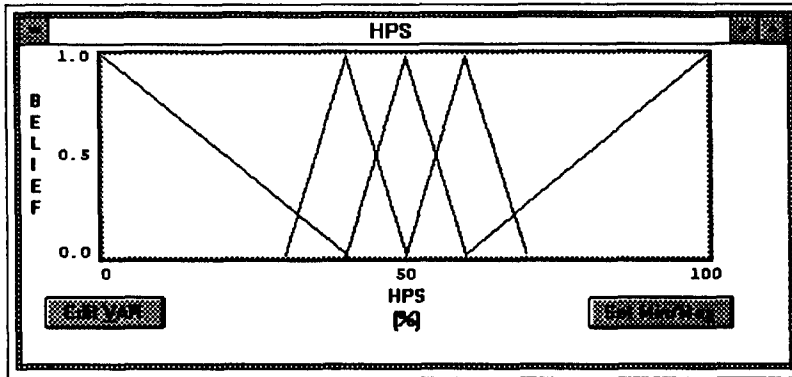


Fig. 5. Membership function for hydrazine pump stroke.

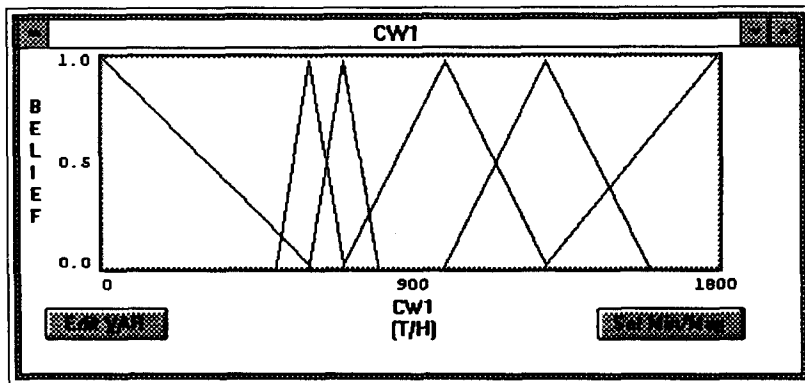


Fig. 6. Membership function for condensate flow.

2) 퍼지알고리즘 설계

퍼지알고리즘은 하이드라진 및 암모니아 유량을 제어하기 위해 다음과 같이 소속함수 및 추론하는 규칙행렬을 설계한다.

가) 소속함수

(1) ammonia pump motor speed는 0~1750 rpm이나 universe of discourse는 실제 운전에서 변동되는 0~54 rpm을 갖도록 소속함수를 Fig. 2와 같이

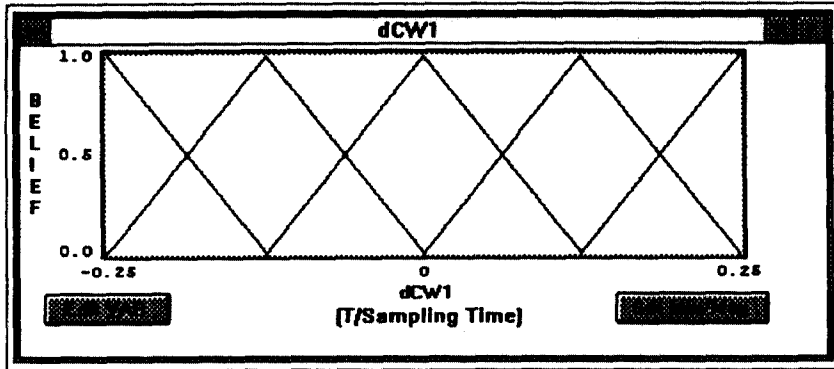


Fig. 7. Membership function for change of condensate flow.

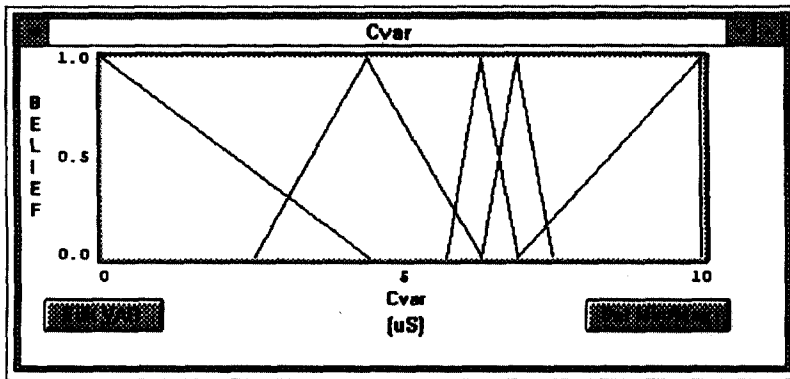


Fig. 8. Membership function for condensate conductivity

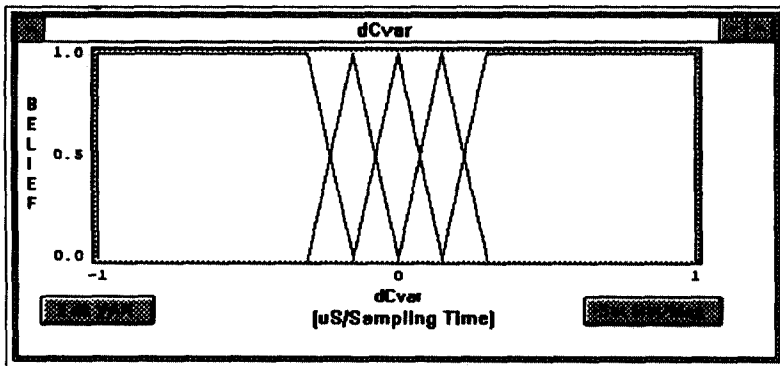


Fig. 9. Membership function for change of condensate conductivity.

정의하였다.

(2) hydrazine pump motor speed는 0~1750rpm이나 universe of discourse는 실제 운전에서 변동되는 0~35rpm을 갖도록 소속함수를 Fig 3과 같이 정의하였다.

(3) ammonia pump stroke는 0~100%이고 universe of discourse도 동일하도록 소속함수를 Fig. 4와 같이 정의하였다.

(4) hydrazine pump stroke는 0~100%이고 universe of discourse도 동일하도록 소속함수를 Fig. 5와

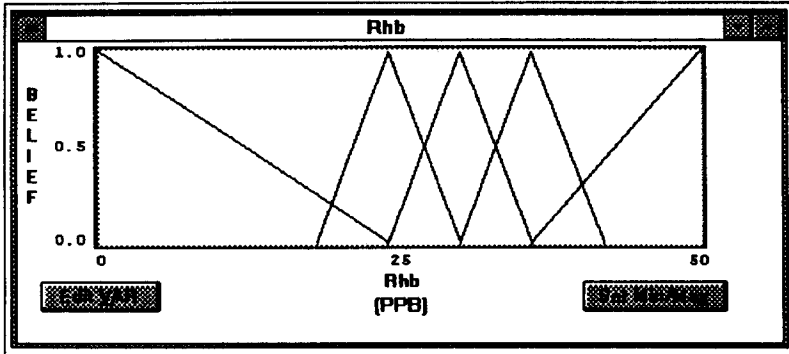


Fig. 10. Membership function for condensate hydrazine.

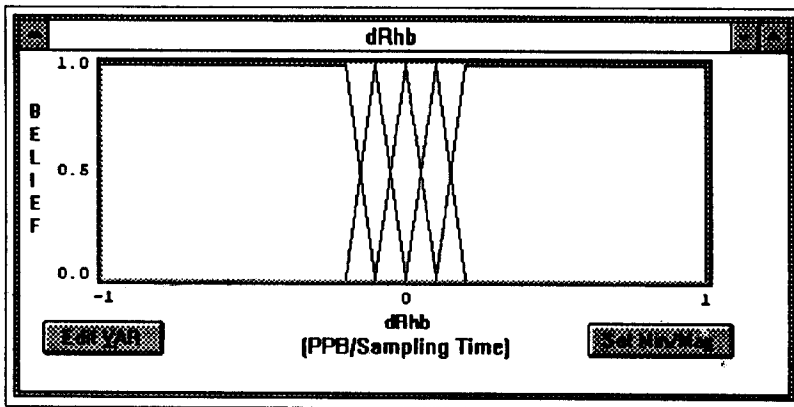


Fig. 11. Membership function for change of condensate hydrazine.

		AMSC_Rule					
		CW1					
AMS		WL	VL	LOW	HIGH	VH	VH
D C W 1	VL	WL	WL	VL	VL	WH	WH
	LOW	WL	VL	LOW	HIGH	VH	VH
	MED	WL	VL	LOW	HIGH	VH	VH
	HIGH	WL	VL	VL	LOW	VH	VH
	VH	VL	LOW	LOW	HIGH	VH	VH

Table 2. Rule matrix for ammonia pump motor speed control(AMSC).

같이 정의하였다.

- (5) 발전소 100% 부하시 condensate flow는 1800t/h 이기 때문에 universe of discourse도 동일하도록

소속함수를 Fig. 6과 같이 정의하였다.

- (6) 부하변동에 따른 change of condensate flow는 감소 및 증가되는 것을 고려하여 Fig. 7과 같이

APSC Rule						
APS	DCVAR					
	VL	LOW	MED	HIGH	VH	
C V A R	VL	HIGH	HIGH	VH	VH	VH
	LOW	MED	MED	HIGH	VH	VH
	MED	LOW	LOW	MED	HIGH	HIGH
	HIGH	VL	VL	VL	LOW	LOW
	VH	VL	VL	VL	VL	VL

Table 3. Rule matrix for ammonia pump stroke control(APSC).

HMSC Rule							
HMS	CW2						
	VL	VL	LOW	HIGH	VH	VH	
D C W 2	VL	VL	VL	VL	HIGH	VH	VH
	LOW	VL	VL	LOW	HIGH	VH	VH
	MED	VL	VL	LOW	HIGH	VH	VH
	HIGH	VL	VL	VL	VL	VH	VH
	VH	VL	LOW	LOW	HIGH	VH	VH

Table 4. Rule matrix for hydrazine pump motor speed control(HMSC).

HPSC Rule						
HPS	DRHB					
	VL	LOW	MED	HIGH	VH	
R H B	VL	HIGH	VH	VH	VH	VH
	LOW	HIGH	HIGH	HIGH	HIGH	HIGH
	MED	LOW	MED	MED	MED	HIGH
	HIGH	VL	VL	VL	LOW	LOW
	VH	VL	VL	VL	VL	VL

Table 5. Rule matrix for hydrazine pump stroke control(HPSC).

소속함수를 정의하였다.

- (7) condensate conductivity의 소속함수는 universe of discourse가 0~10 μ S를 갖도록 Fig. 8과 같이 정의하였다.
- (8) change of condensate conductivity는 변화율의 증감을 고려하여 Fig. 9와 같이 소속함수를 정의하였다.
- (9) condensate hydrazine의 universe of discourse는 0~50ppb를 갖도록 Fig. 10과 같이 소속함수를 정의하였다.
- (10) change of condensate hydrazine의 universe of discourse는 증감되는 것을 고려하여 Fig. 11과 같이 소속함수를 정의하였다.

나) 규칙설계

- (1) ammonia pump motor speed control의 규칙은 Table 2로 정의한다.
- (2) ammonia pump stroke control의 규칙은 Table 3으로 정의한다.
- (3) hydrazine pump motor speed control의 규칙은 Table 4로 정의한다.
- (4) hydrazine pump stroke control의 규칙은 Table 5로 정의한다.

3-3. 프로세스 모델링

발전소 적용을 위한 프로세스 모델링은 복수 및 급수시스템의 이송시간에 의해 발생하는 시간지연을 고려하였다. 암모니아가 투입되면 복수와 즉시 반응하여 시간지연 없이 전기전도도가 변화하는 것으로 모델하였으며, 하이드라진의 반응속도는 도표를 기준으로 지수함수를 갖도록 모델하고 시운전 데이터와 비교하여 재조정하였다. 보일러와 터빈을 거친 복수는 CPP(Condensate Polish Plant)에서 모든 이온들이 제

거되며, 복수승압펌프 전단에서 투입된 화학약품에 의해 수질값이 변화한다.

3-4. 시뮬레이션

가. 모델검증

시뮬레이션 모델검증은 단위기기별 시험을 하였으며, 시운전 시험데이터와 유사하도록 모델을 재조정하였다. 기동 및 정지시의 운전은 운전원이 수동운전을 하기 때문에 고려하지 않았으며, CPP운전도 정상적인 경우만 고려하였다. 전 계통에 대한 시험결과는 시험데이터와 유사하여 모델의 유용성을 확인하였다.

나. F(X) 함수에 의한 시뮬레이션

초기 설계된 PI 제어기는 제어성능이 구조적으로 불량하여 시험데이터를 기준으로 한 F(X) 함수기능을 이용하여 설계변경 하였다. F(X) 함수설계는 stroke를 50%로 고정시키고 복수유량에 따라 모터속도가 변동되도록 설계한 것이다. 또한, 시뮬레이션에서 고려한 것은 부하변동을 100%에서 50%까지 감발하고 일정 시간 부하를 유지한후 다시 100%까지 부하를 증발시켜 제어성능을 확인하였다. 그러나, 이 방식에 의한 운전결과는 제어성능이 상당히 불량하며, 다음과 같이 시뮬레이션 결과를 얻었다.

1) 전도도 시뮬레이션

암모니아 모터속도에 따라 암모니아 유량이 결정되고 이에따라 전도도가 변화하게 된다. 시뮬레이션 결과는 Fig. 12와 같이 얻어지며, 전도도값은 부하가 감발시 약 6.8에서 5.8까지 진동하고 약 50분 이후에 안정된다. 부하가 증발시는 설정치 6.3에서 6.8까지 약간 증가되고 부하감발시 보다 훨씬 단축된 약 20분 이후에 안정되는 것을 알수 있다.

2) 하이드라진 농도 시뮬레이션

하이드라진 펌프모터속도에 따라 하이드라진 유량이

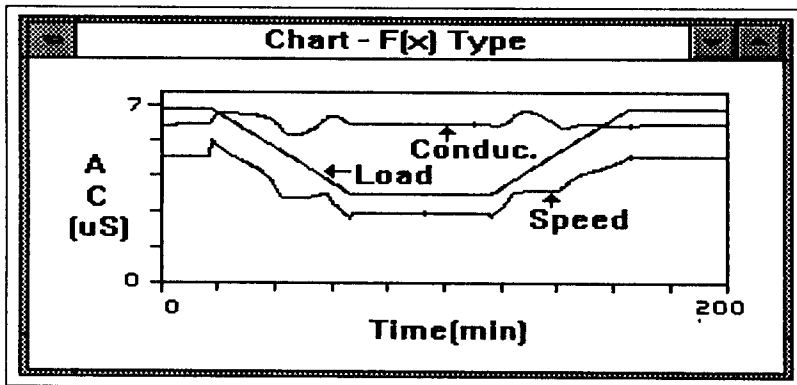


Fig. 12. Conductivity simulation result by F(X) function.

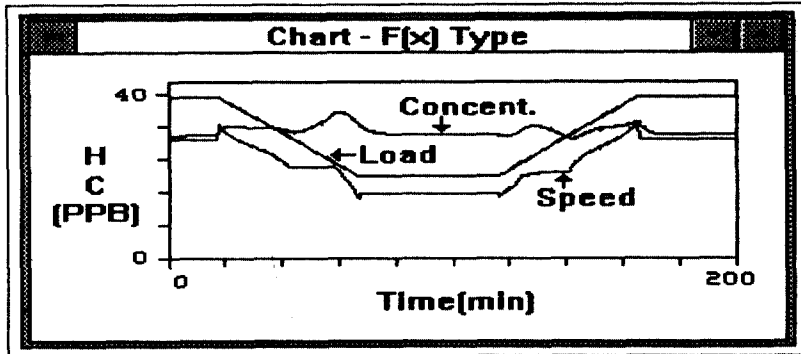


Fig. 13. Hydrazine concentration simulation result by F(X) function.

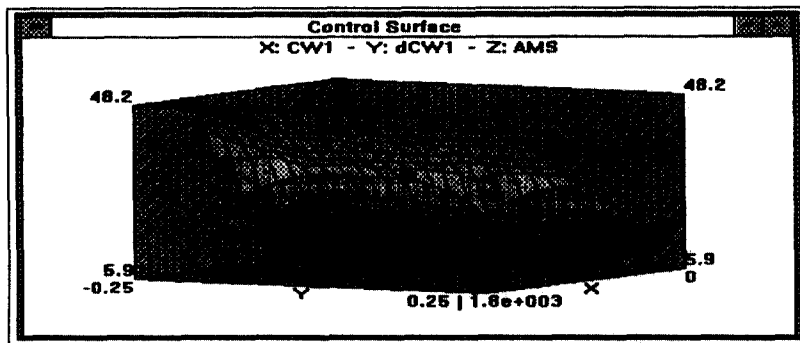


Fig. 14. Control surface for ammonia pump motor speed control.

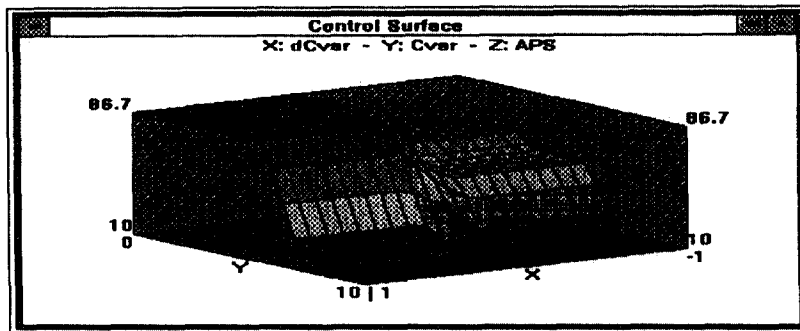


Fig. 15. Control surface for ammonia pump stroke control.

결정되고 이에따라 하이드라진 잔류농도가 변화하게 된다. 시뮬레이션 결과는 Fig. 13과 같이 얻어지며, 하이드라진 잔류농도값은 부하 감발시 약 30에서 38까지 상승하고 약 30분 이후 안정된다. 부하증발시는 약 28에서 32까지 진동하며 약 50분 이후에 안정되는 것을 알 수 있다.

다. 퍼지시스템 시뮬레이션 결과

퍼지 약품주입설비의 설계는 암모니아 주입설비와

하이드라진 주입설비에 대해 각각 퍼지알고리즘을 구성한다. 퍼지시스템의 구성을 보면 모터속도 결정은 복수유량과 복수유량 변동율을 기준으로 하고, stroke는 탈기기 전단의 전도도 및 하이드라진 잔류농도와 각각의 변화율을 기준으로 구성한다. 또한, 시뮬레이션에서 고려한 것은 부하변동을 100%에서 50%까지 감발하고 일정시간 부하를 유지한후 다시 100%까지 부하를 증발시켜 제어성능을 확인하였다. 이 방식에 의한

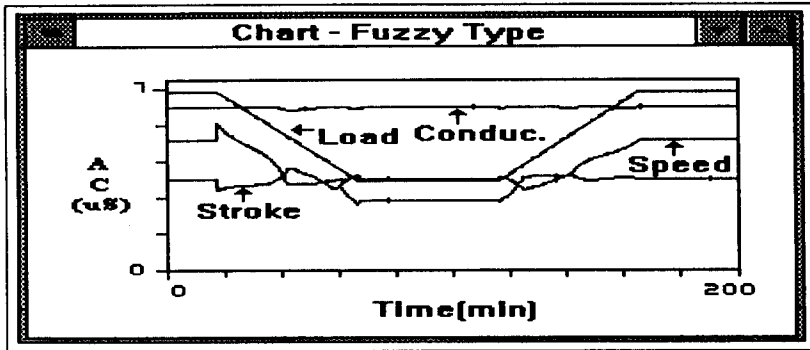


Fig. 16. Conductivity simulation result by fuzzy system.

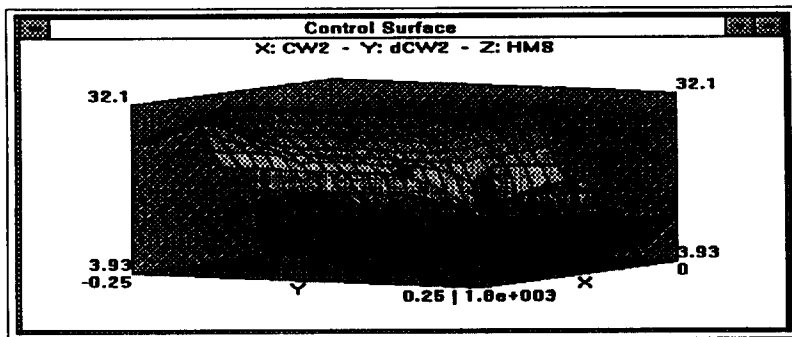


Fig. 17. Control surface for hydrazine pump motor speed control.

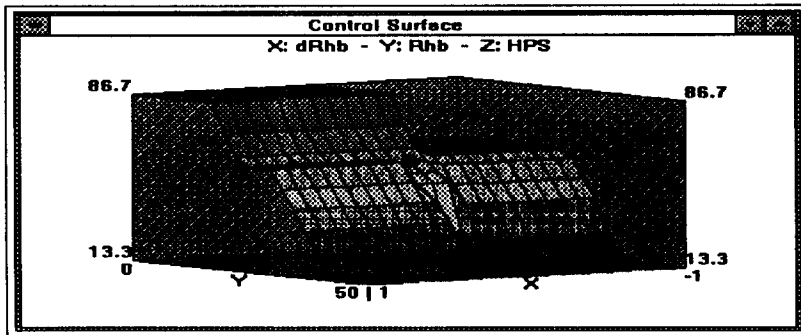


Fig. 18. Control surface for hydrazine pump stroke control.

운전결과는 제어성능이 매우 양호하며, 다음과 같이 시뮬레이션 결과를 얻었다.

1) 전도도 시뮬레이션

암모니아 펌프모터속도와 stroke에 따라 암모니아 유량이 결정되고, 이에따라 전도도가 변화하게되며, 제어표면은 Fig. 14 및 Fig. 15와 같다. 시뮬레이션 결과는 Fig. 16과 같이 얻어지며, 전도도값은 부하가 감발시 또는 부하가 증발시 약간 변동하나 설정치(6.3

μS)를 크게 벗어나지 않는다.

2) 하이드라진 시뮬레이션

하이드라진 펌프 모터속도와 stroke에 따라 하이드라진 유량이 결정되고 이에따라 하이드라진 잔류농도가 변화하게 되며, 제어표면은 Fig. 17 및 Fig. 18과 같다. 시뮬레이션 결과는 Fig. 19와 같이 얻어지며, 하이드라진 잔류농도값은 부하가 감발시 또는 부하가 증발시 약간 변동하나 설정치(30ppb)를 크게 벗어나지

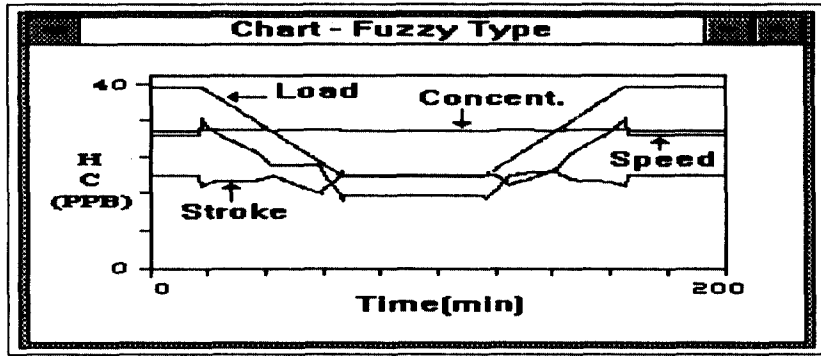


Fig. 19. Hydrazine concentration simulation result by fuzzy system.

않는다.

4. 결 론

발전시스템 중에서 기존의 자동제어방식이 효과를 발휘하지 못하는 설비나 운전원에 의해서 수동운전 되고 있는 설비에 대해서 퍼지시스템의 적용은 매우 효과적인 결과를 얻을 수 있는 것으로 알려져 왔다. 본 연구에서 화력발전소의 약품주입설비의 운전에 대해서 퍼지시스템을 적용하여 그 제어성능을 확인한 바 양호한 결과를 얻었다. 기존의 약품주입시스템은 발전소 설계초기에는 PI 제어기로 설계된 것으로 제어성능이 불량하여 시운전시 시험데이터를 기준으로 한 F(X) 함수기능을 이용하여 설계변경 하였다. 그러나, 설계변경된 시스템의 운전 및 시뮬레이션 결과도 제어성능이 상당히 불량하였다. 본 연구에서 제안한 퍼지시스템에서는 복수유량과 복수유량 변동율을 기준으로 모터속도를 결정하고, 탈기기 전단의 전도도 및 하이드라진 잔류농도와 각각의 변화율을 기준으로 펌프 stroke 범위를 결정하도록 하였다. 시뮬레이션 결과 제어성능이 양호하였으며 현장적용시 다음의 효과를 얻을수 있겠다.

- 1) 발전소 계통수에 투입되는 약품양을 절감하여 경제적인 이득을 얻을 수 있다.
- 2) 계통수의 수질을 안정적으로 유지하므로써 기기의 부식을 방지하여 수명연장에 기여할 수 있다.
- 3) 약품주입설비에 대한 자동운전으로 DSS 운전이나 WSS 운전시 운전원의 업무부담을 줄여 발전소 안정운전에 기여할 수 있다.

참고문헌

1. T.Suda et al: "Development of Water Chemistry

Diagnosis Systems for Fossil power Plants", 火力原子力發電, Vol.45 NO.1, Jan. (1994).

2. NIKKISO: "Automatic Water Conditioning System Korea Seminar '89", NIKKISO CO (1989).
3. 한국전력기술, "약품주입계통 자동화 추진내용", Feb (1994).
4. Michio Sugeno: "Industrial Applications of Fuzzy Control", North Holland-Amsterdam (1985).
5. E.H. Mamdani and S. Assilian: "An Experimental in Linguistic Synthesis with a Fuzzy Logic Controller", Int. J. of Man-Machine Studies, Vol.7, pp. 3~13 (1975).
6. P. Martin Larsen: "Industrial applications of Fuzzy Logic Control", Int. J. of Man-Machine Studies, Vol.12, pp. 3~10 (1980).
7. T.Heckenthaler, S.Engell: "Approximately Time Optimal Fuzzy Control of a Two Tank System", IEEE Control systems, Vol.14 No.3, June (1994).
8. John A. Bernard: "Use of Rule-based System for Process Control", IEEE Control System Magazine, pp. 3~13, Oct. (1988).
9. Akio Arakawa et al.: "Fuzzy Logic Control Applications for BWR Recirculation Flow Control System", J. of Nuclear Science and Technology, Vol.25, No.3 pp. 263~273 (1988).
10. S. Terunuma et al.: "A Simulation Study on the Application of a Fuzzy Algorithm to a Feedwater Control System in a Nuclear Power Plant", Reliability Engineering and System Safety, Vol.28, pp. 319~335 (1990).
11. C.L Karr, E.J Gentry: "Fuzzy Control of PH Using Genetic Algorithms", IEEE Trans. Fuzzy Syst. Vol. 1, pp 46~53 (1993).
12. S. Joe Qin, Guy Borders: "A Multiregion Fuzzy Logic

- Controller for Nonlinear Process Control", IEEE Trans. Fuzzy Syst. Vol. 2, pp. 74~81 (1993).
13. "TILShell User's Manual", Togai InfraLogic (1993).