

Development of Process Model for Turbine Control Valve Test in a Power Plant

우 주 희[†] · 최 인 규^{*} · 박 두 용^{*} · 김 중 안^{*}
(Joo-Hee Woo · In-Kyu Choi · Jong-An Kim · Doo-yong Park)

Abstract - A turbine control system which has been operated for years in a nuclear power plant was retrofitted with a newly developed digital control system. After completion of the retrofit, turbine valve tests were performed to ensure the integrity of each valve's control function. The sequence of each valve test is composed of a closing process and a reopening process. To minimize megawatt variation which normally occurs during the test sequence, we employed a kind of compensator algorithm in the new digital control system which also have been used in the old system. There were difficulties finding optimal parameter settings for our new compensator algorithm because the power plant didn't allow us to perform necessary tuning procedures while the turbine is on load operation. Therefore an alternative measure for the compensator tuning which is independent of the turbine actual operation had to be implemented. So, a process model for the test was required to overcome this situation. We analyzed the operation data of the test and implemented the process model by use of input and output variable relations. Also we verified the process model by use of another condition's operating data. The result shows that the output of model is similar to the actual operation data.

Key Words : Power plant, Generator output, First stage pressure, Estimation, Model

1. 서 론

1990년대 중반에 상업운전이 시작된 국내 1000MW급 원자력발전소의 터빈제어시스템이 국내 기술에 의해 최근 개조되었다. 터빈제어시스템은 발전기를 전력 계통에 병렬운전 하기 전에는 터빈의 속도를 제어하고 계통 병입 후에는 터빈 부하를 제어하는 설비로서, 이는 터빈 입구에 위치한 여러 가지 종류의 밸브 개도를 조절함으로써 가능하다. 이러한 목적을 달성하기 위해 터빈제어시스템은 여러 가지 기능을 가지고 있으며, 이 가운데 정상 운전중에 열려 있는 터빈제어밸브를 닫고 다시 복귀시킴으로써 밸브의 동작특성을 시험한다. 특히 원자력 발전소인 경우 정상 운전중에는 거의 일정한 위치로 유지되고 있어서, 주기적인 밸브의 개폐시험이 중요한 운전항목중 하나이다.

정상 운전중에 수행하는 밸브시험은 발전기 출력 등의 변화가 수반되며, 터빈제어시스템은 이러한 변화를 최소화하기 위해 증동실 압력(혹은 터빈 1단 압력) 신호에 의한 보상 제어가 구현되어 있다[1]. 이 보상 제어기는 비례 적분제어기로 구성되어 있으며, 발전소 적용시 최적으로 조정되어 운전상태의 변화를 최소화 시켜야 한다. 그러나 현장 설치 후 실제 운전중에 이들 제어상수를 최적으로 조정하기 위한 다양한 시험의 수행은 원자력 발전소의 안전 운전이란 특수

성으로 인해 불가능하다. 따라서 제어설비 운용자들은 현재 운전중인 발전설비 및 제어시스템과 완전히 분리되어 이러한 기능시험을 수행하기를 요구하고 있다. 이를 해결하기 위해 관련 계통의 모델 개발이 필요하게 되었다.

본 논문에서는 원자력 발전소의 터빈제어용 밸브시험 계통의 모델을 개발하기 위해 실제 적용대상 발전소의 운전 데이터를 취득하고 관련 계통에 대한 입출력 관계를 활용하여 경험적인 방법으로 구현한 결과를 소개하고자 한다.

2. 발전소 터빈제어 밸브시험 개요

2.1 적용 대상 발전소의 구성

적용 대상 발전소는 1000MW급 원자력 발전소로서 주증기 압력 70bar이고 온도는 286℃이다. 그림 1과 같이 1대의 고압(HP : High Pressure) 터빈과 3대의 저압(LP : Low Pressure) 터빈으로 구성되어 있다. 터빈 입구측에 설치된 터빈제어 밸브는 정상 운전중에는 증기발생기로부터 공급되는 증기량을 미세 조절하여 터빈속도 및 발전기 출력을 조절하고, 비상시에는 터빈제어 밸브를 긴급히 폐쇄하여 고속으로 회전하는 터빈을 안정적으로 정지할 수 있도록 보호하는 역할을 한다. 이러한 터빈제어 밸브는 역할에 따라 다음과 같이 구성되어 있다. 비상시나 정지시에 고압터빈에 공급되는 증기를 차단하는 주증기 정지밸브 (MSV : Main Stop Valve) 4개, MSV와 고압터빈 사이에 존재하여 유입되는 증기량을 미세하게 조절하는 주증기 제어밸브 (CV : Control Valve) 4개, 비상시나 정지시에 저압터빈에 유입되는 증기를 차단하는 재열증기 정지밸브 (ISV : Intercept

[†] 교신저자, 정희원 : 한전전력연구원 선임연구원

E-mail : jhwoo@kepco.co.kr

^{*} 정희원 : 한전전력연구원 책임연구원

접수일자 : 2011년 1월 27일

최종완료 : 2011년 3월 17일

Stop Valve) 6개 및 ISV와 저압터빈 사이에 존재하여 터빈 과속을 방지하기 위한 재열증기 제어밸브 (IV : Intercept Valve) 6개가 있다. 일반적으로 CV를 제외한 밸브들은 보통 100% 용량을 구비하고 있어서 하나를 단더라도 발전기 출력은 감소되지 않고 연속운전을 수행할 수 있으며, 정상운전 상태에서는 MSV, IV 및 ISV를 완전히 열고 CV의 개도를 조절하여 터빈을 승속하거나 발전기 출력을 조절한다.

터빈제어 밸브시험은 정상 운전중에 항상 열려 있는 이들 밸브가 예측하지 못한 비정상 상황 발생시 정상적으로 닫히고 열릴 수 있는가를 시험하기 위한 것으로, 적용 대상 발전소에서는 3개월마다 한 번씩 밸브시험을 수행하여 관련 제어기 및 현장 설비의 건전성을 확인하고 있다. 터빈제어 밸브시험 절차는 발전 운영절차서에 의거 그림 2와 같이 정격출력운전 상태(원자로 출력 100%, 발전기출력 1050MW)에서 시험할 수 있는 상태(원자로 출력 96%, 발전기출력 1010MW)로 1시간 동안 감발운전을 수행하고, CV, MSV, IV 및 ISV 순으로 각 밸브의 개폐시험을 수행한다. 진술한 바와 같이 CV를 제외한 나머지 밸브의 시험중에는 발전기 출력 등의 운전변수 변화는 발생하지 않지만, CV인 경우 발전기 출력 등의 변화가 발생되어 터빈제어시스템에서는 이러한 변화를 최소화하기 위해 비례 및 적분(PI)제어로 구성된 고압터빈 1단 압력 (FSP : First Stage Pressure) 혹은 증동실 압력(Impulse Chamber Pressure) 보상 제어기능이 구현되어 있다. 그림 3에 밸브시험중 보상제어 기능관련 개요도를 보여주고 있다. 정상 운전중에는 부하요구량(Load Ref)과 터빈속도 오차($k\Delta f$)에 의해 증기요구량(CVR : Control Valve Ref)이 결정되며, 이 값이 비선형 관계곡선에 따라 각 CV의 개도요구량(CV# Ref)이 결정된다. 밸브시험이 진행되면 FSP 보상분이 비례 및 적분 동작에 의해 결정되어 증기요구량을 보상하도록 구성되어 있다.

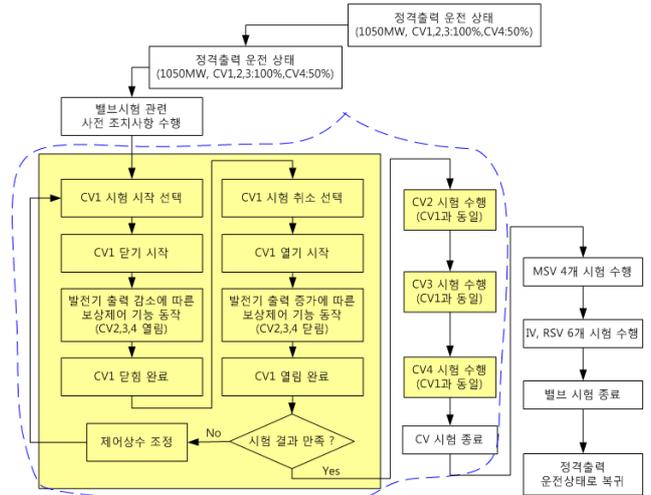


그림 2 밸브시험 보상제어 조절을 위한 최초 시험 수행절차
Fig. 2 Initial valve test procedure for compensator's tune

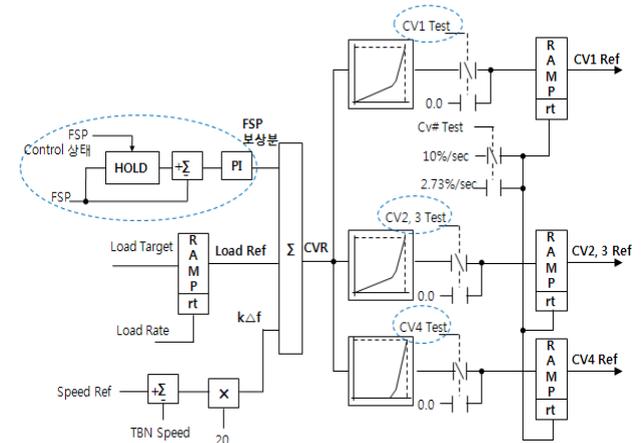


그림 3 터빈 1단 압력에 의한 보상 제어기능 개요도
Fig. 3 Overview of compensator by first stage pressure

2.2 운전데이터 분석

대상 발전소에 신규 터빈제어시스템을 적용한 후, 밸브시험과 관련된 운전데이터 파형은 그림 4와 같다. CV1 밸브시험을 운전원이 선택하면, "FSP Control 상태"가 자동으로 동작되고, FSP 제어기에서 현재의 FSP값이 PI 제어기의 설정값으로 유지된다. 이후 CV1 개도 요구값 (CV1 Ref)이 지정된 기울기로 현재값에서 서서히 감소하게 되고, 이에 따라 CV1이 닫히기 시작하고, 발전기 출력(MW) 및 FSP 감소되기 시작한다. 이에 따라 PI 제어기로 입력되는 오차가 커져서, "FSP 보상분"의 크기가 증가되고, CVR이 증가된다. CVR 증가에 따라 CV2, 3 및 4의 개도 요구값이 더 커져서 CV2, 3 및 4가 더 열리게 되고, 발전기 출력 및 FSP가 복귀된다. 이러한 보상과정이 CV1이 완전히 닫힐 때까지 계속 동작하게 된다. 닫히는 과정중에 개도가 약 9%에서 긴급 폐쇄 명령이 동작하여 밸브가 급속히 닫힐 수 있음을 확인하고 있다. 또한 닫힌 밸브를 정상 위치로 복귀시키기 위해 CV1 밸브시험 취소를 운전원이 선택하면, 닫힌 CV1이 열리

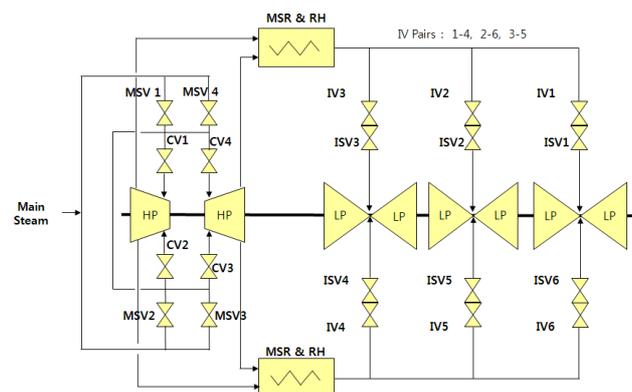


그림 1 적용 대상 발전소의 터빈 제어밸브의 구성도
Fig. 1 Configuration of turbine control valves

특히, 적용 대상 발전소의 터빈제어시스템이 개조된 후 최초 수행한 밸브시험에서 원자력발전소의 안정 운전제한 때문에 새로 구현된 보상 제어기의 최적 제어상수를 찾기 위한 다양한 시험을 수행할 수 없었다. 이런 상황에서 적용 대상 발전소의 운전데이터에 기반하여 관련 계통의 모델이 구현되면, 향후 유사발전소의 적용에 활용할 수 있을 것으로 기대한다.

면서 FSP는 증가되고, 이에 따라 CVR이 감소되어 CV4가 닫히게 되면서 발전기 출력 및 FSP가 복귀된다. 그림 4의 운전데이터는 1013MW에서 밸브 닫힘시간을 60초, FSP 제어기의 비레이득을 1.0으로 설정하여 시험한 결과이며, 최대 발전기 출력 변화폭이 42MW 정도 발생하였다.

CV에 대한 터빈제어 밸브 시험이 진행되는 동안 FSP 제어기는 발전기 출력 (MW)과 터빈 1단 압력 (FSP)이 최소화 되도록 동작되므로, 이들 변수를 구하고자 하는 모델의 출력 변수로 설정하였다.

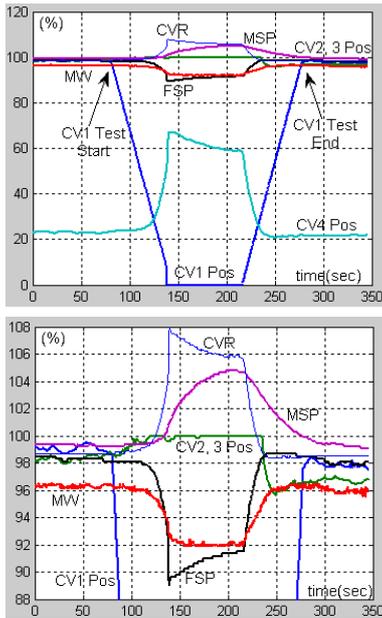


그림 4 CV1 밸브시험 적용 결과 (상:전체, 하:Y축 확대)
Fig. 4 CV1 test result

3. 터빈제어 밸브시험 계통 모델

3.1 밸브시험 계통 모델의 구성

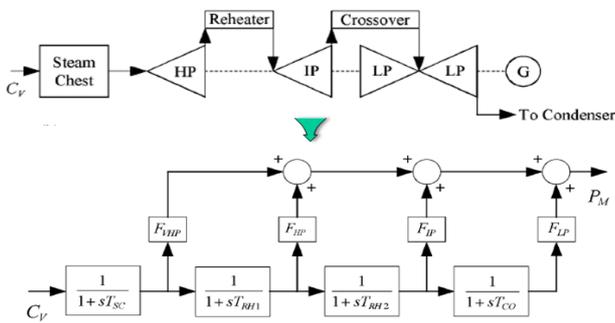


그림 5 일반적인 터빈 계통의 모델 구조
Fig. 5 General overview of turbine

일반적인 터빈계통의 모델은 그림 5와 같으며, 터빈밸브 개도(C_V) 신호가 Steam Chest의 시상수(T_{SC})에 의해 증기 유량이 정의되고 이 값이 각 터빈의 시상수(T_{SH1} , ...)와 분

배율(F_{VHP} , ...)에 의해 발전기 출력(P_M)이 결정됨을 보여 주고 있다[2][3].

그림 6에서 적용대상 발전소의 밸브개도와 증기유량 관계는 아래와 같으며, 개도 50% 이상에서는 유량변화가 거의 없음을 볼 수 있다[4]. 또한 증기유량과 터빈 1단 압력은 서로 1차 비례한 관계를 가진다[1].

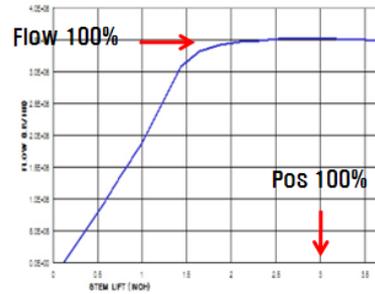


그림 6 밸브개도와 증기유량 관계
Fig. 6 Relation between valve position and steam flow

이상에서 살펴본 바와 같이 터빈 밸브시험 계통의 공정모델에서 제공해야 될 출력 변수는 발전기 출력(MW)과 터빈 1단 압력(FSP) 신호이며, 본 논문에서는 각 밸브개도 혹은 증기유량을 입력으로 하는 1차 시간지연 모델로 구현하고자 하며, 제어기와 구현해야 될 공정 모델간의 상관 관계를 그림 7에서 보여주고 있다.

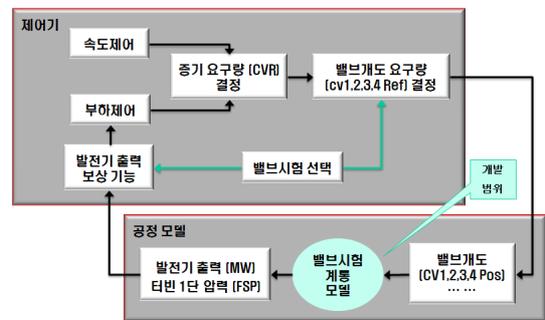


그림 7 제어기와 공정 모델 구성도
Fig. 7 Configuration of controller and process model

공정 모델의 구성은 사용하는 입력변수에 따라 두 가지 경우를 고려하여 비교하였다. 각 밸브의 개도 ($CV1_p, CV2_p, CV3_p, CV4_p$)를 입력으로 하여 공정 모델의 변수를 구하는 것(Case 1)과 밸브의 개도에 따른 유량 관계를 모의하는 비선형 함수의 출력값 ($CV1_f, CV2_f, CV3_f, CV4_f$)을 입력으로 하여 공정 모델의 변수를 구하는 것(Case 2)이다. Case 2를 위해 사용되는 비선형 함수는 그림 6을 모의하는 함수를 아래와 같이 정의하였다.

$$Flow = 100 \cdot (1 - e^{-0.06 \cdot Pos})$$

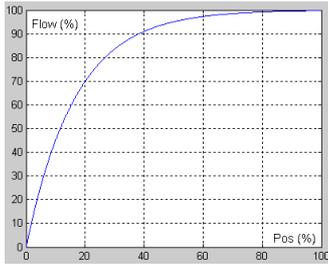


그림 8 밸브개도와 증기유량 관계 모의
Fig. 8 Approximation of valve position and steam flow

일반적으로 공정을 모델링하는 방법은 보통 두 가지로 나눌 수 있으며, 하나는 물리법칙으로부터 공정의 동특성을 표현하는 해석적인 방법이고, 다른 하나는 실제 공정에서 취득한 운전 데이터로부터 공정의 매개변수를 추정하는 방법이다. 본 논문에서는 후자의 방법을 사용하여 관련 계통의 모델을 구현하고자 한다. 본 논문에서 구현할 공정모델은 앞에서 언급한 바와 같이 1차의 시간지연 모델로 가정하였으며, 공정모델의 매개변수 추정 알고리즘은 순환 최소 자승법(RLS:Recursive Least Square Algorithm)을 사용하였다[5].

$$y(k) = f(y(k-1), y(k-2), \dots, u(k-1), u(k-2), \dots)$$

$$\hat{y}(k) = \hat{a}y(k-1) + \hat{b}u(k-1)$$

$$J(k) = \sum_{i=1}^k e(i) = \sum_{i=1}^k [y(i) - \hat{y}(i)]^2$$

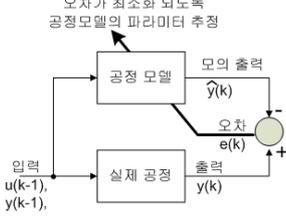


그림 9 공정 모델의 매개변수 추정 구성
Fig. 9 Configuration for parameter of process model

여기서 $u(k)$ 와 $y(k)$ 는 k 번째 순간의 실제 공정 입력과 출력이고, \hat{a} 과 \hat{b} 는 구하고자 하는 공정모델의 매개변수이고, $J(k)$ 는 매개변수를 추정하기 위한 평가함수이다. 공정모델의 매개변수를 구하기 위해 MATLAB에서 제공하는 명령어(rarx)를 사용하였고 망각지수(Forgetting Factor)는 0.98로 선택하였으며 입출력신호 데이터는 0.25초 주기로 취득하여 각 공정모델의 매개변수를 추정하였다[6]. 또한 구한 공정모델의 출력을 모의하기 위해 MATLAB의 SIMULINK 프로그램을 사용하였다. 그림 10에서 공정 모델을 구현하는 순서에 대해 보여주고 있으며, 그림 4의 데이터를 사용하여 공정 모델의 매개변수를 추정하였다.

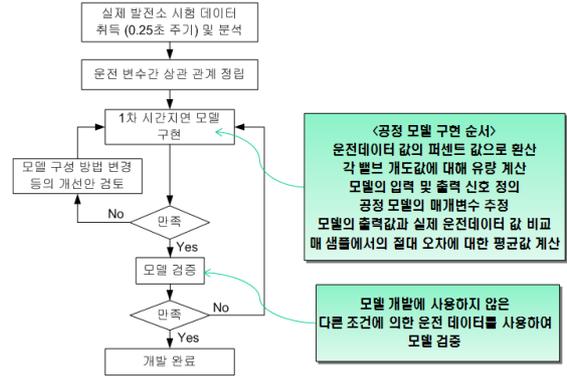


그림 10 공정 모델 구현 흐름도
Fig. 10 Overview to implement process model

3.2 발전기 출력(MW) 모델 개발

발전기 출력을 모의하는 모델을 구하기 위한 개요도는 그림 11과 같다. 모델의 입력 신호로 Case 1은 각 밸브의 개도를 사용하였고, Case 2는 밸브 개도에 그림 8의 비선형 함수가 적용된 모의된 증기유량 신호를 사용하였다. Case 1과 2 모두 4개의 입력신호에 대해 4개의 전달함수가 구해지며, 각 모델의 출력값의 합이 모의된 발전기 출력을 나타낸다. 각 경우에 대해 추정된 모델의 매개변수는 표 1에서 보여주고 있으며, 구해진 모델을 사용하여 발전기 출력을 연산하기 위한 MATLAB 프로그램과 실제 운전데이터와 모델의 추정값의 결과를 그림 13에서 보여주고 있다. Case 2가 Case 1보다 실제 운전데이터를 잘 모의하고 있음을 보여준다.

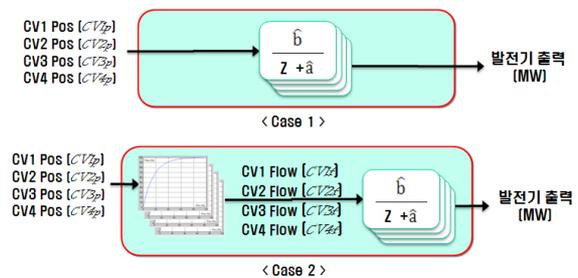


그림 11 발전기 출력 모델 개요도
Fig. 11 Overview of generator output model

표 1 발전기 출력 모델 추정 결과

Table 1 Parameter for generator output model

	입력변수	\hat{a}	\hat{b}	평균오차
Case 1	$CV1_p$	-0.8536	0.0131	1.50%
	$CV2_p$		0.0219	
	$CV3_p$		0.1128	
	$CV4_p$		-0.0001	
Case 2	$CV1_f$	-0.6741	0.0139	0.28%
	$CV2_f$		-0.0023	
	$CV3_f$		0.2985	
	$CV4_f$		0.0044	

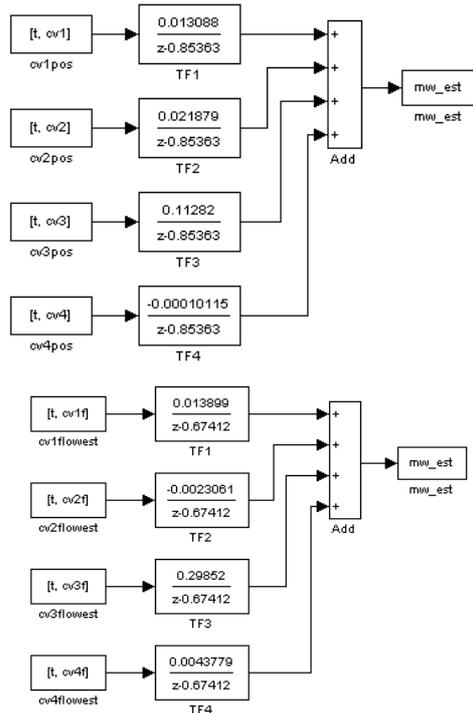


그림 12 시뮬레이션을 위한 발전기 출력 모델 (상:Case 1, 하:Case 2)

Fig. 12 Generator output model for simulation

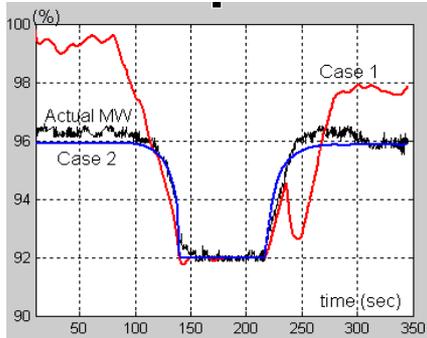


그림 13 발전기 출력 모델의 시뮬레이션 결과 비교

Fig. 13 Comparison of simulation result for generator output model

3.3 터빈 1단 압력 (FSP) 모델 개발

동일한 방법으로 터빈 1단 압력 모델을 구하였으며, Case 1에 대해 추정된 모델은 발산하는 결과를 보여주어서 본 논문에서는 생략하였으며, Case 2에 대한 모델의 매개변수는 표 2에서 보여주고 있다. 구해진 모델을 사용하여 실제 운전데이터와 모델의 추정값의 결과를 그림 10에서 보여주고 있다. 그 결과를 보면 시험중인 밸브가 닫히거나 열리는 구간과 시험 종료 후에 실제 값과 많이 벗어난 결과를 보여주고 있어서, 발전기 출력 모델과 동일한 방법으로 구성한 것에 대한 개선이 필요함을 알 수 있다.

표 2 터빈 1단 압력 모델 추정 결과

Table 2 Parameter for first stage pressure model

	입력변수	\hat{a}	\hat{b}	평균오차
Case 2	$CV1_f$	-0.9781	-0.0028	2.18%
	$CV2_f$		0.3153	
	$CV3_f$		-0.2758	
	$CV4_f$		-0.0199	

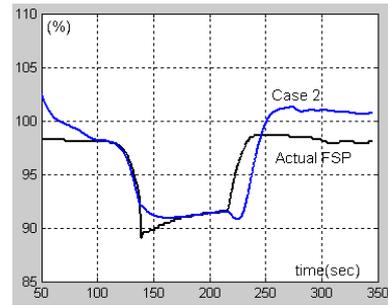


그림 14 주증기 압력 모델의 시뮬레이션 결과 비교

Fig. 14 Comparison of simulation result for first stage pressure model

이를 개선하기 위해 그림 4의 우측 운전과형을 살펴보면, 시험을 위해 밸브가 완전히 닫힌 구간에서 1단 압력신호가 주증기 압력(MSP) 신호에 비례하여 상승하는 관계를 보여주고 있으므로, 1단 압력 모델을 구하는 입력신호로 주증기 압력을 추가할 필요가 있다.

이를 위해 주증기 압력 모델을 구할 필요가 있으며, 그림 4에서 시험 이외의 구간에서는 일정한 압력을 유지하다가, 시험이 진행되어 밸브가 닫힘에 따라 주증기 압력이 서서히 증가함을 볼 수 있다. 이를 구현하기 위해 그림 15와 같은 구성을 제안하였다. 이 구성은 정상상태의 주증기 압력을 임의의 상수값으로 유지하다가 밸브시험이 시작되면 임의의 계단 모의신호를 인가하여 주증기 압력 변화분에 대한 모델에 의해 최종 주증기 압력이 구현되도록 하였다. 최종 구현된 모델은 그림 16과 같으며, 실제 운전데이터와 유사한 결과를 그림 17에서 보여주고 있다.

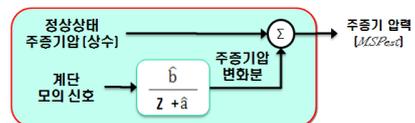


그림 15 주증기 압력 모델 개요도

Fig. 15 Overview of main steam pressure model

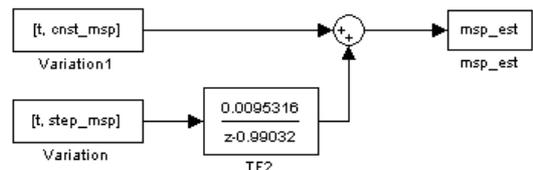


그림 16 시뮬레이션을 위한 주증기 압력 모델

Fig. 16 Main steam pressure model for simulation

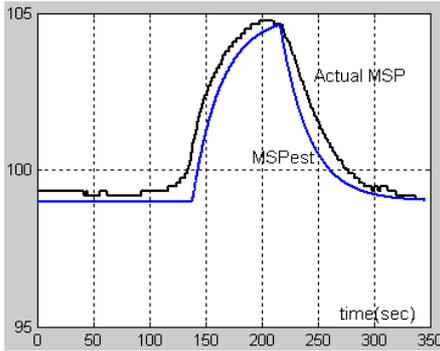


그림 17 주증기 압력 모델의 시뮬레이션 결과 비교
 Fig. 17 Simulation result for main steam pressure model

위의 주증기 압력 모델을 추가하여 1단 압력 모델을 다시 구하였다. 구한 결과가 표 3과 그림 18, 19, 20에서 보여주고 있으며, Case 2의 경우 이전에 구했던 모델 보다 더 향상된 결과를 보여주고 있다.

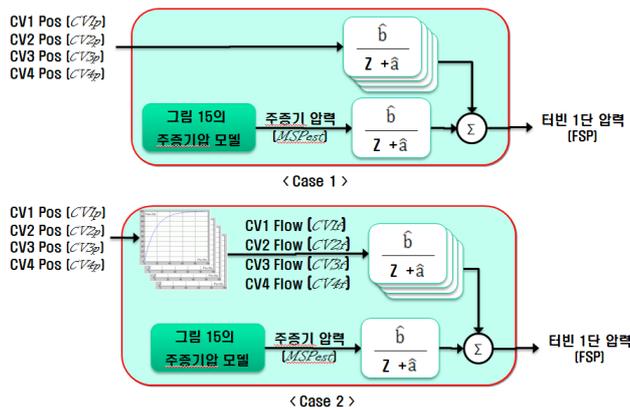


그림 18 개선된 터빈 1단 압력 모델 개요도
 Fig. 18 Improved model for first stage pressure

표 3 개선된 터빈 1단 압력 모델 추정 결과
 Table 3 Improved model parameter for first stage pressure

	입력변수	\hat{a}	\hat{b}	평균오차
Case 1	$CV1_p$	-0.9597	0.0075	3.98%
	$CV2_p$		0.0178	
	$CV3_p$		-0.0014	
	$CV4_p$		0.0008	
	MSP_{est}		0.0192	
Case 2	$CV1_f$	-0.8127	0.0143	0.37%
	$CV2_f$		0.7466	
	$CV3_f$		-0.6459	
	$CV4_f$		-0.0165	
	MSP_{est}		0.0831	

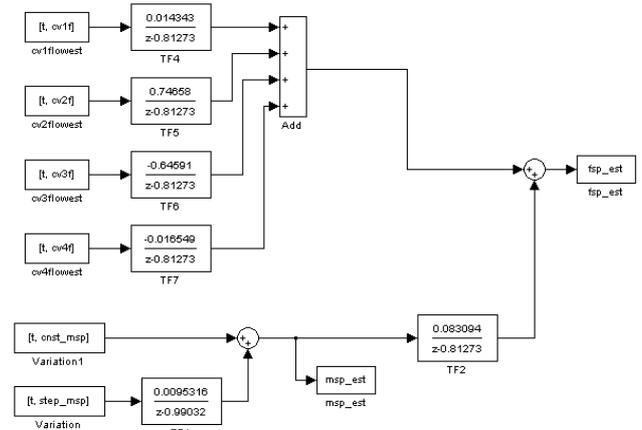
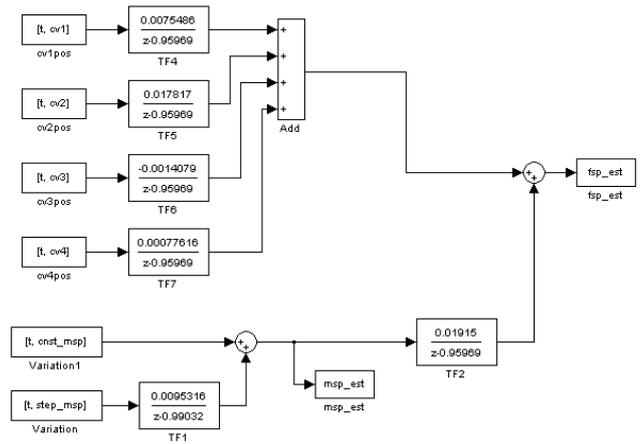


그림 19 시뮬레이션을 위한 터빈 1단 압력의 개선된 모델 (상:Case 1, 하:Case 2)
 Fig. 19 Improved model of first stage pressure for simulation

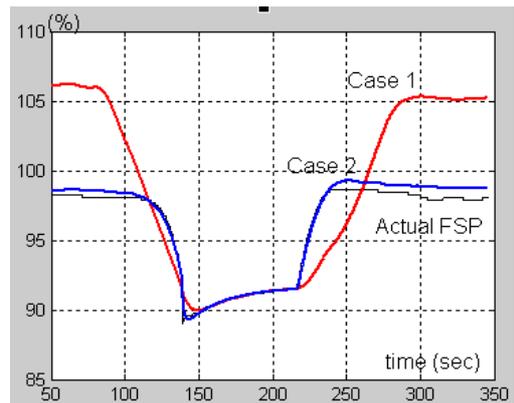


그림 20 개선된 터빈 1단 압력모델의 시뮬레이션 결과 비교
 Fig. 20 Comparison of simulation result for the improved model of first stage pressure

이상에서 결과에서 그림 13과 20을 보면 비선형 함수를 사용하여 모델을 구한 Case 2가 Case 1보다 더 나은 결과를 보여주고 있으며, 최종 모델 구성은 그림 21과 같다.

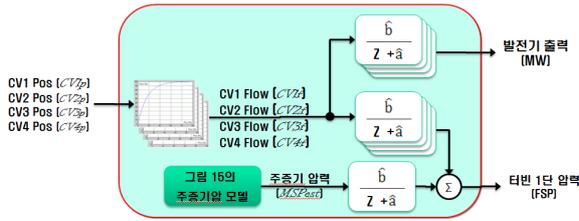


그림 21 최종 구현된 발전기 출력 및 터빈 1단 압력 모델
 Fig. 21 Final model for generator output and first stage pressure

3.4 검증

최종 구현된 모델을 검증하기 위해 실제 발전소에서 취득한 다른 조건의 운전데이터를 사용하여 유사한 결과를 보여주는가를 확인함으로써 검증하고자 한다.

표 4 사용한 데이터 조건

Table 4 Condition of used data

	모델 구현에 사용된 데이터	모델 검증에 사용할 데이터
시험 시작전 발전기 출력	1010MW	1000MW
시험중 최대 발전기 출력 변화폭	42MW	28MW
밸브 닫힘 시간	60초	45초
보상제어기의 비례이득	1.0	1.5

림 23에서 검증 결과를 보여주고 있으며, 발전기 출력의 평균 오차는 0.42%이고 터빈 1단 압력의 평균 오차는 1.57%이다. 터빈 1단 압력의 경우 시험이외의 구간에서 차이가 있음을 볼 수 있으나, 전체적으로 실제 운전데이터와 유사한 결과를 보여주고 있다.

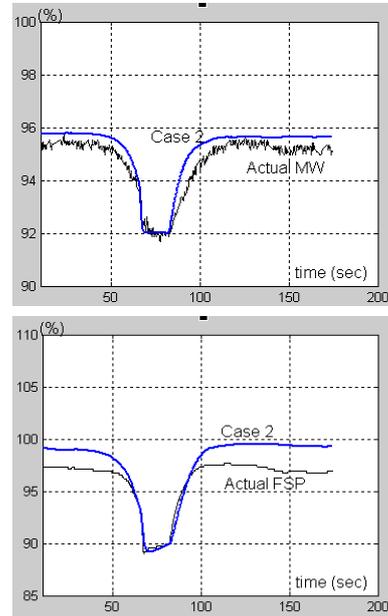


그림 23 최종 검증 결과 (상:발전기 출력, 우:터빈 1단 압력)
 Fig. 23 Verification result

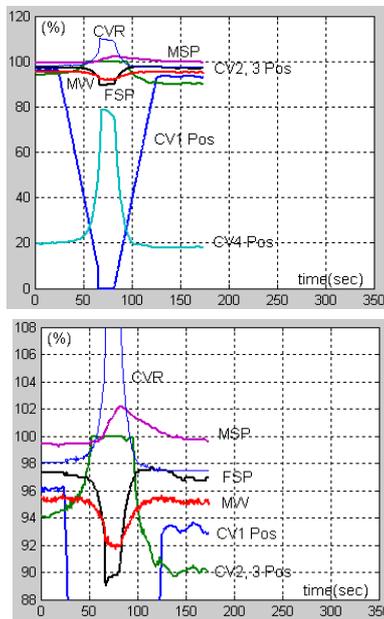


그림 22 검증을 위한 운전데이터 파형(상:전체, 하:Y축 확대)
 Fig. 22 Operating data for the verification of model

모델 구현을 위해 사용한 운전 데이터와 검증에 사용된 데이터의 조건 및 파형은 표 4와 그림 22와 같으며, 비교를 위해 그림 4의 상세 파형과 동일한 범위로 보여주었다. 그

4. 결 론

최근 국내 1000MW급 원자력발전소의 터빈제어시스템이 개조되어 발전소에 적용되는 과정에서 터빈제어 밸브시험 계통에 구현된 제어기의 최적 제어상수 도출을 위해 관련 계통의 모델식 개발에 대한 필요성이 발전 설비 운영자로부터 요구되었다. 이러한 목적을 달성하기 위해 적용 대상 발전소에서 최초 수행한 운전 데이터를 분석하고 관련 계통에 대한 입력출력 관계를 활용하여 경험적인 방법으로 모델을 구하였다. 모델의 출력변수는 발전기 출력과 터빈 1단 압력 신호로 정의하고 입력변수는 4개 밸브의 개도신호로 정의하였고, 각각에 대해 1차 시간지연 모델로 구성하였다. 또한 이들 출력신호는 증기유량과 비례 관계가 있어서 밸브개도에 대해 증기유량 관계를 정의하는 비선형 함수를 도입하여 밸브개도를 입력으로 한 경우와 비교하였다. 이러한 방식으로 구한 발전기 출력 모델은 증기유량을 입력으로 하여 구한 모델이 더 좋은 결과를 보여주었으며, 1단 압력 모델은 주증기 압력을 추가한 경우가 더 좋은 결과를 보여주었다. 또한 최종적으로 구현된 모델에 대해 다른 조건으로 수행한 밸브시험 운전 데이터를 적용하여 구한 모델의 타당성을 확인하였다. 확인한 결과 1단 압력 모델인 경우 정상상태의 편차가 발생됨을 보였으나, 실제 운전파형과 전체적으로 유사한 결과를 보여주었다.

이상에서와 같이 발전설비와 제어시스템에 의존하지 않는 터빈제어 밸브시험 계통의 모델을 구현하였으며, 추가적으로

제어계통의 모델만 구현하면 최적 제어상수를 찾기 위한 모의시험이 가능하고, 실제 수행되는 시험시간을 단축함으로써 관련 사용자들의 만족도를 높일 수 있을 것으로 기대한다. 또한 유사 발전소의 터빈제어시스템 개조에도 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

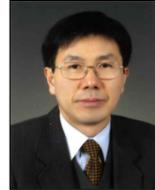
참 고 문 헌

- [1] 최인규 외, “터빈 밸브시험중 충동실 압력제어에 의한 발전기 출력변동 최소화”, 대한전기학회논문지 제59권 제1호, 2010, pp.152~159
- [2] Behrooz Vahdi, Mohammad Reza Tavakoli, Wolfgang Gawlik, "Determining Parameters of Turbine's Model Using Heat Balance Data of Steam Power Unit for Educational Purpose", IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 22, No. 4, 2007, pp.1547~1553
- [3] P. Kundur, "Power System Stability and Control", McGraw-Hill Inc., 1993, pp.418~432
- [4] “고압터빈 제어밸브 비정상 닫힘 절차서”, 영광원자력 2발전소 절차서, pp.9
- [5] Ioan Dore Landau, "System Identification and control design", Prentice-Hall Inc., 1990
- [6] "System Identification Toolbox for Use with MATLAB", The MATHWORKS Inc. 1995



박 두 용 (朴 斗 用)

1956년 3월 25일생. 1991년 한밭대 전기공학과 졸업. 현재 한전전력연구원 책임연구원
Tel : 042-865-5642
E-mail : papiyon@kepco.co.kr



김 종 안 (金 鍾 安)

1957년 10월 3일생. 1985년 원광대학교 전자공학과 졸업. 현재 한전전력연구원 책임연구원.
Tel : 042-865-5641
E-mail : jakim@kepco.co.kr

저 자 소 개



우 주 희 (禹 周 希)

1970년 2월 24일생. 1993년 경북대 전자공학과 졸업. 1995년 동대학원 전자공학과 졸업(석사). 현재 한전전력연구원 선임연구원
Tel : 042-865-5645
E-mail : jhwoo@kepco.co.kr



최 인 규 (崔 仁 圭)

1967년 1월 26일생. 1993년 전북대 전기공과 졸업. 2004년 충남대 전기공학과 졸업(석사). 현재 한전전력연구원 책임연구원
Tel : 042-865-5605
E-mail : choiik@kepco.co.kr