

2003 추계학술발표회 논문집
한국원자력학회

웹 기반 원전 터빈 사이클 열성능 분석 프로그램 개발

Development of Web Based Thermal Performance Analysis System for Nuclear Power Plant Turbine Cycle

최광희* · 지문학* · 홍승열*

* 한국전력공사 전력연구원
대전시 문지동 103-16

김성근** · 박 훈*** · 유승규*** · 최기상***

** 호서대학교, ***호서대 대학원
충남 아산시 배방면 세출리 산 29-1

요 약

원자력 발전소 터빈사이클의 열성능은 발전소의 경제성에 직접적인 영향을 미친다. 이를 위하여 발전설비의 운전 성능을 주기적으로 분석하여 성능변화 요인을 정량적으로 분석 할 필요가 있다. 또한 이를 토대로 취약설비를 도출하고 이를 개선함으로써 발전소의 전기 출력을 높이고 경제적 운전을 도모하기 위한 열성능 분석 전산프로그램을 개발하였다. 이에 따라 성능을 정확하게 분석 하기 위하여 데이터 측정값에 대하여 발전소 전체 사이클 정보 및 엔지니어링 모델을 사용하여 유효화하도록 검증하여야 한다. 본 논문에서는 발전소 설계 데이터, 인수 성능 시험 데이터 및 정상 운전에서의 데이터를 이용하여 웹에서 운영할 수 있도록 개발한 원전 터빈 사이클 열성능 분석 프로그램의 기술적 논리와 결과를 기술하였다.

Abstract

Thermal performance of turbine cycle at Nuclear Power Plants is directly related with the economic operation of the Plants. There should be convenient ways to analyze the operational performance periodically and to evaluate the performance variations quantitatively. On the basis of this approach, an program was developed to increase the electric output and to enhance an economic operation through the proper improvement for the deteriorated points. We have incorporated system functions to verify and validate the data measurements for the plant cycle and engineering models for accurate analysis. The system was developed in the Web circumstances by utilization of the original design data, the delivery performance test data and the normal operational data.

1. 서 론

웹 기반의 원전 터빈 사이클 열성능 분석 시스템(PERUPS : Performance UPgrade System for Nuclear Power Plant)을 영광 3,4호기 원자력 발전소의 모델 데이터⁽¹³⁻¹⁴⁾를 적용하여 개발하였다. 운전성능 분석을 위한 측정 데이터는 원자력 발전소의 터빈, 습분분리기, 복수기, 고압 급수 그룹, 저압 급수 그룹, 개별 펌프 및 기타 장치에서 가장 중요한 요소인 온도, 압력 유량 등으로 구성된다. 기존에서는 소내 컴퓨터 데이터를 디스켓으로 사용자가 직접 입력하여 PERUPS의 시험데이터를 생성하던 방식이었다. 본 연구에서는 소내 데이터 자동 입력 프로그램을 개발하여 소내 데이터를 직접 실시간으로 입력 받아서 PERUPS 프로그램에 자동적으로 시험데이터를 생성하여 주게 됨으로서 기존의 디스켓 다운로드로 처리하던 방식의 사용자의 불편함과 시험데이터 생성시간의 부정확성을 해결할 수 있게 되었다. 원자력발전소의 소내 데이터 자동 취득 시스템으로 받아진 218개의 데이터 및 발전소 설계 데이터, 인수 성능 데이터 및 기타 정상 운전에서의 데이터를 이용하여 성능 계산과 분석을 하는 시스템을 개발하였다. 측정 데이터의 정확도는 정확한 분석의 가장 중요한 요소이므로 입력된 측정 데이터는 상관 모델링에 의하여 검증 절차를 거치도록 구성하였다. 원자력 발전소에서 자주 발생하는 단위기기의 교체나 수리에 유연하게 대응할 수 있도록 사용자가 발전소의 개별 단위기기들의 설계 데이터를 변경할 수 있도록 시스템을 구성하였다. 자바 웹스타트(Java Web Start)⁽⁹⁾와 JSP(Java Server Page)^(10,11)를 이용한 클라이언트/서버(Client/Server) 구조로 모든 PERUPS 사용자들이 특별한 인스톨 과정 없이 웹상에서 프로그램을 실행 할 수 있도록 시스템을 구현하였다.

2. 터빈 사이클 운전성능 계산 절차

원자력 발전소의 터빈 사이클은 Fig. 1에서와 같이 증기 발생기, 고압터빈, 습분 분리기 및 재열기, 저압터빈, 복수기, 복수기 펌프, 저압 급수가열기 그룹, 주급수 펌프, 고압급수가열기 그룹을 순환하면서 발전기 출력을 생산하는 사이클로 구성되며 Fig. 1은 본 시스템에서 개발된 열평형 결과를 보여주는 터빈 사이클 모델을 보여주고 있다. PERUPS 시스템 내에 구축된 운전성능 분석 모듈에서는 이와 같은 결과를 Fig. 1과 같이 전체 사이클 열평형도 및 개별 단위기기별 열평형도와 Fig. 2와 같은 원전 운전원들의 편의성을 고려한 마이크로소프트 엑셀 형식의 보고서를 모듈을 이용해서 분석 결과를 나타내게 된다. 터빈 사이클 성능 분석을 위해서 ASME PTC6, PTC 6A⁽¹⁻⁴⁾를 기반으로 하여 터빈 사이클 열평형 계산 및 보정 계산을 하였다. 열평형 수렴 문제는 터빈 팽창선 끝점을 독립변수로 하고 열평형 오차 또는 습분 분리율 오차를 목적함수로 하는 최적화 문제로 구성하였다. 일반적으로 급수 가열기 라인에서는 압력의 선형 분포를 가정하여 계산하나 본 연구에서는 발전소 설계 기준 데이터의 엔탈피 분포⁽⁸⁾를 이용하여 급수 가열기 라인의 열평형을 계산하는 것으로 구성하였으며, 열평형 계산의 수렴에 효율적으로 적용될 수 있었다.

2.1 터빈 사이클의 운전 열평형 분석

터빈의 내부 효율 계산은 터빈 운전 열평형 계산 결과로 입력된 터빈의 입·출구 조건으로부터 직접 구한다. 고압터빈의 내부 효율 계산은 추기단 입구의 상태량과, 출구 압력, 그리고 등 엔트로피 데이터와 팽창선 수식으로부터 정해지며, 각 추기단과 습분 분리단에서의 반복계산을 통해 건 기준 효율을 기준 데이터로 사용하여 부분 열평형 반복 계산을 통해 습분 분리단에서의 열평

형을 맞추어 가게 된다. 이렇게 구성된 습분분리단의 열평형과 이상유동(Two-Phase Flow) 상태의 추기 라인 열평형을 추정하는 절차를 거쳐서 터빈 팽창선을 완성하게 된다.

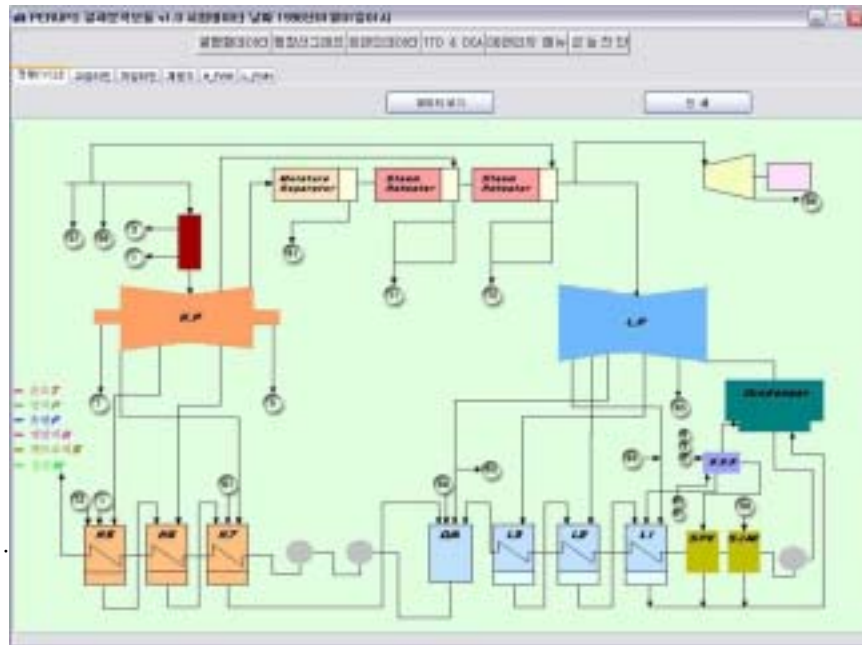


Fig. 1 전체 터빈 사이클 구조도

http://2210.110.705.25:8080/efficiency.jsp - Microsoft Internet Explorer				
A1	A 열전소 결			
1	1. 열전소 결	열전 3/4 포기		
2	2. 시험 일시	1997년01월01일01시		
3	3. 시험결과 결과 요약			
4		구 분	설 계 값	현재시험값
5	전기출력 (MW)	허보정	1044	1036.5
6		보 정	1044	7.5
7	총열소비율	허보정	9790.069	9888.882
8				-100.8125
9	(Btu/kWh)	보 정	9780.069	9781.183
10	순열소비율	허보정	10464.548	10268.286
11				-196.2627
12	(Btu/kWh)	보 정	10464.548	10399.154
13				85.393555
14	3. 보정내용			
15	1) Group 1 보정			
16		보정계수		
17	가열기 #7 온도 온도차	전기출력	열소비율	
18	가열기 #7 배수 냉각 온도 온도차	1.000011	0.9999956	
19	가열기 #7 배수 Line 압력 압력	0.9999507	1.000049	
20	급수 펌프 리브 증기 유량	0.9999534	1.000046	
21	배수기 냉각기	0.9981490	1.00182	
22	배수기 유량	0.9999997	1.000013	
23	급수 펌프 열전소 증기	0.9994888	1.000501	
24		1.003783	0.9948329	
25	2) Group 2 보정			
26		보정계수		
27	Throttle 압력	전기출력	열소비율	
28	Throttle 습도	1.00299	0.9969473	
29	저압 터빈 배기압력	0.9995191	1.000417	
30		1.006144	0.9949084	
31				
32	MW 열출력 보정	0.9907347		
*** efficiency ***				
			보정 3/4 포기	

Fig. 2 엑셀 형식 보고서 모듈

습분분리기 및 재열기 경우는 터빈 사이클 데이터를 바탕으로 습분 분리 효율 계산이 이루어지며, 재열기 열부하, 전열 면적의 계산, 재열기 대수평균 온도차와 열전달 계수, 온도효율이 계산되며, 재열기의 종단 온도차가 계산되는 순서로 운전성능 계산이 이루어진다. 복수기 성능 계산에 있어서는 복수기 진공도, 열부하 등의 사이클 계산 결과로 나오는 데이터를 중심으로 분석 결과가 구성되며, 급수 가열기의 성능 변수는 TTD(Terminal Temperature Difference)와 DCA(Drain Cooler Approach)으로 구성한다. 급수 가열기는 그 구성에 따라 3-Zone, 2-Zone, 1-Zone 급수 가열기와 같이 나뉘며 각각에 따라 분석 방법을 다르게 구성하였다. 급수 가열기 성능 계산에 사용되는 데이터들은 입구 급수 온도, 입구 급수 압력, 입구 급수 유량, 입구 증기 온도, 입구 증기 압력, 입구 증기 유량, 출구 급수 온도, 출구 드레인 온도, 입구 드레인 온도, 입구 드레인 압력, 입구 드레인 유량 등이 있게 된다.

2.2 입력 검증 절차

본 연구에서는 영광 원자력 발전소의 인수 성능 데이터, 초기 설계 데이터, 현재 성능 측정 결과를 사용하여 상관관계에 의한 매핑 모델을 사용하여 입력 데이터에 대한 추정 값을 찾는 방식⁽⁵⁻⁶⁾으로 구성하였다. 터빈 사이클 프로세스 변수간의 비선형 관계에 의한 특성이 심하지 않으며 의사 정적인 모델에 가까우므로 실용적인 적용성이 높은 회귀 모델을 사용하였다. 이 회귀 모델에서는 가장 상관도가 높아서 선택된 변수들을 독립 변수로 하며, 회귀 항목은 각 독립 변수의 1, 2차 항과 곱항을 선택하였다.

추정하고자 하는 측정 데이터와 가장 관련성이 높은 성능 변수를 발전소 성능 설계 데이터, 인수 데이터 및 정밀 측정 데이터를 기준으로 설계 및 운전치 상관관계 값을 사용하여 설정하도록 하였다. 이 상관관계 데이터를 사용하여 해당 측정 변수를 종속 변수, 상관 변수들을 독립 변수로 하는 회귀 모델을 만들고 이 모델의 출력을 유효 데이터로 사용⁽⁷⁾하도록 구성하였다. 따라서 발전소 설계 데이터, 인수 성능 데이터 및 기타 정상 운전에서의 데이터를 오류 없는 성능 데이터를 기준으로 영광 원자력발전소에서 소내데이터 자동 취득 프로그램으로 얻어진 측정 데이터 200여 세트 데이터로 구성하였다. 따라서 전체 발전소에 공통된 입력 항목을 우선으로 구성하였다. 사이클의 유동 네트워크에서의 각 상태량의 상관관계를 선형적인 관계에 의한 모델 구성을 하기 위하여 상관 매트릭스는 각 입력 항목간의 선형적인 관계의 강도를 나타내는 Pearson product-moment 상관 계수를 사용하여 정의하였다.

$$r_{ij} = \frac{s_{ij}^2}{\sqrt{s_{ii}s_{jj}}} \quad \text{where} \quad s_{ij}^2 = \frac{\sum (y_i - \bar{y}_i)(y_j - \bar{y}_j)}{N-1} \quad (1)$$

중복이 적용되는 경우를 제외하고 상관 계수의 절대값으로 분류하여 가장 큰 순서로부터 3개의 데이터 항목을 선정하게 된다. 추정 결과의 한 예로서 주급수 #1 유량 (FWFQ1112)의 상관 변수는 주급수 #2 유량 (FWFQ1122), Steam Generator #2 압력(MSP1023B), Steam Generator #1 feedwater mass flow(CIFXFMW1)이 결정되었으며, 이를 사용하여 추정된 FWFQ1112를 구하여 원래 값과 비교한 결과가 Table. 2 에 나와 있다.

Table 1 입력 측정 데이터(FWFQ1112)의 유효화 평가 데이터

Measured FWFQ1112 (psia)	Estimated FWFQ1112 (psia)	Estimation Error(%)	PWmp_i (psia)	TWsg_i (oF)	PEht_1 (psia)
62.59	62.47	0.19	290.02	433.82	396.77
64.35	64.40	-0.08	340.01	42974	378.47
65.02	65.80	-1.20	380.37	439.46	420.19
70.33	70.29	0.06	494.95	426.82	371.11
49.07	49.06	0.02	46.56	367.47	187.18
67.16	66.58	0.86	374.63	440.01	422.83
64.10	63.99	0.17	488.82	444.92	429.80
64.48	64.63	-0.23	489.85	446.61	431.22

3. PERUPS 시스템 구조

PERUPS는 기존 프로그램들의 문제점인 운영체제에 따라 문제점이 발생할 수 있는 경우 및 사용자 편의성 향상을 위해 개발되었으며 이를 위해 웹 중심의 자바(Java) 시스템으로 개발되었다. 자바는 운영체제의 영향을 적게 받고 보안성이 우수하며 웹 형태의 인터페이스로 개발이 용이하다. 특별한 인스톨 과정이 없이도 이식성 및 확장성이 뛰어나서 인터넷에 연결된 원전 관리자들이 쉽게 프로그램을 실행하여서 운전성능데이터의 확인과 수정을 용이하게 하도록 인터페이스를 구성하였고 PERUPS 프로그램의 업데이트 시에도 특별한 업데이트나 인스톨과정 없이 PERUPS 사용자 모두가 실시간으로 업데이트된 프로그램을 모두 적용받을 수 있는 장점이 있다.

PERUPS의 구조는 클라이언트/서버형으로 개발되어있으며 클라이언트 부분에서 자동으로 원전 소내 데이터 취득 시스템에서 취득된 소내 운전데이터를 시험데이터로 생성한 뒤 서버에서는 입력받은 데이터를 입력검증 모듈로 입력검증을 수행한 후 데이터베이스에 JDBC(java database connectivity)⁽¹¹⁾로 접속하여 입력 데이터를 축적시키고 이 입력값을 계산하는 운전성능 계산 모듈 그리고 마지막으로 계산된 데이터를 출력하는 출력모듈을 가지고 클라이언트에게 다시 이 값들을 병렬로 출력 또는 리포트 할 수 있는 기능을 지원하게 된다. 이 구조에서 입력된 데이터가 온라인으로 서버로 전송되며, 데이터 신뢰성 평가가 끝남과 동시에 평가 자료를 데이터베이스화하고 여러 형태의 보고서가 출력 될 수 있다. 서버에서 유효화 검증 모듈은 입력 값을 유효성을 평가한 후 결과를 생성하게 되고 입력값 검증과정에 대한 업무를 경감시키고 인적 오류를 최대한 배제할 수 있도록 설계하였다. 또한 전 공정에서 발생하는 입력 자료 및 다양한 출력 결과들은 종합적인 관리 및 이용을 위해서 데이터베이스를 운영하게 된다. 모듈의 크게 두 가지로 구분하여 구성하였다. 관리자 모듈의 경우는 JSP로 구성했고, 출력 값을 그래픽에 나타내는 부분은 자바 웹스타트로 구성하였다.

4. PERUPS 데이터베이스 구조

PERUPS는 국내 모든 원전의 통합 데이터베이스를 구성하기 위해 모든 원자력 발전소의 원전

성능 코드는 같은 형식으로 구성하였다. 코드 구성 형식은 첫째 주기호, 둘째 주기호, 제1 보조기호, 제2 보조기호로 구성되었는데 첫째 주기호에서 W로 표기가 될 경우 그 의미는 유량을 의미한다. 둘째 주기호에서 S로 표기가 될 경우는 증기를 나타내고, 제1 보조기호에서 cy로 표기될 경우는 터빈 사이클을 나타낸다. 제2 보조기호에서는 i, o 중 하나를 선택하여 표기할 수가 있다. 여기서 i는 입구를 o는 출구를 의미한다. 또한 모든 원자력발전소 간의 데이터를 통합 구성할 때 각각의 원자력발전소의 구성 시스템들이 서로 다르므로 다른 설비시스템 요소들을 구분해 놓기 위해 노드테이블을 구성하였다. 이 테이블 안에는 405개의 구성 시스템들이 있는데 이 요소들은 원자력발전소와 관련된 모든 요소들은 포함시킨 것이다. 이는 기존의 원자력발전소만을 고려하기보다 앞으로 추가되는 원자력발전소들의 노드데이터들을 효율적으로 관리하기 위한 것이다.

현재 PERUPS의 작업환경을 보면 크게 입력, 출력, 사이클, 단위기기, 주급수 추정과 성능 진단으로 분류할 수가 있다. 이를 데이터베이스화해서 효율적으로 관리를 하기 위해 입력과 출력은 단위특성의 테이블을 구성하여 입력과 출력으로 구분하여 두 테이블로 관리하도록 하였다. 또한 사이클과 단위기기는 각각 사이클의 정보를 관리하는 테이블과 단위기기를 관리하는 테이블을 구성하였다. 이는 데이터베이스 설계시 데이터들을 처리하는 과정에서 데이터베이스를 구성하는 데이터의 속성을 고려함과 동시에 작업환경에서 데이터들의 흐름까지 고려하였기 때문이다. 이런 구성은 인터넷상에서 데이터를 주고받게 되므로 네트워크(Network)의 속도에 영향을 많이 받게 되므로 사용자가 PERUPS에서 얻으려고 하는 작업처리를 빠른 시간에서 할 수가 있는 이점을 주게 된다. Fig. 3는 PERUPS의 내부 데이터베이스 테이블 구조를 보여주고 있다.

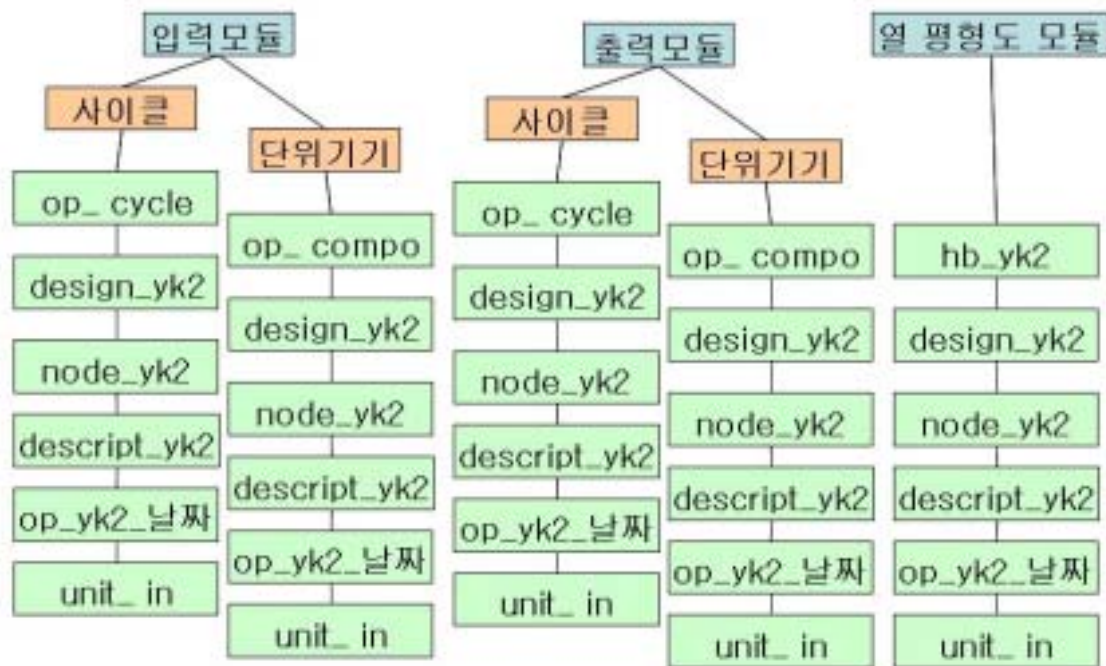


Fig. 3 PERUPS 데이터베이스 테이블 구성도

5. PERUPS 인터페이스 구조

PERUPS는 크게 소내 데이터 입력 및 유효화 검증을 위한 데이터 입력 모듈, 입력된 데이터에 대한 계산을 담당하는 계산 모듈, 계산을 통해 나온 결과를 리스트, 추이그래프 및 열평형 그래

5.1 PERUPS 입력모듈

[illegible]

Fig. 5 데이터 입력 모듈

5.2 PERUPS 출력모듈

PERUPS 출력모듈은 터빈 사이클의 분석 결과값을 테이블로 보여주는 모듈과 그래프 와 트랜드 분석 모듈로 구성되어 있으며 단위기기는 고압터빈, 저압터빈, 재열기, 습분 분리기, 저압급수 가열계통, 고압급수 가열계통, 추기라인, 펌프의 분석 결과값을 보여준다. 또한 사용자가 운전성능 출력데이터를 자동으로 엑셀(Excel) 형식으로 출력하는 운전성능 결과값 리스트 모듈을 구성하였는데 이는 프로그램을 사용하는 원전 사용자의 업무특성상 엑셀화 하여 관리하는 경우가 많으므로 사용자의 편리성을 고려하였기 때문이다. Fig. 6는 결과값을 테이블로 보여주는 모듈을 나타내고 Fig. 7는 결과값을 그래프 및 추이로 분석하여서 나타내 주는 모듈을 나타내고 있다.

구분	구분명	단위	결과값	비고
고압터빈	고압터빈 입구 온도	°C	340.0	
	고압터빈 입구 압력	MPa	15.0	
	고압터빈 입구 질량유량	kg/s	100.0	
	고압터빈 입구 엔탈피	kJ/kg	3400.0	
저압터빈	저압터빈 입구 온도	°C	250.0	
	저압터빈 입구 압력	MPa	1.0	
	저압터빈 입구 질량유량	kg/s	100.0	
	저압터빈 입구 엔탈피	kJ/kg	2500.0	
재열기	재열기 입구 온도	°C	150.0	
	재열기 입구 압력	MPa	0.1	
	재열기 입구 질량유량	kg/s	100.0	
	재열기 입구 엔탈피	kJ/kg	1500.0	
습분 분리기	습분 분리기 입구 온도	°C	100.0	
	습분 분리기 입구 압력	MPa	0.01	
	습분 분리기 입구 질량유량	kg/s	100.0	
	습분 분리기 입구 엔탈피	kJ/kg	1000.0	
저압급수 가열계통	저압급수 가열계통 입구 온도	°C	50.0	
	저압급수 가열계통 입구 압력	MPa	0.01	
	저압급수 가열계통 입구 질량유량	kg/s	100.0	
	저압급수 가열계통 입구 엔탈피	kJ/kg	500.0	
고압급수 가열계통	고압급수 가열계통 입구 온도	°C	150.0	
	고압급수 가열계통 입구 압력	MPa	1.0	
	고압급수 가열계통 입구 질량유량	kg/s	100.0	
	고압급수 가열계통 입구 엔탈피	kJ/kg	1500.0	
추기라인	추기라인 입구 온도	°C	100.0	
	추기라인 입구 압력	MPa	0.1	
	추기라인 입구 질량유량	kg/s	100.0	
	추기라인 입구 엔탈피	kJ/kg	1000.0	
펌프	펌프 입구 온도	°C	50.0	
	펌프 입구 압력	MPa	0.01	
	펌프 입구 질량유량	kg/s	100.0	
	펌프 입구 엔탈피	kJ/kg	500.0	

Fig. 6 데이터 테이블 출력 모듈

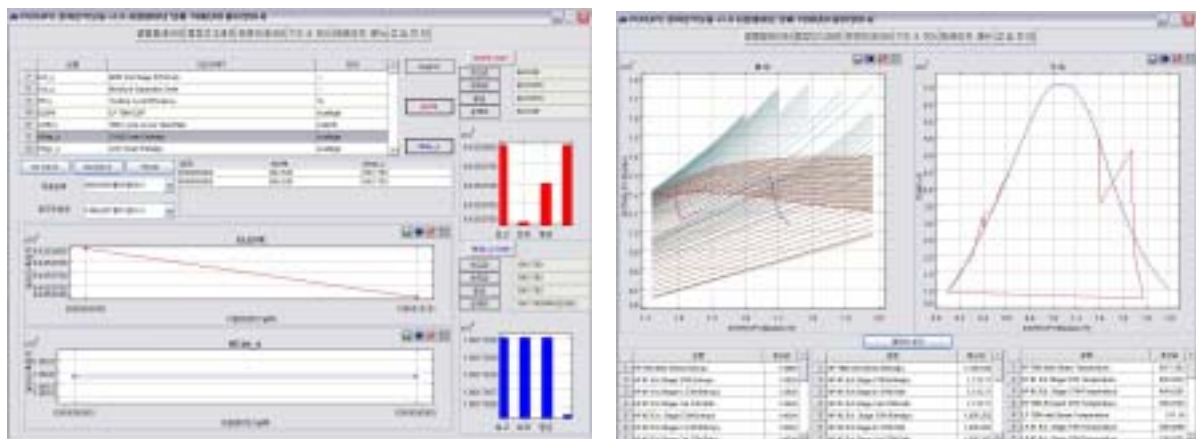


Fig. 7 추이 분석 모듈 및 팽창선 그래프 모듈

다음으로 열평형 데이터의 출력에 관한 모듈을 보면 전체 사이클에 대한 열평형도가 주어지고 부분별 단위기기 열평형도 다이어그램이 사용자에게 제공된다. Fig. 7 은 열평형 결과값을 보여주기 위한 열평형 출력 모듈을 그림으로 나타낸 것이다.

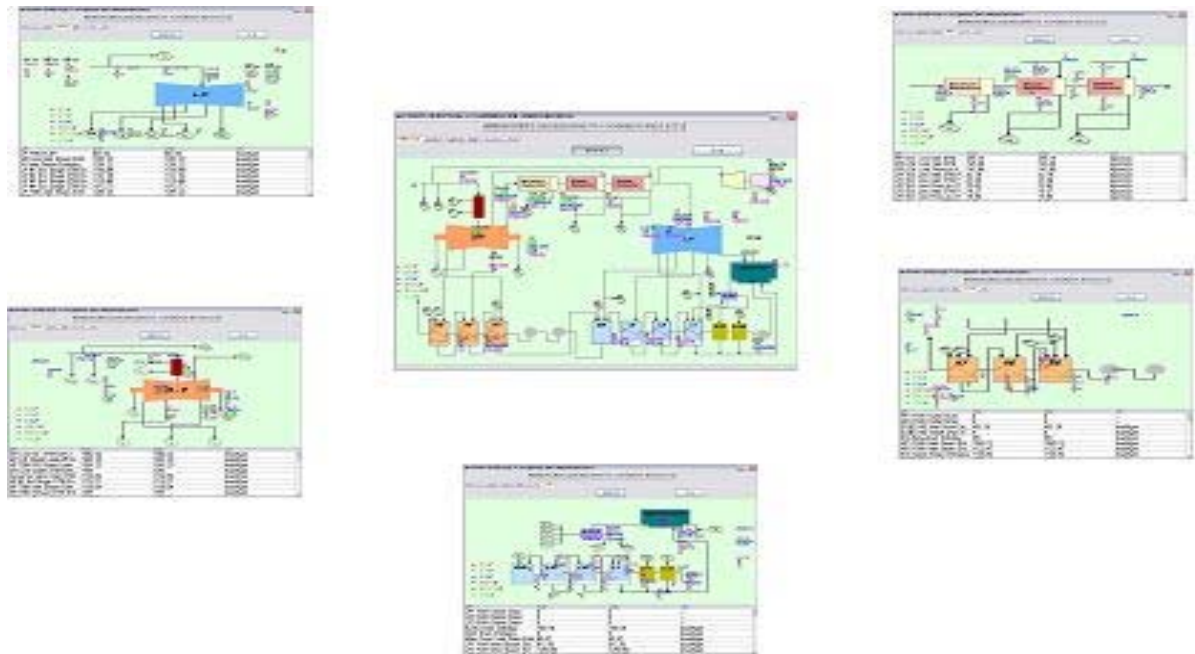


Fig. 7 열평형 출력 모듈

사용자는 전체 사이클에 대한 열평형도와 각각의 부분별 열평형도를 그래픽으로 볼 수가 있다. 그러나 계산 결과로 제공되는 500여 개의 열평형 데이터를 사용자가 파악하기가 쉽지 않으므로 전체 및 단위기기 다이어그램(Diagram)의 데이터의 설명을 확인 할 수 있는 투명버튼 인터페이스와 데이터 툴팁 설명 기능 그리고 모든 다이어그램을 인쇄할 수 있는 인쇄기능을 추가하여 사용자의 추가적인 문서작업의 효율성을 증대시켰다.

5.3. 성능 예측 모듈

발전소 성능 분석 에서 중요한 또 한 가지는 성능분석을 위해서는 미측정항목의 예측과 운전 성능변수 변화에 대한 터빈출력의 변화를 예측하는 것이다. 이를 얻는 가장 좋은 방법은 실제 발전소의 주요 성능변수를 변화시키면서 필요한 데이터를 얻는 것이지만, 실제 발전소의 성능을 조정하면서 데이터를 얻을 수 있는 방법은 원전의 운영여건상 어렵기 때문에 불가능하다. 이런 경우 시뮬레이션 코드를 이용하는 것은 보편적인 일이다. 본 프로그램에서 이를 구현하기 위해 PEPSE(Performance Evaluation of Power System Efficiencies)⁽¹²⁾ 코드를 터빈 사이클 시뮬레이션 코드로 사용하였다. 이를 구현하기 위해 PEPSE 모델링은 성능모드 시뮬레이션과 설계모드 시뮬레이션을 적절히 병행하여 사용하였다. 주요 성능변수들의 터빈 사이클에 미치는 영향을 분석한 결과 그림 8과 같은 결과를 얻었으며 이를 프로그램 내에서 설계값 대비 추정값의 성능변화를 예측 할 수 있도록 하였다. 성능 예측을 위한 변수로는 트레인 구분을 포함하여 교축증기 압력, 습분분리기 습분분리효율 등 160여개를 대상으로 하였다.

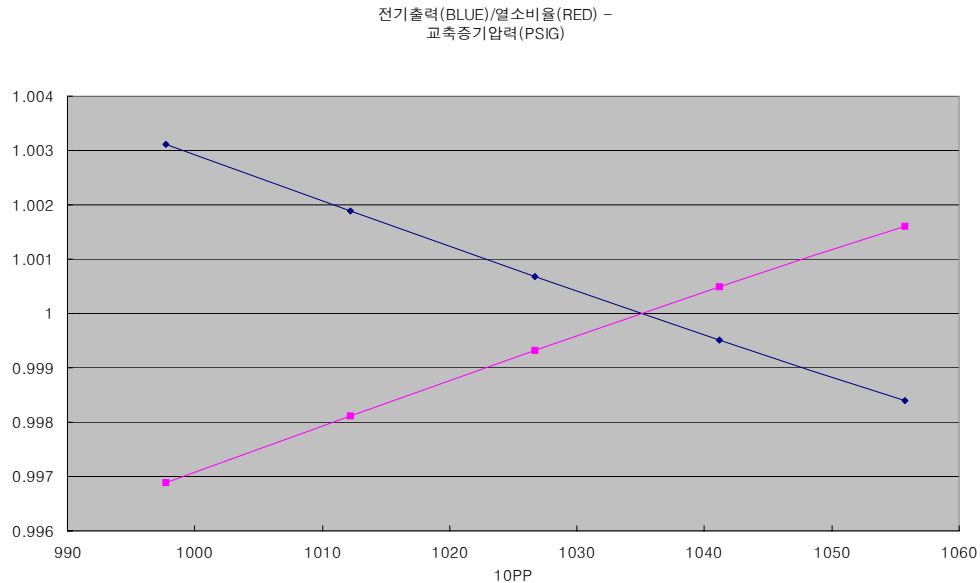


Fig. 8 교축압력에 대한 터빈출력 영향 민감도 곡선

7. 결론

PERUPS 시스템은 영광 3,4기의 운전성능 데이터를 기반으로 개발되었다. 이 시스템은 ASME PTC 6 및 PTC 6A코드를 기준으로 하였고, 저압터빈 ELEP값은 반복 계산과정을 통해 설계값 대비 0.1Btu/kWh 이내를 만족하도록 하였다. 이 시스템에서는 발전소 상태 감시 시스템(OSMS)으로부터 데이터를 온라인으로 받아 입력데이터의 유효성을 검증할 수 있도록 하였다. 계산 결과는 사용자에게 열평형도 그래픽과 터빈 팽창선 그리고 사용자 편리성을 갖춘 보고서를 출력하는 기능을 갖도록 하였다. 그리고 미측정 항목의 측정값 예측과 주요기기의 성능변수가 전기출력에 미치는 영향을 예측하는 성능 예측 모듈을 개발함으로써 원전의 효율적인 운영과 관리에 도움이 될 것으로 기대된다.

참고 문헌

- (1) Glorian, D., 1995, "Performance of Thermal Generating Plants Worldwide: Current Situation and Outlook." 8th Int. Conference & Exhibition for the Power Generation Industries, USA, pp. 337~350.
- (2) Munchausen, J. H., 1995, "EPRI Performance Enhancement Program." Proceedings of the American Power Conference, USA, pp. 519~521.
- (3) F. G. Baily, J. A. Booth, K. C. Cotton & E.H. Miller, "Predicting the Performance of 1800-rpm Large Steam Turbine-Generators Operating with Light Water-Cooled Reactors", General Electric Co. Report, 1973

- (4) Spencer, R.C., Cotton, K.C., Cannon, C.N., 1974, "A Method for predicting the Performance of Steam Turbine-Generators, 16,500KW and Larger," General Electric Co. Report.
- (5) Urmanov, A.M., Gribok, A.V., Hines, J.W., Uhrig, R.E. 2000, "Complexity-penalized model selection for feedwater inferential measurements in nuclear power plants, ANS Conf. International Topical Meeting on Nuclear Plant Instrumentation, Controls, and Human-Machine Interface Technologies.
- (6) A. Urmanov, Andrei Gribok, and J.W. Hines, and Brandon Rasmussen, 2001, "Application of Information Complexity in Principal Component Regression Modeling of Venturi Meter Drift", published in the proceedings of the Maintenance and Reliability Conference, Knoxville, TN
- (7) J. Wesley Hines and Brandon Rasmussen, 2001," On-Line Sensor Calibration Verification : A Survey", 14th International Congress and Exhibition on Condition Monitoring and Diagnostic Engineering Management, Manchester, England
- (8) Kim S. K and Choi K. H, 2000, "Thermal Performance Analysis System Based on Measurement Validation for NPP" 4th JSME-KSME Thermal Engineering Conference.
- (9) Sun Microsystems, 2001, "The JDBC API Specification,"
- (10) Sun Microsystems, 1999, " Servlet and Java Server Pages API Documentation," The Apache Software Foundation.
- (11) Sun Microsystems, 2002, "Developer's Guide Java Web Start Technology,"
- (12) PEPSE 66 (Performance evaluation of power system Efficiency) Manual volume I ~ V, Sciencetech .Inc
- (13) 원자력 발전소 효율평가 해외 보고서, 한국전력공사 전력연구원,1990
- (14) 영광 3,4호기 인수성능시험 보고서, 한국전력공사, 1995