

발전소 운전감시 및 고장진단을 위한 계측기기 신호의 전처리 기법에 관한 연구

중앙대학교 공과대학 제어계측공학과
張泰奎

An Advanced Instrumentation Signal Analyzing Technique for Automated Power Plant Monitoring and Fault Diagnosis

Tae-Gyu Chang

Department of Control and Instrumentation Engineering, College of Engineering,
Chung-Ang University

Abstract

This research presents a new method of detecting and diagnosing faults of a power plant. Detection of characteristic wave patterns from multichannel instrumentation signals forms the basis of the proposed approach. The dynamics of 500MW drum-type boiler (Boryung coal-fired plant unit #1 and #2) and its control systems are modeled and simulated to generate diverse operation patterns and fault situations and to utilize them for the development of the fault detection algorithms. The results of the boiler system modeling and simulations show a fairly high agreement when compared with some of the actual plant performance test data.

1. 서론

복잡한 여러 기기요소들의 유기적인 동작에 의해 운전되는 대규모 발전소에서는, 운전상황의 상시감시 및 조기 고장진단을 통해 플랜트의 trip의 사전예방을 발전소 이상상태의 파급을 최소화하고 운전의 신뢰성을 유지하는 것이 매우 중요시 되고 있으며, 이에 따라 이를 컴퓨터에 의해 실현 시키기 위한 많은 관련 연구들이 수행되어오고 있다[1][2]. 하지만 컴퓨터에 의한 자동해석이 갖고있는 운전신뢰도 및 안정성제고에 대한 커다란 잠재적인 기여의 가능성에 비해, 실제 응용 측면에서는 실현성에 커다란 제약이 있는 실정이다.

특히 증대 연구의 주종을 이루고 있는 것은 플랜트의 dynamic 모델을 정확히 얻을 수 있다는 전제에서 입출력 특성에 반영된 동특성으로 부터 플랜트의 이상을 감지한다는 해석모델에 기초한 고장감지 기법으로서[3][4], 이것이 갖고있는 다음과 같은 기술적인 제약이 고장감지의 실현에 커다란 제약요소로 작용하고있는 실정이다.

우선 보일러 플랜트는 복잡한 여러 기구적 요소들에 의해 구성되어 있으며, 이를 정확하게 나타낼수 있는 모델을 얻기가 힘들며, 실사 정확한 모델을 얻는다 하더라도 해석적으로 문제를 다루어 해결할 수 있는 플랜트 대상의 영역과 동작의 범위는 극히 제한적인 것이 일반적이다. 이러한 모델링 자체에 관련된 문제점 외에 더욱 근원적인 문제는 숙련된 운전원에게 판단의 기준이 되는 실제 고장감지 및 진단에 관련되는 정보는 모델의 입출력을 포함한 dynamics 자체 보다는 다양한 형태의 복잡한 운전 및 동작 양태로 부터 이상 현상을 유추해내는 dynamics 외적인 요소가 대부분의 비중을 차지하는데 있다. 특히 이와같이 숙련된 운전원이 정보를 조합하고 이상현상을 찾아내는 과정에는 장시간의 다채널 계측신호에 포함되어 있는 동작양태 및 상황정보를 추출하고 이를 고장현상과 관련지워 추론하는 기능이 내포되어있다. 하지만 이러한 기능을 실현할 수 있는 체계적인 컴퓨터 고장감지 기술은 얻어지지 않고 있다.

이에 본 연구에서는 이러한 해석적 모델에 기초한 고장 감지 기법과 달리 컴퓨터에 의한 자동 고장감지 및 진단 시스템을 실현하기

위한 새로운 기법으로서 플랜트 계측신호에 나타날 수 있는 여러 특징 패턴들을 감지하여 이들의 조합에 의한 정보로 부터 플랜트의 상태와 연결지우도록 하는데 필요한 신호처리 기술을 제시하고 이를 현상적 모델에 기초한 고장감지 기법이라 칭하였다.

또한, 실제적으로 유용한 고장감지 신호처리 연구결과를 얻기 위해서는 현재 운전중인 발전소 및 제어시스템을 직접적인 대상으로 하여 동일한 운전상황에 대한 모델링과 시뮬레이션이 가능하도록 하는 것이 필수적인 바, 본 연구에서는 보령화력 1,2호기 500MW급 드럼형 보일러 제어 시스템을 대상으로 보일러 자체의 dynamics와 제어시스템을 모델링하고, 발전소의 여러 운전모드들에 대한 시험운전 시뮬레이션을 수행하고, 다양한 운전 상황에 대한 출력신호와 고장상황을 시뮬레이션하는 연구를 병행하여 수행하였다.

2. 발전소 보일러 운전제어계통 모델링 및 시뮬레이션

그림 1에 보일러계통 운전제어 시뮬레이션을 위한 전체적인 구성도를 나타내었다. 전체시스템은 보일러 자체의 dynamics 와 터빈 주동기 제어밸브, 보일러 연료 demand, 드럼수위들에 대한 subloop 제어부들로 구성되어 있다.

본 연구에서는 보일러 제어계통에서 중요한 관심대상인 증기의 압력과 flow에 대한 응답특성과 water/steam의 포화특성을 반영하는데 필요한 부분을 모델링과 시뮬레이션의 주요 범위로 선정하였다. 이런 사항들을 고려하여, 본 연구에서는 드럼과 과열기(super heater)에 질량, energy, 체적평형식을 적용하고[1][5], 온도제어 계통은 현재의 시뮬레이션 모델에는 일정온도를 갖는 것으로 반영시켜 식 (1)과 같이 보일러 dynamics를 4차의 비선형 미분 방정식으로 구성하였다.

$$\begin{aligned}
 e_{11} \frac{dp}{dt} + e_{12} \frac{dV_w}{dt} + e_{31} \frac{dx_r}{dt} &= Q + q_{fw} h_{fw} - q_s h_s \\
 e_{21} \frac{dp}{dt} + e_{22} \frac{dV_w}{dt} + e_{23} \frac{dx_r}{dt} &= q_{fw} - q_s \\
 e_{31} \frac{dp}{dt} + e_{33} \frac{dx_r}{dt} &= Q - q_{sx} h_c \\
 e_{41} \frac{dp}{dt} + e_{44} \frac{dq_s}{dt} &= q_s - q_w
 \end{aligned} \tag{1}$$

$$\begin{aligned}
 e_{11} &= \left(\frac{dp_s}{dp} h_s + \rho_s \frac{dh_s}{dp} \right) V_w + \left(\frac{dp_w}{dp} h_w + \rho_w \frac{dh_w}{dp} \right) \\
 &V_w + mc_p \frac{dT_s}{dp} + (h_s \rho_s V_r - h_w \rho_w V_r) \frac{\partial a_m}{\partial p} \\
 e_{12} &= \rho_w h_w - \rho_s h_s, \quad e_{13} = (\rho_s h_s - \rho_w h_w) V_r \frac{\partial a_m}{\partial x_r} \\
 e_{21} &= \frac{dp_s}{dp} V_w + \frac{dp_w}{dp} V_w + (\rho_s - \rho_w) V_r \frac{\partial a_m}{\partial p} \\
 e_{22} &= \rho_w - \rho_s, \quad e_{23} = -(\rho_s - \rho_w) V_r \frac{\partial a_m}{\partial x_r}
 \end{aligned}$$

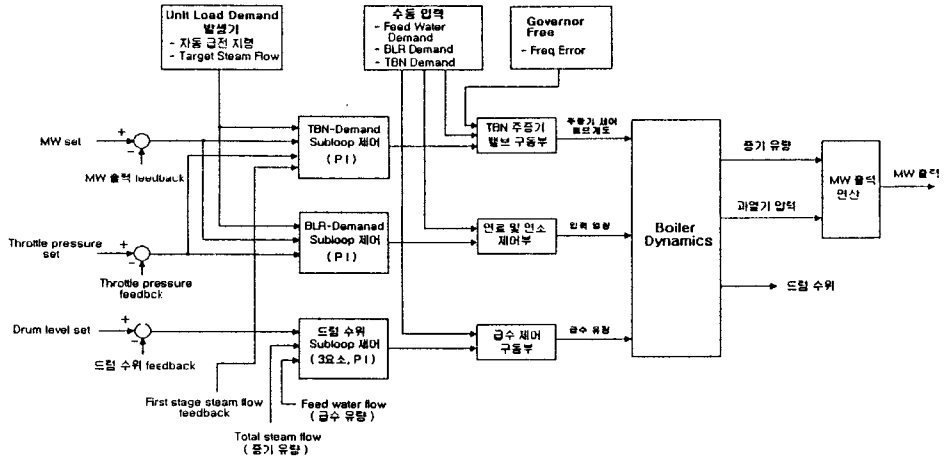


그림 1. 보일러 제어 시스템 블록 구성도

$$e_{31} = \left[(1-x_r)h_c \frac{d\rho_s}{dp} + \rho_s \frac{dh_s}{dp} \right] a_m V_r + \left[\rho_w \frac{dh_w}{dp} - x_r h_c \frac{d\rho_w}{dp} \right] (1-a_m) V_r + h_c V_r (\rho_s - x_r \rho_s + x_r \rho_w) \frac{\partial a_m}{\partial x_r}$$

$$e_{33} = [(1-x_r)\rho_s + x_r \rho_w] h_c V_r \frac{\partial a_m}{\partial x_r}$$

$$e_{41} = V_{sh} \frac{d\rho_{sh}}{dp_{sh}}, \quad e_{44} = -2q_{sh} K_1 V_{sh} \frac{d\rho_{sh}}{dp_{sh}}$$

$$a_m V_r (\rho_w - \rho_s) = \frac{1}{2} K q_{sh}^2$$

$$a_m = \frac{\rho_w}{\rho_w - \rho_s} \left[1 - \frac{\rho_s}{(\rho_w - \rho_s) x_r} \ln(1 + \frac{\rho_w - \rho_s}{\rho_s}) \right], \quad p_{sh} = p - q_{sh}^2 K_1$$

$$q_{sh} = k k_1 p c \sqrt{\rho_{sh}} + k k_2 \sqrt{p_{sh}}, \quad MW = a_1 p_{sh} q_{sh} + a_2 p_{sh} + a_3 q_{sh} + a_4$$

ρ_{sh} : 일정 온도에서의 압력에 따른 과열 증기의 밀도
 V_{sh} : 과열기의 내부 부피
 q_{sh} : 과열기 출구에서의 증기흐름율
 ρ_s : 포화 증기의 밀도
 ρ_w : 포화 수의 밀도
 h_s : 포화 증기의 엔탈피
 h_w : 포화 수의 엔탈피
 h_{fw} : 급수의 엔탈피
 V_{sh} : 전체 포화 증기 체적
 V_{wt} : 전체 포화 수 체적
 m : 드림, 상승관 및 하강관의 질량

c_s : 급속의 비율
 T : 급 속의 온도(드림 압력 하에서의 포화 온도)
 Q : 상승관으로부터의 열 에너지 흐름율
 q_{fw} : 급수 유량
 q_s : 증기 유량
 a_m : 상승관에서의 증기의 평균 부피 비율
 v_w : 드림내의 포화 수 부피
 V_r : 상승관의 내부 부피
 V_{dc} : downcommer의 내부 부피
 V_{drum} : 드림 내부의 부피

현재 보일러력 1,2호기의 보일러 시스템의 제어기는 analog방식의 Bailey 820 ACS(analog control system)에 의해 운전되고 있다. 이 시스템에는 발전출력 지령치를 결정하는 Unit load demand, 운전모드에 따른 turbine 과 보일러의 demand치를 설정하는 협조제어부, 급수 유량제어, 연료제어, 공기량제어, 주증기 온도제어, 재열증기 온도제어, 노내압제어, 기타 유틸리티유도, 점화유도 압력등의 보조계통을 포함한 여러 구성요소들의 제어부가 포함된다. 본 연구에서는 이들 중 발전소 전체의 운전과 응답특성을 시뮬레이션하는데 필요한 부분인 coal demand 제어, turbine 주증기 밸브제어, 드림 수위제어에 대한 subloop를 포함하는 제어기들을 software에 의해 구성하고 시뮬레이션을 수행하였다. 터빈 governor, 발전기를 포함하여 보일러 계통의 연료, 급수 등을 제공하는 구동부들은 시점수를 갖는 1차 모델로 구성하였다.

또한 다양한 운전상황을 시뮬레이션하기 위해서 보일러의 subloop 제어계통들에 대한 시뮬레이션외에도 여러 운전모드, 즉 boiler following, turbine following, 보일러-터빈 협조제어 자동운전, 수

동운전, Governor Free 자동운전 등의 각 모드에 대한 시뮬레이션과 이들의 조합에 의한 운전 profile을 만들어 이에대한 운전 시뮬레이션이 가능하도록 전체 시뮬레이션 프로그램을 구성하였다.

3. 현상적 모델에 기초한 보일러제어계통 고장감지 신호처리 기법

본 연구에서 제시한 현상적 모델에 기초한 고장감지 기법의 전체적인 처리단계에 따른 구성도를 그림 2에 나타내었다.

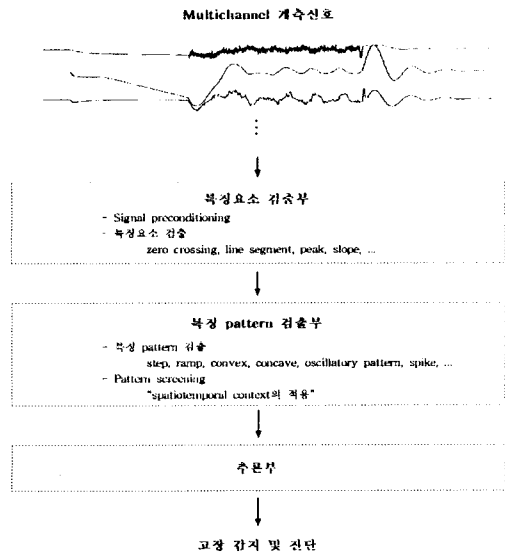


그림 2. 현상적 모델에 기초한 고장감지의 처리단계

이 기법에서 추가되는 요소는 signal conditioning filter와 시간영역 해석기법을 함께 적용하여 zero-crossing, peaks, line segment 등 시각적 특징요소들을 추출하는 특징요소 검출부와 이러한 검출정보들을 조합하여 보다 긴 시간 영역에서 pattern screening 과정을 거쳐 다음에 기술한 여러 특징 패턴들을 검출하는 특징패턴 검출부라 할 수 있다. 이러한 패턴 검출정보들을 이용하여 고장감지 및 진단을 수행하는 과정은 보다 광범위한 시간흐름과 운전상황에 내포된 문맥정보를

을 바탕으로 추론의 과정을 거쳐야한다.

본 연구에서는 이러한 고장감지 및 진단을 위한 추론부분의 전 단계인 특징 패턴을 검출하기 위한 관련 알고리즘 및 신호처리 기법을 개발하고자 하는데 까지를 연구 범위로 설정하였고 이를 계속신호 처리 기술이라 칭하였다. 플랜트의 운전 및 제어 상태와 밀접한 관련을 지을수 있는 전형적인 특징 패턴들을 특성에 따라, 과도상태의 사이사이 나타나는 baseline transitive 신호, 일정 주파수를 가지고 흔들리는 oscillatory 신호, 갑작스런 외란이나 변화에 기인하는 spike 신호들로 구분하고 본 연구에서는 이들의 특징 패턴에 대한 감지 기법을 제시하였다.

Baseline transitive 패턴 신호들은 과도 구간의 transition 형태에 따라, ramp/step/concave/concave 등으로 세분된다. 이들 그룹에 대한 패턴 검출을 위해서는 필터링과, zero-crossing, peaks 등을 검출하는 신호 전처리부(preconditioning)를 수행한 결과로 부터 line-segment와 corner point를 감지하고 이를 이용하여 baseline 존재여부를 검출한다. 이러한 시각적 특징요소들은 transition pattern descriptor에서 curvature, ramp, jump 등을 검출하게 되며 이에 threshold logic, pattern screening 과정을 통해 baseline transitive 패턴 신호들을 감지하게 된다.

Oscillatory 패턴에 대해서는 시간 영역에서 signal conditioning 과 peak, zero-crossing 등의 시각적 특징치 검출을 함께 적용한 감지 알고리즘을 제시하였고, oscillatory 패턴신호에 중첩되어 있는 잡음과 크기가 큰 배경 신호들을 제거하고 원하는 패턴의 형태를 뚜렷하게 하여주기 위한 목적으로 signal preconditioning filter를 적용한다. Zero-crossing과 peak, amplitude 등에 대한 threshold를 거쳐 해당 범위내의 wave 들을 검출하고 이에 grouping pattern의 criteria를 적용하여 oscillatory 패턴의 감지를 수행한다. Grouping pattern screening은 zero-crossing period와 peak amplitude 지가 허용치 내에 들어가는 wave가 연속적으로 이웃하여 나타나는 형태를 확인 하는 작업으로서 screen에 포함하는 wave의 수, 감지에 필요한 최소 연속 wave의 수, pattern 진행의 종료에 대한 기준의 3종류의 기준으로 구성되어있다.

Spike 패턴은 highpass 필터에 의한 signal conditioning 과 zero-crossing, amplitude, grouping 패턴 screening의 과정을 거쳐 판정한다.

또한 본 연구에서는 다채널 계속신호의 실시간 처리의 필요성과 현상적 모델에 기초한 고장감지의 처리 단계 구조에 부합한 계층적 처리구조를 구현하기 위하여 time-slot 할당에 의한 시분할 방식을 제시하고 감지 알고리즘의 여러 단계에서 사용되는 signal conditioning 필터의 구현 법을 제시하였다. 이러한 계층구조는 특징요소 및 패턴에 따라 시오디곤 처리시간 단위 적용과 광범위한 시간효율에 내재된 상황(context)정보의 추출 및 적용 목적에 적합하다.

4. 적용 시험 및 비교 검토

4.1 운전 제어 모델링 및 시뮬레이션

본 연구에서 구현한 보일러 모델링 및 운전제어 시뮬레이션의 타당성을 시험하기 위해, 보령화력 1호기의 정기적인 특성 시험과정에서 얻은 운전 데이터 일부와 비교 실험을 수행하였으며, 이 결과 실측치와 거의 일치하는 결과를 얻었다. 비교시험에는 보일러 정특성 시험, 부하변동시험, 연료계단 입력에 대한 보일러 동특성시험을 포함하였으며, 이들에 대한 시험 결과를 다음에 요약하였다.

시뮬레이션에 의해 출력 설정치를 변화시키며 얻은 정상상태 동작점 값들은 설계기준치[6] 및 실측치와 비교한 결과 거의 일치하는 것을 확인하였다.

보일러 자동모드, 터빈 manual, load rate(0.5%/min)으로 출력의 크기를 변화시키면서 이때 나타나는 드림수위, 주중기 압력등 제어 요소값들의 과도 범위를 측정하는 보일러 부하변동시험(load swing test)을 통해 드림 수위, 주중기 압력들의 변동 폭들이 실측치와 크게 벗어나지 않는 결과를 얻었으며 결과를 표 1에 나타내었다.

표 1. 운전제어 시뮬레이션으로 수행한 부하변동시험 (load swing test) 결과치

측정변수	출력 변경 (0.5 %/min)시 제어 오차				단위
	480→430	430→370	370→430	430→480	
드림 수위	-11, +2	-11.27, +25.60	-10.79, +13.26	-9.45, 12.21	mm
주중기 압력	-1.62, +0.631	-1.81, +2.07	-3.99, +1.20	-3.63, +1.30	Kg/cm ²

그림 3은 최소 10분이상 안정된 상태로 운전하다 다른제어치들은 고정시킨 상태에서 연료요구량을 계단 형태로 갑작스럽게 증가하고 정상상태에 이를 때까지 나타나는 보일러의 응답특성을 측정하여, 모든 제어 요소들의 응답이 허용 범위내에서 안정적으로 동작하는지를 확인하고, 시정수, 불감시간 등의 응답을 산출하기 위해 수행한 시뮬레이션의 결과의 예이다. 실험시험과 동일한 패턴으로 시뮬레이션을 수행하였으며, 실제의 경우와 매우 유사한 정도의 결과를 얻었고 이결과들을 표 2에 나타내었다.

그림 3에 나타내었듯이 450MW를 기준으로 5%의 연료 상승을 시켰을 때 얻어지는 시정수는 약 13분으로서 실제 측정치(부동시간 1분 12초, 시정수 13분 48초)와 유사한 시정수 특성을 나타내는 것을 확인할 수 있다.

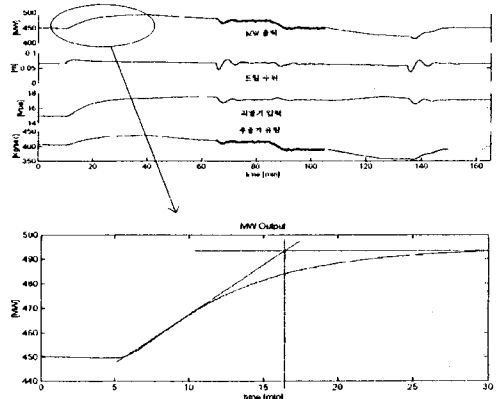


그림 3. 터빈 제어밸브 개도를 고정시킨 상태에서 연료를 5%계단 입력으로 증가시킨 연료 보일러 동특성 시험 결과(출력상승의 시정수 측정)

표 2. 연료 계단입력 변화(±5%)에 따른 보일러 동특성 시뮬레이션 결과치

입력 열량 변화 대상	증가		감소	
	전	후	전	후
출력(MW)	450	495	495	450
주중기 압력(Kg/cm ²)	152.8 (14.97Mpa)	176.9 (17.34Mpa)	176.8 (17.30Mpa)	153.0 (15.00Mpa)
입력열량 (MW)	617.4	639.1	639.1	617.4

4.2 현상적 모델에 기초한 고장감지 신호처리 적용시험

특정 패턴 감지 알고리즘들의 동작을 확인하기위한 목적으로 여러형태의 정상적인 운전상황과, 고장 발생 상황의 예들을 설정하고 본 연구에서 구현한 시뮬레이터를 적용하여 이들에 대한 운전을 수행하고 이에 알고리즘의 적용시험을 수행하여 특정패턴과 고장상태를 감지하는 것을 확인하는 시험을 수행하였다.

그림 4는 보일러의 드림수위 제어기의 적분기 gain 값을 변경하여 주는 형태로 고장상황을 발생시키고 이때 나타나는 oscillatory 패

턴을 감지하는 것을 나타낸 예이다. 이 경우 고장은 자동 운전모드와 Governor Free 운전모드 도중에 각 3분씩 발생시켰으며 약 0.18Hz의 oscillatory pattern 뒤에 따르는 자동에서 Governor Free, Governor Free에서 set-point maneuvering 모드운전으로 변환될 때 나타나는 불연속 현상이다.

그림 5는 드림수위 제어부위의 controller 고장상황, feedwater pump로부터 공급되는 급수 계통에 누수가 생긴 고장 상황, 보일러 과열기 부위의 tube에 rupture 가 생긴 경우를 가정하여 이때 발생하는 고장 패턴 신호들을 비교하여 나타내었다.

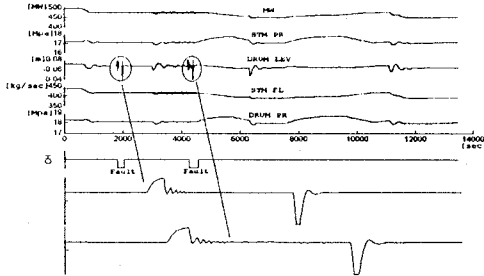


그림 4. 자동운전모드와 Governor Free 운전 모드 상에서 각각 3분간의 드림 수위의 고장상황을 발생시키고 이때 나타나는 oscillatory 패턴을 감지하는 예

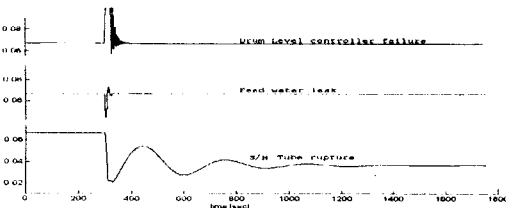


그림 5. 고장 원인에 따라 서로 다른 주파수를 갖는 oscillatory 패턴들이 드림수위에서 관찰되는 예

그림 5에서 알 수 있듯이 드림 수위에 나타나는 oscillatory 패턴 신호들은 그 주기의 양태가 고장부위에 따라 현저히 달리 나타나는 것을 관찰 할 수 있다. 즉 드림수위 제어기 failure 상황시는 약 0.18Hz의 높은 주파수인데 비해, feedwater leak의 경우는 0.06Hz, tube rupture의 경우는 0.003 Hz로 차이가 나는 것을 알 수 있다. 이러한 예는 본 연구에서 제안한 현상적 모델에 기초한 고장감지, 즉 플랜트 신호에 나타나는 특징 패턴 신호들을 감지하고 이러한 정보를 플랜트의 동작 상황 및 고장 상태와 관련 지운다는 기법의 적용가능성을 뒷받침하여 주는 좋은 예이다.

4.3 해석적 모델에 기초한 고장감지 신호처리 적용시험

해석적 고장감지 기법을 보일러 제어계통을 대상으로 적용할 때 적용 가능한 범위, 혹은 문제점들에 대한 특성을 알아보기 위한 목적으로, 본 연구에서는 기존의 해석적 redundancy에 기초한 고장감지 기법들의 주류를 이루고 있는 state estimation 기법에 기초하여, 보일러 플랜트 내부, actuator, sensor 등의 고장을 검출하기 위한 감지기를 설계하여 적용하였다.

이를 위해 비선형 보일러플랜트의 선형화 및 이에 대한 검증 실험을 통하여 선형모델을 구하고, state estimator를 설계하여, boiler 과열기 tube rupture 및 feedwater leak 상황에 대한 고장감지에 적용하였으며, dedicated observer를 설계하여 sensor failure를 감지하고, 출력 추정오차를 특정 방향으로 놓이도록 하여 plant 및 sensor들의 고장을 감지하고 locate할 수 있도록 하여주는 observer의 특수한 형태인 detection filter[7]를 설계하고 시험 적용하였다.

보일러 플랜트의 경우는 dedicate observer에 의해 고장의 종류를 찾아내고자 할 때, 주주기 압력이 측정 신호에서 빠지는 경우 observability 조건을 만족하지 않아 적용에 제약이 따르며, detection filter의 경우도 주주기압력에 대한 sensitivity 편중성 때문에 output separability가 만족되기 힘들어 방향성에 대한 변별력이 작아 실제 고장감지 목적으로 적용하기에 적합하지 않음이 확인되었다. 따라서 보일러 제어계통 고장감지 목적으로 방향성을 갖는 detection 필터기법을 적용하기 위하여 이러한 문제점들을 해결하기 위한 방안을 찾아내고 적용 가능성의 범위를 확장시키기 위한 연구의 필요성이 있다고 하겠다.

5. 결론

본 연구에서는 플랜트의 계속신호로부터 특징 패턴 파형들을 감지하고 패턴감지 정보로부터 플랜트의 운전상황 및 고장을 알아내도록 하는 새로운 기법을 제시하고, 이러한 기법의 실현에 필요한 신호처리 기초 연구를 수행하였다. 500MW 정격 석탄화력 발전소의 보일러 시스템을 대상으로 플랜트의 dynamics 모델링과 운전 제어 시뮬레이션을 통하여 여러 운전 패턴 및 고장 상황을 발생시켜 고장감지 알고리즘들의 개발 및 시험과정에 적용하였다.

본 연구에서 제시한 플랜트 고장감지 기법은 신호에 나타나는 특징패턴의 감지에 기초하고 있기 때문에, 여러 운전과 이상상태에 대한 경험 혹은 많은 시뮬레이션을 통한 경험적인 요소가 우선적으로 요구되므로, 실제 상황과 일치하는 보일러 모델링 및 제어계통 시뮬레이션의 중요성이 대두된다. 본 연구에서는 보령화력 1,2호기 500MW급 드림형 보일러 및 제어 시스템을 대상으로 모델링과 시뮬레이션을 수행하였으며, 실제 수행한 발전소 시험 데이터와 비교할 때 높은 일치도를 보이는 결과를 얻어 본 연구에서 수행한 보일러 및 보일러 제어계통에 대한 모델링 및 시뮬레이션의 타당성이 입증되었다고 할 수 있다.

고장감지 신호처리 부분에 대해 본 연구에서 지금까지 수행한 연구 내용은 새로운 형태의 고장감지 기법을 제시하고 일부 특징 패턴신호의 고장감지 알고리즘을 구현하여 이들의 동작을 살펴보고 이러한 기법의 실현 가능성에 대한 지침을 얻고자하는데 까지이고, 플랜트의 각 구성요소들에 대한 상세한 특성을 반영한 고장감지 시스템 자체의 개발까지 포함하지는 않았다. 앞으로 플랜트의 여러 부위들에 대하여 실제적인 운전과 시뮬레이션들을 집중적으로 수행하고 이를 바탕으로 고장감지 알고리즘들의 개발을 완성하기 위한 연구를 계속 수행할 필요가 있다.

참고문헌

- [1] "보일러 계수 추정에 의한 최적 보일러 제어기 개발," 한국전력공사 기술연구원, 1993년 2월.
- [2] Yasuji Sekine, et al., "Fault Diagnosis of Power Systems," Proceedings of IEEE, Vol. 80, No.5, pp.673-683, May 1992.
- [3] P. M. Frank, "Fault diagnosis in dynamic systems using analytical and knowledge-based redundancy: a survey and some results," Automatica, Vol. 26, No. 3, pp. 459-474, 1990.
- [4] E. Y. Chow and A. S. Witsky, "Analytical redundancy and the design of robust failure detection system," IEEE Trans. Automat. Contr., Vol. AC-29, No. 7, July 1984.
- [5] K. J. Astrom, "Simple drum-boiler model," IFAC Symposium Power System, Modeling and Control Applications, september 1988.
- [6] 보령화력 1,2호기 기본운전지침서 한국전력공사.
- [7] J. E. White and J. L. Speyer, "Detection filter design: spectral theory and algorithms," IEEE Trans. Automat. contr., Vol. AC-32, No. 7, July 1987.