



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0124987
(43) 공개일자 2022년09월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F02C 9/28 (2006.01) F02C 7/232 (2006.01)
F02C 9/26 (2006.01)
(52) CPC특허분류
F02C 9/28 (2013.01)
F02C 7/232 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0028822
(22) 출원일자 2021년03월04일
심사청구일자 2021년03월04일

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대 학교)
(72) 발명자
김동섭
서울특별시 양천구 목동중앙로 11, 201동 1405호 (목동, 대원칸타빌2단지아파트)
문성원
강원도 원주시 지정면 간현로 133, 2층
(74) 대리인
특허법인태백

전체 청구항 수 : 총 12 항

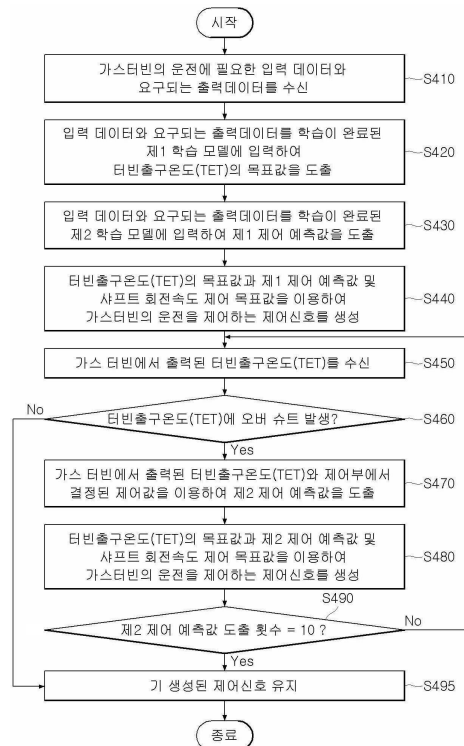
(54) 발명의 명칭 인공지능을 기반으로 하는 가스 터빈 제어 방법 및 그 장치

(57) 요약

본 발명은 인공지능을 기반으로 하는 가스 터빈 제어 방법 및 그 장치에 관한 것이다. 본 발명에 따르면, 가스 터빈 제어장치를 이용한 가스 터빈 제어 방법은 입구온도, 입구 압력, 구성부 성능, 허용 터빈입구온도(TIT) 및 허용 터빈출구온도(TET) 중에서 적어도 하나를 포함하는 입력 데이터와 요구되는 출력 데이터를 입력받는 단계,

(뒷면에 계속)

대표도 - 도4



상기 입력 데이터와 요구되는 출력 데이터를 인공신경망(ANN)기반의 제1 학습 모델에 입력하여 터빈출구온도(TET)의 목표값을 도출하는 단계, 상기 입력 데이터와 요구되는 출력 데이터를 인공신경망(ANN)기반의 제2 학습 모델에 입력하여 터빈의 회전속도, 연료유량 및 가변 입구 가이드 베인(VIGV) 각도에 대한 제어 예측값을 도출하는 단계, 그리고 상기 터빈출구온도(TET)의 목표값과 제어 예측값을 이용하여 연료 유량 및 VIGV 각도에 대한 제어값을 결정하고, 결정된 제어값에 대응되는 제어신호를 가스 터빈에 전달하는 단계를 포함한다.

이와 같이 본 발명에 따르면, 인공신경망(ANN) 기반의 인공지능 모델을 이용하여 입력되는 운전 데이터에 따라 가스 터빈의 목표 값을 설정하고, 설정된 목표값에 대응하는 예측된 제어신호를 생성함으로써, 가스 터빈의 터빈 입력온도(TIT) 및 터빈출력온도(TET)를 허용 범위 내에서 최적의 값으로 유지하면서 작동 할 수 있다.

(52) CPC특허분류

F02C 9/263 (2013.01)

F05D 2260/81 (2013.01)

F05D 2270/301 (2013.01)

F05D 2270/303 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415165287
과제번호	20193310100050
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국에너지기술평가원
연구사업명	에너지기술개발사업
연구과제명	국내 운전 환경에 특화된 가스터빈 블레이드 리엔지니어링 기술개발(3차년도)
기 여 율	1/1
과제수행기관명	인하대학교
연구기간	2021.01.01 ~ 2021.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

가스 터빈 제어장치를 이용한 가스 터빈 제어 방법에 있어서,

입구온도, 입구 압력, 구성부 성능, 허용 터빈입구온도(TIT) 및 허용 터빈출구온도(TET) 중에서 적어도 하나를 포함하는 입력 데이터와 요구되는 출력 데이터를 입력받는 단계,

상기 입력 데이터와 요구되는 출력 데이터를 인공신경망(ANN)기반의 제1 학습 모델에 입력하여 터빈출구온도(TET)의 목표값을 도출하는 단계,

상기 입력 데이터와 요구되는 출력 데이터를 인공신경망(ANN)기반의 제2 학습 모델에 입력하여 터빈의 회전속도, 연료유량 및 가변 입구 가이드 베인(VIGV) 각도에 대한 제어 예측값을 도출하는 단계, 그리고

상기 터빈출구온도(TET)의 목표값과 제어 예측값을 이용하여 연료 유량 및 VIGV 각도에 대한 제어값을 결정하고, 결정된 제어값에 대응되는 제어신호를 가스 터빈에 전달하는 단계를 포함하는 가스 터빈 제어 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1 학습 모델 또는 제2 학습 모델은,

피드 포워드 신경망을 이용하며, 실제의 가스 터빈과 유사하게 구성된 가상의 가스 터빈 모델링을 통해 획득한 시뮬레이션 데이터를 이용하여 생성된 데이터셋을 입력받아 학습되는 가스 터빈 제어 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 제1 학습 모델은,

상기 시뮬레이션 데이터 중에서 주변 온도, 압축기 입구 압력 및 가스 터빈의 부하 중에서 적어도 하나를 포함하는 입력 데이터, 그리고

수정된 목표 터빈출구온도(TET)를 포함하는 출력 데이터를 포함하는 제1 데이터 셋을 입력받아 학습되는 가스 터빈 제어 방법.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 제2 학습 모델은,

상기 시뮬레이션 데이터 중에서 주변 온도, 주변압력, 연료유량, 상대 VIGV 각도 및 회전 속도 중에서 적어도 하나를 포함하는 입력 데이터, 그리고

입구유량, 압력비, 터빈입구온도(TIT), 허용 터빈출구온도(TET) 및 가스 터빈 전력 중에서 적어도 하나를 포함하는 출력데이터를 포함하는 제2 데이터 셋을 입력받아 학습되는 가스 터빈 제어 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 제어 예측값을 도출하는 단계는,

상기 입력 데이터와 요구되는 출력 데이터를 이용하여 제1 제어 예측값을 도출하는 단계,

상기 터빈출구온도(TET)의 목표값 및 제1 제어 예측값을 만족하는 제어값과 상기 제어값에 따라 발생된 제어신

호에 의해 구동된 가스 터빈의 출력값 및 회전속도 제어 목표값을 수신하는 단계, 그리고

상기 제어값, 가스 터빈의 출력값 및 회전속도 제어 목표값을 이용하여 제2 제어 예측값을 도출하는 단계를 포함하는 가스 터빈 제어 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 제어 예측값을 도출하는 단계는,

상기 가스 터빈에서 측정된 터빈출구온도(TET)의 오버슈트가 제한 범위 내로 도달할 때까지 상기 제2 제어 예측값을 N번 반복하여 최종 제어 예측값을 도출하는 가스 터빈 제어 방법.

청구항 7

인공지능을 기반으로 하는 가스 터빈 제어장치에 있어서,

입구온도, 입구 압력, 구성부 성능, 허용 터빈입구온도(TIT) 및 허용 터빈출구온도(TET) 중에서 적어도 하나를 포함하는 입력 데이터와 요구되는 출력 데이터를 입력받는 입력부,

상기 입력 데이터와 요구되는 출력 데이터를 인공신경망(ANN)기반의 제1 학습 모델에 입력하여 터빈출구온도(TET)의 목표값을 도출하는 목표값 도출부,

상기 입력 데이터와 요구되는 출력 데이터를 인공신경망(ANN)기반의 제2 학습 모델에 입력하여 터빈의 회전속도, 연료유량 및 가변 입구 가이드 베인(VIGV) 각도에 대한 제어 예측값을 도출하는 제어 예측값 도출부, 그리고

상기 터빈출구온도(TET)의 목표값과 제어 예측값을 이용하여 연료 유량 및 가변 입구 가이드 베인(VIGV) 각도에 대한 제어값을 결정하고, 결정된 제어값에 대응되는 제어신호를 가스 터빈에 전달하는 제어부를 포함하는 가스 터빈 제어 장치.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 제1 학습 모델 및 제2 학습 모델은,

피드 포워드 신경망을 이용하며, 실제의 가스 터빈과 유사하게 구성된 가상의 가스 터빈 모델링을 통해 획득한 시뮬레이션 데이터를 이용하여 생성된 데이터셋을 입력받아 학습되는 가스 터빈 제어 장치.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 제1 학습 모델은,

상기 시뮬레이션 데이터 중에서 주변 온도, 압축기 입구 압력 및 가스 터빈의 부하 중에서 적어도 하나를 포함하는 입력 데이터, 그리고

수정된 목표 터빈출구온도(TET)를 포함하는 출력 데이터를 포함하는 제1 데이터 셋을 입력받아 학습되는 가스 터빈 제어 장치.

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 제2 학습 모델은,

상기 시뮬레이션 데이터 중에서 주변 온도, 주변압력, 연료유량, 상대 VIGV 각도 및 회전 속도 중에서 적어도 하나를 포함하는 입력 데이터, 그리고

입구유량, 압력비, 터빈입구온도(TIT), 허용 터빈출구온도(TET) 및 가스 터빈 전력 중에서 적어도 하나를 포함하는 출력데이터를 포함하는 제2 데이터 셋을 입력받아 학습되는 가스 터빈 제어 장치.

청구항 11

제7항에 있어서,

상기 제어 예측값 도출부는,

상기 입력 데이터와 요구되는 출력 데이터를 이용하여 제1 제어 예측값을 도출하고,

상기 제1 제어 예측값을 도출한 다음 시점에서 상기 제어부로부터 수신된 제어값과, 상기 제어값에 의해 구동된 가스 터빈의 출력값 및 회전속도 제어 목표값을 수신받고,

상기 제어값, 가스 터빈의 출력값 및 회전속도 제어 목표값을 이용하여 제2 제어 예측값을 도출하는 가스 터빈 제어 장치.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 제어 예측값 도출부는,

상기 가스 터빈에서 측정된 터빈출구온도(TET)의 오버슈트가 제한 범위 내로 도달할 때까지 상기 제2 제어 예측값을 N번 반복하여 최종 제어 예측값을 도출하는 가스 터빈 제어 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 인공지능을 기반으로 하는 가스 터빈 제어 방법 및 그 장치에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 두 개의 인공신경망(ANN)기반의 인공지능 모델을 이용하여 도출된 제어 목표값 및 제어 예측값을 통해 최적의 제어신호를 생성하고, 생성된 제어신호를 이용하여 가스 터빈을 운영함으로써, 터빈 입구 온도(TIT)와 터빈 출구 온도(TET)를 최적의 값으로 유지하여 효율성 향상시키는 가스 터빈 제어 방법 및 그 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로, 가스 터빈은 압축기와 연소기와 터빈과 발전기로 구성되고 압축기로 고압이 된 공기와 열교환기로 고온이 된 연료가스를 연소기로 보내 연소시키면 그 연소 가스에 의해 터빈이 구동된다.

[0003] 기존의 가스 터빈은 터빈 입력 온도(Turbine inlet temperature, TIT) 또는 터빈 출력 온도(Turbine exhaust temperature, TET)와 압력비와의 관계를 기 스케줄링(scheduling)하여 제어 목표값으로 설정하고, 설정된 제어 목표값에 따라 연료 유량과 가변 입구 가이드 베인(Variable Inlet Guide Vane, VIGV) 각도를 PID(Proportional-Integral-derivative) 제어기로 조절한다.

[0004] 기존의 제어방식은 처음부터 최적 운전이 가능하도록 스케줄링되기 때문에 성능저하가 발생되지 않고 클린(clean) 상태를 유지하며 운전된다. 그러므로, 가스 터빈의 제어에서는 문제를 발생시키지 않는다. 다만, 입구 압력 손실 증가, 압축기의 파울링(fouling) 발생 및 터빈의 배압 증가 등 노후화로 인한 성능저하가 발생되면, 언더 또는 오버 파이어링(firing)이 발생되므로, 이는 가스 터빈의 효율을 저하시키거나 고온 부품에 손상을 야기하게 된다.

[0005] 한편, PID(Proportional-Integral-Differential controller) 제어기는 시스템 제어에서 가장 일반적으로 사용하는 제어기로써, 제어변수의 목표값과 측정값의 오차가 발생될 경우에만 제어를 수행한다.

[0006] 따라서, 가스 터빈에 급속한 부하 변동이 발생되면, PID 제어기는 회전속도, 터빈 입력 온도(TIT), 터빈 출력 온도(TET)에 급속한 오버슈트(overshoot) 또는 언더슈트(under shoot)를 발생시킬 수 있는 문제점이 있었다.

[0007] 본 발명의 배경이 되는 기술은 한국공개특허 제10-2021-0007495호(2021.01.20. 공개)에 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 이와 같이 본 발명에 따르면, 두 개의 인공신경망(ANN)기반의 인공지능 모델을 이용하여 도출된 제어 목표값 및

제어 예측값을 통해 최적의 제어신호를 생성하고, 생성된 제어신호를 이용하여 가스 터빈을 운영함으로써, 터빈 입구 온도(TIT)와 터빈 출구 온도(TET)를 최적의 값으로 유지하여 효율성 향상시키는 가스 터빈 가스 터빈 제어 방법 및 그 장치를 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

- [0009] 이러한 기술적 과제를 이루기 위한 본 발명의 실시예에 따르면, 가스 터빈 제어장치를 이용한 가스 터빈 제어 방법에 있어서, 입구온도, 입구 압력, 구성부 성능, 허용 터빈입구온도(TIT) 및 허용 터빈출구온도(TET) 중에서 적어도 하나를 포함하는 입력 데이터와 요구되는 출력 데이터를 입력받는 단계, 상기 입력 데이터와 요구되는 출력 데이터를 인공신경망(ANN)기반의 제1 학습 모델에 입력하여 터빈출구온도(TET)의 목표값을 도출하는 단계, 상기 입력 데이터와 요구되는 출력 데이터를 인공신경망(ANN)기반의 제2 학습 모델에 입력하여 터빈의 회전속도, 연료유량 및 가변 입구 가이드 베인(VIGV) 각도에 대한 제어 예측값을 도출하는 단계, 그리고 상기 터빈출구온도(TET)의 목표값과 제어 예측값을 이용하여 연료 유량 및 VIGV 각도에 대한 제어값을 결정하고, 결정된 제어값에 대응되는 제어신호를 가스 터빈에 전달하는 단계를 포함한다.
- [0010] 상기 제1 학습 모델 또는 제2 학습 모델은, 피드 포워드 신경망을 이용하며, 실제의 가스 터빈과 유사하게 구성된 가상의 가스 터빈 모델링을 통해 획득한 시뮬레이션 데이터를 이용하여 생성된 데이터셋을 입력받아 학습될 수 있다.
- [0011] 상기 제1 학습 모델은, 상기 시뮬레이션 데이터 중에서 주변 온도, 압축기 입구 압력 및 가스 터빈의 부하 중에서 적어도 하나를 포함하는 입력 데이터, 그리고 수정된 목표 터빈출구온도(TET)를 포함하는 출력 데이터를 포함하는 제1 데이터 셋을 입력받아 학습될 수 있다.
- [0012] 상기 제2 학습 모델은, 상기 시뮬레이션 데이터 중에서 주변 온도, 주변압력, 연료유량, 상대 VIGV 각도 및 회전 속도 중에서 적어도 하나를 포함하는 입력 데이터, 그리고 입구유량, 압력비, 터빈입구온도(TIT), 허용 터빈출구온도(TET) 및 가스 터빈 전력 중에서 적어도 하나를 포함하는 출력데이터를 포함하는 제2 데이터 셋을 입력받아 학습될 수 있다.
- [0013] 상기 제어 예측값을 도출하는 단계는, 상기 압력 데이터와 요구되는 출력 데이터를 이용하여 제1 제어 예측값을 도출하는 단계, 상기 터빈출구온도(TET)의 목표값 및 제1 제어 예측값을 만족하는 제어값과 상기 제어값에 따라 발생된 제어신호에 의해 구동된 가스 터빈의 출력값 및 회전속도 제어 목표값을 수신하는 단계, 그리고 상기 제어값, 가스 터빈의 출력값 및 회전속도 제어 목표값을 이용하여 제2 제어 예측값을 도출하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0014] 상기 제어 예측값을 도출하는 단계는, 상기 가스 터빈에서 측정된 터빈출구온도(TET)의 오버슈트가 제한 범위 내로 도달할 때까지 상기 제2 제어 예측값을 N번 반복하여 최종 제어 예측값을 도출할 수 있다.
- [0015] 또한, 본 발명의 실시예에 따르면, 인공지능을 기반으로 하는 가스 터빈 제어장치에 있어서, 입구온도, 입구 압력, 구성부 성능, 허용 터빈입구온도(TIT) 및 허용 터빈출구온도(TET) 중에서 적어도 하나를 포함하는 입력 데이터와 요구되는 출력 데이터를 입력받는 입력부, 상기 입력 데이터와 요구되는 출력 데이터를 인공신경망(ANN)기반의 제1 학습 모델에 입력하여 터빈출구온도(TET)의 목표값을 도출하는 목표값 도출부, 상기 입력 데이터와 요구되는 출력 데이터를 인공신경망(ANN)기반의 제2 학습 모델에 입력하여 터빈의 회전속도, 연료유량 및 가변 입구 가이드 베인(VIGV) 각도에 대한 제어 예측값을 도출하는 제어 예측값 도출부, 그리고 상기 터빈출구온도(TET)의 목표값과 제어 예측값을 이용하여 연료 유량 및 가변 입구 가이드 베인(VIGV) 각도에 대한 제어값을 결정하고, 결정된 제어값에 대응되는 제어신호를 가스 터빈에 전달하는 제어부를 포함한다.

발명의 효과

- [0016] 이와 같이 본 발명에 따르면, 인공신경망(ANN) 기반의 인공지능 모델을 이용하여 입력되는 운전 데이터에 따라 가스 터빈의 목표 값을 설정하고, 설정된 목표값에 대응하여 예측된 제어신호를 생성함으로써, 가스 터빈의 터빈입력온도(TIT) 및 터빈출력온도(TET)를 허용 범위 내에서 최적의 값으로 유지하면서 작동 할 수 있다.
- [0017] 또한, 본 발명에 따르면, 결과를 미리 예측하여 최적화된 제어가 가능하므로 기존 제어에 비해 회전속도, 가스 터빈의 터빈입력온도(TIT) 및 터빈출력온도(TET)에 대한 최대 변화폭 편차를 감소시킬 수 있고, 개선된 부분 부하의 효율로 인해 전체 연비가 증가되는 장점이 있다.
- [0018] 또한, 본 발명에 따르면 회전속도의 변화폭 감소에 따라 발전 주파수의 안정성의 증가를 도모할 수 있고, 가스

터빈의 터빈입력온도(TIT) 및 터빈출력온도(TET)의 최대 변화폭 감소에 따라 고온부의 수명 연장효과를 기대할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0019] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 가스 터빈 제어 장치를 설명하기 위한 구성도이다.
- 도 2는 도 1에 도시된 가스 터빈 제어 장치에 관한 구성도이다.
- 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 가스 터빈 제어 장치에 포함된 제1 학습모델 및 제2 학습 모델을 학습하는 방법을 설명하기 위한 순서도이다.
- 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 가스 터빈 제어 장치를 이용하여 가스 터빈을 제어하는 방법을 설명하기 위한 순서도이다.
- 도 5는 도 4에 도시된 가스 터빈을 제어하는 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.
- 도 6은 가스 터빈의 주변 온도 및 전력 수요의 변화를 나타내는 그래프이다.
- 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 가스 터빈 제어 장치를 통해 생성된 제어신호로 운전된 가스 터빈의 효율성 변화를 나타내는 그래프이다.
- 도 8은 본 발명의 실시예에 따른 가스 터빈 제어 장치를 통해 생성된 제어신호로 운전된 가스 터빈의 터빈입구 온도(TIT) 및 터빈출구온도(TET)의 변화를 나타내는 그래프이다.
- 도 9는 본 발명의 실시예에 따른 가스 터빈의 부하 증가에 따른 출력 및 회전 속도에 대한 시뮬레이션 결과를 나타내는 그래프이다.
- 도 10은 본 발명의 실시예에 따른 가스 터빈의 부하 증가에 따른 터빈입구온도(TIT) 및 터빈출구온도(TET)에 대한 시뮬레이션 결과를 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0020] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 이 과정에서 도면에 도시된 선들의 두께나 구성요소의 크기 등은 설명의 명료성과 편의상 과장되게 도시되어 있을 수 있다.
- [0021] 또한 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서, 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 이러한 용어들에 대한 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.
- [0022] 이하에서는 도 1 및 도2를 이용하여 본 발명의 실시예에 따른 가스 터빈 제어 장치에 대하여 더욱 상세하게 설명한다.
- [0023] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 가스 터빈 제어 장치를 설명하기 위한 도면이다.
- [0024] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 가스 터빈 제어 장치(100)는 인공신경망(Artificial neural network, ANN)을 기반으로 하는 제1 학습모델 및 제2 학습모델을 통해 도출된 터빈출구온도(TET)에 대한 목표값 및 제어 예측값을 이용하여 가스 터빈을 운전하는데 최적의 제어 신호를 생성한다.
- [0025] 그리고, 가스 터빈 제어 장치(100)는 생성된 제어신호를 가스 터빈(200)에 전달하여, 가스 터빈(200)으로 하여금 구성부에 문제가 발생하거나 외기 조건이 변화하더라도 최적의 운전을 가능하게 한다.
- [0026] 가스 터빈(200)은 연소가스의 흐름으로부터 에너지를 추출하는 회전동력기관을 나타낸다. 가스 터빈(200)은 압축기와 터빈 그리고 연소실로 구성되고, 압축기에서 압축된 공기가 연료와 혼합되어 연소함으로써 고온 고압의 기체를 팽창시킨다. 그리고, 팽창된 고온 고압의 기체를 이용하여 터빈을 구동한다.
- [0027] 본 발명의 실시예에 따른 가스 터빈(200)은 공지된 기술을 이용하여 설계된 시중의 것으로도 대체 가능하므로 가스 터빈(200)의 구성에 대한 자세한 설명은 생략하기로 한다.
- [0028] 도 2는 도 1에 도시된 가스 터빈 제어 장치에 관한 구성도이다.
- [0029] 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 가스 터빈 제어 장치(100)는 입력부(110), 시뮬레이션부(120), 학습부(130), 목표값 도출부(140), 제어 예측값 도출부(150) 및 제어부(160)를 포함한다.

- [0030] 먼저, 입력부(110)는 가스 터빈의 운영에 필요한 입력 데이터와, 요구되는 출력 데이터를 입력받는다. 또한, 입력부(110)는 이전에 가스 터빈에 입력되어 운영되었던 운전데이터를 입력받는다.
- [0031] 시뮬레이션부(120)는 가상의 가스 터빈 모델을 구축하고, 입력부(110)를 통해 전달받은 운전데이터를 이용하여 시뮬레이션 데이터를 출력한다.
- [0032] 학습부(130)는 인공신경망(ANN)을 기반으로 하는 제1 학습모델 및 제2 학습모델을 각각 학습시킨다.
- [0033] 부연하자면, 학습부(130)는 입력된 시뮬레이션 데이터를 이용하여 데이터 셋을 생성하고, 생성된 데이터 셋을 제1 학습모델 및 제2 학습모델에 각각 입력하여 학습시킨다.
- [0034] 이때, 제1 학습 모델은 터빈출구온도(TET)에 대한 목표값을 도출하기 위한 학습 모델이고, 제2 학습 모델은 가스 터빈의 운전을 제어하는 데 요구되는 제어 예측값을 도출하기 위한 학습 모델이다.
- [0035] 따라서, 학습부(130)는 시뮬레이션 데이터로부터 제1 학습 모델과 제2 학습 모델의 목적에 따라 각각 상이한 데이터 셋을 생성하고, 생성된 각각의 데이터 셋을 제1 학습 모델과 제2 학습 모델에 입력하여 제1 학습 모델과 제2 학습 모델을 학습시킨다.
- [0036] 그 다음, 목표값 도출부(140)는 학습이 완료된 제1 학습 모델을 이용하여 가스 터빈의 터빈출구온도(TET)에 대한 목표값을 도출한다.
- [0037] 부연하자면, 목표값 도출부(140)는 입력부(110)로부터 사용자로부터 입력된 가스 터빈의 운전 데이터와 요구되는 출력 데이터를 전달받는다. 그 다음, 목표값 도출부(140)는 전달받은 운전 데이터와 요구되는 출력 데이터를 학습이 완료된 제1 학습 모델에 입력한다.
- [0038] 그러면, 제1 학습 모델은 터빈출구온도(TET)의 목표값을 도출하고, 도출된 터빈출구온도(TET)의 목표값은 후술되는 제어부(160)에 전달된다.
- [0039] 그리고, 제어 예측값 도출부(150)는 학습이 완료된 제2 학습 모델을 이용하여 가스 터빈을 운영의 제어하는데 필요한 제어 예측값을 도출한다.
- [0040] 부연하자면, 제어 예측값 도출부(150)는 입력부(110)로부터 사용자로부터 입력된 가스 터빈의 운전 데이터와 요구되는 출력 데이터를 전달받는다. 그 다음, 제어 예측값 도출부(150)는 전달받은 운전 데이터와 요구되는 출력 데이터를 학습이 완료된 제2 학습 모델에 입력한다.
- [0041] 그러면, 제2 학습 모델은 회전속도, 연료유량 및 가변 입구 가이드 베인(Variable Inlet Guide Vane, VIGV) 각도에 대한 제어 예측값을 도출한다. 도출된 제어 예측값은 후술되는 제어부(160)에 전달된다.
- [0042] 마지막으로 제어부(160)는 목표값 도출부(140)로부터 전달받은 터빈출구온도(TET)의 목표값, 제어 예측값 도출부(150)로부터 전달받은 제어 예측값 및 사용자로부터 입력된 회전속도 제어 목표값을 이용하여 연료 유량 및 VIGV 각도에 대한 최적의 제어값을 결정한다. 그 다음, 제어부(160)는 결정된 제어값에 대응되는 제어신호를 가스 터빈(200)에 전달한다.
- [0043] 한편, 본 발명의 실시예에 따른 가스 터빈 제어 장치(100)는 가스 터빈(200)에서 측정된 터빈출구온도(TET)의 오버슈트가 제한 범위 내에 도달하였는지 여부를 판단한다. 그리고, 터빈출구온도(TET)의 오버슈트가 제한 범위 내에 도달하지 않는 것으로 판단되면, 가스 터빈 제어 장치(100)는 제어부(160)에서 생성된 제어값과, 제어신호에 의해 구동된 가스 터빈(200)의 출력값을 제2 학습 모델에 입력하여 제어 예측값을 다시 도출한다. 즉, 가스 터빈 제어 장치(100)는 가스 터빈(200)에서 측정된 터빈출구온도(TET)의 오버슈트가 제한 범위 내에 도달할 때까지 제어 예측값을 반복적으로 도출한다.
- [0044] 이하에서는 도 3을 이용하여 본 발명의 실시예에 따른 가스 터빈 제어 장치(100)에 포함된 제1 학습모델 및 제2 학습 모델을 학습하는 방법에 대해 더욱 상세하게 설명한다.
- [0045] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 가스 터빈 제어 장치에 포함된 제1 학습모델 및 제2 학습 모델을 학습하는 방법을 설명하기 위한 순서도이다.
- [0046] 도 3에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따르면 입력부(110)는 가스 터빈에 대한 운전 데이터를 입력받는다(S310).
- [0047] 여기서, 운전 데이터는 주위 온도, 주위 압력, 상대 습도, 호기유율(air flow rate), 압력비, 압축기 등방성 효

을, 연료 흐름률, 터빈출구온도(TET) 및 가스 터빈 전력 중에서 적어도 하나를 포함한다.

- [0048] 입력된 운전 데이터는 가상의 가스 터빈 모델에 전달되며, 가상의 가스 터빈 모델은 입력된 운전 데이터로 운영하여 획득한 시뮬레이션 데이터를 출력한다(S320).
- [0049] 가상의 가스 터빈 모델은 실제 가스 터빈의 성능을 시뮬레이션 하기 위해 구축된 것으로서, 입구 및 출구 덕트, 압축기, 연소기, 터빈 및 샤프트로 구성된다.
- [0050] 그리고, 각각의 구성 요소에 대한 성능은 질량 및 에너지 절약 방정식을 이용하여 분석되고, 단일 조건에서 작동한다고 가정한다.
- [0051] 가상의 가스 터빈 모델에 대한 구축이 완료되면, 시뮬레이션부(120)는 입력부(110)로부터 전달받은 운전 데이터를 가상의 가스 터빈 모델에 입력한다. 그러면, 가상의 가스 터빈 모델은 질량 및 에너지 절약 방정식을 통해 시뮬레이션 데이터를 출력한다. 그리고, 출력된 시뮬레이션 데이터는 학습부(130)에 전달된다.
- [0052] 그러면 학습부(130)는 전달받은 시뮬레이션 데이터를 이용하여 제1 학습 모델 및 제2 학습 모델에 입력되는 데이터셋을 생성한다(S330).
- [0053] 제1 학습 모델은 터빈출구온도(TET)에 대한 목표값을 도출하고, 제2 학습 모델은 가스 터빈의 운전을 제어하는데 요구되는 제어 예측값을 도출한다.
- [0054] 따라서, 학습부(130)는 제1 학습 모델과 제2 학습 모델의 목적에 따라 각각 상이한 데이터셋을 생성한다.
- [0055] 먼저, 학습부(130)는 제1 학습 모델에 입력하고자 하는 제1 데이터 셋을 생성한다. 여기서, 제1 데이터 셋은 입력 데이터와 출력 데이터로 구성되며, 입력 데이터는 시뮬레이션 데이터 중에서 주변 온도, 압축기 입구 압력 및 가스 터빈의 부하 중에서 적어도 하나를 포함한다. 그리고, 출력 데이터는 시뮬레이션 데이터 중에서 목표 터빈출구온도(TET)를 포함한다.
- [0056] 그 다음, 학습부(130)는 제2 학습 모델에 입력하고자 하는 제2 데이터 셋을 생성한다. 제2 데이터 셋은 제1 데이터 셋과 마찬가지로 입력 데이터와 출력 데이터로 구성되며, 입력 데이터는 시뮬레이션 데이터 중에서 주변 온도, 주변압력, 연료유량, 상대 가변 입구 가이드 베인(VIGV) 각도 및 회전 속도 중에서 적어도 하나를 포함한다. 그리고, 출력 데이터는 입구유량, 압력비, 터빈입구온도(TIT), 허용 터빈출구온도(TET) 및 가스 터빈 전력 중에서 적어도 하나를 포함한다.
- [0057] S330 단계가 완료되면, 학습부(130)는 제1 데이터 셋을 이용하여 제1 학습 모델을 학습시키고, 제2 데이터 셋을 이용하여 제2 학습 모델을 학습시킨다(S340).
- [0058] 한편, 제1 학습 모델 또는 제2 학습 모델은 피드 포워드 신경망으로 구축된다. 즉, 학습부(130)는 학습모델의 성능에 따라 각각 상이한 은닉 뉴런수를 결정하여 제1 학습 모델 및 제2 학습모델을 구축한다. 부연하자면, 학습부(130)는 은닉 뉴런수를 2개에서 40개로 변경하면서 학습모델의 성능을 측정한다. 그리고 학습부(130)는 측정된 성능에 따라 제1 학습 모델의 은닉 뉴런수를 6개로 결정하고, 제2 학습 모델의 은닉 뉴런수를 30개로 결정한다.
- [0059] 본 발명의 실시예에서는 제1 학습 모델과 제2 학습 모델의 은닉 뉴런수를 각각 6개와 30개로 결정하였으나, 이는 하나의 실시예로서 이에 한정하지 않고, 학습모델의 구조에 따라 다른 개수의 은닉 뉴런수를 결정할 수 있다.
- [0060] 그 다음, 학습부(130)는 구축된 제1 학습 모델에 제1 데이터 셋을 입력하여 제1 학습 모델로 하여금 운전 데이터의 조건 변화에 따라 보정된 목표 터빈출구온도(TET)를 도출하도록 학습시킨다. 목표 터빈출구온도(TET)를 보정하는 이유는 가스 터빈의 효율을 극대화하기 위한 것으로서, 입력되는 운전데이터에 따라 유연하고 최적으로 가스 터빈의 운영을 제어할 수 있다.
- [0061] 그 다음, 학습부(130)는 구축된 제2 학습 모델에 제2 데이터 셋을 입력하여 제2 학습 모델로 하여금 제어 예측값을 도출하도록 학습시킨다. 제어 예측 값은 요구된 출력, 목표 터빈출구온도(TET) 및 목표 샤프트 속도를 만족하기 위한 연료유량과 가변 입구 가이드 베인(VIGV)각도를 나타낸다.
- [0063] 이하에서는 도 4 및 도 5를 이용하여 본 발명의 실시예에 따른 가스 터빈 제어 장치(100)를 이용하여 가스 터빈을 제어하는 방법에 대해 더욱 상세하게 설명한다.

- [0064] 도 4은 본 발명의 실시예에 따른 가스 터빈 제어 장치를 이용하여 가스 터빈을 제어하는 방법을 설명하기 위한 순서도이고, 도 5는 도 4에 도시된 가스 터빈을 제어하는 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.
- [0065] 도 4에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따르면 입력부(110)는 가스 터빈의 운전에 필요한 입력 데이터와 요구되는 출력데이터를 입력받는다(S410).
- [0066] 여기서, 입력 데이터는 입구온도, 입구 압력, 구성부 성능, 허용 터빈입구온도(TIT) 및 허용 터빈출구온도(TET) 중에서 적어도 하나를 포함하고, 요구되는 출력 데이터는 터빈출구온도(TET)를 포함한다.
- [0067] 그 다음, 목표값 도출부(140)는 입력 데이터와 요구되는 출력데이터를 학습이 완료된 제1 학습 모델에 입력하여 터빈출구온도(TET)의 목표값을 도출한다(S420).
- [0068] 부연하자면, 목표값 도출부(140)는 입력 데이터에 따라 터빈출구온도(TET)를 도출한다. 이때, 도출된 터빈출구온도(TET)는 요구 출력데이터에 포함된 터빈출구온도(TET)와 동일할 수도 있고, 상이할 수도 있다. 만약 도출된 터빈출구온도(TET)가 요구 출력데이터와 상이할 경우, 목표값 도출부(140)는 도출된 터빈출구온도(TET)를 목표값으로 결정하여 제어부(160)에 전달한다.
- [0069] 그리고, 제어 예측값 도출부(150)는 입력 데이터와 요구되는 출력데이터를 학습이 완료된 제2 학습 모델에 입력하여 제1 제어 예측값을 도출한다(S430)
- [0070] 제어 예측값 도출부(150)는 가스 터빈을 운영하는데 필요한 제어값을 예측하여 도출한다. 여기서 제1 제어 예측값은 터빈의 터빈출구온도(TET), 회전속도, 연료유량 및 가변 입구 가이드 베인(VIGV) 각도를 예측하여 도출된 값을 나타낸다. 도출된 제1 제어 예측값은 제어부(160)에 전달된다.
- [0071] 그러면, 제어부(160)는 터빈출구온도(TET)의 목표값과 제1 제어 예측값 및 샤프트 회전속도 제어 목표값을 이용하여 가스 터빈의 운전을 제어하는 제어신호를 생성하고, 생성된 제어신호를 가스 터빈에 전달한다(S440).
- [0072] 즉, 제어부(160)는 목표값 도출부(140)로부터 터빈출구온도(TET)의 목표값을 전달받고, 제어 예측값 도출부(150)로부터 제1 제어 예측값을 전달받는다. 또한, 제어부(160)는 사용자로부터 샤프트 회전속도 제어 목표값을 입력받는다.
- [0073] 그리고, 제어부(160)는 전달받은 터빈출구온도(TET)의 목표값, 제1 제어 예측값 및 샤프트 회전속도 제어 목표값을 이용하여 연료유량을 제어할 수 있는 제어값과 가변 입구 가이드 베인(VIGV) 각도 제어값을 결정하고, 결정된 제어값에 대응되는 제어신호를 가스 터빈(200)에 전달한다.
- [0074] 그 다음, 제어 예측값 도출부(150)는 가스 터빈(200)에서 출력된 터빈출구온도(TET)를 입력받는다(S450).
- [0075] 가스 터빈(200)은 제어부(160)로부터 전달받은 제어신호를 이용하여 운전을 수행하고, 터빈의 출구에서 측정된 터빈출구온도(TET)를 제어 예측값 도출부(150)에 전달한다.
- [0076] S450 단계가 완료되면, 제어 예측값 도출부(150)는 터빈출구온도(TET)가 오버슈트의 제한 범위에 포함되어 있는지 여부를 판단한다(S460).
- [0077] 부연하자면, 가스 터빈에서 출력된 터빈출구온도(TET)가 터빈출구온도(TET)의 목표값보다 높으면, 오버슈트가 발생되어 가스 터빈(200)에 무리를 줄 수 있다.
- [0078] 따라서, 제어 예측값 도출부(150)는 가스 터빈(200)으로부터 전달받은 터빈출구온도(TET)와 터빈출구온도(TET)의 목표값을 상호 비교하고, 터빈출구온도(TET)가 터빈출구온도(TET)의 목표값보다 크면 오버슈트가 발생된 것으로 판단한다.
- [0079] S460단계에서 오버슈트가 발생되지 않은 것으로 판단되면, 제어부(160)는 기 생성된 제어신호를 유지한다. 부연하자면, 터빈출구온도(TET)에 오버슈트가 발생되지 않았다는 것은 가스 터빈(200)이 최적의 상태에서 운전을 수행하고 있는 것으로 판단될 수 있다. 따라서, 제어부(160)는 보정된 제어 신호를 출력하지 않고 S340 단계에서 생성된 제어신호를 반복적으로 전달한다.
- [0080] 반면에 S460단계에서 오버슈트가 발생된 것으로 판단되면, 제어 예측값 도출부(150)는 가스 터빈(200)에서 출력된 터빈출구온도(TET)와 S340단계에서 생성된 제어값을 이용하여 제2 제어 예측값을 도출한다(S470).
- [0081] S430단계에서 도출된 제1 제어 예측값과 S470단계에서 도출된 제2 제어 예측값은 터빈의 터빈출구온도(TET), 회전속도, 연료유량 및 가변 입구 가이드 베인(VIGV) 각도를 예측하여 도출된 값을 나타낸다.

- [0082] 다만, 제1 제어 예측값은 입력데이터와 요구되는 출력 데이터를 이용하여 최초로 도출된 값이고, 제2 제어 예측값은 가스 터빈(200)으로부터 전달받은 터빈출구온도(TET)와 제어부(160)로부터 전달받은 제어값을 이용하여 보정된 값을 나타낸다. 따라서, 본 발명의 실시예에서는 설명의 편의에 따라 제어 예측값을 제1 제어 예측값과 제2 제어 예측값으로 분류하여 설명한다.
- [0083] 제어 예측값 도출부(150)는 도출된 제2 제어 예측값을 제어부(160)에 전달하며, 제어부(160)는 제2 제어 예측값, 터빈출구온도(TET)의 목표값 및 샤프트 회전속도 제어 목표값을 이용하여 가스 터빈(200)의 운전을 제어하는 제어신호를 생성한다(S480).
- [0084] 제어부(160)는 전달받은 터빈출구온도(TET)의 목표값, 제1 제어 예측값 및 샤프트 회전속도 제어 목표값을 이용하여 연료유량을 제어할 수 있는 제어값과 가변 입구 가이드 베인(VIGV) 각도 제어값을 결정하고, 결정된 제어값에 대응되는 제어신호를 가스 터빈(200)에 전달한다.
- [0085] 그 다음, 제어 예측값 도출부(150)는 제2 제어 예측값을 도출한 횟수가 10번에 해당하는지 여부를 판단한다(S490).
- [0086] 도 5에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 가스 터빈 제어 장치(100)는 가스 터빈(200)에서 측정된 터빈출구온도(TET)가 오버슈트의 제한 범위 내에 도달할 때까지 S450단계 내지 S480단계를 10번 반복하여 수행한다. 그리고, 제어 예측값 도출부(150)는 10번 반복 수행하여 최종적으로 도출된 제2 제어 예측값을 제어부(160)에 전달한다. 그러면, 제어부(160)는 최종적으로 도출된 제2 제어 예측값을 이용하여 연료유량 및 가변 입구 가이드 베인(VIGV) 각도에 대한 제어값을 결정한다.
- [0087] 본 발명의 실시예에 따른 가스 터빈 제어 장치(100)는 가스 터빈(200)을 최적의 상태에서 운영될 수 있도록 제2 제어 예측값을 10번 반복하여 도출하였으나, 제2 제어 예측값을 도출하는 횟수는 가스 터빈(200)에서 측정된 터빈출구온도(TET)에 따라 조절될 수 있다.
- [0088] S490단계가 완료되면, 제어부(160)는 기 생성된 제어 신호를 유지한다(S495).
- [0089] 터빈출구온도(TET)에 오버슈트가 발생되지 않았다는 것은 가스 터빈(200)이 최적의 상태에서 운전을 수행하고 있는 것으로 판단될 수 있다. 따라서, 제어부(160)는 보정된 제어 신호를 출력하지 않고 기 생성된 제어신호를 가스 터빈(200)에 반복적으로 전달한다.
- [0091] 도 6은 가스 터빈의 주변 온도 및 전력 수요의 변화를 나타내는 그래프이고, 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 가스 터빈 제어 장치를 통해 생성된 제어신호로 운전된 가스 터빈의 효율성 변화를 나타내는 그래프이고, 도 8은 본 발명의 실시예에 따른 가스 터빈 제어 장치를 통해 생성된 제어신호로 운전된 가스 터빈의 터빈입구온도(TIT) 및 터빈출구온도(TET)의 변화를 나타내는 그래프이다.
- [0092] 본 발명의 실시예에 따른 가스 터빈 제어 장치(100)는 제1 학습 모델을 이용하여 터빈출구온도(TET)의 목표값을 도출하고, 제2 학습 모델을 이용하여 제어 예측값을 도출한 다음, 터빈출구온도(TET)의 목표값 및 제어 예측값을 이용하여 제어신호를 생성한다.
- [0093] 생성된 제어신호에 따라 운전된 가스 터빈의 효율성 및 성능을 분석하기 위하여, 사용자는 가스 터빈의 일별 운전 주기를 설정하고, 설정된 일별 운전 주기에 따라 본 발명의 실시예에 따라 학습모델을 이용한 제어방식 통해 운전된 가스 터빈과 기존의 제어방식을 이용하여 운전된 가스 터빈을 상호 비교하였다.
- [0094] 도 6은 가스 터빈의 실제 시간당 평균 온도 분포 및 전력 수요 곡선을 나타내는 것으로서, 출력된 전력 수요 곡선은 1일 동안 가동된 가스 터빈의 성능을 낸다.
- [0095] 그 결과, 도 7에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 가스 터빈의 전력곡선은 도 6에 도시된 전력 수요 곡선과 동일하게 출력되는 것을 알 수 있다.
- [0096] 또한, 도 8에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 가스 터빈의 터빈입구온도(TIT) 및 터빈출구온도(TET)는 기존의 제어방식을 이용하여 운전된 가스 터빈보다 전반적으로 높게 유지되고 있음을 알 수 있다.
- [0097] 그리고, 본 발명의 실시예에 따른 가스 터빈을 살펴보면, 압축기에 손실이 발생되어 터빈입구온도(TIT)가 낮게 형성되더라도 터빈출구온도(TET)는 예정된 터빈출구온도(TET)에 따라 제어되고 있음을 알 수 있다.
- [0098] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 가스 터빈은 터빈출구온도(TET)의 목표값에 따라 효율을 극대화하기 위하여 6시

에서 23시간 동안 터빈입구온도(TIT)를 허용 한계로 유지시킨다. 반면에, 압축기에 손실이 발생된 0시에 5시간 동안의 터빈출구온도(TET)는 허용치에 도달하고, 터빈입구온도(TIT)는 허용 한계보다 낮게 출력되는 것을 알 수 있다.

[0099] 또한, 도 7의 하단에 도시된 곡선을 살펴보면, 도 8에 도시된 터빈입구온도(TIT)의 증가로 인해 본 발명의 실시예에 따른 가스 터빈의 효율은 기존의 제어방식을 이용하여 운전된 가스 터빈보다 대략 0.35% 증가한 것을 알 수 있다.

[0100] 도 9는 본 발명의 실시예에 따른 가스 터빈의 부하 증가에 따른 출력 및 회전 속도에 대한 시뮬레이션 결과를 나타내는 그래프이다.

[0101] 도 9에 도시된 바와 같이, 가스 터빈의 동력과 부하의 불균형으로 인해 회전 속도가 변경되면, 기존의 제어방식을 이용하여 운전된 가스 터빈은 부하가 증가하기 시작한 특정 순간의 부하가 전력보다 크기 때문에 회전 속도가 감소하였다. 그리고 기존의 제어방식을 이용하여 운전된 가스 터빈의 회전 속도는 부하 변동이 끝났을 때부터 증가하기 시작하여 목표 회전 속도로 수렴되었다. 이때, 회전 속도의 최대 편차는 0.22 %이다.

[0102] 반면에, 본 발명의 실시예에 따른 가스 터빈은 예측 제어로 인해 가스 터빈 출력이 미리 증가했기 때문에, 부하가 증가하기 시작했을 때 보다 회전 속도가 더 빨리 증가하였다. 그런 다음 부하 변동이 끝나면, 회전 속도는 감소하기 시작하여 목표 회전 속도로 수렴되었다. 이때, 회전 속도의 최대 편차는 0.061%로 기존의 제어방식을 이용하여 운전된 가스 터빈 회전 속도 편차의 1/4에 해당하는 것을 알 수 있다.

[0103] 도 10은 본 발명의 실시예에 따른 가스 터빈의 부하 증가에 따른 터빈입구온도(TIT) 및 터빈출구온도(TET)에 대한 시뮬레이션 결과를 나타내는 그래프이다.

[0104] 도 10에 도시된 바와 같이, 기존의 제어방식을 이용하여 운전된 가스 터빈의 터빈입구온도(TIT) 및 터빈출구온도(TET)는 본 발명의 실시예에 따른 가스 터빈의 터빈입구온도(TIT) 및 터빈출구온도(TET)보다 각각 최대 1.4% 및 1.9% 더 높게 출력됨을 알 수 있다.

[0105] 이는 가스 터빈의 동력과 부하의 불균형으로 인해 회전 속도가 감소했고, 감소된 회전 속도를 목표값으로 되돌리기 위해 연료 유량을 증가시켰기 때문이다.

[0106] 기존의 제어방식을 이용하여 운전된 가스 터빈의 터빈입구온도(TIT) 및 터빈출구온도(TET)는 부하가 증가하기 시작한 순간에 급격히 증가하여 오버 슈트를 보인 후 정상 상태 값으로 수렴되었다.

[0107] 반면에, 본 발명의 실시예에 따른 가스 터빈의 터빈입구온도(TIT) 및 터빈출구온도(TET)는 오버슈트 없이 원활하게 정상 상태의 값으로 수렴되었다.

[0108] 이와 같이 본 발명에 따른 가스 터빈 제어 장치는, 인공신경망(ANN) 기반의 인공지능 모델을 이용하여 입력되는 운전 데이터에 따라 가스 터빈의 목표 값을 설정하고, 설정된 목표값에 대응하는 예측된 제어신호를 생성함으로써, 가스 터빈으로 하여금 터빈입력온도(TIT) 및 터빈출력온도(TET)를 허용 범위 내에서 최적의 값으로 유지하면서 작동하게 한다.

[0109] 또한, 본 발명에 따른 가스 터빈 제어 장치는, 결과를 미리 예측하여 최적화된 제어가 가능하므로 기존 제어에 비해 회전속도, 가스 터빈의 터빈입력온도(TIT) 및 터빈출력온도(TET)에 대한 최대 변화폭 편차를 감소시킬 수 있고, 개선된 부분 부하의 효율로 인해 전체 연비가 증가되는 장점이 있다.

[0110] 또한, 본 발명에 따른 가스 터빈 제어 장치는, 회전속도의 변화폭 감소에 따라 발전 주파수의 안정성의 증가를 도모할 수 있고, 가스 터빈의 터빈입력온도(TIT) 및 터빈출력온도(TET)의 최대 변화폭 감소에 따라 고온부의 수명 연장효과를 기대할 수 있다.

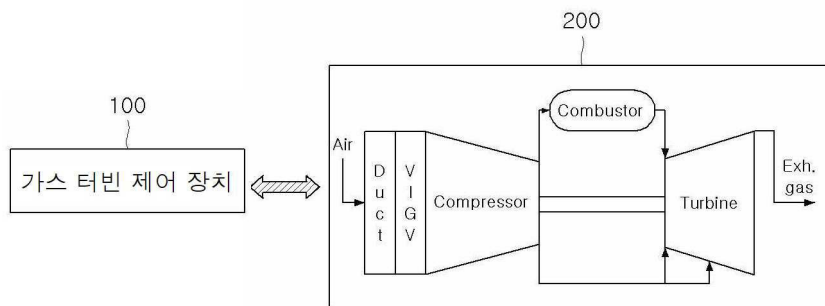
[0112] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 하여 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 당해 기술이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호범위는 아래의 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

- [0113]
- 100 : 가스 터빈 제어 장치
 - 110 : 입력부
 - 120 : 시뮬레이션부
 - 130 : 학습부
 - 140 : 목표값 도출부
 - 150 : 제어 예측값 도출부
 - 160 : 제어부
 - 200 : 가스 터빈

도면

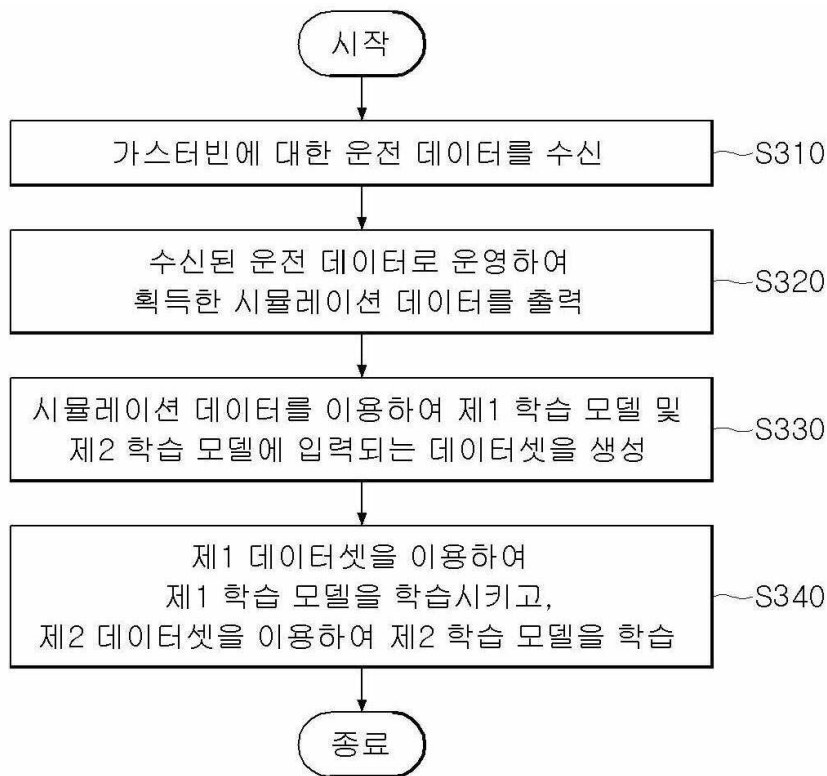
도면1



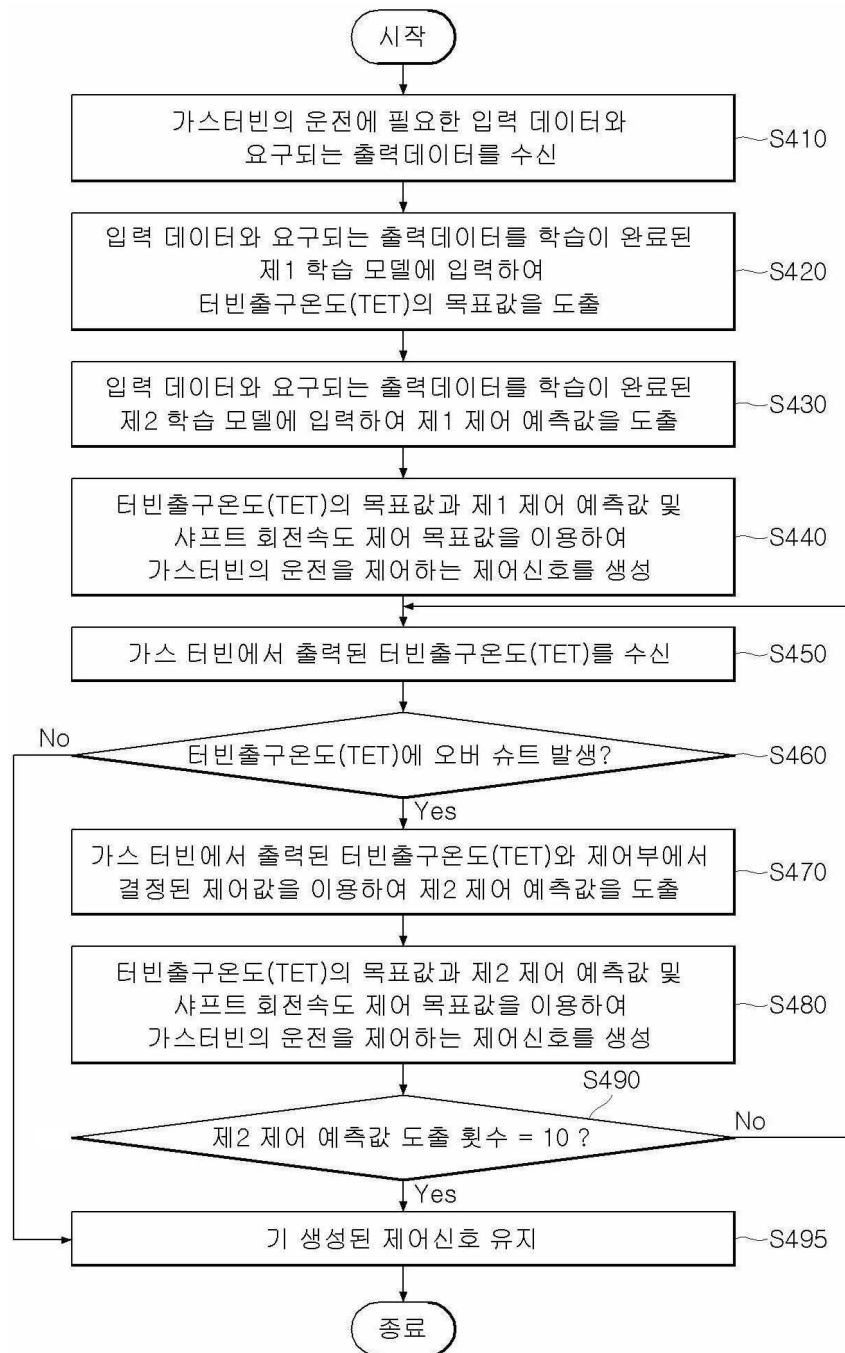
도면2



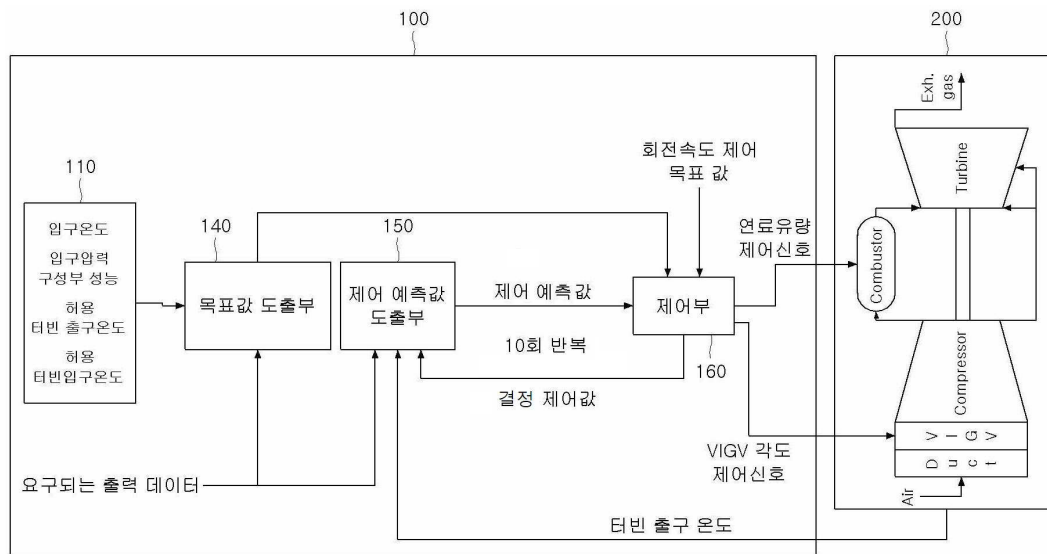
도면3



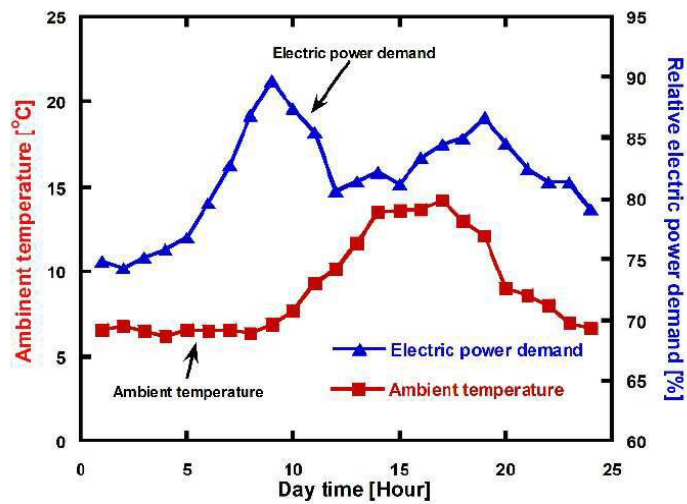
도면4



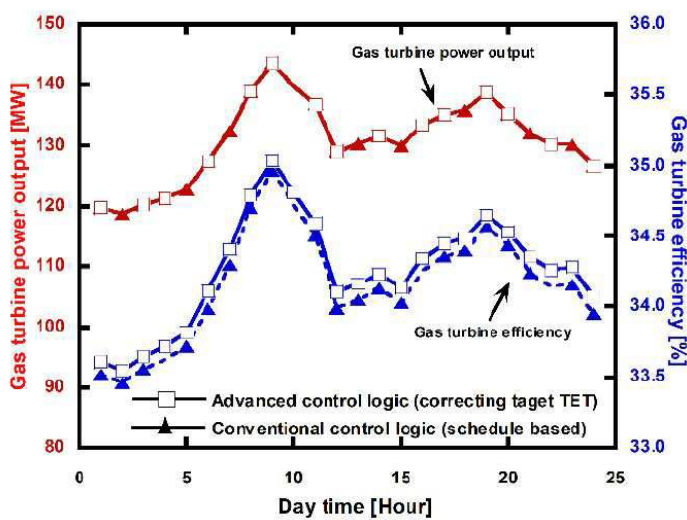
도면5



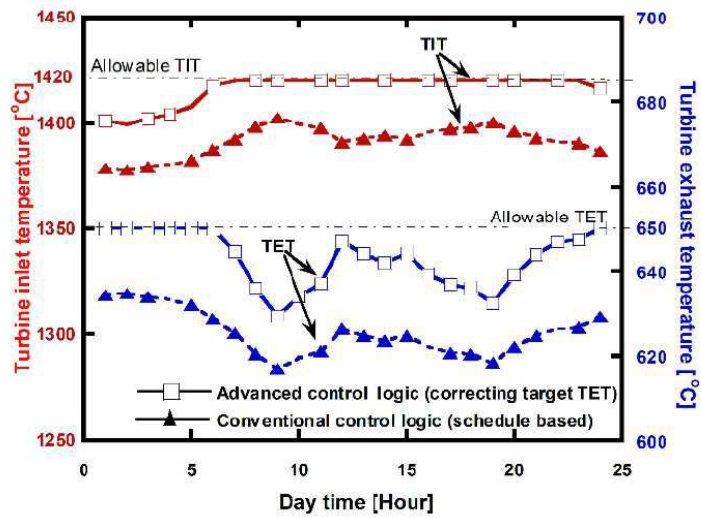
도면6



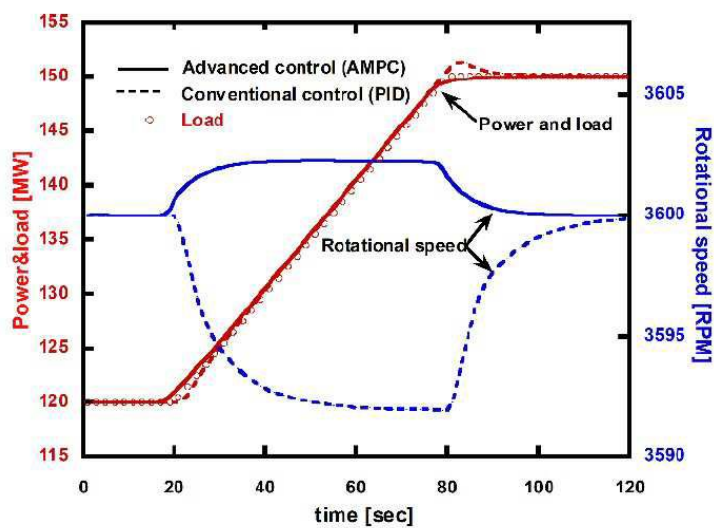
도면7



도면8



도면9



도면10

