



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년12월15일

(11) 등록번호 10-1577456

(24) 등록일자 2015년12월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

F02C 9/00 (2006.01) F01K 27/00 (2006.01)

F02C 9/28 (2006.01) G05B 13/02 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-0044095

(22) 출원일자 2009년05월20일

심사청구일자 2014년04월02일

(65) 공개번호 10-2009-0121248

(43) 공개일자 2009년11월25일

(30) 우선권주장

12/124,316 2008년05월21일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

US04222229 A

US06591225 B1

US20030086520 A1

US20060116789 A1

(73) 특허권자

제너럴 일렉트릭 캄파니

미합중국 뉴욕, 웨벡테디, 원 리버 로드

(72) 발명자

다마토 페르난도 재비어

미국 뉴욕주 12309 니스카유나 스트리트 맥스 레인 727

커츠호프 다린 글렌

미국 뉴욕주 12303 웨벡테디 선셋 레인 3031

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

제일특허법인, 장성구

전체 청구항 수 : 총 18 항

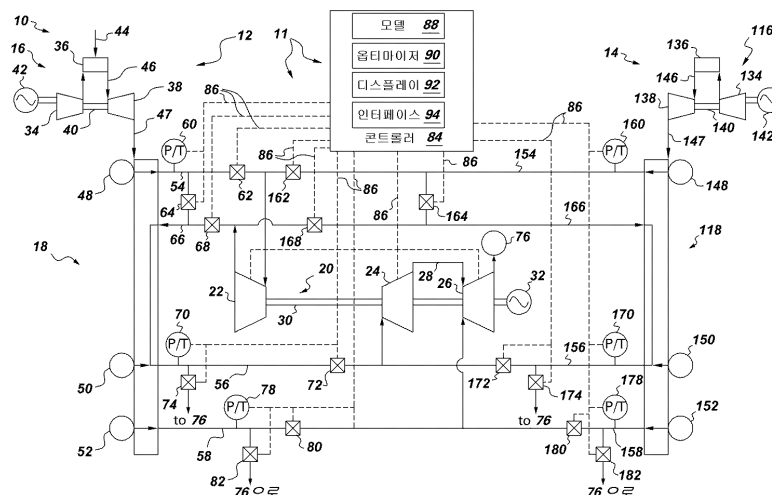
심사관 : 이택상

(54) 발명의 명칭 복합 사이클 발전 시스템의 제어

(57) 요약

가스 터빈 엔진(GT)(16), 열 회수 증기 발생기(HRSG)(18), 및 증기 터빈(ST)(20)을 포함하는 복합 사이클 발전 시스템(10)용 제어 시스템은, 조작자가 예측되는 작동 파라미터에 대한 정보를 볼 수 있는 디스플레이(92), 조작자가 추가 작동 제약을 제공할 수 있는 사용자 인터페이스(94), 공칭 제약 및 임의의 추가 제약을 충족시키는 GT, HRSG, ST의 입력 프로파일을 발생하며 상기 예측되는 작동 파라미터에 대한 정보를 발생하도록 구성되는 콘트롤러(84)를 포함한다. 상기 콘트롤러는 발전 시스템 작동의 스테이지 이행을 검출하고 입력 프로파일을 갱신하도록 구성될 수 있다. 상기 콘트롤러는 상기 시스템 컴포넌트 중 적어도 하나의 작동 제약에 대해 대체 제어 동작을 맵핑함으로써 대체 작동 시나리오를 발생하도록 구성될 수 있다.

대표도



(72) 발명자

베이커 딘 알렉산더

미국 뉴욕주 12065 클리프톤 파크 로쿠스트 레인
24

첸드라 라무 샤렛

미국 뉴욕주 12309 니스카유나 콘너 코트 105

홀즈하우어 다니엘 프란시스

미국 뉴욕주 12027 번트 힐스 켈리 메도우 로드 14

롱 크리스토퍼 유진

미국 사우스 캐롤라이나주 29615 그린빌 갈링턴 로
드 300

명세서

청구범위

청구항 1

가스 터빈 엔진들, 열 회수 증기 발생기들, 및 적어도 하나의 증기 터빈을 포함하고, 공칭 작동 제약을 갖는 복합 사이클 발전 시스템용 제어 시스템에 있어서,

조작자에게 상기 발전 시스템의 예측되는 작동 파라미터에 대한 정보를 제공하는 디스플레이와,

① 상기 발전 시스템의 임의의 추가 작동 제약, 및 ② 시동될 상기 가스 터빈 엔진들의 개수, 상기 가스 터빈 엔진들의 시동 순서, 상기 증기 터빈에 대한 상기 열 회수 증기 발생기들의 혼합 형태, 상기 가스 터빈 엔진들을 혼합하기 위한 부하 레벨, 또는 그 조합에 관한 임의의 작동자 명령을 조작자로부터 수신하는 사용자 인터페이스와,

(a) 임의의 추가 작동 제약에 대응하는 입력을 수신하고 (b) 상기 발전 시스템의 컴포넌트 작동 파라미터를 취득하기 위해 센서를 사용하며 (c) 상기 공칭 제약 및 임의의 추가 제약을 충족시키는 상기 가스 터빈 엔진들, 상기 열 회수 증기 발생기들, 및 상기 적어도 하나의 증기 터빈의 입력 프로파일을 발생시키며, (d) 상기 입력 프로파일 및 상기 컴포넌트 작동 파라미터에 기초하여 상기 발전 시스템의 예측되는 작동 파라미터에 대한 정보를 발생시키고, (e) 상기 복합 사이클 발전 시스템의 기동을 위해 요구되는 복수의 컴포넌트를 제어하기 위한, 컨트롤러를 포함하는

복합 사이클 발전 시스템용 제어 시스템.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 컨트롤러는 상기 입력 프로파일을 발생시키는 동안, 적어도 하나의 발전 시스템 작동 파라미터를 최적화하도록 추가로 구성되는

복합 사이클 발전 시스템용 제어 시스템.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 예측되는 작동 파라미터는 예측되는 가스 터빈 엔진 부하, 상기 증기 터빈의 회전자 응력 값, 가스 터빈 엔진 배기 온도, 부분 기동 시간, 전체 기동 시간, 배기가스 생성, 연료 소비, 경비, 대기 온도, 이용가능한 증기, 컴포넌트 온도, 컴포넌트 압력, 또는 그 조합을 포함하는

복합 사이클 발전 시스템용 제어 시스템.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 사용자 인터페이스는 조작자가 성능 요건에 관한 명령을 제공할 수 있도록 구성되며,

상기 컨트롤러는 상기 성능 요건을 수신하고, 상기 입력 프로파일을 발생시킬 때 상기 성능 요건을 사용하도록 구성되는

복합 사이클 발전 시스템용 제어 시스템.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 성능 요건은 배기가스 생성, 연료 소비, 정미 발열율(net heat rate), 가스 터빈 엔진 부하, 상기 증기 터빈의 회전자 응력 값, 가스 터빈 엔진 배기 온도, 부분 기동 시간, 전체 기동 시간, 이용가능한 증기, 경비, 콤포넌트 온도, 콤포넌트 압력, 또는 그 조합을 포함하는

복합 사이클 발전 시스템용 제어 시스템.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 콘트롤러는 대체 시나리오에 관한 정보를 발생시키도록 구성되고, 상기 디스플레이는 상기 대체 시나리오에 관한 정보를 표시하도록 구성되는

복합 사이클 발전 시스템용 제어 시스템.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 예측되는 작동 파라미터는 혼합 지점에 도달하기 위한 시간, 혼합을 완료하기 위한 시간, 소정 부하에 도달하기 위한 시간, 등은 조건, 또는 그 조합을 포함하는

복합 사이클 발전 시스템용 제어 시스템.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 콘트롤러는 발전 시스템 작동의 스테이지 이행을 검출하고, 상기 입력 프로파일을 발생시킬 때 상기 스테이지 이행에 관한 정보를 사용하도록 구성되는

복합 사이클 발전 시스템용 제어 시스템.

청구항 9

가스 터빈들, 열 회수 증기 발생기들, 및 적어도 하나의 증기 터빈을 포함하는 복합 사이클 발전 시스템용 제어 시스템에 있어서,

시동될 상기 가스 터빈들의 개수, 상기 가스 터빈들의 시동 순서, 상기 증기 터빈에 대한 상기 열 회수 증기 발생기들의 혼합 형태, 또는 그 조합에 관한 임의의 작동자 명령을 수신하는 사용자 인터페이스와,

복수의 파라미터를 사용하여 운동 및 제약을 나타내도록 구성되는 상기 가스 터빈들, 상기 열 회수 증기 발생기들, 및 상기 증기 터빈에 대한 모델과,

상기 파라미터에 대응하는 입력을 수신하도록 구성되고, 상기 제약을 충족시키며 적어도 하나의 발전 시스템 작동 파라미터를 최적화하는 상기 가스 터빈들, 상기 열 회수 증기 발생기들, 및 상기 증기 터빈의 입력 프로파일을 발생시키도록 구성되는 옵티마이저를 포함하며,

상기 옵티마이저는 추가로, 센서로부터의 정보에 기초하여 발전 시스템 작동의 스테이지 이행을 검출하고, 상기 검출된 스테이지 이행을 사용하여 상기 입력 프로파일을 갱신하도록 구성되며, 상기 스테이지 이행은 상기 증기 터빈에 대한 상기 열 회수 증기 발생기들 중 하나의 열 회수 증기 발생기의 연결 또는 분리를 포함하는

복합 사이클 발전 시스템용 제어 시스템.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 사용자 인터페이스는 조작자가 성능 요건에 관한 명령을 제공할 수 있도록 구성되고, 상기 옵티마이저는 상기 성능 요건을 수신하도록 구성되며, 상기 입력 프로파일을 발생시킬 때 상기 성능 요건을 사용하는

복합 사이클 발전 시스템용 제어 시스템.

청구항 11

가스 터빈들, 열 회수 증기 발생기들, 및 적어도 하나의 증기 터빈을 포함하는 복합 사이클 발전 시스템용 제어 시스템에 있어서,

- (a) 센서로부터 상기 발전 시스템의 콤포넌트 파라미터를 취득하고,
- (b) 시동될 상기 가스 터빈들의 개수, 상기 가스 터빈들의 시동 순서, 상기 증기 터빈에 대한 상기 열 회수 증기 발생기들의 혼합 형태, 또는 그 조합에 관한 임의의 작동자 명령을 수신하고,
- (c) 상기 콤포넌트 파라미터 및 상기 작동자 명령을 활용하여 상기 가스 터빈들, 상기 열 회수 증기 발생기들, 및 상기 적어도 하나의 증기 터빈의 입력 프로파일을 발생시키며,
- (d) 적어도 하나의 상기 가스 터빈들, 적어도 하나의 상기 열 회수 증기 발생기들, 상기 증기 터빈, 또는 이들 중 어느 것의 조합의 작동 제약에 대해 대체 제어 동작을 맵핑함으로써 대체 작동 시나리오를 발생시키는

컨트롤러를 포함하는

복합 사이클 발전 시스템용 제어 시스템.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 대체 제어 동작은 상기 증기 터빈 내로의 상기 열 회수 증기 발생기들에서 발생한 증기 유동을 제어하는 것을 포함하는

복합 사이클 발전 시스템용 제어 시스템.

청구항 13

제 11 항에 있어서,

상기 대체 제어 동작은 상기 가스 터빈이 상기 컨트롤러에 의해 발생된 상기 입력 프로파일의 일부인 등온 조건을 거치는 것이 가능하도록 가스 터빈 부하를 제어하는 것을 포함하는

복합 사이클 발전 시스템용 제어 시스템.

청구항 14

제 11 항에 있어서,

상기 컨트롤러는

상기 대체 제어 동작을 시뮬레이션하고,

상기 작동 제약에 대한 다중 대체 제어 동작의 효과를 예측하며,

상기 다중 대체 제어 동작 중 어느 것이 상기 작동 제약을 위배할 것인지와 위배하지 않을 것인지를 식별하도록 구성되는

복합 사이클 발전 시스템용 제어 시스템.

청구항 15

제 14 항에 있어서,

상기 컨트롤러는 상기 대체 제어 동작을 등급 분류하도록 구성되는

복합 사이클 발전 시스템용 제어 시스템.

청구항 16

제 14 항에 있어서,

상기 발전 시스템의 대체 작동 시나리오 및 상기 대체 제어 동작의 예측되는 효과를 표시하도록 구성되는 디스

플레이를 더 포함하는

복합 사이클 발전 시스템용 제어 시스템.

청구항 17

제 16 항에 있어서,

상기 컨트롤러는 추천 제어 동작, 비추천 제어 동작, 또는 그 조합을 결정하도록 구성되고, 상기 디스플레이는 상기 추천 제어 동작, 상기 비추천 제어 동작, 또는 그 조합을 표시하도록 구성되는

복합 사이클 발전 시스템용 제어 시스템.

청구항 18

제 16 항에 있어서,

상기 컨트롤러는 상기 작동 제약을 위배할 작동 명령의 일체의 시작을 방지하도록 구성되는

복합 사이클 발전 시스템용 제어 시스템.

발명의 설명

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 복합(combined-cycle: CC) 발전 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 늘어나는 순환 부하 수요, 높은 연료 비용, 치열한 경쟁의 규제완화된 에너지 시장, 및 엄격한 환경 규제는 결과적으로, 복합 사이클 발전 시스템 작동으로부터의 신속한 시퀀스를 요구하고 있다. 또한, 발전 시스템의 소유자는 지역 환경 규제, 에너지 급송 수요, 및 현재의 연료 및 에너지 가격에 따라 다양한 기동 목표(startup objective)를 관리한다. 통상적인 기동 목표는 기동 시간의 단축이다. 그러나, 발전 시스템 운영자는 배기가스, 연료비 또는 정미 발열율(net heat rate)을 최소화할 필요가 있을 수 있다. 여러 시간에 걸쳐 발생하는 일부 기동 절차 및 그 기간 중에 부하, 시장, 또는 전력 시스템 조건이 변할 가능성으로 인해 추가적인 융통성 역시 유용하다.

[0003] 동일 출원인에 의해 2005년 9월 6일자로 출원되고 그 전체가 본 명세서에 원용되는 미국 특허 출원 공개 제 US 2007/0055392 호는 발전 시스템의 모델 예측 제어용 시스템 및 방법을 기재하고 있다. 이 제어 시스템은 다수의 발전 시스템 컴포넌트에 대한 모델을 구비하며, 이 모델은 발전 시스템 컴포넌트의 거동을 예측하도록 구성되어 있다. 이 시스템은 또한 발전 시스템 컴포넌트의 작동 파라미터에 대응하는 입력을 수신하는 컨트롤러를 구비하며 모델에 따라 발전 시스템의 성능 기준을 향상시킨다.

[0004] 일부 복합 사이클 발전 시스템은 적어도 두 개의 가스 터빈 엔진(GT)을 구비한다. 각각의 GT는 열 회수 증기 발생기(HRSG: heat recovery steam generator)와 결합된다. 각각의 GT로부터의 배기 가스는, 증기 터빈 조립체(ST)의 구동과 같은 다른 발전 시스템 공정에 사용하기 위한 증기를 발생하기 위해 대응 HRSG에 채널 유입된다.

[0005] 다중 GT를 구비한 발전 시스템은 기동 공정을 선택할 때 단 하나의 GT를 구비한 시스템보다 큰 유연성을 갖는다. 각각의 HRSG가 ST에 연결되는 GT 부하(연결 지점)의 선택 및 GT가 ST에 연결되는 순서(기동 시퀀스)의 선택은 개선된 기동 성능을 달성하기 위해 사용될 수 있다. 그러나, 이러한 옵션들로부터의 최선의 선택이 항상 명확하지는 않다. 또한, 임의의 기동 시퀀스는 발전 시스템 및 컴포넌트 제약을 고려하여 관리되어야 한다. 이들 제약의 일부 예로는 ST 회전자에서의 최대 응력, 인접하는 회전부와 고정부 사이에서의 최대 차등 팽창 또는 최소 간극, 최대 급속 및 증기 온도가 포함된다.

[0006] 수많은 복합 사이클 발전 시스템 기동 공정에 있어서, 터닝 기어와 화염으로부터 롤 오프(roll off)하기 위한

제 1 GT는 선행(lead) GT로 지정되고, 제 2 GT는 지연(lag) GT로 지정된다. 지연 GT 증기를 ST에 혼합하게 되면 각종 ST 컴포넌트 내에 증가된 온도 구배가 형성되는 경우가 종종 있다. 온도 구배의 크기에 따라, ST 내에 열 응력이 유도되거나 증가될 가능성이 있다. GT 로딩 속도가 매우 빠르면, ST 내에서 큰 열 구배가 전개될 수 있으며, 이는 높은 응력과 불균일한 열 팽창을 유도하여, 결국 마찰을 초래할 수 있다. 역으로, 느린 GT 로딩 속도는 안전한 작동을 보장하지만, 연료 비용을 증가시키고 발전 시스템 유용성을 저하시킨다.

[0007]

이행 작동(transient operation) 중에 최적의 파워 플랜트 제어 동작을 생성하는데 있어서 하나의 과제는 상이한 컴포넌트들의 운동(dynamics)의 시간 척도가 다르다는 것이다. 예를 들어, 기동 공정 중에, GT 이펙터(연료 밸브 개방 및 흡입 공기 가이드 베인 각도 등)의 변화는 GT 상태를 초 단위로 수정하는 반면, 응력 및 간극에 대한 그 결과적인 효과는 통상 10분 내지 30분의 범위의 비교적 긴 딜레이 이후에 자명해진다. 콘트롤러가 이들 긴 기간 또는 "장래의" 응력 또는 간극을 정확히 예측하는 능력을 갖고 있지 않다면, 인가되는 GT 부하는 통상 보존적이며, ST에 대한 열적으로 과도한 응력인가를 방지하기 위해 매우 느린 로드 속도를 갖는다. 다른 이행 작동은 지연 HRSG에서 발생한 증기를 ST에 혼합하는 것으로 구성된다. ST의 과도한 응력인가를 방지하기 위해, 적어도 일부의 공지된 복합 사이클 발전 시스템은 지연 HRSG 내에서 발생한 증기를 늘어난 기간에 걸쳐서 수동으로 혼합한다. 그러나, 지연 증기를 ST에 천천히 혼합하게 되면 혼합을 완료하는데 있어서 불필요한 지연이 초래될 수 있다. 때로는, 이행 작동은 수동 제어되는 사건(event)을 구성하며, 조작자는 장래의 제약(또는 한계) 준수를 보장하면서 사건을 촉발(trigger)할 때를 결정해야 한다. 사건을 촉발하기 위한 제어 안내는 통상, 사건이 허용되기 전에 불필요하게 긴 지연이 도입될 수 있다는 의미에서 보존적이다. 동일 출원인에 의해 2008년 2월 29일자로 출원된 미국 특허 출원 제 12/040,296 호는 이 효율 손실을 감소시키기 위해 제 2 HRSG로부터 증기를 도입하는 타이밍을 결정하기 위한 방법을 기술하고 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0008]

발전 시스템과 그 컴포넌트들의 기동 조건을 향상시키기 위해 복합 사이클 발전 시스템의 작동을 더 개선시키는 것이 유용할 것이다.

과제 해결수단

[0009]

본 명세서에 개시되는 일 실시예에 따르면, 가스 터빈 엔진(GT), 열 회수 증기 발생기(HRSG), 및 증기 터빈(ST)을 포함하고 공칭 작동 제약을 갖는 복합 사이클 발전 시스템에 대한 제어 시스템이 제공된다. 이 제어 시스템은, 조작자가 발전 시스템의 예측되는 작동 파라미터에 대한 정보를 볼 수 있는 디스플레이; 조작자가 발전 시스템의 추가 작동 제약을 제공할 수 있는 사용자 인터페이스; 및 (a) 임의의 추가 작동 제약에 대응하는 입력을 수신하고 발전 시스템의 컴포넌트 작동 파라미터를 취득하며, (b) 공칭 제약 및 임의의 추가 제약을 충족시키는 상기 GT, HRSG, ST의 입력 프로파일을 발생하며, (c) 발전 시스템의 예측되는 작동 파라미터에 대한 정보를 발생하도록 구성되는 콘트롤러를 포함한다.

[0010]

본 명세서에 개시되는 다른 실시예에 따르면, GT, HRSG, ST를 포함하는 복합 사이클 발전 시스템에 대한 제어 시스템이 제공된다. 이 제어 시스템은, 조작자가 시동될 GT의 개수, GT의 시동 순서, ST에 대한 HRSG의 혼합 형태, 또는 그 조합에 관한 명령을 제공할 수 있는 사용자 인터페이스; 다수의 파라미터를 사용하여 운동 및 제약을 나타내도록 구성되는 GT, HRSG, ST에 대한 모델; 및 파라미터에 대응하는 입력을 수신하도록 구성되고 제약을 충족시키며 적어도 하나의 발전 시스템 작동 파라미터를 최적화하는 GT, HRSG, ST의 입력 프로파일을 발생하도록 구성되는 옵티마이저(optimizer)를 포함한다. 이 실시예에서, 상기 옵티마이저는 추가로, 발전 시스템 작동의 스테이지 이행을 검출하고 입력 프로파일을 갱신하도록 구성된다.

[0011]

본 명세서에 개시되는 다른 실시예에 따르면, GT, HRSG, ST를 포함하는 복합 사이클 발전 시스템에 대한 제어 시스템이 제공된다. 이 제어 시스템은, (a) 발전 시스템의 컴포넌트 파라미터를 취득하고, (b) GT, HRSG, ST의 입력 프로파일을 발생하며, (c) 적어도 하나의 GT, 적어도 하나의 HRSG, ST, 또는 이들 중 어느 것의 조합의 작동 제약에 대해 대체 제어 동작을 맵핑함으로써 대체 작동 시나리오를 발생하도록 구성된 콘트롤러(84)를 포함한다.

효 과

[0012] 본 발명에 의하면, 복합 사이클 발전 시스템의 작동이 개선됨으로써 발전 시스템과 그 컴포넌트들의 기동 조건이 향상된다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0013] 본 발명의 상기 및 기타 특징, 양태 및 장점은 첨부도면을 참조하여 이하의 상세한 설명을 검토할 때 더 잘 이해될 것이며, 이들 도면에서 유사한 구성요소는 유사한 도면부호로 지칭될 것이다.

[0014] 도 1은 예시적인 복합 사이클 발전 시스템(10)의 개략도이다. 일반적으로, 시스템(10)은 선행측(lead side)(12)과 지연측(lag side)(14)을 구비한다. 선행측(12)은 열 회수 증기 발생기(HRSG)(18)와 유동 연통 관계로 결합되는 가스 터빈 엔진(GT)(16)을 구비한다. HRSG(18)는 증기 터빈 조립체(ST)(20)와 유동 연통 관계로 결합된다. ST(20)는 고압(HP) 터빈(22), 중간 압력(IP) 터빈(24), 및 저압(LP) 터빈(26)을 구비한다. IP 터빈(24)은 IP-대-LP 크로스오버 헤더(28)를 사용하여 LP 터빈(26)과 유동 연통 관계로 결합된다. 터빈(22, 24, 26)은 각각 회전자 샤프트(30)에 결합되며, 회전자 샤프트는 발전기(32)에 결합된다.

[0015] 도 1의 실시예에서, 선행 GT(16)는 압축기(34), 연소기(36), 및 터빈(38)을 구비한다. 압축기(34)는 연소기(36)와 유동 연통 관계로 결합되며, 연소기는 터빈(38)의 상류와 유동 연통 관계로 결합된다. 압축기(34)와 터빈(38)은 각각, 발전기(42)에 결합되는 회전자 샤프트(40)에 결합된다. 작동 중에, GT(16)에 진입하는 공기는 압축기(34)에 의해 압축되고 이후 연소기(36)에 채널 유입된다. 연소기(36)는 연료 공급원(도시되지 않음)으로부터 연료(44)를 수신하고 연료(44)와 공기를 혼합하여 혼합물을 점화함으로써 고온의 연소 가스(46)를 형성한다. 연소 가스(46)는 터빈(38)에 채널 유입되어 터빈에 회전을 부여한다. 터빈(38)의 회전은 샤프트(40)가 발전기(42)를 회전시키게 하며, 이는 전기를 발전시킨다. 연소 가스(47)는 터빈(38)으로부터 배출되고 HRSG(18)에 채널 유입되어, 이를 통해서 채널 유입되는 물의 가열을 촉진함으로써 HRSG(18) 내에서 증기가 발생되게 한다.

[0016] HRSG(18)는 임의의 적절한 형태의 HRSG를 포함할 수 있다. 일 예에서, HRSG(18)는 HP 드럼(48), IP 드럼(50), 및 LP 드럼(52)을 구비한다. HP 드럼(48)은 HP 증기가 HP 터빈(22)에 채널 유입될 수 있도록 HP 증기 헤더(54)와 유동 연통 관계로 결합된다. IP 드럼(50)은 IP 증기 또는 고온의 재가열 증기가 IP 터빈(24)에 채널 유입될 수 있도록 IP 증기 헤더(56)와 유동 연통 관계로 결합된다. LP 드럼(52)은 LP 증기가 LP 터빈(22)에 채널 유입될 수 있도록 LP 증기 헤더(58)와 유동 연통 관계로 결합된다.

[0017] HP 증기 헤더(54)는 압력 및 온도(PT: pressure and temperature) 센서(60), HP 차단 밸브(62), 및 HP 바이패스 밸브(64)를 구비하는 것으로 도시되어 있다. PT 센서(60)는 HP 증기 헤더(54) 및/또는 HP 드럼(48) 내의 HP 증기의 압력과 온도를 측정한다. HP 증기 헤더(54)는 HP 차단 밸브(62)를 거쳐서 HP 터빈(22)과 및/또는 HP 바이패스 밸브(64)를 거쳐서 저온(cold) 재가열 증기 헤더(66)와 유동 연통 관계로 결합될 수 있다. HP 차단 밸브(62)는 HP 증기가 HP 터빈(22)에 채널 유입될 수 있도록 개방되거나, HP 증기가 HP 터빈(22)에 채널 유입되는 것을 거의 방지하도록 폐쇄될 수 있다. 대안적으로, HP 차단 밸브(62)는 HP 증기의 적어도 일부가 HP 터빈(22)에 채널 유입되는 것을 촉진하도록 가변적으로 조절될 수도 있다. HP 바이패스 밸브(64)는, 증기 헤더(66)를 저온 재가열하기 위해 채널 유입되는 HP 증기의 양을 계량하는 교축형(throttling-type) 밸브를 포함할 수 있다.

[0018] 저온 재가열 증기 헤더(66)는 저온 재가열 차단 밸브(68)를 구비하며, HRSG(18)와 유동 연통 관계로 결합될 수 있다. 예시적인 일 실시예에서, 저온 재가열 차단 밸브(68)는 HP 터빈(22)으로부터 배출되어 HRSG(18)에 채널 유입되는 저온 재가열 증기의 유동 제어를 촉진하기 위해 HP 터빈(22)과 HRSG(18) 사이에 결합된다.

[0019] 도 1의 실시예에서, IP 증기 헤더(56)는 PT 센서(70), 고온 재가열 IP 차단 밸브(72), 및 IP 바이패스 밸브(74)를 구비한다. PT 센서(70)는 IP 증기 헤더(56) 및/또는 IP 드럼(50) 내의 IP 증기의 압력 및 온도를 측정한다. IP 증기 헤더(56)는 고온 재가열 IP 차단 밸브(72)를 거쳐서 IP 터빈(24)과, 및/또는 IP 바이패스 밸브(74)를 거쳐서 응축기(76)와 유동 연통 관계로 결합된다. IP 차단 밸브(72)는 IP 증기가 IP 터빈(24)에 채널 유입될 수 있도록 개방되거나, IP 증기가 IP 터빈(24)에 채널 유입되는 것을 거의 방지하도록 폐쇄될 수 있다.

대안적으로, IP 차단 밸브(72)는 IP 증기의 적어도 일부가 IP 터빈(24)에 채널 유입되는 것을 촉진하도록 다중 위치로 조절될 수 있다. IP 바이패스 밸브(74)는 응축기(76)에 채널 유입되는 IP 증기의 양을 계량하는 교축형 밸브일 수 있다.

[0020]

예시적 실시예에서 LP 증기 헤더(58)는 PT 센서(78), LP 차단 밸브(80), 및 LP 바이패스 밸브(82)를 구비한다. PT 센서(78)는 LP 증기 헤더(58) 및/또는 LP 드럼(52) 내의 LP 증기의 압력 및 온도를 측정한다. LP 증기 헤더(58)는 LP 차단 밸브(80)를 거쳐서 LP 터빈(26)과, 및/또는 LP 바이패스 밸브(82)를 거쳐서 응축기(76)와 유동 연통 관계로 결합될 수 있다. LP 차단 밸브(80)는 LP 증기가 LP 터빈(26)에 채널 유입되는 것을 촉진하도록 개방되거나, LP 증기가 LP 터빈(26)에 채널 유입되는 것을 거의 방지하도록 폐쇄될 수 있다. 대안적으로, LP 차단 밸브(80)는 LP 터빈(26)에 채널 유입되는 LP 증기의 양을 계량하기 위해 다중 위치로 조절될 수 있다. LP 바이패스 밸브(82)는 응축기(76)에 채널 유입되는 LP 증기의 양을 계량하는 교축형 밸브를 포함할 수 있다.

[0021]

예시적 실시예에서, 지연측(14)은 ST(20)용 증기의 발생을 촉진하기 위해 HRSG(118)와 유동 연통 관계로 결합되는 GT(116)를 구비한다. HRSG(118)는 ST(20)와 유동 연통 관계로 결합된다. GT(116)는 대응하는 개수의 요소 [압축기(134), 연소기(136), 터빈(138), 회전자 샤프트(140), 발전기(142), 및 연소 가스(146, 147)]를 구비하는, 선행 GT(16)와 거의 유사한 엔진을 포함할 수 있으며, 따라서 이들 요소에 대해서는 상세히 설명하지 않을 것이다. 마찬가지로, HRSG(118)는 HRSG(18)와 유사한 HRSG를 포함할 수 있으며, 따라서 이하의 요소들은 상세히 설명하지 않을 것이다: HP 드럼(148), IP 드럼(150), LP 드럼(152), HP 증기 헤더(154), IP 증기 헤더(156), LP 증기 헤더(158), PT 센서(160), HP 차단 밸브(162), HP 바이패스 밸브(164), 저온 재가열 증기 헤더(166), 저온 재가열 차단 밸브(168), PT 센서(170), 고온 재가열 IP 차단 밸브(172), IP 바이패스 밸브(174), 응축기(76), PT 센서(178), LP 차단 밸브(180), 및 LP 바이패스 밸브(182).

[0022]

시스템(10)은 또한, 차단 밸브(62, 68, 72, 80, 162, 168, 172, 180), 바이패스 밸브(64, 74, 82, 164, 174, 182), 터빈(22, 24, 26), 및 PT 센서(60, 70, 78, 160, 170, 178)를 포함하지만 이것에 한정되지는 않는 다수의 컴포넌트에 연통 관계로 결합되는 컨트롤러(84)를 구비한다. 컨트롤러(84)는 시스템(10)의 컴포넌트들과 신호를 주고받는다. 컨트롤러(84)는 시스템(10)이 본 명세서에 기재된 바와 같이 기능할 수 있게 해주는 임의의 적합한 컨트롤러를 포함할 수 있다. 예시적 실시예에서, 컨트롤러(84)는 컨트롤러(84)가 후술하는 처리들을 수행하도록 구성하는 엔진 제어 소프트웨어를 포함하는 프로세서-기반 시스템이다. 프로세서는 광의로, 컴퓨터, 프로세서, 마이크로컨트롤러, 마이크로컴퓨터, 프로그래밍가능한 로직 컨트롤러, 애플리케이션 특유의 집적 회로, 및 기타 프로그래밍가능한 회로를 포함한다. 컨트롤러(84)는 통상적으로 메모리(도시되지 않음), 다수의 입력 채널(도시되지 않음), 및 다수의 출력 채널(도시되지 않음)을 추가로 구비한다.

[0023]

예시적 실시예에서, 컨트롤러(84)는 데이터 전송을 가능하게 하는 다수의 와이어 커플링(86)을 통해서 시스템 컴포넌트에 연통 관계로 결합된다. 대체 실시예에서, 컨트롤러(84)는 시스템(10)이 본 명세서에 기재된 바와 같이 기능할 수 있게 해주는 송수신기 또는 임의의 기타 무선 통신 장비를 통해서 시스템 컴포넌트에 무선적으로 결합된다. 다른 실시예에서, 컨트롤러(84)는 원격 설치될 수 있으며, 네트워크를 통해서 시스템(10)의 컴포넌트들과 연통할 수 있다.

[0024]

컨트롤러(84)는 시스템 컴포넌트로부터 다수의 입력을 수신하고, 이들 입력을 처리하며, 프로그래밍된 알고리즘 및/또는 개별 환경에 기초하여 적절한 출력을 생성하며, 적절한 시스템 컴포넌트에 신호를 송신하여 이들 컴포넌트를 제어한다. 예시적 실시예에서, 컨트롤러(84)는 예측 알고리즘을 사용한다. 일 실시예에서, 컨트롤러(84)는 상기 미국 특허 출원 공개 제 US 2007/0055392 호에 기재된 것과 같은 모델 예측 제어(MPC) 알고리즘을 사용한다. 대안적으로, 컨트롤러(84)는 시스템(10)이 본 명세서에 기재된 바와 같이 기능할 수 있게 해주는 임의의 알고리즘 및/또는 프로그램을 사용할 수 있다. 예시적인 일 실시예에서, 알고리즘은 지연 HRSG(118)에서 발생한 지연 증기가 ST(20)에 채널 유입되거나 혼합되는 경우에 ST(20) 컴포넌트 내의 장래의 온도 구배, 압력 차, 또는 응력을 예측한다.

[0025]

예시적 실시예에서, 컨트롤러(84)는 선행 및 지연 GT(16, 116)에 의해 발생된 증기가 ST(20) 내의 임의의 컴포넌트에 과도한 응력을 인가하지 않으면서 ST(20)에 채널 유입될 수 있도록 시스템 컴포넌트를 제어한다. 보다 구체적으로, 컨트롤러(84)는 ST(20) 내에 발생한 응력을 ST(20)의 소정 작동 한계 이내의 레벨로 감소시키는 것을 촉진한다. 더욱이, 일부 실시예에서, 컨트롤러(84)는 지연 증기를 ST(20)에 혼합하기 위해 요구되는 시간의 양의 최소화를 촉진한다. 따라서, 컨트롤러(84)는 ST(20)에 과도한 응력을 인가하는 것의 방지를 촉진하고, ST(20)의 작동 효율 및 수명의 증대를 촉진한다.

[0026]

예시적 실시예에서, ST(20)에 대한 동력 공급을 촉진하기 위해 충분한 양의 선행 증기가 ST(20)에 공급된다.

일 실시예에서, HRSG(18)는 선행 HRSG이다. 따라서, 엔진(116)과 HRSG(118)는 지연 컴포넌트로서 사용된다. 선행 GT(16)가 지정되면, GT(16)의 작동은 연소 가스(46)가 HRSG(18)에 채널 유입되도록 시작된다. HRSG(18)로부터의 증기가 ST(20)에 채널 유입되기 전에, 헤더(54, 56, 58) 내에는 충분한 양의 증기 압력이 발생한다. 예시적 실시예에서, 콘트롤러(84)는 차단 밸브(62, 72, 80) 및 바이패스 밸브(64, 74, 82)를 선택적으로 위치결정함으로써 선행 HP, IP, LP 헤더(54, 56, 58) 내의 압력을 제어한다. 보다 구체적으로, 예시적 실시예에서, 콘트롤러(84)는 그 전체가 본 명세서에 인용되는 상기 미국 출원 제 12/040,296 호에 기재되어 있듯이 논리 HP 세트포인트(SP1, SP2)를 사용하여 HP 차단 밸브(62) 및 HP 바이패스 밸브(64)를 제어한다.

[0027]

예시적 실시예에서, 선행 GT(16) 및 선행 HRSG(18)가 HP 터빈(22)에 동력을 공급하기 위해 충분한 증기 유동을 발생시키면, 바이패스 밸브(64)가 폐쇄되고, 콘트롤러(84) 내에 프로그래밍된 입구 압력 제어(IPC: inlet pressure control) 논리는 콘트롤러(84)에 TRUE 논리(도시되지 않음)를 송신한다. TRUE IPC 논리가 수신되면, 콘트롤러(84)는 각각의 선행 HP, IP, LP 증기 헤더(54, 56, 58) 내의 증기 압력을 제어하기 위해 HP, IP, LP 세트포인트(SP2)를 사용하기 시작한다. 콘트롤러(84)가 IPC로부터 TRUE 논리를 수신하면, 콘트롤러(84)는 모델 예측 제어 알고리즘을 활성화시키며, 이는 지연 증기가 ST(20)에 혼합되는 경우에 ST(20)의 최대 예측 응력을 계산하기 시작한다. 밸브를 조작하여 GT(116) 및 HRSG(118)를 혼합하기 위한 한 가지 방법은 추가로 상기 미국 출원 제 12/040,296 호에 기재되어 있다. 밸브 조작에 추가적으로, 상기 미국 출원 제 12/040,296 호에 기재되어 있듯이, 선행 및 지연 증기의 화학적 조성이 결정될 수 있고, 콘트롤러(84)는 선행 및 지연 증기의 화학 조성에 기초하여 지연 증기를 선행 증기에 혼합하는 것이 허용될 수 있는지를 결정할 수 있다.

[0028]

상기 미국 출원 제 12/040,296 호에 기재된 바와 같이 콘트롤러에 의해 달성될 수 있는 다른 선택적 제약에는 HP 터빈(22)과 IP 터빈(24)의 표면 온도 및 보어 온도, ST(20) 내의 현재 응력 변화 속도 및 ST(20) 컴포넌트의 온도가 변화하는 속도, 지연 증기가 ST(20)에 채널 유입되는 경우에 ST(20) 내의 예측 응력, 지연 증기가 ST(20)에 혼합되는 경우에 예측 알고리즘을 사용한 ST(20)의 최대 예측 응력, ST(20)의 결정된 온도와 지연 HP 및 IP 증기 헤더(154, 156)의 압력 및 온도에 기초한 ST(20) 내의 최대 예측 응력, 장래의 특정 시간 이내의 ST(20)의 최대 예측 응력이 포함된다.

[0029]

도 1 및 도 2에 의해 제시되는 하나의 제어 실시예에서, 복합 사이클 발전 시스템(10)용 제어 시스템(11)은 조작자가 발전 시스템(10)의 예측되는 작동 파라미터에 대한 정보를 볼 수 있는 디스플레이(92)(도 2, 단계 201), 조작자가 발전 시스템(10)의 추가 작동 제약을 제공할 수 있는 사용자 인터페이스(94), 및 (a) 임의의 추가 작동 제약에 대응하는 입력을 수신하고(도 2, 단계 202) 발전 시스템의 컴포넌트 작동 파라미터를 취득하며(도 2, 단계 203), (b) 공칭 제약 및 조작자에 의해 제공되는 임의의 추가 제약을 충족시키는 GT, HRSG, ST의 입력 프로파일을 발생하며, (c) 발전 시스템의 예측되는 작동 파라미터에 대한 정보를 발생하도록(도 2, 단계 204) 구성되는 콘트롤러(84)를 포함한다. 일 예에서, 컴포넌트 파라미터는 예를 들어 ST(20)의 열전쌍 센서(도시되지 않음), GT(16, 116)의 배기 가스용 온도 센서(도시되지 않음), 및/또는 ST(20)의 압력 변환기와 같은 센서에 의해 얻어지는 값을 포함한다. 다른 예에서, 컴포넌트 파라미터는 이러한 센서에 의해 얻어지는 값들에 기초한 계산으로부터 얻어질 수 있다.

[0030]

도 2는 단지 예시적인 목적의 것이다. 예를 들어, 단계들은 정확히 도시된 순서대로 수행될 필요는 없으며, 도시된 반복 루프는 선택적이지만 유익할 것으로 믿어진다. 보다 구체적인 실시예에서, 콘트롤러(84)는 추가로, 입력 프로파일을 보장하면서 적어도 하나의 발전 시스템 작동 파라미터를 최적화하도록 구성되는 것이 유익하다. 예를 들어, 상기 미국 특허 출원 공개 제 US 2007/0055392 호의 모델 예측 제어와 같은 기술이 사용될 수 있다. MPC 방법은 GT, HRSG, ST 및 기타 복합 사이클 발전 시스템 컴포넌트에 대한 모델과, 센서 정보, 및 각각의 GT에 대해 안전 작동을 유지하면서 예정된 로딩 시퀀스를 통해서 최적의 기동 프로파일을 발생하기 위한 효율적인 온라인 옵티마이저를 사용한다. 예를 들어, 컴포넌트 작동 파라미터를 사용하여, 모델은 시스템 운동을 예측할 수 있고 장래의 제약에 대한 현재 제어 동작(GT 부하)의 효과를 탐색할 수 있다. 일 실시예에서, 옵티마이저는 발전 시스템 내의 모든 제약을 충족하는 최적의 입력 프로파일을 발생하는 최적화 문제를 온라인으로 부과 및 해결하기 위해 모델을 사용한다. 각각의 제어 단계에서, 최적화 문제는 이후 단계에 대한 최적의 제어 동작을 산출하도록 형성 및 해결된다. 이후, 새로운 센서 측정 세트가 사용되어 컴포넌트 작동 파라미터를 취득하고 모델 파라미터를 조정하여 예측 운동에서의 정확성을 최대화한다. 이 조정 이후에, 새로운 최적화 문제가 형성되고, 프로세스가 반복될 수 있다. 알고리즘은 실시간 제어 시스템에서 실행되도록 설계 및 최적화될 수 있다.

[0031]

공칭 또는 작동 제약은 다양한 소스로부터의 제약을 포함할 수 있다. 이러한 제약은 통상 적어도 발전 시스템 컴포넌트에 대한 특정 물리적 제약을 포함하지만, 추가로 정부 규제 또는 조작자 명령에 대한 준수에 관한 성능

요건을 선택적으로 포함할 수도 있다. 이러한 제약은 제약의 속성에 따라 최대 한도 또는 최소 한도의 관점일 수 있다. 물리적 공칭 작동 제약의 몇 가지 예로는 ST 회전자 내의 응력 또는 응력의 변화 속도, 인접하는 회전부와 고정부 사이의 차동 팽창 또는 간극, 및 금속과 증기 온도 또는 온도의 변화 속도가 포함된다. 추가적인 작동 제약의 몇 가지 예로는 상기 공칭 제약의 변화뿐 아니라, 예를 들어 등은 제약, HRSG 제약, 및 추가 증기 드럼 응력 제약과 같은 신규 제약이 포함된다.

[0032] 예측되는 작동 파라미터는 임의의 소정의 단수 또는 복수의 파라미터를 포함할 수 있으며, 통상적으로는 임의의 추가 작동 제약을 제공할 때 조작자가 고려해야 할 소정의 정보를 제공하기 위해 선택되는 파라미터일 것이다. 예를 들어, 예측되는 작동 파라미터는 예측되는 GT 부하, ST의 회전자 응력 값, GT 배기 온도, 부분 기동 시간, 전체 기동 시간, 배기가스 생성, 연료 소비, 경비, 대기 온도, 이용가능한 증기, 콤포넌트 온도, 콤포넌트 압력, 또는 그 조합을 포함할 수 있다. 다른 실시예에서, 이하에서 보다 자세히 설명하듯이, 콘트롤러(84)는 대체 시나리오에 관한 정보를 발생하도록 구성되며, 디스플레이는 대체 시나리오에 관한 이러한 정보를 나타내도록 구성된다.

[0033] 본 명세서에 개시되는 실시예는 단수 또는 복수의 GT를 갖는 발전 시스템에 사용될 수 있으며, GT가 복수의 GT를 포함하고 HRSG가 복수의 HRSG를 포함할 때 특히 유용할 것으로 믿어진다. 이러한 실시예에서, 콘트롤러(84)는 각각의 GT 및 HRSG에 대해 입력 프로파일을 발생하도록 구성된다. 예시적인 일 실시예에서, 사용자 인터페이스(94)는 조작자가 시동될 GT의 개수, GT의 시동 순서, ST에 대한 HRSG의 혼합 형태(연결), GT를 혼합하기 위한 부하 레벨, 또는 그 조합에 관한 명령을 제공할 수 있도록 구성된다. 이러한 실시예에서는, 예측 작동 파라미터가 예를 들어 혼합 지점에 도달하기 위한 시간, 혼합을 완료하기 위한 시간, 소정 부하에 도달하기 위한 시간, 등은 조건, 또는 그 조합을 포함하도록 하는 것이 유용하다.

[0034] 다른 실시예에서, 사용자 인터페이스(94)는 조작자가 성능 요건에 관한 명령을 제공할 수 있도록 구성되며, 콘트롤러(84)는 성능 요건을 수신하도록 그리고 입력 프로파일을 발생할 때 성능 요건을 사용하도록 구성된다. 성능 요건은 예를 들어 기동 시간, 배기가스 생성, 연료 소비, 정미 발열율, 또는 그 조합과 같은 요건을 포함할 수 있다. 콘트롤러(84)는 추천 기동 시퀀스를 발생하기 위해 성능 요건을 사용하도록 구성될 수 있다. 다른 실시예에서, 사용자 인터페이스는 조작자가 필요할 경우 성능 요건을 변경할 수 있도록 적응될 수 있다. 이 옵션은 복합 사이클 발전 시스템의 전체 기동 시간이 종종 3시간 내지 4시간의 기간에 걸쳐서 발생하기도 하고 이 기간 중에 요건이 변화될 수 있기 때문에 유익하다.

[0035] 다른 제어 실시예가 도 1 및 도 3에 도시되어 있다. 이 실시예는 개별적으로 사용되거나 또는 도 2의 실시예와 조합되어 사용될 수 있으며, 조작자가 시동될 GT의 개수, GT의 시동 순서, ST에 대한 HRSG의 혼합 형태, 또는 그 조합에 관한 명령을 제공할 수 있는(도 3, 단계 301) 사용자 인터페이스(94)를 포함한다. 또한, 다수의 파라미터를 사용하여 운동 및 제약을 나타내도록(도 3, 단계 302) 구성되는, GT, HRSG, ST에 대한 모델(88), 및 파라미터에 대응하는 입력을 수신하도록 구성되고 제약을 충족시키며 적어도 하나의 발전 시스템 작동 파라미터를 최적화하는 GT, HRSG, ST의 입력 프로파일을 발생하도록(도 3, 단계 303) 구성되는 옵티마이저(90)를 포함한다. 도 3의 실시예에서, 옵티마이저(90)는 추가로, 발전 시스템 작동의 스테이지 이행을 검출하고 입력 프로파일을 갱신하도록(도 3, 단계 304) 구성된다. 스테이지 이행의 일 예는 ST에 대한 HRSG의 연결 또는 분리이다. 스테이지 이행 검출의 이점은, 옵티마이저(90)가 성능 향상을 위해 프로파일을 자동으로 재구성할 수 있다는 점이다. 스테이지 변경은 예를 들어, 증기 밸브 위치 센서, 차단 밸브 센서, 바이패스 밸브 센서, GT 배기 온도 센서, HRSG 파워 센서, 또는 발전 시스템 파워 센서와 같은 센서(도시되지 않음)로부터 데이터를 취득 및 평가함으로써 검출될 수 있다.

[0036] 또 다른 제어 실시예가 도 1 및 도 4에 도시되어 있다. 이 실시예는 개별적으로 사용되거나 또는 도 2 및 도 3의 실시예 중 어느 하나 또는 양자와 함께 사용될 수 있다. 도 4의 실시예에서, 콘트롤러(84)는, 발전 시스템의 콤포넌트 파라미터를 취득하고(도 4, 단계 401), GT, HRSG, ST의 입력 프로파일을 발생하며(도 4, 단계 402), 적어도 하나의 GT, 적어도 하나의 HRSG, ST, 또는 이들 중 어느 것의 조합의 작동 제약에 대해 대체 제어 동작을 맵핑함으로써 대체 작동 시나리오를 발생하도록(도 4, 단계 403) 구성된다.

[0037] 작동 시나리오는 개별 제어 동작의 장기 시퀀스에 대한 예측을 도와준다. 예를 들어, 일 실시예에서, 대체 제어 동작은 HRSG 혼합에 관한 동작을 포함한다. ST에 대한 HRSG의 혼합 중에, 주 제어 이펙터는 차단 및 바이패스 밸브이며, 주 작동 제약 중 하나는 ST 회전자 내의 허용가능한 응력 레벨이다. 통상적으로, 바이패스 및 차단 밸브와 연관된 시정수(time constant)는 수 초 정도이며, ST 회전자 응력의 시정수는 10분 내지 20분 정도이다. 다수의 GT-HRSG 쌍이 존재하는 복합 기동 중에, ST 내로의 HRSG의 혼합은 불필요한 대기를 회피하기 위해

가능한 한 빨리 완료되어야 하는 제어 사건을 나타낸다. 혼합은 ST에 현재 연결되어 있지 않은 HRSR에서 발생한 증기를 (ST 내로) 허용하는 공정으로 구성된다. 이 공정 중에, 그 특정 HRSR에 대한 차단 밸브는 개방되어야 하며, 바이패스 밸브는 증기가 ST 내에 도입되도록 폐쇄되어야 한다. 발전 시스템이 ST 응력과 같은 작동 제약 근처에서 작동하고 있으면, 통상적인 작동 절차는 ST 회전자 내의 응력이 혼합 공정이 허용되기 전에 예정된 레벨 아래로 떨어질 때까지 대기를 요구할 수 있다. 대체 제어 동작을 위한 다중 예측 접근법을 사용하여, 컨트롤러는 장래의 제약 위배 없이 혼합을 수행하기 위해 추천되는 시간을 결정하기 위해 비혼합 및 다중 혼합 사건(다른 시간에 촉발됨)을 시뮬레이션할 수 있다. 이런 식으로, 혼합 사건을 허용하기 위해 응력이 예정된 레벨 아래로 떨어질 때까지 기다릴 필요가 없으며, 결국 시간이 상당히 절약된다.

[0038]

다른 실시예에서, 대체 제어 동작은 차단 밸브를 개방해야 할 지/때 및 그 개방 정도에 관한 동작 및/또는 등온에 걸친 GT 부하에 관한 동작을 포함할 수 있다. 일부 복합 발전 플랜트는 예를 들어 제한된 증기 과열방지 능력으로 인해 등온 제약으로 지칭되는 작동 한계를 겪는다. 등온 제약은 높은 배기 온도에 대응하는 GT 부하에서 늘어난 기간 체류하는 것에 대한 제한을 지칭한다. 예를 들어, 일 실시예에서, 등온 온도는 약 650℃이며, 등온에 대응하는 GT 부하 범위는 15℃의 날에 있어서 30 퍼센트 내지 40 퍼센트의 범위로 되지만, 작동 영역의 부하 범위는 주위 온도에 크게 좌우될 가능성이 있다. 등온 제약이 존재하면, GT는 높은 작동 온도에 의해 초래되는 손상을 회피하기 위해 규정된 최소 부하 속도에서 등온 영역을 횡단하도록 요구될 수 있다. 상이한 시간에서 등온을 횡단하기 위한 다중 예측의 사용은, 분석이 장래의 ST 회전자 과도응력을 전혀 예측하지 못할 때만 등온을 횡단하는 GT 로딩을 가능하게 한다.

[0039]

GT 등온 제약을 취급하도록 설계된 보다 구체적인 일 실시예에서, 대체 제어 동작은 상이한 장래 시간에서 등온을 횡단하는 것을 포함한다. 이 실시예에서, GT 부하가 등온 영역에 접근할 때는 언제나, GT 부하는 제어 시스템이 대체 등온 횡단 시간을 시뮬레이션하고 관련 장래 ST 회전자 응력을 평가하는 동안 유지된다. 이들 분석의 결과, 제어 시스템은 어느 등온 횡단 시간이 ST 과도응력을 초래할 것인지와 초래하지 않을 것인지를 실시간으로 결정한다. 이런 식으로, 대체 시나리오의 실시간 분석은 응력 제한에 순응하는 최초 등온 횡단 시간을 결정하는데 사용될 수 있다.

[0040]

맵핑될 제어 동작의 형태와 무관한 다른 보다 구체적인 실시예에서, 컨트롤러(84)는 대체 제어 동작을 시뮬레이션하고, 작동 제약에 대한 다중 대체 제어 동작의 효과를 예측하며, 다중 대체 제어 동작 중 어느 것이 작동 제약을 위배할 것인지와 위배하지 않을 것인지를 식별하도록(도 4, 단계 404) 구성된다. 일부 실시예에서는 컨트롤러가 대체 제어 동작을 등급 분류(rank)하도록 구성되는 것이 유용할 수 있다. 대체 제어 동작의 선택은 컨트롤러에 의해 자동화되거나 조작자에 의해 선택가능할 수 있다. 일 실시예에서, 디스플레이(92)는 발전 시스템의 대체 작동 시나리오 및 대체 제어 동작의 예측되는 효과를 표시하도록 구성되며, 사용자 인터페이스(94)는 시동될 GT의 개수, GT의 시동 순서, 및/또는 ST에 대한 HRSR의 혼합 형태에 관한 명령을 제공할 수 있는 조작자에 의해 사용된다. 컨트롤러(84)는 이후 임의의 이러한 명령을 사용하여 입력 프로파일을 발생하도록 구성된다. 컨트롤러(84)는 추천 제어 동작, 비추천 제어 동작, 또는 그 조합을 결정하도록 구성될 수 있으며, 이러한 정보 역시 표시될 수 있다. 예시적인 일 실시예에서, 컨트롤러(84)는, 예를 들어 작동 제약을 위배하거나 비추천 제어 동작을 구성할 조작자 명령의 일체의 시작(또는 오버라이드)을 방지하도록 구성된다.

[0041]

도 2의 예측되는 작동 파라미터에 관한 것이거나 도 4의 대체 작동 시나리오 및 제어 동작에 관한 것인 디스플레이 옵션에 의하면, 조작자는 보다 많은 정보를 이용할 수 있으며, 조작자 명령을 이용가능하게 만들고 전기 그리드에 전력을 공급하기에 보다 적합하다. 추가로, 컨트롤러가 상이한 성능 지수, 발전 시스템 내의 상이한 초기 조건, 현장에서의 상이한 환경 조건에 대해 가장 적합한 기동 시퀀스 및 연결 형태를 결정하기 위해 시뮬레이션에 기초한 경험으로부터의 지식을 가질 때, 조작자는 기동을 구성하기 위한 다수의 결정으로부터 해방되며, 따라서 현재 시장 또는 공급 조건에 종속되는 소수의 결정에 집중할 수 있다.

[0042]

본 명세서에서 사용되는, 단수로 지칭되는 요소 또는 단계는 특별히 언급되지 않는 한 복수의 상기 요소 또는 단계를 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다. 또한, 본 발명의 "일 실시예"에 대한 지칭은 인용된 특징부를 역시 포함하는 추가 실시예의 존재를 배제하는 것으로 해석되지 않아야 한다. 증기를 ST에 채널 유입시키기 위한 시스템 및 방법의 예시적인 실시예는 위에서 상세히 설명하였다. 예시된 시스템 및 방법은 본 명세서에 기재된 특정 실시예에 한정되지 않으며, 오히려 상기 시스템의 컴포넌트는 본 명세서에 기재된 다른 컴포넌트들과 별도로 및 독자적으로 사용될 수도 있다. 추가로, 상기 방법에 기재된 단계들은 본 명세서에 기재된 다른 단계들과 별도로 및 독자적으로 사용될 수 있다.

[0043]

본 명세서에서는 본 발명의 특정 특징부만 도시 및 기재되었지만, 당업자에 의하면 여러가지 수정예 및 변형예

가 있을 수 있다. 따라서, 첨부하는 청구범위는 본 발명의 충실한 정신에 포함되는 이러한 수정예 및 변형예를 모두 망라하는 것으로 이해되어야 한다.

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 예시적인 복합 사이클 발전 시스템의 개략도,

도 2는 본 발명의 일 양태에 따른 흐름도,

도 3은 본 발명의 일 양태에 따른 흐름도,

도 4는 본 발명의 일 양태에 따른 흐름도.

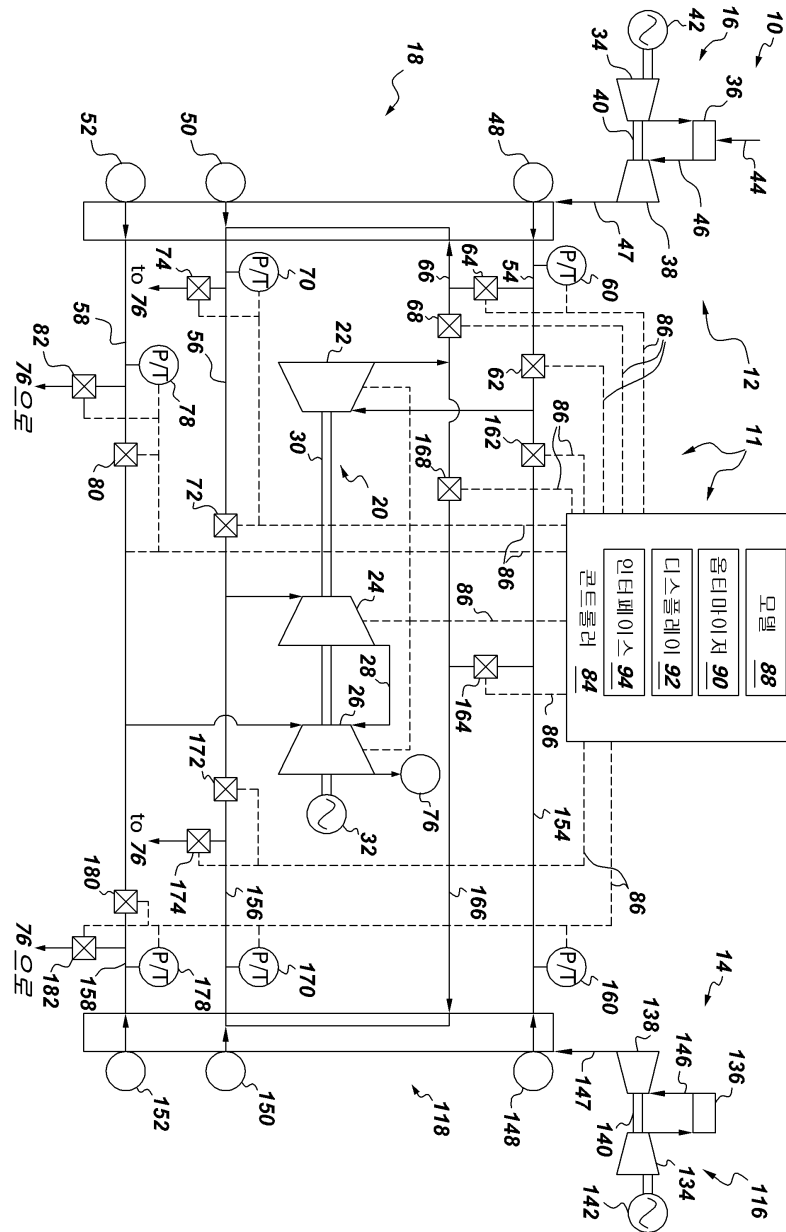
<도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>

10: 복합 사이클 발전 시스템	11: 제어 시스템
12: 선행측	14: 지연측
16, 116: 가스 터빈 엔진(GT)	18, 118: 열 회수 증기 발생기(HRSG)
20: 증기 터빈 조립체(ST)	22: 고압(HP) 터빈
24: 중간 압력(IP) 터빈	26: 저압(LP) 터빈
28: 헤더	30: 회전 샤프트
32: 발전기	34, 134: 압축기
36, 136: 연소기	38, 138: 터빈
40, 140: 회전자 샤프트	42, 142: 발전기
44: 연료	46, 146: 연소 가스
47, 147: 연소 가스	48, 148: HP 드럼
50, 150: IP 드럼	52, 152: LP 드럼
54, 154: HP 증기 헤더	56, 156: IP 증기 헤더
58, 158: LP 증기 헤더	60, 160: PT 센서
62, 162: HP 차단 밸브	64, 164: HP 바이패스 밸브
66, 166: 저온 재가열 증기 헤더	68, 168: 저온 재가열 차단 밸브
70, 170: PT 센서	72, 172: 고온 재가열 IP 차단 밸브
74, 174: IP 바이패스 밸브	76, 176: 응축기
78, 178: PT 센서	80, 180: LP 차단 밸브
82, 182: LP 바이패스 밸브	84: 콘트롤러
86: 커플링	88: 모델
90: 옵티마이저	92: 디스플레이
94: 인터페이스	201: 표시 단계
202: 수신 단계	203: 취득 단계
204: 발생 단계	301: 수신 단계
302: 모델링 단계	303: 발생 단계
304: 갱신 단계	401: 취득 단계

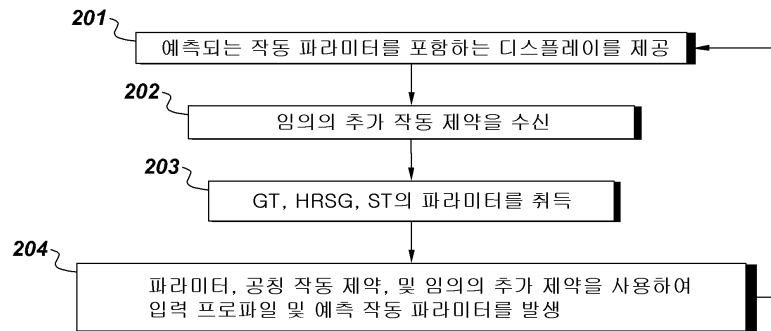
- [0076] 402: 발생 단계 403: 발생 단계
- [0077] 404: 변경된 단계

도면

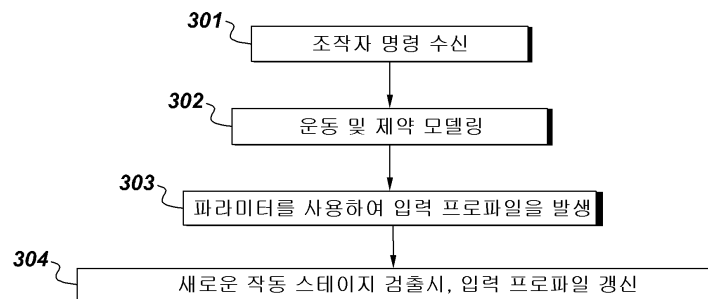
도면1



도면2



도면3



도면4

