(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0090908
(43) 공개일자 2016년08월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F22B 37/56 (2006.01) *F23J 3/02* (2006.01)
F28D 1/053 (2006.01) *F28D 21/00* (2006.01)
F28G 15/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
F22B 37/56 (2013.01)
F23J 3/023 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-7018541
(22) 출원일자(국제) 2013년12월10일
심사청구일자 2016년07월08일
(85) 번역문제출일자 2016년07월08일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2013/076142
(87) 국제공개번호 WO 2015/086051
국제공개일자 2015년06월18일

(71) 출원인
아르베에 파워 악티엔게젤샤프트
독일 에센 헤이세날리 2 (우:45128)
(72) 발명자
호프만 호르슈트
독일 52531 위바흐-팔렌베르크 임 카우에르트 54
슐체 울리히
독일 41515 그레펜브로이히 콘라트-토마스-슈트라쎄 8
(74) 대리인
특허법인코리아나

전체 청구항 수 : 총 17 항

(54) 발명의 명칭 **전력 생산 및/또는 열 공급용 증기 발생기의 출력을 제어하는 방법**

(57) 요 약

본 발명은 증기 발생기의 작동 중에 증기 및/또는 물로 작동되는 세척 장치를 사용하는 것을 감안하여 전력 생산 및/또는 열 공급용 증기 발생기의 출력을 제어하는 방법에 관한 것이다. 본 방법은 증기 발생기의 가열 면의 유효성 및/또는 오염 상태에 대한 직간접적인 판정을 가능하게 하는 증기 발생기의 상태 변수들을 모니터링하는 단계를 포함한다. 또한, 본 방법은 측정된 및/또는 파악된 상태 변수들을 기반으로 하여 유효성 예측을 수립하는 단계, 전력 수요 및/또는 열 수요의 함수로서 부하 예측을 수립하는 단계, 가용성 예측으로서 및 주위 온도 및/또는 연료 품질의 함수로서 증기 발생기의 예상 가용 최대 출력에 관한 예측을 수립하는 단계, 및 유효성 예측의 함수로서 최적의 세척 시점을 결정하되, 증기 발생기의 가열 면의 소정의 최소 유효성을 하회하지 않을 것 및/또는 가열 면의 소정의 최대 허용 오염도를 초과하지 않을 것을 조건으로 유효성 예측에 따라 개시될 타깃 세척 과정을 부하 예측 및/또는 가용성 예측에 의존하여 연기 또는 억제 및/또는 단축 또는 연장 및/또는 증강 또는 감쇠시키는 단계를 포함한다.

(52) CPC특허분류
F28D 1/05366 (2013.01)
F28G 15/003 (2013.01)
F28D 2021/0094 (2013.01)
F28F 2225/08 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

증기 발생기의 작동 중에 증기 및/또는 물로 작동되는 세척 장치를 사용하는 것을 감안하여 전력 생산 및/또는 열 공급용 증기 발생기의 출력을 제어하는 방법으로서,

- 증기 발생기의 가열 면의 유효성 및/또는 오염 상태에 대한 직간접적인 판정을 가능하게 하는 증기 발생기의 상태 변수들을 모니터링하는 것,

- 측정된 및/또는 파악된 상태 변수들을 기반으로 하여 유효성 예측을 수립하는 것,

- 전력 수요 및/또는 열 수요의 함수로서 부하 예측을 수립하는 것,

- 가용성 예측으로서 및 주위 온도 및/또는 연료 품질의 함수로서 증기 발생기의 예상 가용 최대 출력에 관한 예측을 수립하는 것, 및

- 유효성 예측의 함수로서 최적의 세척 시점을 결정하되, 증기 발생기의 가열 면의 소정의 최소 유효성을 하회하지 않을 것 및/또는 가열 면의 소정의 최대 허용 오염도를 초과하지 않을 것을 조건으로 유효성 예측에 따라 개시될 타깃 세척 과정을 부하 예측 및/또는 가용성 예측에 의존하여 변경하는 것을 포함하는 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 유효성 예측에 따라 개시될 타깃 세척 과정을 연기 또는 억제 및/또는 단축 또는 연장 및/또는 증강 또는 감쇠시키는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상태 변수들로서 적어도 증기 발생기의 가열 면 온도 및/또는 재가열 온도를 파악 및/또는 측정하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 4

선행 항들 중 어느 한 항에 있어서, 증기 발생기에 대한 부하 예측을 기상 예보 데이터의 함수로서 수립하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 5

선행 항들 중 어느 한 항에 있어서, 강력한 부하가 예측될 경우에는 타깃 세척 과정을 억제 또는 연기 및/또는 감쇠 및/또는 단축시키고, 미약한 부하가 예측될 경우에는 타깃 세척 과정을 앞당김 및/또는 증강하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 6

선행 항들 중 어느 한 항에 있어서, 지연된 타깃 세척 과정을 증강하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 7

선행 항들 중 어느 한 항에 있어서, 부하 예측, 가용성 예측, 및 유효성 예측을 신경망 모델에 의해 수립하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서, 적어도 유효성 예측과 부하 예측을 세척 과정을 제어하는 퍼지 제어기의 입력 변수로서 사용하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서, 세척 과정의 지속 시간 및 세척 면적 크기에 의존하여 예상할 수 있는 세척에 기인한 가열

면의 마모를 퍼지 제어기의 입력 변수로서 사용하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 10

제 8 항 또는 제 9 항에 있어서, 부하 예측을 전력 가격 예측으로서 나타내되, 바람직하게는 전력 가격 예측을 퍼지 제어기의 입력 변수로서 사용하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 11

선행 항들 중 어느 한 항에 있어서, 강력한 부하의 단계 내에서 타깃 세척 과정을 증기 발생기의 가용성이 높은 것으로 예측된 시간으로 연기하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 12

선행 항들 중 어느 한 항에 있어서, 부하 예측 및 가용성 예측에 의존하여 부하에 따라 제어되는 증기 발생기의 출력 제어를 위한 제어 계획을 수립하고, 증기 발생기를 제어 계획에 의거하여 출력 제어하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 13

선행 항들 중 어느 한 항에 있어서, 부하 예측, 가용성 예측, 및 유효성 예측을 시간 및/또는 일별로 산정된 시간에 대해, 바람직하게는 약 0 내지 24시간 및/또는 약 0 내지 48시간에 대해 수립하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 14

전력 생산 및 열 공급용 증기 발생기의 출력을 제어하되, 적어도 하나의 증기 발생기 및 제어 에너지 제공 시스템을 가상 밸런싱 그룹으로 통합하는 방법으로서,

- 증기 발생기 또는 증기 발생기들에 대한 전력 수요 및/또는 열 수요의 함수로서 부하 예측을 수립하는 것 및

- 증기 발생기 또는 증기 발생기들의 예상 가용 최대 출력에 대한 예측을 가용성 예측으로서 및 바람직하게는 주위 온도 및/또는 연료 품질의 함수로서 수립하는 것을 포함하되,

제어 계획이 밸런싱 그룹으로 통합되는 최대 출력을 갖는 증기 발생기와 최소 출력을 갖는 제어 에너지 제공 시스템을 감안하는 방법.

청구항 15

제 14 항에 있어서, 증기 발생기 또는 증기 발생기들의 총 발전기 출력 및/또는 순 발전기 출력을 모니터링하고, 제어 에너지 제공 시스템이 제어 계획과 대비한 생산 차를 보상하도록 제어 에너지 제공 시스템을 제어하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 16

제 14 항 또는 제 15 항에 있어서, 제어 에너지 제공 시스템으로서 차단 가능한 부하 및/또는 전력 생산 시스템, 특히 증기 발생기 또는 가스 발전소를 사용하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 17

제 14 항 내지 제 16 항 중 어느 한 항에 있어서, 보충적 출력 옵션들 및/또는 제어 에너지 옵션들을 가용성 예측에서 감안하되, 바람직하게는 보충적 출력 옵션들이 개개의 출력 감소 구성 요소들의 일시적 차단을 기반으로 하는 것을 특징으로 하는 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 전력 생산 및/또는 열 공급용 증기 발생기(steam generator), 바람직하게는 화석 연료 또는 유기물 연료로 연소되는 보일러를 포함하는 그러한 증기 발생기에서, 특히 증기 발생기의 작동 중에 증기 및/또는 물로 작동되어 증기 발생기의 가열 면을 세척하는 세척 장치를 사용하는 것을 감안하여 증기 발생기의 출력을 제어하

는 방법에 관한 것이다.

[0002] 본 발명에 따른 증기 발생기의 출력 제어 방법은 잔재(residue)의 소각을 위한, 잔재의 혼합 소각(co-incineration)을 위한, 및 폐기물의 소각을 위한 연소 시스템을 구비한 증기 발생기에서 출력을 제어하는 것도 또한 포함한다.

[0003] 본 발명에 따른 증기 발생기의 출력 제어 방법은 특히 흔히 최대 출력의 범위에서 작동되는 그러한 증기 발생기에서 출력을 제어하는 것을 포함한다.

배 경 기 술

[0004] 공칭 조건(nominal conditions) 하에서의 증기 발생기의 최대 전기 연속 출력(또는 열 발생기의 경우의 열 출력)을 정격 출력이라 지칭한다(VGB 가이드라인 RV809 참조). 증기 발생기의 정격 출력은 정적으로 결정되고, 증기 발생기의 설계 값에 해당한다. 마찬가지로 통상 조건(normal conditions) 하에서의 연속 출력으로서 특정되고 장기간에 걸친 출력이 가장 약한 시스템 부분(병목)에 의해 제한되는 병목 출력(bottleneck output)은 그와는 상이하다(VGB 가이드라인 RV809). 이하, "정격 출력" 및 "병목 출력"이란 용어는 공칭상으로 제한되는 전기 출력의 표지로서 동의어로 사용된다.

[0005] 본원의 의미에서, 증기 및/또는 물로 작동되는 세척 장치란 특히 스팀 블로워(steam blower) 또는 스팀 랜스 타입 스크루 수트 블로워(steam lance-type screw soot blower), 에코 스팀 블로워(eco-steam blower), 워터 캐논/스팀 캐논(water/steam cannon), 워터 랜스 블로워(water lance blower), 및 워터 블로워(water blower)를 의미할 수 있다.

[0006] 통상, 워터 랜스 블로워로는 작동 중에 스팀 보일러의 연소실의 복사 가열 면을 세척하고, 스팀 블로워 등의 장비로는 스팀 보일러의 재가열 면을 세척한다.

[0007] 전력 생산 및 열 활용을 위한 화석 연료용 연소 시스템, 잔재 혼합 소각 시스템, 및 폐기물 소각 시스템은 연료 중의 회분 형성 물질들(ash-forming substances)로 인해 점점 증가하는 보일러 오염에 처해진다. 따라서 연속 작업 시에 그러한 오염을 물 및/또는 증기로 작동되는 세척 장치에 의해 세척하여 제거하여야 한다. 세척에 필요한 증기는 대부분 공정 증기로서, 시스템으로부터 디커플링된다. 세척이 정시에 수행되지 않거나 현격히 너무 늦게 수행되면, 특히 용해, 침전물의 융해, 화학 공정에 기인할 수 있는 침적물들이 스케일(scale)들을 유발하고, 그러한 스케일들은 시스템의 열 전달 및 효율을 크게 악화시킨다.

[0008] 침적물들의 유형 및 범위에 따라, 증기 발생기의 예정된 작동 정지 중에 기계적/유압적 세척 제거를 수행하여야 한다. 이때, 부분적으로 상당한 비용 및 가용성 손실이 발생한다. 부가적으로, 큰 케이킹 침적물들이 의도치 않게 예컨대 재가열 면으로 투척됨으로 인해, 보일러에 기계적 손상이 일어날 수 있다.

[0009] 따라서 증기 발생기의 작동 중에 의도적인 적절한 세척을 하는 것이 필수적이다. 이때, 가능한 한 보일러의 오염된 영역을 정확하게 겨냥하여 요구에 상응하게 세척하여야 하는데, 왜냐하면 불충분한 세척뿐만 아니라 과잉의 세척도 시스템의 상태를 악화시키기 때문이다. 과잉의 세척은 해당 시스템 부분의 마모 증가를 수반하는데, 그 역시 바람직한 것이 아니다.

[0010] 세척 장치의 작동에 필요한 증기는 전력 생산에 제공되지 못하고, 그 때문에 그러한 증기 탭핑(tapping)은 출력 손실에 필적할 수 있다.

[0011] 보일러 벽/복사 가열 면의 세척에 물을 사용하는 것은 보일러 벽을 냉각시켜 시스템 열을 빼앗게 되는데, 그러한 시스템 열은 그렇지 않으면 전력 생산 또는 열 활용에 사용되었을 것이므로, 그러한 세척 과정도 또한 일반적으로 출력 손실을 수반한다.

[0012] 세척의 의미에서, 오염된 면들을 오염되지 않은 면들과 대비하여 정확하게 결정하는 데에는 어느 정도의 불확실성이 따르기 때문에, 흔히 더 큰 영역을 세척하여야 한다. 이때, 그와 같이 하면, 깨끗한 면들에도 증기 또는 물이 분사되고, 그러면 그 면들이 불균형적으로 냉각되어 증기 생성을 방해한다. 깨끗한 면들의 세척은 마모를 일으키기 쉬우므로, 가급적 회피되어야 한다.

[0013] 끝으로, 물의 사용 및 증기의 사용은 생증기 온도(live steam temperature) 및 재가열 온도의 하락을 가져오는데, 그 역시 출력 저하 및 효율 손실을 수반한다.

[0014] 특히, 마모 문제를 감안하고 있는 워터 랜스 블로워의 제어 방법이 예컨대 DE 10 2006 022 627 A1로부터 공지되어 있다. 연소실 벽의 세척에는 세척할 벽 영역의 열 응력이 어느 정도 수반되기 때문에, DE 10 2006 022 627

A1에 개시된 세척 방법에서는, 면적 및 범위에 있어 한정된 증기 발생기의 슬래깅(slagging) 영역만을 세척한다. 유사한 방법이 예컨대 DE 281453 B5로부터 공지되어 있다. 연소실 벽의 세척을 위한 워터 랜스의 작동을 제어하는 다른 방법이 예컨대 DE 41 39 838 A1로부터 공지되어 있다.

[0015] 세척 장치를 제어하는 공지의 방법들에서 주로 목표하는 바는 큰 가용성 손실을 수반하는 시스템 정지를 일으킴이 없이 보일러의 가용을 가급적 길게 보장하는 것이다.

[0016] 소위 재생 가능한 에너지 원들로부터 생성되는 전력의 공급이 증가함에 따라, 전력 시장에서 점점 더 심한 수요 변동이 나타나고 있고, 그에 따라 통상적으로 전력 시장에서 기저 부하 공급(base load supply)의 역할을 하는 증기 발생기도 또한 해당 증기 발생기의 가능한 한 모든 부하 포텐셜(load potential)들이 이용 가능하도록 작동하는 것이 바람직하다.

[0017] 본원의 의미에서, 증기 발생기란 연소 장치 및 부속된 물-증기 회로를 갖는 발전소 블록을 의미할 수 있다. 다수의 증기 발생기들 또는 발전소 블록들이 하나의 발전소로 통합될 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0018] 따라서 본 발명의 과제는 보일러 또는 증기 발생기의 작동 중에 증기 및/또는 물로 작동되는 세척 장치를 사용하는 것을 감안하여 증기 발생기의 최적의 출력 수율은 물론 최적의 효율을 보장하는 증기 발생기의 출력 제어 방법을 제공하는데 있다.

[0019] 본 발명의 부가의 양태는 제어 에너지의 단기 제공에 대한 요건을 최적으로 감안하여 다수의 전력 생산 시스템들의 출력을 총괄적으로 제어하는 것에 관한 것이다.

[0020] 본원에서 사용되는 보일러란 용어는 "증기 발생기"란 용어에 대한 동의어로 사용된다.

과제의 해결 수단

[0021] 본 발명의 과제는 청구항 1에 따른 방법 및 청구항 14에 따른 방법에 의해 해결된다. 그 방법들의 바람직한 구성들이 각각의 종속 청구항들로부터 개시된다.

[0022] 증기 발생기의 작동 중에 증기 및/또는 물로 작동되는 세척 장치를 사용하는 것을 감안하여 전력 생산 및/또는 열 공급용 증기 발생기의 출력을 제어하는 방법은 다음의 방법 단계들을 포함한다:

[0023] - 증기 발생기의 가열 면의 유효성(effectiveness) 및/또는 오염도에 대한 직간접적인 판정을 가능하게 하는 증기 발생기의 상태 변수들을 모니터링하는 단계,

[0024] - 측정된 및/또는 파악된 상태 변수들을 기반으로 하여 유효성 예측을 수립하는 단계,

[0025] - 시장의 전력 수요 및/또는 열 수요의 함수로서 부하 예측을 수립하는 단계,

[0026] - 가용성 예측으로서 및 예상되는 주위 온도 및/또는 연료 품질의 함수로서 증기 발생기의 예상 가용 최대 출력에 관한 예측을 수립하는 단계, 및

[0027] - 유효성 예측의 함수로서 최적의 세척 시점을 결정하되, 증기 발생기의 가열 면의 소정의 최소 유효성을 하회하지 않을 것 및/또는 가열 면의 소정의 최대 허용 오염도를 초과하지 않을 것을 조건으로 유효성 예측에 따라 개시될 타깃 세척 과정을 부하 예측 및/또는 가용성 예측에 의존하여 변경하는 단계.

[0028] 본원의 의미에서, 유효성 예측이란 주로 가열 면의 기술적 유효성의 관점에서 과잉의 재료 마모 및/또는 예정되지 않은 시스템 정지를 방지하는데 적합한 세척 시점 및/또는 세척 사이클을 결정하도록 하는 예측을 의미할 수 있다. 이때, 유효성 예측은 예컨대 오염에 수반하여 변하는 가열 면의 온도를 기반으로 할 수 있다.

[0029] 타깃 세척 과정의 변경은 특히 세척 과정을 연기 또는 억제 및/또는 단축 또는 연장 및/또는 강화 또는 감쇠시키는 것이다. 즉, 부하 예측의 측면에서 증기 발생기의 실제 출력을 최적으로 맞추기 위해 증기 발생기에의 개입을 애초 계획된 시점에 비해 변경하는 한에서 타깃 세척 과정이 변경된다.

[0030] 본원의 의미에서, 부하 예측이란 전력/열의 공급을 위해 증기 발생기에 요구되는 예상 수요(부하)에 관한 예측을 의미할 수 있다. 부하 예측은 예컨대 전력 망 운영자(network operator), 재분배자(redistributor), 에너지 거래자(energy trader)에 의해 또는 증기 발생기의 제어 장치에서 수립될 수 있다. 이때, 부하 예측은 부하를

커버하기 위해 메리트 오더(merit order)를 고려한 증기 발생기의 출력을 사용할 것인지 여부 및 그러한 어떤 출력을 사용할 것인지 감안하는 것이 바람직하다.

[0031] 부하 예측 및 가용성 예측은 여러 번 반복하는 과정 중에 서로 매치되는 것이 바람직하다.

[0032] 본원의 의미에서, 가용성 예측이란 증기 발생기의 예상 최대 출력에 관한 예측을 의미할 수 있는데, 여기서 그러한 최대 출력은 조건 여하에 따라 증기 발생기 또는 해당 발전소 블록의 정격 출력 또는 병목 출력의 아래 또는 위에 있을 수 있다. 그것은 증기 발생기의 실제 가용 출력이 증기 발생기의 정격 출력을 기준으로 하여 변동한다는 인식에 입각한 것이다. 다른 요인들 이외에도, 특히 주위 온도 및 연료의 품질이 실제 가용 출력에 큰 영향을 미친다. 이때, 주위 온도는 무엇보다도 경우에 따라 증기 발생기의 사용 가능한 출력에 대한 제한 인자가 되는 냉각 타워의 냉각 출력에 영향을 미친다. 낮 기온이 비교적 낮으면, 출력은 주위 온도가 높을 때보다 커진다. 또한, 출력은 사용되는 연료의 발열량(heat value)에도 의존하여 달라진다. 예컨대, 석탄을 연료로 사용할 경우, 출력은 사용되는 석탄 품질에 의존하여 달라진다. 석탄 품질의 변동은 예컨대 연도 가스의 양의 변동을 일으키고, 그것은 다시 블로워의 출력 수요의 변동을 수반하여 증기 발생기의 출력(순출력)에 영향을 미친다.

[0033] 그러한 상황을 감안하여 증기 발생기의 예상 가용 최대 출력에 관한 예측을 수립하는 것은 정격/병목 출력을 기준으로 한 증기 발생기의 출력 변동을 세척 시점 및 세척 사이클을 결정하는데 반영하는 것을 가능하게 한다.

[0034] 본 발명에 따른 방법에 의하면, 추가로 전력 수요 및/또는 열 수요의 함수로서의 부하 예측을 세척 시점 또는 세척 사이클의 결정을 위한 기준으로서 반영하여 유효성의 관점 하에 증기 발생기의 기술적 가용성의 의미에서 파악된 최적의 세척 시점 및/또는 경우에 따라 세척할 면의 비율의 의미에서 그에 대해 파악된 최적의 세척 시간을 연기한다. 추가로 또는 대안적으로, 세척 과정의 강도를 강화시키거나 감쇠시킬 수 있다. 그것은 망에서의 부하 수요가 피크일 때에 보일러의 출력 수율이 가능한 한 최대인 것이 바람직하므로, 그러한 시간대에는 세척에 기인한 보일러의 부하 드롭(load drop)을 피하여야 한다는 고려에 입각한 것이다. 세척 또는 세척 사이클에 가용되는 시간대는 본 발명에 따라 전부하 최적화(full load optimization)의 의미에서 전력 수요에 의존하여 연기되거나 최적화된다.

[0035] 즉, 예컨대 최적의 세척 시점은 그것이 피크 전력 수요의 단계에 속한다면 경우에 따라 증기 발생기에 더 적은 부하가 요구되는 단계에 속하도록 연기될 수 있는데, 그 경우에 그러한 단계에서는 수요에 의존하는 전력 가격도 역시 당연히 더 낮게 된다.

[0036] 즉, 본 발명에 따르면, 수요 지향적인 세척 및 그러한 세척으로 인해 생기는 증기 발생기의 최소 출력을 실제 전력 수요 및 그로 인한 전력 가격 또는 실제 열 수요에 연계시킨다.

[0037] 이때, 한편으로 과정의 오염이 계속해서 저하되지 않도록 하고, 다른 한편으로 세척에 기인하여 예상되는 증기 발생기의 출력 손실이 전력 수요가 적은 단계에 속하도록 하는 것이 보장되어야 한다.

[0038] 그와 함께, 소정의 최대 허용 오염을 초과하지 않도록 하여 예정되지 않은 보일러의 정지를 회피하도록 하여야 한다.

[0039] 전술한 방법은 특히 갈탄(brown coal)으로 연소되는 보일러 또는 증기 발생기에 적용하기 적합한데, 왜냐하면 갈탄은 그 성질 여하에 따라 높은 비율의 슬래그 형성 물질들을 함유하고, 그러한 증기 발생기에서는 효율 최적화된 작동이 매우 중요하기 때문이다.

[0040] 증기 발생기의 상태 변수들로서, 적어도 가열 면 온도 및/또는 증기 발생기의 생증기 온도 및/또는 증기 발생기의 재가열 온도를 탐지 및/또는 측정한다. 가열 면 온도는 예컨대 가열 면의 오염 상태를 파악하는데 사용될 수 있고, 그것은 예컨대 공지의 열 화상 방법에 의해 파악될 수 있다. 연소실의 벽 온도가 연소실의 오염도에 대한 지표로서 사용될 수 있다. 가열 면의 온도는 예컨대 적절한 온도 센서에 의해 측정될 수도 있다.

[0041] 연소실 온도를 파악하고 모니터링하는 방법은 예컨대 DE 10 2006 022 627 A1 및 DE 10 2007 039 945 A1에 개시되어 있다. 또한, 후자의 간행물에는 가열 면 유효성을 파악하는 방법도 개시되어 있다.

[0042] 본 발명에 따른 방법의 바람직한 양태에서는, 증기 발생기에 대한 부하 예측을 기상 예보 데이터의 함수로서 수립하는 구성이 제공된다. 기본적으로, 특정의 날씨 조건에서는 망에서 재생 에너지 원으로부터의 전력이 덜 공급되어 여러 날들의 기간에 걸친 매우 신뢰성 있는 부하 예측을 수립할 수 있다는 것이 알려져 있다. 증기 발생기에 의해 열을 공급하는 경우, 부하 예측은 예측되는 열 수요에 의존하여 이뤄진다. 부하 예측은 반드시 기상 예보를 기반으로 수립되어야 하는 것은 아니고, 예컨대 산업계의 전력 소비처 및/또는 열 소비처의 온 또는 오

프를 기반으로 부하 예측이 이뤄질 수도 있다. 예컨대, 알루미늄 제조용 생산 시스템이 가동을 시작하면 상당량의 전력이 필요하므로, 그러한 시스템의 가동 개시는 예측 가능한 부하 드롭이 된다.

[0043] 전력 망에서 강력한 부하가 예측될 경우에는 타깃 세척 과정을 억제 및/또는 감쇠 및/또는 및/또는 연기 및/또는 단축할 수 있고, 미약한 부하가 예측될 경우에는 타깃 세척 과정을 앞당김 및/또는 증강할 수 있다. 본원의 의미에서, 타깃 세척 과정이란 수행된 유효성 예측을 기반으로 할 때에 특정 세척 시점에 유의적이고 바람직한 것이지만 그 시점에 반드시 필요로 하는 것은 아닌 세척 과정을 의미할 수 있다. 반드시 지켜야 하는 세척 시점에 반드시 필요로 하는 세척 과정은 가열 면의 유효성이 소정의 최소 유효성에 미치지 못하거나 가열 면의 오염이 최대 허용 오염을 초과하는 경우에 개시되는 세척 과정만이 그러한 세척 과정이다.

[0044] 특정 세척 시점에 정해진 세척 사이클을 거치게 되는데, 이때 경우에 따라서는 세척 시점을 연기하는 것이 아니라, 세척할 면의 의미에서의 세척 범위를 한정하거나 확장하는 구성이 제공될 수도 있다. 경우에 따라, 예컨대 워터 랜스 블로워의 사용 시에 수압의 제어를 통해 세척 강도를 감소시키거나 증가시킬 수도 있다. 본원의 의미에서, 세척 시점이란 세척 사이클의 시작점을 의미할 수 있다.

[0045] 지연된 타깃 세척 과정을 증강시키는 것이 매우 바람직하다. 즉, 전력 망의 강력한 부하 단계에서 억제되었다가 추후 시점에 시작되는 타깃 세척 과정의 경우, 가열 면에 오염물이 잔존하는 것을 피하기 위해 그 타깃 세척 과정을 증강시킨다.

[0046] 가용성 예측 및 유효성 예측을 신경망 모델(neural model)에 의해 수립하는 것이 매우 바람직하다.

[0047] 또한, 적어도 유효성 예측 및 부하 예측을 세척 사이클을 개시 및/또는 해제하는 퍼지 제어기(fuzzy controller)의 입력 변수로서 사용하는 것이 바람직하다.

[0048] 세척 과정의 지속 시간 및 세척 면적 크기에 의존하여 예상할 수 있는 세척에 기인한 가열 면의 마모도 역시 퍼지 제어기의 입력 변수로서 사용할 수 있다.

[0049] 부하 예측을 전력 가격 예측으로서의 나타내는 것이 바람직하다. 퍼지 제어의 경우, 전력 가격 예측을 퍼지 제어기의 입력 변수로서 사용한다. 예컨대, 가열 면 유효성 지향적인 수트 블로워 관리 시스템 또는 적외선 카메라 유도 세척 시스템과 같은 진단 시스템들에 의해, 기술적 세척 요구 및 기술적 최적 세척 시점을 결정하여 세척 장치들의 제어를 위한 제어 기법에 전달한다. 기술적 세척 요구는 이미 전술한 바와 같은 유효성 예측의 결과로부터 나온 세척 요구이다.

[0050] 대안적으로, 열 수요 예측과 같은 부하 예측을 예컨대 계절별로 또는 산업계의 소비처의 온 또는 오프에 의존하여 수립할 수도 있다.

[0051] 본 발명에 따르면, 증기 발생기(발전소 블록)에서의 부하 계획, 세척 계획, 및 가동 계획을 부하 제어기(load controller)에 의해 평가 및 자동화한다. 예컨대, 해당 소프트웨어를 갖춘 전자 데이터 처리 장치가 부하 제어기로서 마련될 수 있다. 부하 제어기에서는, 시간적 및 기술적 조치의 여지(scope)를 결정하여 예컨대 전력 시장에서의 가격 전개 및 수요와 연계시킨다. 그러면 그로부터 가격 최적화 및 수요 최적화된 세척 계획이 나오게 되는데, 그 경우 그러한 세척 계획은 전력 시장에서의 가격이 높은 시점에 최소 부하를 허용하지 않고, 저가격의 단계에서 세척 장치들을 제어 구동한다. 그럼으로써, 실제 전력 수요 및 가격 수요가 최적으로 감안된다. 그러한 최적화에는 연료 계획도 포함될 수 있다.

[0052] 전력 시장 또는 열 수요로부터 나온 수익/가격을 평가하고, 수용 가능한 세척 과정을 파악하며, 양자의 기준의 최적화를 모색하여 제어 구동을 한다. 그 경우, 세척 시스템의 제어 구동은 진단 시스템 및/또는 제어 기법에 의해 자동으로 수행될 수 있거나, 권고로서 운영 스태프에 전달되어 이후에 운영 스태프가 제어 구동을 수행할 수 있다.

[0053] 본 발명에 따른 방법의 바람직한 양태에서는, 강력한 부하의 단계 내에서 타깃 세척 과정을 높은 가용성이 예측되는 시간으로 연기하는 구성이 제공된다. 이때, 추가적으로 세척 과정의 수행을 계획할 때에 증기 발생기의 더 높은 최대 가능 출력을 감안한다. 그것은 특히 더 높은 최대 가능 출력이 가용성 예측에 이미 포함되어 있는 것이 아니라, 변경하지 않았다면 출력을 제한하였을 파라미터의 변경에 의거하여 단기간 내에 주어지는 경우에 유리하다.

[0054] 본 방법의 또 다른 바람직한 구성에서는, 가용성 예측의 수립 시에 및 실제 제어 시에 특히 증기 발생기의 출력 제한 인자들을 모니터링하고 감안한다. 그것은 예컨대 연료의 발열량, 생증기량, 생증기 온도, 재가열 온도, 재

가열 압력, 재가열 가열량, 및/또는 냉각수 온도이다.

[0055] 부하 예측 및 가용성 예측에 의존하여 부하 제어에 의한 증기 발생기의 출력 제어를 위한 제어 계획을 수립하고, 그 제어 계획에 의거하여 증기 발생기를 그 출력에 있어 제어하는 것이 바람직하다. 따라서 증기 발생기의 타깃 대 실제 제어가 수행된다.

[0056] 증기 발생기의 출력 제어는 주파수 제어 및 발전기의 배후에서의 2차 출력 제어를 통해 통상적인 방식으로 가능하다. 그 경우, 증기 발생기의 하류에 연결된 발전기로부터 전력 망으로 인도되는 전기 출력의 제어를 통해 출력 제어가 수행된다.

[0057] 부하 예측, 가용성 예측, 및 유효성 예측을 시간 및 일별로 산정된 시간에 대해, 바람직하게는 금일 동안의 약 0 내지 24시간의 기간에 대해 및 이후 날들 동안의 약 0 내지 48시간의 기간에 대해 수립하는 것이 바람직하다.

[0058] 예컨대, 익일에 대한 일과 계획의 형태로 된 증기 발생기의 작동 방식에 대한 스케줄로서 제어 계획을 발행하고, 이어서 익일에 그 제어 계획에 의거하여 증기 발생기의 제어를 수행하되, 이때 제어 계획은 증기 발생기의 출력에 대한 참조 변수(reference variable)를 지정할 수 있다.

[0059] 실제로, 예컨대 일별 기간 또는 24시간의 기간에 대해 발행된 그러한 제어 계획을 전력 망의 요구에 따라 쿼터 시간마다(quarter-hourly) 과도 제어하는 구성이 제공될 수 있다.

[0060] 추가로, 보충적 출력 옵션들 및/또는 제어 에너지의 제공을 위한 옵션들을 가용성 예측에서 감안하는 구성이 제공될 수 있다. 보충적 출력 옵션들은 특히 여하튼 일시적으로 증기 발생기의 높은 출력을 가능하게 하지만 경우에 따라 증기 발생기의 낮은 효율을 수반하는 출력 옵션들이다. 그러한 보충적 출력 옵션의 일례는 예열기를 끄는 것이다. 그럼으로써, 효율에 부담을 주는 출력 증가가 얻어진다. 제어 에너지를 제공하기 위해, 제어 출력을 가져올 수 있는 증기 발생기의 출력 대역을 정확하게 특정할 수 있다.

[0061] 본 발명에 따른 방법은 정격 출력/병목 출력 위에 있는 최대 출력을 예정하는 것도 가능하다는 의미에서 증기 발생기의 부하 포텐셜을 전부 활용하는 것을 가능하게 한다. 추가로, 출력의 양호한 계획성이 제공되는 출력에서의 좁은 안전 대역을 가능하게 한다. 가용성 예측이 없다면, 증기 발생기의 정격 출력을 기준으로 어느 정도의 출력 대역 폭을 비가용 블록 출력으로서 제공하여 경우에 따라 전력 망의 부하 요구에 따라 증기 발생기를 그 대역 폭 내에서 제어하는 것이 필요하게 될 것이다. 가용성 예측의 수립에 의해, 증기 발생기의 정격 출력 위에 있는 증기 발생기의 출력을 예정하는 것이 가능하고, 그에 따라 세척 과정의 계획 시에 증기 발생기의 최대 가능 출력을 감안할 수 있게 된다.

[0062] 본 발명은 밸런싱 그룹 관리(balancing group management)의 과정 중에 다수의 증기 발생기들 및/또는 적어도 하나의 증기 발생기와 제어 에너지 제공 시스템을 동시에 감안할 경우에 또 다른 이점을 구현한다. 기본적으로, 필요 시에 부하 요구를 정확히 지키기 위해 및/또는 망 안정성에 기여하기 위해 그 출력의 정해진 일부를 예비(reserve)(제어 에너지)로 남겨 두어야 하는 요구가 증기 발생기에 요구된다. 그러한 요구는 밸런싱 그룹 관리의 과정 중에 해당 출력을 제공함으로써 충족될 수도 있다.

[0063] 그에 상응하여, 적어도 하나의 증기 발생기 및 제어 에너지 제공 시스템을 가상 밸런싱 그룹으로 통합하는, 전력 생산 및 열 공급용 증기 발생기의 출력 제어 방법이 제공된다. 제어 에너지 공급 시스템은 기본적으로 미리 정해진 충분한 출력을 특히 소정의 시간 내에 요청에 응하여 제공할 수 있는 모든 타입의 에너지 발생기일 수 있다. 따라서 그 자격 적합성에 있어 결정적인 것은 무엇보다도 최대 출력 및 그 최대 출력에 도달하기 위한 가능한 워밍업 램프(warm-up ramp)이다. 특히, 제어 에너지 제공 시스템은 또 다른 증기 발생기, 양수 발전소, 또는 차단 가능한 동력 설비일 수 있다.

[0064] 그래서 본 발명에 따른 방법은 증기 발생기 또는 증기 발생기들에 대한 전력 수요 및/또는 열 수요의 함수로서 부하 예측을 수립하는 단계, 증기 발생기 또는 증기 발생기들의 예상 가용 최대 출력에 대한 예측을 가용성 예측으로서 수립하는 단계, 및 밸런싱 그룹으로 통합되는 최대 출력을 갖는 증기 발생기와 최소 출력을 갖는 제어 에너지 제공 시스템을 감안한 제어 계획을 수립하는 단계를 포함한다.

[0065] 그러한 방법은 증기 발생기가 종전과는 달리 그 최대 출력으로 작동될 수 있고 제어 에너지를 제공할 필요가 없다는 이점을 제공한다. 그것은 빈번한 부하 교체를 피할 수 있기 때문에, 특히 시스템 마모의 관점에서도 증기 발생기의 경제적인 이용을 가능하게 한다.

[0066] 개개의 증기 발생기의 출력 변동은 다수의 증기 발생기들을 감안할 때에 확률적 영향(stochastic effect) 그 자

체에 의거하여 상당 부분 보상되거나, 에너지 제공 시스템에 의해 중앙 집중적으로 보상된다.

[0067] 제어 계획은 특히 향후 시간에 대해, 예컨대 시간 및 일별로 산정된 기간에 대해, 예컨대 금일 동안의 약 0 내지 24시간의 기간에 대해 및 이후 날들 동안의 약 0 내지 48시간의 기간에 대해 수립된다.

[0068] 가용성 예측은 이미 전술한 바와 같이 주위 온도 및/또는 연료 품질의 함수로서 수립되는 것이 바람직한데, 그것은 그러한 파라미터가 가용 출력에 상당한 영향을 미치기 때문이다.

[0069] 본 방법의 범위에서는, 증기 발생기의 총 발전기 출력(gross generator output) 및/또는 순 발전기 출력(net generator output)을 모니터링하는 것이 바람직하다. 2개의 출력 값들 중의 하나를 모니터링하는 것으로도 충분한데, 왜냐하면 해당 시스템을 알면 다른 값을 추정할 수 있기 때문이다. 그 경우, 제어 에너지 제공 시스템이 제어 계획과 대비한 생산 차를 보상하여 각각의 시점에 밸런싱 그룹이 보상되도록 제어 에너지 제공 시스템을 제어한다.

[0070] 추가로, 보충적 출력 옵션들 및/또는 제어 에너지의 제공을 위한 옵션들을 가용성 예측에서 감안하는 구성이 제공될 수 있다. 보충적 출력 옵션들은 특히 여하튼 일시적으로 증기 발생기의 높은 출력을 가능하게 하지만 경우에 따라 증기 발생기의 낮은 효율을 수반하는 출력 옵션들이다. 그러한 보충적 출력 옵션의 일례는 예열기를 끄는 것이다. 그럼으로써, 효율에 부담을 주는 출력 증가가 얻어진다. 보충적 출력 옵션들은 특히 제어 에너지를 제공하는데 사용될 수 있다.

[0071] 청구항 14에 따른 다수의 증기 발생기들의 출력을 제어하는 방법에서도, 특히 증기 발생기의 작동 중에 증기 및/또는 물로 작동되는 세척 장치들을 사용하는 것을 감안하는 것이 적용될 수 있다. 그에 관해서는, 전술한 설명을 참조하면 된다.

도면의 간단한 설명

[0072] 이하, 본 발명을 첨부 도면들을 참조해서 실시예에 의거하여 설명하기로 한다. 첨부 도면들 중에서,

도 1은 24시간의 기간에 걸친 증기 발생기의 출력 도표로서, 총출력으로서의 증기 발생기의 최대 가능 전기 출력, 총출력으로서의 발전기의 전기 출력, 순출력으로서의 증기 발생기의 전기 출력, 및 이후로 스케줄로 지칭될 해당 기간에 대한 제어 계획이 기입되어 있는 도표이고,

도 2는 증기 발생기의 제어 및 예측의 블록도이며,

도 3은 여러 날들에 걸친 제어 계획 또는 스케줄의 일례로서, 전기 출력이 시간 눈금을 따라 기입되어 있는 도표이고,

도 4는 16시간의 기간에 걸쳐 기입된 증기 발생기의 전기 출력을 나타낸 도표로서, 증기 발생기의 최대 가능 총 출력, 세척에 필요한 출력 손실을 제외한 증기 발생기의 최대 가능 출력, 및 증기 발생기의 제어에 따라 실제로 나오는 총 발전기 출력이 표시되어 있는 도표이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0073] 이하에서 총 발전기 출력 및 순 발전기 출력을 언급하는 경우, 전기 출력으로서 제공되는 발전기의 단자들에서의 전기 출력을 총 발전기 출력으로 지칭한다. 순 발전기 출력은 실제로 전력 망에 공급되는 출력이다. 순 발전기 출력과 총 발전기 출력 간의 차는 증기 발생기 그 자체의 작동을 위해 전력 망의 앞에서 분기되는 출력이다. 증기 발생기의 제어는 일반적으로 기존 데이터를 기반으로 총 발전기 출력에 의거하여 이뤄지는데, 순 발전기 출력은 추정될 수 있다. 증기 발생기의 순출력은 그에 맞춰 증기 발생기가 설계된 전기 순출력이다. 최대 가능 전기 출력은 증기 발생기가 외기 온도 또는 주위 온도 및 연료 품질과 가열 면의 유효성에 의존하여 실제로 출력할 수 있는 출력이다.

[0074] 증기 발생기의 작동 중에 가열 면을 세척하면, 세척 과정 동안 실제 최대 가능 출력이 떨어지는데, 예컨대 300 MW(메가와트)의 전기 정격 출력을 갖는 증기 발생기의 경우에 세척 과정의 유형에 따라 약 15 내지 30 MW 정도 떨어진다.

[0075] 세척은 예컨대 연소실 내에서 세척 장치와 각각 마주하여 배치된 복사 가열 면을 하나 이상의 워터 랜스 블로워에 의해 씻어내는 것을 포함할 수 있다. 이때, 고압의 물이 연소실을 통해 맞은편의 복사 가열 면에 인가되고, 그에 따라 그 곳에 혹시 있는 고착물 내지 케이킹이 분리된다.

[0076] 소위 수트 블로워에 의한 증기 발생기의 소위 재가열 면의 세척도 본원의 의미에서의 가열 면의 세척으로서 제공될 수 있다.

[0077] 그러한 세척 과정은 증기 발생기의 작동 중에 수행되는데, 그것은 일반적으로 알려져 있는 바와 같다.

[0078] 후술할 예는 갈탄의 미분탄 연소 장치를 구비한 증기 발생기의 제어 장치를 기반으로 하여 설명될 것이다. 증기 발생기 또는 발전소 블록은 300 MW의 정격 출력을 갖는다.

[0079] 도 1에는, 24시간의 적용 기간에 걸쳐 발전소 블록(증기 발생기)의 최대 가능 총출력(P_{MB}), 실제 총 발전기 출력(P_{GB}), 실제 순 발전기 출력(P_{GN}), 및 전력 망에 제공되는 출력(P_{Dispo})에 대한 제어 계획 또는 스케줄이 기입되어 있다.

[0080] 도 1로부터 알 수 있는 바와 같이, 증기 발생기의 최대 가능 출력(P_{MB})은 스케줄에 따라 실제 제공되는 출력(P_{Dispo})보다 훨씬 더 크다.

[0081] 도 1로부터 또한 알 수 있는 바와 같이, 대략 13시와 16시 사이 및 대략 21시와 0시 사이에 증기 발생기의 세척이 수행되는데, 그것은 순 발전기 출력(P_{GN})의 하락을 수반한다.

[0082] 이제, 본 발명에 따른 제어의 구성 및 구조를 도 2에 도시된 블록도에 의거하여 설명하기로 한다. 그 블록도에서, 도면 부호 "1"로 지시된 발전소 블록 또는 증기 발전기는 물리적으로 존재하는 발전소 블록을 의미한다. 그러한 발전소 블록(1)은 물-증기 회로를 갖는 연소실 또는 보일러와, 도면 부호 "2"로 지시된 전력 망에 전력을 공급하는 증기로 작동되는 적어도 하나의 발전기를 포함한다. 발전소블록(1)의 제어는 도면 부호 "3"으로 개략적으로 나타낸 발전소 제어 기법을 통해 이뤄지는데, 그 발전소 제어 기법에 의해 부하 제어 및 세척 장치들(4)의 제어가 수행된다. 발전소 제어 기법(3)의 상류에는 가상 시스템 모델의 형태의 가상 발전소 블록(5)이 연결된다. 그러한 가상 발전소 블록은 발전소 블록(1)의 상태 변수들에 대한 물리적으로 존재하는 모든 측정 장치들, 모니터링 장치들, 및 진단 장치들의 가상 표현(virtual representation) 및 블록 부하의 표현과 세척 장치들(4)의 제어의 표현을 포함한다.

[0083] 발전소 제어 장치(3) 및 가상 발전소 블록(5)으로부터의 데이터는 부하 제어기/최적화기(7)와 소통하는 데이터베이스(6)에 수집된다. 부하 제어기(7)는 적어도 하나의 퍼지 제어기를 포함하는 소프트웨어 기반 신경망 시스템으로서 구성되고, 웹 기반 사용자 인터페이스를 포함한다. 그러한 부하 제어기에는, 발전소 제어 기법으로부터의 측정치와 설정치, 가상 발전소 블록(6)으로부터의 유효성, 품질 등급, 효율과 시스템 특성치, 및 사용량의 형태의 입력 값들이 들어오는데, 발전소 블록(1)의 진단 시스템도 그 값들을 표시한다. 부하 제어기(7)에서는, 유효성 예측, 부하 예측, 및 최적화된 부하 능력으로서의 가용성 예측과 최적화된 세척 제어가 생성된다. 부하 예측 및 가용성 예측은 발전소 가동 계획(9)의 데이터에 의거하여 수립되는데, 그러한 데이터는 날씨 데이터 및 예상 시장 수요를 감안하는 것이다. 또한, 부하 제어기(7)는 가용성 예측(8) 또는 부하 능력 예측을 수립하는데, 그것은 다시 가용성 예측(8) 및 전력 시장의 부하 수요(10)에 의거하여 제어 계획의 형태의 스케줄(11)이 수립되고, 그 스케줄(11)이 발전소 블록(1)의 제어를 위한 제어 변수로서 발전소 제어 장치(3)에서 감안된다는 점에서 발전소 가동 계획(9) 시에 감안되게 된다.

[0084] 증기 발생기 또는 발전소 블록(1)의 상태 변수들의 모니터링은 진단 장치들을 통해 수행되고, 그 진단 장치들의 진단 데이터는 가상 발전소 블록(5)에서 표시되고 데이터베이스(6)에 저장된다. 그러한 데이터에 의거하여, 부하 제어기(7)에서 유효성 예측이 수립되고, 유효성 예측에 의거하여 타깃 세척 시점이 파악된다. 전력 수요의 함수로서 부하 예측을 고려하고, 경우에 따라 증기 발생기의 예상 가용 최대 출력을 고려하여 세척 장치들(4)의 제어를 위한 제어 명령이 생성된다. 그러한 방식으로, 시장의 부하 수요(10)에 의존하여 최적의 세척 시점 및 최적의 세척 강도를 결정하고 유도하는 것이 가능하다. 또한, 최적화된 스케줄(11)을 위해 감안되는 가용성 예측(8) 또는 부하 능력 예측이 부하 제어기(7)에 의해 수립될 수 있는데, 최적화된 스케줄(11)은 발전소 블록(1)의 최적화된 부하 능력 예측을 감안하고, 그것은 예컨대 이하에서 도 4에 의거하여 그래프로 나타내는 바와 같다. 도 4는 도 1에 도시된 도표와 대략 상응하는 도표를 도시한 것으로, 그 도표에는 발전소 블록(1)의 최대 가능 총출력(P_{MB}), 수트 블로워를 거친 후의 발전소 블록(1)의 최대 가능 총출력(P_{MBR}), 총 발전기 출력(P_{GB}), 및 제어 계획 또는 스케줄(11)에 따라 제공 가능한 출력(P_{Dispo})이 기입되어 있다. 빗금 친 면은 발전소 블록(1)의 최대 가용성을 감안하여 얻어지는 부하 포텐셜을 나타내고, P_{MB}와 P_{MBR} 사이의 음영 면들은 세척 장치들의 해당 제어에 의해 얻어지는 부하 포텐셜을 나타낸다.

부호의 설명

[0085] P_{MB}: 증기 발생기의 최대 가능 전기 총출력

P_{GB}: 총 발전기 출력

P_{GN}: 순 발전기 출력

P_{Dispo}: 제어 계획/스케줄

P_{MBR}: 수트 블로워 이후의 증기 발생기의 최대 총출력

1: 발전소 블록 2: 전력 망

3: 발전소 제어 기법 4: 세척 장치

5: 가상 발전소 블록 6: 데이터베이스

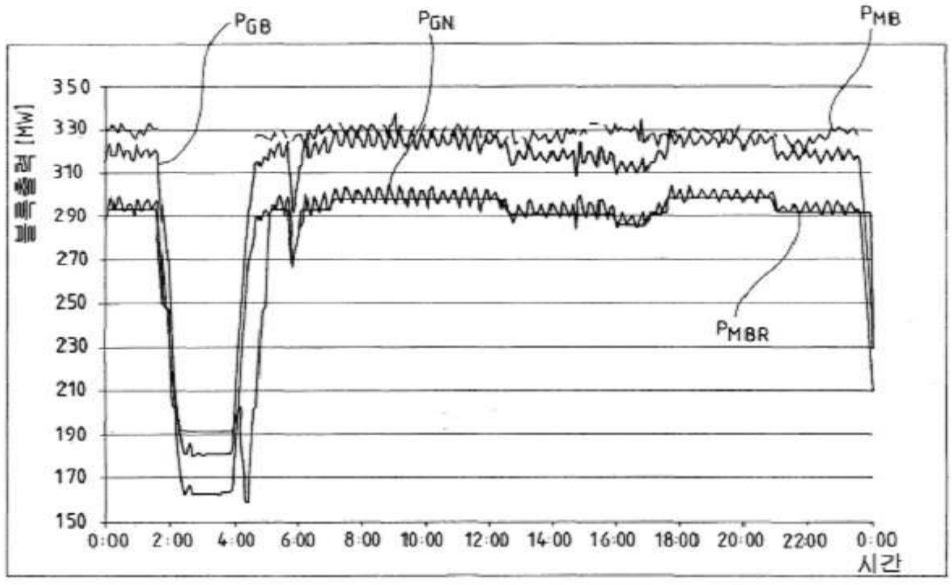
7: 부하 제어기 8: 가용성 예측

9: 발전소 가동 계획 10: 부하 수요

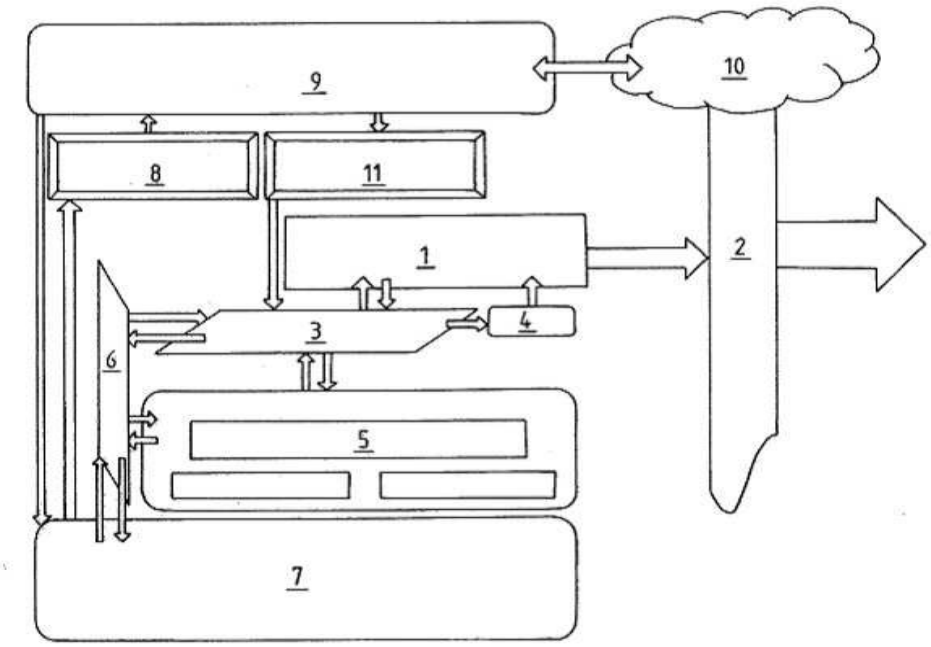
11: 스케줄

도면

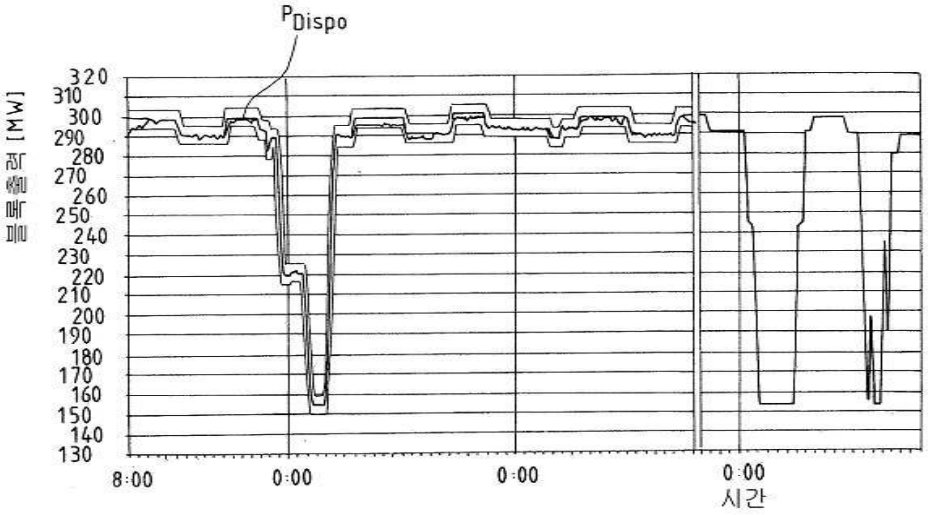
도면1



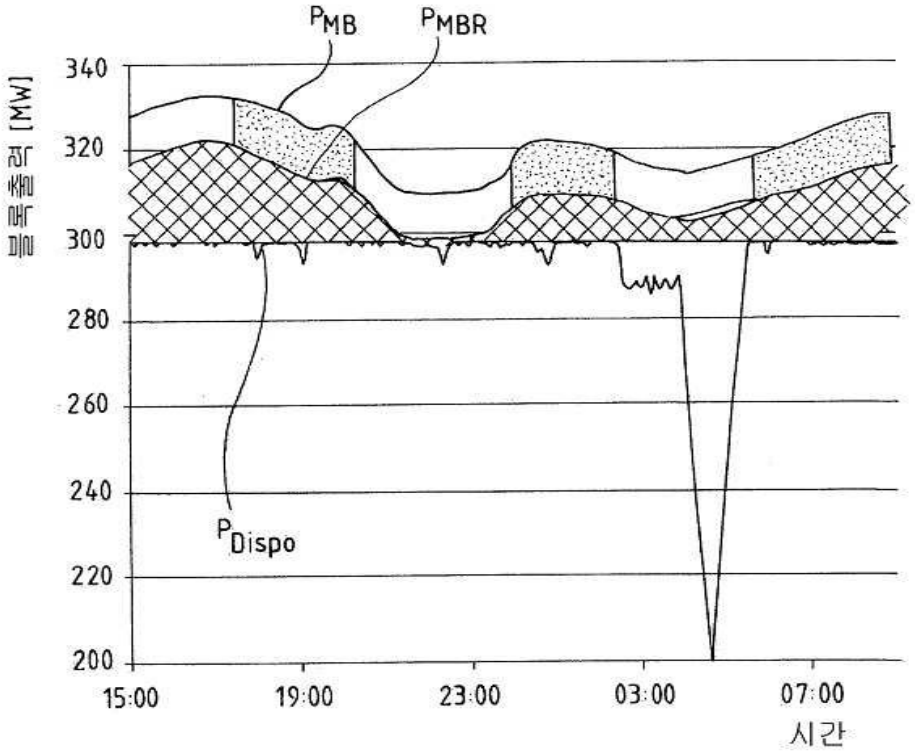
도면2


9
10
8
11
1
2
3
4
6
5
7

도면3


PDispo
전력 [MW]
320
310
300
290
280
270
260
250
240
230
220
210
200
190
180
170
160
150
140
130
8:00
0:00
0:00
0:00
시간

도면4


P_MB
P_MBR
340
320
300
280
260
240
220
200
전력 [MW]
P_Dispo
15:00
19:00
23:00
03:00
07:00
시간