



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0055959
(43) 공개일자 2020년05월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G05B 11/42 (2006.01) F01D 15/10 (2006.01)
F02C 9/00 (2006.01) H02J 3/00 (2006.01)
H02J 7/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G05B 11/42 (2013.01)
F01D 15/10 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0139689
(22) 출원일자 2018년11월14일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
한국전력공사
전라남도 나주시 전력로 55(빛가람동)
(72) 발명자
최인규
대전광역시 유성구 문지로 105 한국전력공사 전력
연구원
우주희
대전광역시 유성구 문지로 105 한국전력공사 전력
연구원
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
한양특허법인

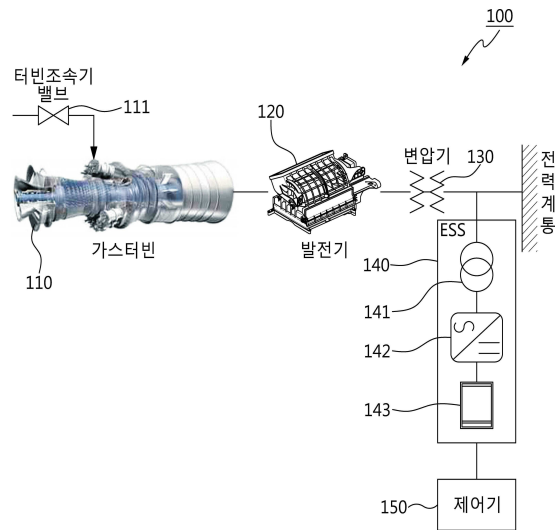
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 ESS를 활용한 화력 발전소 운전 제어 시스템 및 방법

(57) 요약

ESS(Energy Storage System)를 활용한 화력 발전소 운전 제어 시스템이 제공된다. 상기 화력 발전소 제어 시스템은, 발전기(120), 상기 발전기(120)의 모선에 연결되는 주변압기(130), 상기 발전기(120)의 모선 또는 상기 주변압기(130)의 고압측에 연결되는 ESS(Energy Storage System)(140), 및 상기 발전기(120) 및 ESS(140)의 운전을 제어하는 제어기(150)를 포함하는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

F02C 9/00 (2013.01)

H02J 3/00 (2013.01)

H02J 7/00 (2013.01)

(72) 발명자

유광명

대전광역시 유성구 문지로 105 한국전력공사 전력
연구원

이일용

대전광역시 유성구 문지로 105 한국전력공사 전력
연구원

명세서

청구범위

청구항 1

ESS(Energy Storage System)를 활용한 화력 발전소 운전 제어 시스템에 있어서,

발전기(120);

상기 발전기(120)의 모선에 연결되는 주변압기(130);

상기 발전기(120)의 모선 또는 상기 주변압기(130)의 고압측에 연결되는 ESS(Energy Storage System)(140); 및

상기 발전기(120) 및 ESS(140)의 운전을 제어하는 제어기(150);

를 포함하는 것을 특징으로 하는 ESS를 활용한 화력 발전소 운전 제어 시스템.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 ESS(140)에 연결되며, 상기 ESS(140)의 배터리(143)로부터 공급되는 전원을 상기 발전기(120) 또는 부하에 공급하는 전원 안정화부(200);를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 ESS를 활용한 화력 발전소 운전 제어 시스템.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 전원 안정화부(200)는, 상기 배터리(143)의 DC 전원을 AC 전원으로 변환하는 한쌍의 전력 변환기(221,222); 및

상기 전력 변환기(221,222)와 배터리(143) 사이에 연결되어 상기 DC 전원이 역류하는 것을 방지하는 정다이오드(231,232);를 포함하는 것을 특징으로 하는 ESS를 활용한 화력 발전소 운전 제어 시스템.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 제어기(150)는 상기 발전기(120)를 부하 제한 운전으로 제어하고, 상기 ESS(140)를 부하 추종 운전으로 제어하는 것을 특징으로 하는 ESS를 활용한 화력 발전소 운전 제어 시스템.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 제어기(150)는 전력계통의 주파수 변동에 대하여 상기 ESS의 출력을 피드백하고 Droop 제어를 적용하여 출력을 정량적으로 제어하는 것을 특징으로 하는 ESS를 활용한 화력 발전소 운전 제어 시스템.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 Droop 제어는 비례 적분 방식을 이용하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 ESS를 활용한 화력 발전소 운전

제어 시스템.

청구항 7

제 3 항에 있어서,

상기 AC 전원을 공급하거나 차단하기 위해 제 1 및 2 AC 전원용 스위치(210-1,240-1); 및

상기 DC 전원을 공급하거나 차단하기 위해 DC 전원용 스위치(210-2);를 포함하는 것을 특징으로 하는 ESS를 활용한 화력 발전소 운전 제어 시스템.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 제어기(150)는 송전선로가 트립된 상태를 감지하면 상기 ESS(140)가 상기 발전기(120)의 잉여 출력을 흡수하도록 제어하는 것을 특징으로 하는 ESS를 활용한 화력 발전소 운전 제어 시스템.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 제어기(150)는 상기 ESS(140)의 주파수가 미리 정해진 값 이상으로 변동하여 과도 상태로 진입하면, 터빈 조속기 밸브(111)를 부하 제한 운전에서 부하 추종 운정으로 전환하는 것을 특징으로 하는 ESS를 활용한 화력 발전소 운전 제어 시스템.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 제어기(150)는, 상기 발전기(120)의 주파수가 특정 주파수 이상으로 저하되어 상기 ESS(140)의 방전 시간이 증가함으로써 배터리 상태 정보가 특정 수치로 되면, 발전소의 연료를 증가시켜 일정 지연시간후에 상기 발전기(120)의 출력이 증가되는 것을 특징으로 하는 ESS를 활용한 화력 발전소 운전 제어 시스템.

청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 모선은 상분리 모선인 것을 특징으로 하는 ESS를 활용한 화력 발전소 운전 제어 시스템.

청구항 12

ESS(Energy Storage System)를 활용한 화력 발전소 운전 제어 방법에 있어서,

주변압기(130)가 발전기(120)의 모선에 연결되고, ESS(Energy Storage System)(140)가 상기 발전기(120)의 모선 또는 상기 주변압기(130)의 고압측에 연결되며,

제어기(150)가 상기 발전기(120) 및 ESS(140)의 운전을 제어하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 ESS를 활용한 화력 발전소 운전 제어 방법.

발명의 설명

기술분야

[0001] 본 발명은 화력 발전소 운전 제어 기술에 관한 것으로서, 더 상세하게는 변전소와 배전선로에 적용 중인 ESS(Energy Storage System)를 화력발전소에 적용하여 석탄, 중유 및 가스 등 연료와 공기 및 급수 등의 공정을 안정화하고 동시에 고속으로 회전하는 터빈과 발전기의 자동조정장치의 안정화를 이루기 위한 화력 발전소 운전 제어 시스템 및 방법에 대한 것이다.

배경기술

[0002] 화력 발전소는 주파수 변동에 대응하여 기계장치인 터빈의 주증기 조절밸브의 개도를 변동시켜서 발전기 출력을 조절하는 운전을 시행하고 있다. 또한, 복합화력의 가스터빈 또한 주파수 변동에 대응하여 연료조절밸브의 개도를 변동시키고 있다.

[0003] 그런데, 화력 발전소가 상시 부하추종운전을 수행하고 있으므로 터빈 조속기 밸브의 개도가 주파수에 따라 변동되어 주증기 온도와 압력이 변동한다. 이에 따라 터빈 조속기 밸브와 각종 보조기기의 마모가 증대되며 심하면 보일러 노내 연소진동이 나타난다.

[0004] 또한, 연료가 변동하여 급수펌프, 압입 송풍기, 급탄기, 미분기 등의 여러 가지 보조기기가 끊임없이 움직이고 있으므로, 고장 발생의 개연성이 높다. 고장이 발생되지 않더라도 마모가 심하여 계획 예방 정비의 기간은 길어지고 주기는 짧아져서 가동율이 하락하는 문제점이 있다.

[0005] 또한, 가스 터빈 발전소의 경우도 상시 부하 추종 운전을 수행하고 있으므로 연료량과 공기량이 변동되어 연소기 내부에 연소진동이 나타나고 심하면 화염이 상실되어 발전이 정지된다. 기계적으로는 석탄화력과 동일한 문제점이 있으며 특히 겨울철에는 외기 온도가 영하로 내려감에 따라 연소기의 진동이 발생하여 불안정해진다.

[0006] 발전소 정상 운전 중 송전선로가 고장으로 트립되는 경우에는 발전기 출력을 송전할 수 없으므로 발전소의 잉여 에너지를 빠르게 흡수하기 곤란하여 터빈 발전기가 과속도로 되어 위험에 도달하고 이에 따라 제어 시스템의 작용으로 보일러 등의 연료를 신속하게 차단해야 하는 등 여러 어려움이 뒤따른다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0007] (특허문헌 0001) 1. 한국공개특허번호 제2003-0051705호
- (특허문헌 0002) 2. 한국등록특허번호 제10-1824400호(2018.01.26)
- (특허문헌 0003) 3. 일본특허공개번호 제2017-6177941호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 위 배경기술에 따른 문제점을 해소하기 위해 제안된 것으로서, 석탄, 중유 및 가스 등 연료와 공기 및 급수 등의 공정을 안정화하고 동시에 고속으로 회전하는 터빈과 발전기의 자동조정장치의 안정화를 이루기 위한 화력 발전소 운전 제어 시스템 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명은 위에서 제시된 과제를 달성하기 위해, 석탄, 중유 및 가스 등 연료와 공기 및 급수 등의 공정을 안정화하고 동시에 고속으로 회전하는 터빈과 발전기의 자동조정장치의 안정화를 이루기 위한 화력 발전소 운전 제어 시스템을 제공한다.

[0010] 상기 화력 발전소 운전 제어 시스템은,

[0011] ESS(Energy Storage System)를 활용한 화력 발전소 운전 제어 시스템으로서,

[0012] 발전기;

- [0013] 상기 발전기의 모선에 연결되는 주변압기;
- [0014] 상기 발전기의 모선 또는 상기 주변압기의 고압측에 연결되는 ESS(Energy Storage System); 및
- [0015] 상기 발전기 및 ESS의 운전을 제어하는 제어기;를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0016] 또한, 상기 화력 발전소 운전 제어 시스템은, 상기 ESS에 연결되며, 상기 ESS의 배터리로부터 공급되는 전원을 상기 발전기 또는 부하에 공급하는 전원 안정화부;를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0017] 또한, 상기 전원 안정화부는, 상기 배터리의 DC 전원을 AC 전원으로 변환하는 한쌍의 전력 변환기; 및 상기 전력 변환기와 배터리 사이에 연결되어 상기 DC 전원이 역류하는 것을 방지하는 정다이오드;를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0018] 또한, 상기 제어기는 상기 발전기를 부하 제한 운전으로 제어하고, 상기 ESS를 부하 추종 운전으로 제어하는 것을 특징으로 한다.
- [0019] 또한, 상기 제어기는 전력계통의 주파수 변동에 대하여 상기 ESS의 출력을 피드백하고 Droop 제어를 적용하여 출력을 정량적으로 제어하는 것을 특징으로 한다.
- [0020] 또한, 상기 Droop 제어는 비례 적분 방식을 이용하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.
- [0021] 또한, 상기 전원 안정화부는, 상기 AC 전원을 공급하거나 차단하기 위해 제 1 및 2 AC 전원용 스위치; 및 상기 DC 전원을 공급하거나 차단하기 위해 DC 전원용 스위치;를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0022] 또한, 제 1 항에 있어서,
- [0023] 또한, 상기 제어기는 송전선로가 트립된 상태를 감지하면, 상기 ESS가 상기 발전기의 잉여 출력을 흡수하도록 제어하는 것을 특징으로 한다.
- [0024] 또한, 상기 제어기는 상기 ESS의 주파수가 미리 정해진 값 이상으로 변동하여 과도 상태로 진입하면, 터빈 조속기 밸브를 부하 제한 운전에서 부하 추종 운전으로 전환하는 것을 특징으로 한다.
- [0025] 또한, 상기 제어기는, 상기 발전기의 주파수가 특정 주파수 이상으로 저하되어 상기 ESS의 방전 시간이 증가함으로써 배터리 상태 정보가 특정 수치로 되면, 발전소의 연료를 증가시켜 일정 지연시간후에 상기 발전기의 출력이 증가되는 것을 특징으로 한다.
- [0026] 또한, 상기 모선은 상분리 모선인 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0027] 다른 한편으로, 본 발명의 다른 실시예는, ESS(Energy Storage System)를 활용한 화력 발전소 운전 제어 방법으로서, 주변압기가 발전기의 모선에 연결되고, ESS(Energy Storage System)가 상기 발전기의 모선 또는 상기 주변압기의 고압측에 연결되며, 제어기가 상기 발전기 및 ESS의 운전을 제어하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 ESS를 활용한 화력 발전소 운전 제어 방법을 제공한다.

발명의 효과

- [0028] 본 발명에 따르면, 중간부하 석탄화력의 출력을 상향하여 안정적으로 운전할 수 있으므로 연료비 단가가 높은 LNG(Liquefied natural gas) 발전기가 생산하는 전력구입비가 감소되어 결과적으로 한전 전력구입비를 절감할 수 있다.
- [0029] 또한, 본 발명의 다른 효과로서는 발전소 입장에서는 보일러와 터빈 제어의 안정성이 증대되므로 발전기 출력제어가 안정화되어 발전효율이 증가하므로 연료량이 감소와 각종 보조기기의 수명연장을 기대할 수 있으며 부하 추종 운전을 ESS(Energy Storage System)가 대체하고 발전기는 출력을 상향 운전할 수 있으므로 매출이 증대된다는 점을 들 수 있다.
- [0030] 또한, 본 발명의 또 다른 효과로서는 발전소 공정제어가 안정화되므로 터빈 조속기 밸브, 급탄기 속도, 미분기 유입공기 조절용 댐퍼, 급수량 조절밸브, 급수펌프 구동용 터빈의 조속기 밸브, 압입송풍기 공기량 조절장치, 유인송풍기 노내 압력제어 장치, 1차공기 송풍기의 공기량 조절 장치, 보일러 유입 공기량 조절용 댐퍼 등의 유지임이 최소화되어 마모가 최소화 되므로 정비비용이 감소한다는 점을 들 수 있다.
- [0031] 또한, 본 발명의 또 다른 효과로서는 가스터빈 발전소의 경우 가스터빈 연료밸브 개도, 압축기공기량 조절장치의 변동이 최소로 되므로 정비 비용의 감소는 물론이고 연소진동이 저감되어 기계적으로 안정성이 향상된다는

점을 들 수 있다.

[0032] 또한, 본 발명의 또 다른 효과로서는 수력 및 양수 발전소의 경우 수량조절밸브의 개도 변동이 최소로 되므로 정비비용이 감소된다는 점을 들 수 있다.

[0033] 또한, 본 발명의 또 다른 효과로서는 전반적으로 전력계통이 안정화되어 약 1억 kW 대전력 계통의 분산전원 비중 증가로 인한 전기품질 저하에도 능동적으로 대비할 수 있다는 점을 들 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0034] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 ESS를 활용한 화력 발전소 운전 제어 시스템의 구성 블록도이다.

도 2는 도 1에 도시된 화력 발전소 운전 제어 시스템의 세부 구성 블록도이다.

도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 정량적 출력 제어를 위한 로직도이다.

도 4는 본 발명의 다른 일실시예에 따른 정량적 출력 제어를 위한 로직도이다.

도 5는 본 발명의 또 다른 일실시예에 따른 정량적 출력 제어를 위한 로직도이다.

도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 화력 발전소 운전 제어 과정을 보여주는 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0035] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 도면에서 표시된 구성요소의 크기 및 상대적 크기는 설명의 명료성을 위해 과장된 것일 수 있다.

[0036] 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭하며, “및/또는”은 언급된 아이템들의 각각 및 하나 이상의 모든 조합을 포함한다.

[0037] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 “포함한다” 및/또는 “구성된다”는 언급된 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자는 하나 이상의 다른 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.

[0038] 비록 제1, 제2 등의 다양한 구성요소들을 서술하기 위해서 사용되나, 이들 구성요소들은 이들 용어에 대해 제한되지 않음은 물론이다. 이들 용어들은 단지 하나의 구성요소와 구별하기 위하여 사용되는 것이다. 따라서, 이하에서 언급되는 제 1 구성요소는 본 발명의 기술적 사상 내에서 제2 구성요소일 수도 있음은 물론이다.

[0039] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백하게 특별히 정의되어 있지 않은 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.

[0040] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 일실시예에 따른 ESS(Energy Storage System)를 활용한 화력 발전소 운전 제어 시스템 및 방법을 상세하게 설명하기로 한다.

[0041] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 ESS(Energy Storage System)를 활용한 화력 발전소 운전 제어 시스템(100)의 구성 블록도이다. 도 1을 참조하면, 화력 발전소 운전 제어 시스템(100)은, 가스 터빈(110), 가스 터빈(110)의 동작에 따라 전력을 생산하는 발전기(120), 발전기(120)의 모선에 연결되는 주변압기(130), 상기 발전기(120)의 모선 또는 상기 주변압기(130)의 고압측에 연결되는 ESS(Energy Storage System)(140), 상기 발전기(120) 및/또는 ESS(140)의 운전을 제어하는 제어기(150) 등을 포함하는 구성될 수 있다. 다만 여기서 기술하는 가스터빈(110)은 복합화력발전소나 가스터빈 발전소에 해당되는 원동기이며 기력발전소의 경우는 증기터빈을 의미한다.

[0042] 발전기(120)는 가스 터빈(110)의 회전에 따라 전력을 생산하는 기능을 한다. 즉, 가스 터빈(110)으로부터 입력된 기계적 에너지를 전기적인 에너지로 변환한다. 이를 위해, 발전기(120)는 고정자, 회전자, 여기자, 베어링

및 급유 장치, 통풍 및 냉각 장치 등으로 구성된다. 발전기(120)의 구조에 대해서는 널리 알려져 있으므로 더 이상의 설명은 생략하기로 한다.

- [0043] 주 변압기(130)는 발전기(120)와 모선으로 연결되며, 발전기(120)로부터 공급되는 전압을 승압 또는 강압하는 기능을 수행한다. 모선은 발전소에서 도입된 여러 개의 송배전선, 발전기, 변압기 등이 접속되어 있는 공동 도체를 의미할 수 있다.
- [0044] ESS(140)는 배터리(143), 배터리(143)의 DC(Direct Current) 전력을 AC(Alternating Current) 전력으로 변환하는 전력 변환기(142), AC 전력을 승압 또는 강압하여 전력 계통에 공급하는 결합 변압기(141) 등을 포함하여 구성될 수 있다.
- [0045] 배터리(143)는 배터리 셀(미도시)이 직렬 및/또는 병렬로 구성되며, 이 배터리 셀은 니켈 메탈 배터리 셀, 리튬 이온 배터리 셀, 리튬 폴리머 배터리 셀, 전고체 배터리 셀 등의 전기 차량용 고전압 배터리 셀이 될 수 있다.
- [0046] 제어기(150)는 발전기(120) 및/또는 ESS(140)의 운전을 제어하는 기능을 수행한다. 부연하면, 발전기(120)를 부하 제한 운전으로 제어하고, 상기 ESS(140)를 부하 추종 운전으로 제어한다. 또한, 제어기(150)는 전력계통의 주파수 변동에 대하여 상기 ESS의 출력을 피드백하고 Droop 제어를 적용하여 출력을 정량적으로 제어할 수 있다. 또한, 제어기(150)는 상기 ESS(140)의 주파수 제어가 과도 상태로 진입하면, 터빈 조속기 밸브(111)를 부하 제한 운전에서 부하 추종 운전으로 전환한다. 또한, 제어기(150)는, 상기 발전기(120)의 주파수가 특정 주파수 이상으로 저하되어 상기 ESS(140)의 방전 시간이 증가함으로써 배터리 상태 정보가 특정 수치로 되면, 발전소의 연료를 증가시켜 일정 지연시간후에 상기 발전기(120)의 출력을 증가시킨다.
- [0047] 따라서, 제어기(150)는 이러한 기능을 수행하는 알고리즘을 갖는 프로그램, 소프트웨어, 데이터 등을 구비하며, 이러한 프로그램, 소프트웨어, 데이터 등을 운용하기 위해 마이크로프로세서, 전자 회로, 메모리 등이 구성되며 이것은 별도의 시스템, 즉 발전소의 분산제어 장치를 포함한다. 메모리는 제어기(150)에 함께 구성될 수 있고, 별도의 저장 장치에 구성될 수 있다.
- [0048] 메모리는 플래시 메모리 타입(flash memory type), 하드디스크 타입(hard disk type), 멀티미디어 카드 마이크로 타입(multimedia card micro type), 카드 타입의 메모리(예를 들어 SD(Secure Digital) 또는 XD(eXtreme Digital) 메모리 등), 램(Random Access Memory, RAM), SRAM(Static Random Access Memory), 롬(Read Only Memory, ROM), EEPROM(Electrically Erasable Programmable Read Only Memory), PROM(Programmable Read Only Memory), 자기 메모리, 자기 디스크, 광디스크 중 적어도 하나의 타입의 저장매체를 포함할 수 있다. 또한, 인터넷(internet)상에서 저장 기능을 수행하는 웹 스토리지(web storage), 클라우드 서버와 관련되어 동작할 수도 있다.
- [0049] 터빈 조속기 밸브(111)는 연료 유입량을 조절하여 가스 터빈(110)의 속도를 조절하는 기능을 수행한다. 물론, 이러한 터빈 조속기 밸브(111)는 제어기(150)의 제어에 따라 동작 제어된다.
- [0050] 특히, ESS(140)는 발전기(120)의 모선(특히, 상분리 모선)이나 발전소 구내 스위치 야드의 송전단(즉, 주변압기의 고압측)에 장착하여 계통 주파수 변동에 따라 유효전력을 조절하도록 부하추종(Load Following)으로 운전한다. 상분리 모선은 발전기(120)의 발생 전력을 주변압기(130)까지 연결하는 선로로 외함, 도체, 절연지지대자 등으로 구성된다.
- [0051] 또는, 반대로 발전기(120)의 원동기인 가스 터빈(110)을 출력제한(Load Limit)으로 운전을 실시하여 계통 주파수가 변동되어도 발전기(120)의 유효전력을 조절하는 터빈 조속기 밸브(111)가 움직이지 않도록 한다. 이렇게 운전하면 발전소 운영 측면에서, 석탄화력 발전소의 경우 수증기 압력과 수증기 온도의 변동량이 최소로 된다. 따라서 연료유량, 공기 유량 및 급수 유량의 변동이 최소로 되어 되므로 발전소의 효율이 상승된다.
- [0052] 또한, ESS(140)를 발전기(120)의 상분리 모선이나 발전소 구내 스위치 야드의 송전단에 장착하여 발전기(120)의 전압 또는 송전선로 전압변동에 따라 무효전력을 조절할 수 있다. 이렇게 운전하면 발전소 운영 측면에서 발전기 전압제어 회로가 안정화되어 계자전류의 변동량이 감소되고 가능출력이 증대되어 저주파진동의 가능성이 감소한다.
- [0053] 또한, 주파수가 규정 주파수보다 상하로 15Hz 변동해도 PCS(Power Conversion System : 전력변환장치)가 전력계통에서 탈락하지 않고 계속 운전하며 또한 전압이 공칭전압보다 상하로 10% 이상 변동해도 PCS가 계통에서 탈락하지 않고 계속 운전될 수 있다.
- [0054] 도 1은 주로 가스 터빈 발전기를 토대로 설명하였으나, 본 발명은 이에 한정되지 않으며 증기 터빈 발전기에도

적용가능하다. 이를 위해, 증기를 생성하는 보일러, 보일러를 보조하는 보일러 보조기기, 증기에 의해 회전하는 증기 터빈 등이 구성될 수 있다. 보일러는 석탄, 석유, 가스 등의 화석 연료 등이 될 수 있다.

- [0055] ESS가 발전기를 대신하여 주파수조절운전을 수행하므로 터빈은 부하추종운전을 중지하고 부하제한
- [0056] 운전을 시행한다. 따라서, 보일러 및 보일러 보조기기 그리고 터빈 및 터빈 보조기기의 운전이 전반적
- [0057] 으로 안정화되어 마모가 감소되므로 정비비용이 감축된다.
- [0058] 따라서, 전력계통의 주파수가 크게 저하되어 ESS(140)의 주파수 제어가 과도상태로 진입한 경우에는 방전량이 최대치에 도달하므로 이러한 경우에는 터빈 조속기 밸브(111)도 부하 제한 운전에서 부하 추종 운전으로 전환하여 계통 주파수에 기여할 수 있다.
- [0059] 또한, ESS(140)가 발전소에 장착되므로 용량을 크게 하여 송전선로가 트립된 경우 ESS(140)가 발전기(120)의 잉여 출력을 흡수하면 발전소의 안정성을 유지할 수 있다. 부연하면, 송전선로가 트립된 경우 부하가 상실된 것이므로 터빈의 속도가 증가하여 일정 수준(가령 101%)에 도달하면 ESS(140)가 충전 상태로 전환되어 발전기의 잉여 출력을 흡수하여 속도가 증가하는 것을 둔화 또는 방지할 수 있다.
- [0060] ESS(140)를 발전소에 장착하여 무효전력도 제어하도록 하면 발전기의 전압제어에 보조적인 수단을 제공하므로 발전기의 전기적 안정성이 증대될 수 있다. 부연하면, 가령 발전기의 전압이 저하하는 것은 지상무효전력이 증가한 경우이므로 ESS(140)의 제어기(150)가 전압저하를 검출하여 진상무효전력을 공급하면 발전기 전압의 주제어기인 AVR(Automatic Voltage Regulator)(미도시)에 보조적인 도움을 주게 된다.
- [0061] 주파수가 02Hz 이상으로 대폭 저하시 ESS(140)의 방전 시간이 증가하여 배터리(143)의 배터리 상태 정보가 거의 10%에 가까워지면 발전소의 연료를 증가시켜서 보일러 지연시간 후에 발전기 출력을 증가되도록 할 수 있다. 여기서, 배터리(143)의 배터리 상태 정보는 SOC(State Of Charge), SOHO(State Of Health), DOD(Depth Of Discharging) 및 SOF(State Of Function) 등이 될 수 있다.
- [0062] 도 2는 도 1에 도시된 화력 발전소 운전 제어 시스템(100)의 세부 구성 블럭도이다. 도 2를 참조하면, ESS(140)는 부하추종운전을 대신하는 동시에 ESS(140)의 구성요소인 배터리(143)는 발전소의 새로운 직류(DC) 전원으로 사용하여 전원설비의 안전성을 한층 강화시킬 수 있다. 즉, ESS(140)가 발전소의 무정전 전원 장치 대용으로 이용될 수 있다. 이를 위해, 전원 안정화부(200)가 구성된다. 상기 전원 안정화부(200)는, 상기 배터리(143)의 DC 전원을 AC 전원으로 변환하는 제 1 및 제 2 전력 변환기(221,222), 제 1 및 제 2 전력 변환기(221,222)와 배터리(143) 사이에 연결되어 상기 DC 전원이 역류하는 것을 방지하는 제 1 및 제 2 정다이오드(231,232) 등을 포함하여 구성될 수 있다. 제 1 및 제 2 전력 변환기(221,222), 제 1 및 제 2 정다이오드(231,232)는 서로 대칭되게 배치된다.
- [0063] 또한, AC 전원을 공급하거나 차단하기 위해 제 1 및 2 AC 전원용 스위치(210-1,240-1)가 구성되며, DC 전원을 공급하거나 차단하기 위해 DC 전원용 스위치(210-2)가 구성된다.
- [0064] 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 정량적 출력 제어를 위한 로직도이다. 일반적으로 주파수 제어 알고리즘에 있어서 주파수 변동에 대하여 충방전하는 ESS(140)의 출력을 피드백(Feedback)하여 정량적으로 제어하는 Droop 제어 기능이 없다.
- [0065] 본 발명의 일실시예에서는 이를 위해 Droop 제어를 적용하여 정량적 출력 제어를 가능하게 한다. Droop 제어는 정상상태에서 출력 전력을 감지하여 기준값에서 빠져 편차를 검출하고, 이것을 속도의 기준치로 삼아서 실제 속도와 편차를 연산한 다음 비례 적분기를 적용한다.
- [0066] 도 3을 참조하면, 피드백된 출력(MW)에 곱셈기(310)를 통해 일정 상수(예를 들면, 0.03)을 곱하고, 제 1 덧셈기(320)를 통해 미리 설정된 값(Nset)에서 곱셈기(310)의 곱셈값을 빼고, 제 2 덧셈기(330)를 통해 제 1 덧셈기(320)의 결과값에 실측 속도(N)를 빼서, 오차를 연산한 후 이를 PCS 제어기(340)를 통해 비례 적분하여 PCS(350)를 제어한다. PCS(350)에는 트랜지스터(351)가 병렬로 구성된다. 이는 인버터 회로에서 볼 수 있는 구조이다.
- [0067] 도 4는 본 발명의 다른 일실시예에 따른 정량적 출력 제어를 위한 로직도이다. 도 4를 참조하면, 제 1 덧셈기(420)를 통해 설정된 출력(MWset)으로부터 피드백된 출력(MW)을 빼고, 곱셈기(410)를 통해 제 1 덧셈기(420)의 결과값에 일정 상수(예를 들면, 0.03)을 곱하고, 제 2 덧셈기(430)를 통해 미리 설정된 값(Nset)에서 피드백된 속도(N)를 빼고, 합산기(460)를 통해 제 2 덧셈기(430)의 결과값과 제 1 곱셈기(410)의 결과값을 합산하여, 이

를 PCS 제어기(440)를 통해 비례 적분하여 PCS(450)를 제어한다.

[0068] 도 5는 본 발명의 또 다른 일실시예에 따른 정량적 출력 제어를 위한 로직도이다. 도 5를 참조하면, 제 1 곱셈기(510-1)를 통해 피드백된 출력(MW)에 일정 상수(예를 들면, 0.03)을 곱하고, 제 2 곱셈기(510-2)를 통해 미리 설정된 출력(MWset)에 일정 상수(예를 들면, 0.03)을 곱하고, 합산기(560)를 통해 미리 설정된 속도설정치(Nset)와 제 2 곱셈기(510-2)의 결과값을 합산하고, 제 1 덧셈기(520)를 통해 합산기(560)의 결과값에서 제 1 곱셈기(510-1)의 결과값을 빼고, 제 2 덧셈기(530)를 통해 제 1 덧셈기(520)의 결과값에서 피드백된 속도(N)를 빼서, 이를 PCS 제어기(540)를 통해 비례 적분하여 PCS(550)를 제어한다.

[0069] 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 화력 발전소 운전 제어 과정을 보여주는 흐름도이다. 도 6을 참조하면, 제어기(도 1의 150)가 전력 계통의 주파수를 확인하여 주파수 변동이 있는지 지를 확인한다(단계 S610). 이후, 제어기(150)가 전력계통의 출력을 피드백받아 Droop 제어를 적용하여 제어를 수행한다(단계 S630, S640).

[0070] 또한, 여기에 개시된 실시형태들과 관련하여 설명된 방법 또는 알고리즘의 단계들은, 마이크로프로세서, 프로세서, CPU(Central Processing Unit) 등과 같은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 (명령) 코드, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다.

[0071] 상기 매체에 기록되는 프로그램 (명령) 코드는 본 발명을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프 등과 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD, 블루레이 등과 같은 광기록 매체(optical media) 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 (명령) 코드를 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 반도체 기억 소자가 포함될 수 있다.

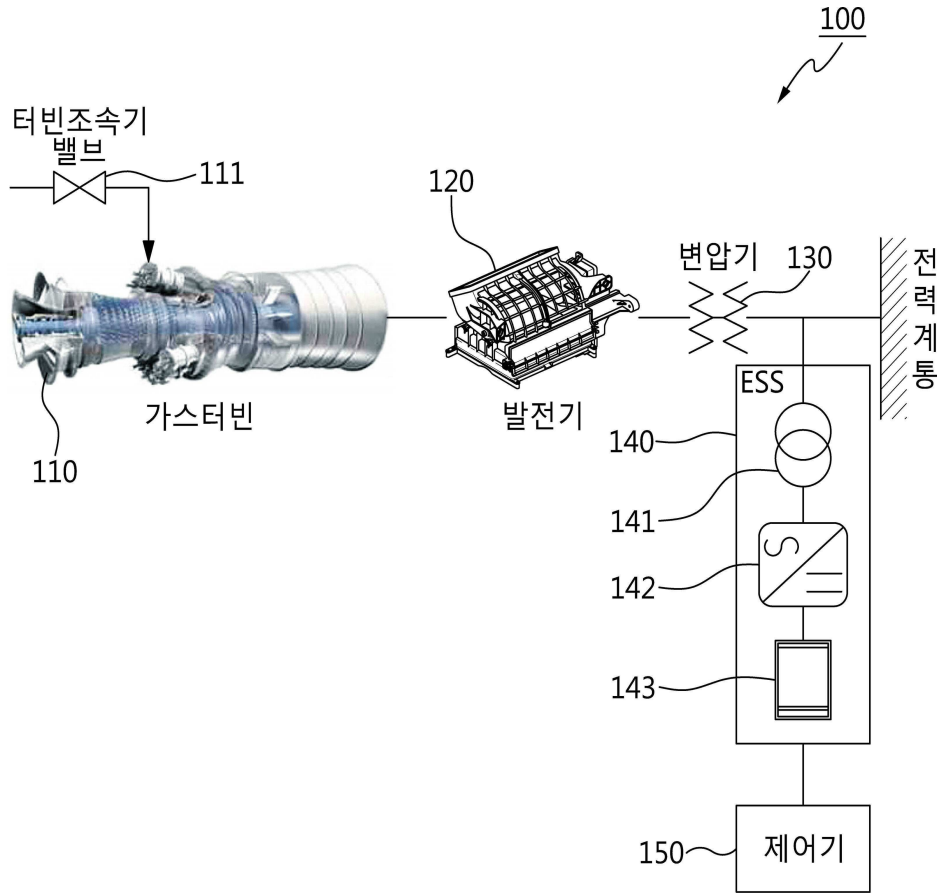
[0072] 여기서, 프로그램 (명령) 코드의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 본 발명의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

부호의 설명

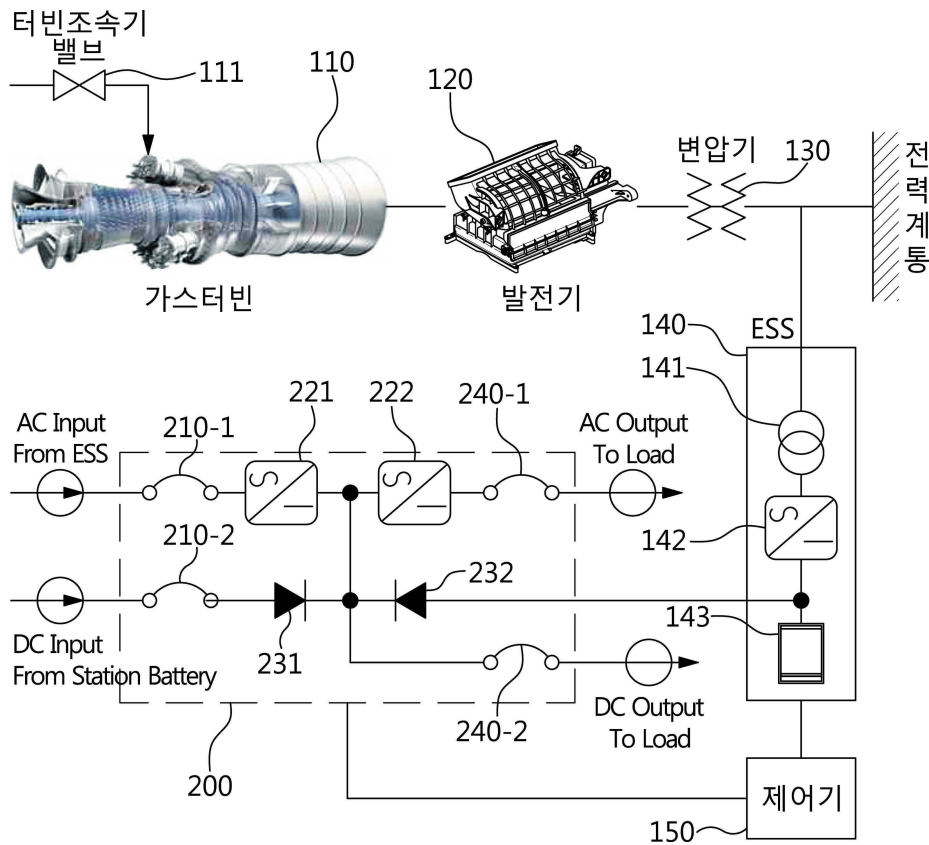
- [0073] 100: 화력 발전소 운전 제어 시스템
- 111: 터빈 조속기 밸브
- 110: 가스 터빈
- 120: 발전기
- 130: 주변압기
- 140: ESS(Energy Storage System)
- 150: 제어기

도면

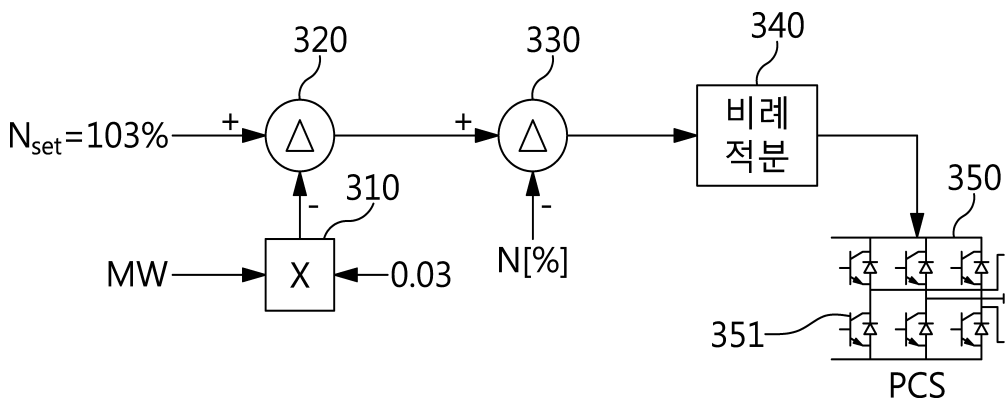
도면1



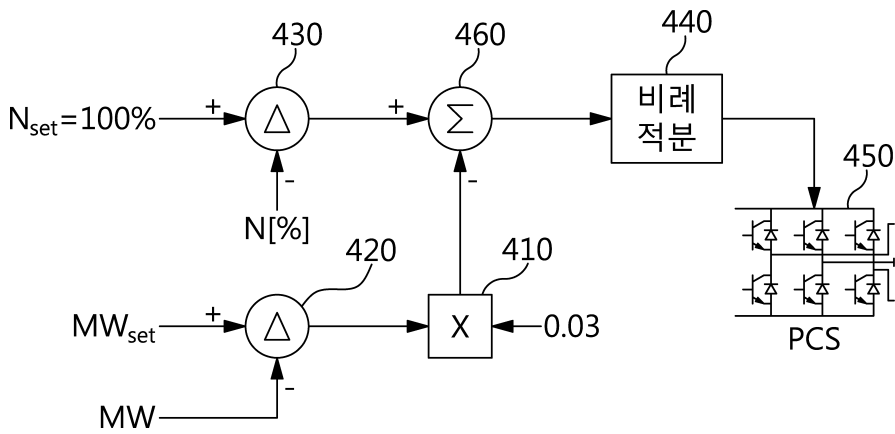
도면2



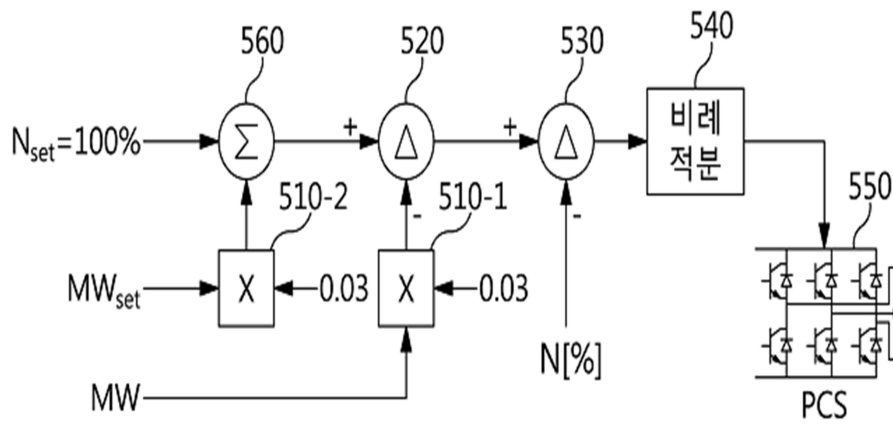
도면3



도면4



도면5



도면6

