



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년04월21일

(11) 등록번호 10-2799093

(24) 등록일자 2025년04월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*G06Q 10/06* (2012.01) *G06F 17/18* (2006.01)  
*G06Q 10/04* (2023.01)

(52) CPC특허분류  
*G06Q 10/06315* (2013.01)  
*G06F 17/18* (2013.01)

(21) 출원번호 10-2017-0024554  
 (22) 출원일자 2017년02월24일  
 심사청구일자 2021년12월24일  
 (65) 공개번호 10-2017-0099790  
 (43) 공개일자 2017년09월01일  
 (30) 우선권주장  
 15/052,536 2016년02월24일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌  
 US20130238256 A1\*  
 (뒷면에 계속)

(73) 특허권자  
 제네럴 일렉트릭 테크놀로지 게엠베하  
 스위스 5400 바덴 브라운 보베리 슈트라세 8

(72) 발명자  
 캠프 주니어 프리스톤 버틀러  
 미국 사우스캐롤라이나주 29615 그린빌 갈링톤 로드 300

(74) 대리인  
 김태홍, 김진희

전체 청구항 수 : 총 8 항

심사관 : 성선진

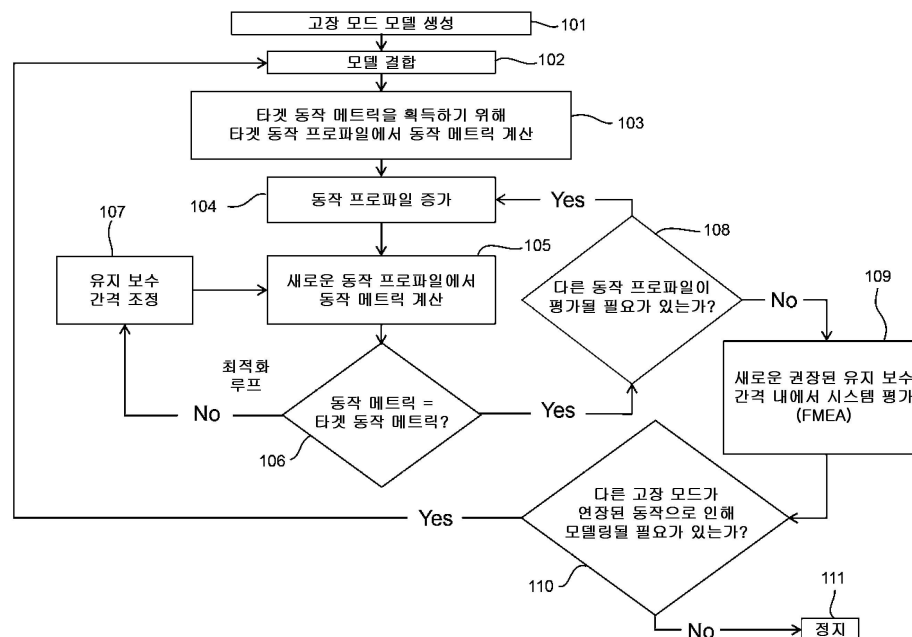
(54) 발명의 명칭 권장된 서비스 간격의 최적화를 위한 시스템 및 방법

## (57) 요약

전체 발전 유닛 내에 있는 복수의 유닛 각각에 대해 권장된 유지 보수 간격을 결정하는 방법은, 전체 발전 유닛 내에 있는 복수의 유닛(208, 211)에 대한 동작 및 계획되지 않은 유지 보수 데이터를 나타내는 경험적 데이터를 수집하는 단계(101); 동작 및 계획되지 않은 유지 보수 데이터의 경험적 데이터를 평가하는 단계(101); 경험적

(뒷면에 계속)

## 대표도



데이터에 기초하여 복수의 고장 모드 모델을 생성하는 단계(101); 복수의 고장 모드 모델을 결합하는 단계(102); 복수의 고장 모드 모델의 결합을 위한 타겟 동작 메트릭을 설정하는 단계(103, 104); 타겟 동작 메트릭에 기초하여 전체 발전 유닛에 대해 전체 권장된 유지 보수 간격을 생성하는 단계(202, 302); 전체 발전 유닛 내에 있는 상기 복수의 유닛 각각에 대해 동작 프로파일을 계산하는 단계(208); 및 각각의 유닛의 동작 프로파일에 기초하여 전체 발전 유닛 내에 있는 복수의 유닛 각각에 대해 권장된 유지 보수 간격을 계산하는 단계(108, 109, 210)를 포함한다.

(52) CPC특허분류

*G06Q 10/04* (2023.01)

*G06Q 10/0637* (2023.01)

*G06Q 10/20* (2023.01)

(56) 선행기술조사문헌

US20090037206 A1\*

W02012157040 A1\*

KR1020120117847 A\*

JP2001125626 A

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

전체(fleet) 발전 유닛 내에 있는 복수의 유닛 각각에 대해 권장된 유지 보수 간격을 결정하는 방법에 있어서, 상기 방법은 상기 권장된 유지 보수 간격을 결정하기 위한 디바이스에 의해 실행되는 단계들을 포함하며, 상기 단계들은:

전체 발전 유닛 내에 있는 복수의 유닛(208, 211)에 대한 동작 및 계획되지 않은 유지 보수 데이터를 나타내는 경험적 데이터를 수집하는 단계(101);

상기 동작 및 계획되지 않은 유지 보수 데이터의 상기 경험적 데이터를 평가하는 단계(101);

상기 경험적 데이터에 기초하여 복수의 고장 모드 모델을 생성하는 단계(101);

상기 복수의 고장 모드 모델을 결합하는 단계(102);

상기 복수의 고장 모드 모델의 결합에 대한 타겟 동작 메트릭을 설정하는 단계(103, 104)로서, 상기 설정된 타겟 동작 메트릭은, 계획되지 않은 유지 보수의 가능성, 계획되지 않은 유지 보수의 비용, 신뢰성, 가용성, 또는 총 라이프 사이클 비용 중 하나인 것인, 상기 타겟 동작 메트릭을 설정하는 단계(103, 104);

상기 타겟 동작 메트릭에 기초하여, 상기 전체 발전 유닛에 대해 전체 권장된 유지 보수 간격을 나타내는 곡선(202, 302)을 생성하는 단계로서, 상기 곡선(202, 302)은 계수 발화 시작(factored fired start)의 횟수 대 계수 발화 시간(factored fired hour) 도메인 상의 곡선이고, 상기 계수 발화 시작의 횟수 대 계수 발화 시간 도메인은 상기 권장된 유지 보수 간격을 정의하도록 구성된 것인, 상기 곡선(202, 302)을 생성하는 단계;

상기 전체 발전 유닛 내에 있는 상기 복수의 유닛 각각에 대해 동작 프로파일을 계산하는 단계(208); 및

상기 각각의 유닛의 동작 프로파일에 기초하여 상기 전체 발전 유닛 내에 있는 상기 복수의 유닛 각각에 대해 상기 권장된 유지 보수 간격을 계산하는 단계(108, 109, 210)

를 포함하는 권장된 유지 보수 간격을 결정하는 방법.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 전체 발전 유닛은 새로운 권장된 유지 보수 간격 내에서 재평가(109)되는 것인, 권장된 유지 보수 간격을 결정하는 방법.

#### 청구항 3

삭제

#### 청구항 4

삭제

#### 청구항 5

제 2 항에 있어서, 평가는 설계 평가 툴을 사용하여 수행되는 것인, 권장된 유지 보수 간격을 결정하는 방법.

#### 청구항 6

제 1 항에 있어서, 상기 복수의 고장 모드 모델은, 동작 파라미터의 함수로서 계획되지 않은 유지 보수 이벤트의 확률을 출력하도록 설계되는 것인, 권장된 유지 보수 간격을 결정하는 방법.

#### 청구항 7

제 1 항에 있어서, 상기 복수의 고장 모드 모델은 고장 모드가 발생하면, 고장 모드 결과에 대한 결과 데이터를

포함하고,

상기 결과 데이터는 계획되지 않은 유지 보수 이벤트 지속 기간 또는 수리 비용을 포함하는 것인, 권장된 유지 보수 간격을 결정하는 방법.

#### 청구항 8

삭제

#### 청구항 9

삭제

#### 청구항 10

제 1 항에 있어서, 상기 단계들은,

상기 계획되지 않은 유지 보수의 가능성을 줄이기 위해 상기 권장된 유지 보수 간격을 나타내는 곡선(202, 302)을 조정하는 단계

를 더 포함하는 권장된 유지 보수 간격을 결정하는 방법.

#### 청구항 11

삭제

#### 청구항 12

삭제

#### 청구항 13

제 5 항에 있어서, 상기 설계 평가 틀은, 임의의 추가의 고장 모드 모델이 상기 결합된 복수의 고장 모드 모델에 포함되어야 하는지를 결정하기 위해 고장 모드 및 영향 분석(Failure Mode and Effects Analyses; FMEA)을 포함하는 것인, 권장된 유지 보수 간격을 결정하는 방법.

#### 청구항 14

제 1 항에 있어서, 상기 단계들은,

컴포넌트 레벨에서 고장 모드 모델을 결정하는 단계

를 더 포함하는 권장된 유지 보수 간격을 결정하는 방법.

### 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 각 유닛의 동작 프로파일에 기초하여 권장된 유지 보수 간격 및 특히 전체 유닛들에 대한 유지 보수 간격을 결정하는 것에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 공공 기업을 위해 전력 생성하는 책임을 맡은 유닛과 같은 발전 유닛에는, 높은 레벨에서 장기간 동안 연속적으로 동작해야 하는 과업이 정기적으로 제공된다. 유닛은 높은 레벨의 신뢰성을 갖는 것으로 간주될 필요가 있다. 이러한 요건 하에서 신뢰성을 유지하는 것은 어려울 수 있는데, 발전 유닛의 컴포넌트들이 마모, 피로, 균열, 산화, 및 기타 손상을 포함할 수 있는 사용으로 열화되기 쉽고, 정기적인 유지 보수를 필요로 하기 때문이다. 유닛의 고장으로 이어질 수 있는 열화는 고장 모드로서 언급될 수 있다.

[0003] 발전 유닛은 일반적으로 많은 컴포넌트를 포함하며, 대부분이 사용 중에 회전하고 극한의 조건에서 동작하며, 또한 많은 기계적 및 전기적 부하를 받는다. 적절한 유지 보수가 없으면, 이러한 유닛은 마모로 인해 저하될 수 있으며, 유지 보수가 제대로 이루어지지 않으면 결국 고장이 날 것이다. 고장을 피하기 위해, 발전 유닛은

규칙적인 스케줄 하에서 주기적 수리 및 유지 보수를 위해 오프 라인으로 시행된다.

- [0004] 발전 유닛의 유지 보수 및 수리를 스케줄링하는 것은, 대개 유닛이 연속적으로 동작되는 동작 기간을 설정하는 것을 포함하며, 동작 기간은 수리 및/또는 유지 보수를 위해 유닛을 오프 라인으로 시행하는 제 1 이벤트에서부터, 수리 및/또는 유지 보수를 위해 유닛을 또한 오프 라인으로 시행하는 제 2 이벤트까지 지속된다. 동작 기간의 길이를 결정하는 것은 보통 유닛의 신뢰할 수 있는 동작에 대한 요건과 지속적이고 확장된 동작에 대한 필요성 간의 균형을 맞추는 것을 포함한다.
- [0005] 발전 유닛 상에서 수리 및/또는 유지 보수 작업을 수행하기 위해, 유닛은 오프 라인으로 시행되어야 한다. 오프 라인 동안, 유닛은 전력망에 전력을 발생시키지 않는다. 동작 기간이 너무 길면, 동작 중에 발전 유닛이 갑자기 고장이 날 수 있다. 이러한 예기치 않은 고장은 발전의 계획되지 않은 정전을 야기하고, 이는 그 유닛에 의존하는 시설의 전력 출력을 감소시키며, 수리에 대한 필요성의 갑작스러움 및 즉시성으로 인해 화폐 자본과 인적 자본 모두에서 높은 비용을 가질 수 있다. 반면에, 동작 기간을 단축하면, 수리 및 유지 보수 이벤트 사이에 유닛이 전력을 발생시키는 시간을 감소시키므로, 더욱 빈번한 오프 라인 세션으로 인해 발전 유닛의 수명과 같은 장기간에 걸쳐 유닛에 의해 발생하는 총 전력량을 감소시킨다. 유닛을 오프 라인으로 시행하는 것을 설명하는 또 다른 방법은 "가용성"을 감소시키는 것으로, 이는 수학적으로 설명될 수 있다. 수학적으로, "1"은 365일인 전체 달력 연도 동안 사용 가능하다는 것을 나타낸다. "0"은 1년 동안 오프 라인이므로, 1년 중 0일 동안 사용 가능한 유닛을 나타낸다. 특정 유닛이 사용 가능한 경우를 수학적으로 나타내기 위해,  $(1 - (\text{총 다운 시간} / \text{총 달력 시간}))$  형태의 계산이 이루어질 수 있고, 여기서 총 다운 시간은 계획된 다운 시간과 계획되지 않은 다운 시간의 합계이다. 통상적으로, 계산된 고장 가능성은 계획된 오프 라인 유지 보수 및 수리 이벤트들 사이에서 연장되는 산업 발전 유닛에 대한 적절한 동작 기간을 결정하기 위해 사용된다. 그런 다음, 계산된 고장 가능성은 신뢰할 수 있는 전력 유닛을 유지하는 요건과 발생된 전력의 필요성 간의 균형을 맞추기 위해 사용된다.
- [0006] 계산된 고장 가능성은 발전 유닛이 계획되지 않은 정전을 겪는 가능성으로 특징지어 질 수 있다. 발전 유닛은 스케줄링된 오프 라인 기간 이외의 시간에서 유닛을 오프 라인으로 시행할 때 계획되지 않은 정전을 겪는다. 계획되지 않은 정전은 통상적으로 발전 시설에서와 같이 현장에서 동작하는 발전 유닛의 고장으로 인한 것이다.
- [0007] 계획되지 않은 정전 가능성은 통상적으로 발전 유닛의 실제 현장 고장의 이력 데이터에 기초하여 결정된다. 실제 현장 고장은 고장의 가능성을 추정하는 데 유용하지만, 발전 유닛의 모든 잠재적 고장 모드를 정확하게 설명하지는 않는다. 일부 고장 모드는 유닛의 이력 고장에 반영되지 않는다.
- [0008] 이러한 다른 고장 모드들을 모델링하기 위해, "잠복 모델(lurking model)"이 종래에 사용되어 왔다. 예를 들어, 미리 보이지 않는 고장 모드의 가능성이 잠복 모델을 사용하여 추정될 수 있다. 잠복 모델 접근 방식은 불완전한 것으로, 고장 중에서 예측하지 못하고 보이지 않는 모드의 가설적인 분석을 기반으로 한다. 잠복 모델은, 시스템 또는 컴포넌트가 현재 동작 경험을 초과하여 동작하도록 허용되면, 미래에 발생할 수 있는 시스템 또는 시스템 컴포넌트의 알 수 없는 고장 모드(들)와 관련된 가능성을 고려한다. 이것은 보통 Weibayes 모델을 사용하여 추정되고, Weibayes 모델은 고장 점(failure point)이 없는 Weibull 모델의 한 유형이며, 이 Weibayes 모델에서는 모양 파라미터(또한, "베타"로서 공지됨)를 가정한다. 베타의 값은 비교적 높을 수 있고, 3 내지 4의 범위 내에 있을 수 있다. 일반적으로, 베타는 1 내지 4의 범위 내에 있을 수 있다. 잠복 모델에 사용된 가설적인 분석은 발전 유닛의 실제 예측하지 못한 고장 모드를 예상하지 못할 수 있다.
- [0009] 통상적으로, 최대 동작 간격이 또한 특정 유닛의 최대 시작 횟수 또는 최대 동작 시간 중 어느 하나에 기초할 수 있다. 최대 시간 간격 또는 최대 시작 간격의 사용은, 전체에서 특정 유닛의 동작 프로파일의 함수에 따라 변하는 동작 메트릭을 야기한다. 특정 유닛이 최대 시간 또는 시작 제한으로부터 더욱 멀어질수록, 특정 유닛은 덜 최적으로 서비스를 제공받는다. 다시 말해서, 유닛은 현재의 권장 사항에 따라 할당된 것보다 더 많은 시간 또는 사이클 동안 동작될 수 있다.
- [0010] 그러므로, 전체 레벨에서, 유닛은 통상적으로 권장된 유지 보수 간격으로 인해 너무 이르게 서비스가 제공되고 있다. 고정된 종래의 유지 보수 간격은 유닛 동작의 함수로서 원하는 동작 메트릭의 행동을 고려하지 않는다. 일부 종래의 솔루션에서는, 타원형 관계가 시스템 시작 횟수와 시스템 실행 시간 사이에 있다고 가정한다. 이러한 타원형 솔루션에서, 유닛은 종종 동작 프로파일 스펙트럼의 일부분에 대해 이르게 서비스가 제공되도록 권장되고, 그 반대로는 적절한 간격보다 늦게 서비스가 제공되도록 권장된다.
- [0011] 전체 유닛들 내의 각 개별 유닛에 대한 정확한 동작 기간을 정확하게 평가하여 그 값을 최대화하고 갑자기 오프

라인이 시행되는 것으로 인한 손실을 최소화하기 위한 향상된 시스템 및 방법에 대한 오랫동안 지각되고 미해결된 필요성이 존재한다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

(특허문헌 0001) 미국 특허출원공개공보 US2013/0238256호 (2013.09.12.)

### 발명의 내용

- [0012] 전체 유닛들에 대한 권장된 유지 보수 간격을 결정하는 방법은 각 유닛의 동작 프로파일에 기초한다. 전체에서 각 유닛은 동작 프로파일에 관계없이 동작 메트릭의 일정한 값으로 실행된다. 예를 들어, 동작 메트릭은 적어도 계획되지 않은 유지 보수의 일정한 가능성, 계획되지 않은 유지 보수의 비용, 신뢰성, 가용성, 또는 심지어 총 라이프 사이클 비용(계획되지 않은 정전 비용, 수리 비용, 및 낙후 비용 등을 포함함)을 포함할 수 있다. 고장 모드 및 영향 분석(Failure Mode and Effects Analyses; FMEA)이 모든 공지된 고장 모드 및 가설적 고장 모드를 적절하게 설명하는 것을 보장하도록 영향력을 미칠 수 있다.
- [0013] 전체 유닛들에 대한 권장된 유지 보수 간격을 결정하는 방법은 전체에서 각 유닛이 동작 메트릭의 동일한 값으로 실행되는 것에 기초한다. 위에서 언급한 바와 같이, 동작 메트릭은 계획되지 않은 유지 보수의 가능성, 계획되지 않은 유지 보수의 비용, 개별 유닛의 신뢰성, 교체 부품 또는 교체 유닛의 가용성, 및 개별 유닛 또는 전체 유닛들에 대한 총 라이프 사이클 비용을 포함할 수 있다.
- [0014] 동작 메트릭은 관심 있는 각각의 컴포넌트 또는 서브 시스템에 대한 고장 모드 레벨에서 신뢰성 모델 및/또는 데이터에 직접 링크될 수 있다.
- [0015] 적절한 동작 기간을 결정하는 것의 일환으로, 관심 있는 각 컴포넌트에 대한 고장 모드 레벨에서 모델이 생성된다. 통상적으로, 이러한 모델은 동작 파라미터의 함수로서 주어진 고장 모드에 대한 계획되지 않은 유지 보수 이벤트의 확률을 야기한다. 이러한 모델은 또한 고장 모드가 발생하면, 그 고장 모드 결과에 대한 데이터, 예를 들어, 이벤트 지속 기간 또는 수리 비용 등을 포함할 수 있다.
- [0016] 모든 개별 고장 모드에 대한 모델들은 결합되어 관심 있는 동작 메트릭을 야기한다. "관심 있는" 동작 메트릭은 사업체가 전체에서 각 유닛에 대해 일정하게 유지하고자 하는 메트릭이다. 관심 있는 동작 메트릭의 예로서, 계획되지 않은 유지 보수의 가능성, 계획되지 않은 유지 보수의 비용, 유닛의 신뢰성, 유닛의 가용성, 및 총 라이프 사이클 비용 등을 포함하지만, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0017] 모델에 기초하여, 유지 보수 간격, 즉, 동작 기간은 각 동작 프로파일이 동작 메트릭의 동일한 값을 야기하도록 조정될 수 있다. 예를 들어, 특정 유닛 또는 전체 유닛들에 대해 동작 시간과 시작 횟수를 비교하는 곡선이 생성될 수 있다. 이러한 곡선은 임의의 주어진 시간 대 시작 비율에 대한 유지 보수 간격을 나타낼 수 있다.
- [0018] 이러한 시스템은 진술한 곡선에서 구체화된 경계 내에서 재평가될 수 있다. 고장 모드 및 영향 분석(FMEA)과 같은 설계 평가 툴을 사용하여 재평가가 달성될 수 있다. 이러한 재평가는 (종래의 방법에 비해) 유지 보수 간격에 대한 새로운 확장된 경계가 주어지면, 임의의 새로운 가상 고장 모드 모델이 추가되어야 하는지를 결정할 수 있다. 임의의 새로운 고장 모델이 식별되면, 해당 모델은 추가되고 위에서 설명한 것처럼 모든 개별 고장 모드에 대해 새로운 모델이 재생성된다.
- [0019] 그 결과, 전체 유닛들에서 각각의 유닛마다 권장된 동작 간격이 개별 동작 프로파일에 기초하여 생성되고, 개별 동작 프로파일은 그 전체에서 모든 유닛들에 걸쳐 동작 메트릭의 동일한 값을 유지한다.
- [0020] 신뢰성과 관련하여, 기계에서 발생하는 실제 마모, 열화, 및 손상의 경험적 데이터가 기계 고장 모드의 모델링을 향상시키기 위해 사용될 수 있다. 이 모델은 기계의 신뢰성을 계산하고 오프 라인 유지 보수 및 수리 세션 간의 최적 기간을 결정하기 위해 사용될 수 있다. 이 모델은 보스코픽 검사(boroscopic inspection)와 같은, 기계를 모니터링하는 것에 기초하여, 이력 현장 고장 및 잠재적 고장(또한, 예측하지 못한 고장으로서도 언급됨)으로부터의 데이터를 결합한다.
- [0021] 신뢰성 데이터는 상이한 형태로 들어올 수 있으며, 각각은 측정, 포착 및/또는 수집하기 위해 상이한 툴을 필요



로 할 수 있다. 신뢰성 데이터는 적어도, A) 각 유닛으로부터 자동으로 수집 및/또는 중앙 모니터링 시스템에 전송될 수 있는 동작 데이터; B) 계획되지 않은 다운 시간과 관련될 수 있고 재무 회계 시스템에서 포착될 수 있는 비용 데이터; 및 C) 과거에 발생한 고장 모드를 비롯한, 고장 모드를 설명할 수 있는 현장 엔지니어링 리포트를 포함할 수 있다. 이러한 예들은 예시적이고 비제한적이다.

[0022] 신뢰성 데이터는 다양한 저장 디바이스 상에 기록될 수 있고, 이는 데이터가 최종 저장 디바이스에 통합되기 전에 중간 저장 디바이스로서 기능할 수 있다. 중간 및 /또는 통합 데이터는 고장 모드 레벨에서 신뢰성 모델을 생성하기 위해 사용될 수 있다. 저장 디바이스는 적어도, A) 각 유닛으로부터 자동적으로 수집되고 및/또는 중앙 모니터링 시스템에 전송되는 동작 데이터를 저장하기 위해 사용될 수 있는 제 1 데이터베이스 시스템; B) 재무 회계 데이터를 저장하기 위해 사용될 수 있는 제 2 데이터베이스 시스템; C) 워드 프로세서 프로그램과 같은 종래의 사무용 소프트웨어 프로그램을 사용하여 생성되었을 수 있는 현장 리포트를 저장하기 위해 사용될 수 있는 서버로서, 리포트는 개별 파일로서 생성 및/또는 저장될 수 있는 것인, 서버; 및 D) 다수의 데이터베이스 및 /또는 저장 디바이스로부터 컴파일된 신뢰성 데이터를 저장할 수 있는 제 3 데이터베이스 시스템을 포함할 수 있다. 데이터베이스는 중간 데이터베이스 일 수 있다. 이러한 예들은 예시적이고 비제한적이다.

[0023] 분석 디바이스가 전체 내의 유닛에 관해 및/또는 유닛 전체에 관해 수집된 데이터의 모델을 생성하기 위해 사용될 수 있다. 분석 디바이스는 신뢰성 데이터로부터 관심 있는 각 컴포넌트마다 고장 모드 레벨에서 모델을 생성하기 위해 사용될 수 있다. 모델이 생성된 이후에, 하나 이상의 분석 디바이스들이 사용되어 생성된 모델(들)을 적용하여 향후의 신뢰성, 가용성, 계획되지 않은 비용, 및 기타 동작 고려 사항을 예측할 수 있다. 하나 이상의 분석 디바이스들이 또한 사용되어 권장된 전체 유지 보수 간격을 계산하기 위해 해당 모델을 평가할 수 있다. 예를 들어, 분석 디바이스는 적어도, A) 관심 있는 각 컴포넌트마다 고장 모드 레벨에서 모델을 반복적으로 생성하기 위해 신뢰성 있는 엔지니어에 의해 사용되는 통계 분석 소프트웨어; B) 스프레드 시트 기반 소프트웨어 툴; C) 확률적 시뮬레이션 소프트웨어; 및 D) 개인용 컴퓨터, 서버, 또는 클라우드 기반 시뮬레이션 소프트웨어를 포함할 수 있다. 이러한 예들은 예시적이고 비제한적이다.

[0024] 발전 유닛은 가스 터빈, 증기 터빈, 또는 다른 발전 디바이스를 포함할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0025] 도 1은 권장된 유지 보수 간격을 결정하기 위한 단계들을 매핑하는 프로세스 흐름도를 도시한다.

도 2는 본 출원에 따른 권장된 유지 보수 간격과 비교된 종래의 유지 보수 간격의 비교의 그래프 표현을 도시한다.

도 3은 본 출원에 따른 권장된 유지 보수 간격과 비교된 종래의 유지 보수 간격의 비교의 다른 그래프 표현을 도시한다.

도 4(a)는 종래의 수단에 따른 동작 프로파일의 함수로서의 동작 메트릭의 그래프 표현을 도시한다.

도 4(b)는 도 2에 도시된 그래프 표현에 관한 동작 프로파일의 함수로서의 동작 메트릭의 다른 그래프 표현을 도시한다.

도 4(c)는 도 3에 도시된 그래프 표현에 관한 동작 프로파일의 함수로서의 동작 메트릭의 또 다른 그래프 표현을 도시한다.

도 5는 도 4(c)의 곡선과 함께 도 4(b)의 곡선을 나타내는 결합된 그래프 표현을 도시한다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0026] 도 1은 권장된 유지 보수 간격을 결정하기 위한 단계들을 매핑하는 프로세스 흐름도를 도시한다. 제 1 단계(101)로서, 고장 모드 모델이 생성된다. 단계(101)에서, 관심 있는 각 컴포넌트마다 모델이 생성된다. 그 다음, 단계(102)에서, 다양한 고장 모드 모델이 결합되어 관심 있는 특정 동작 메트릭의 그래프 표현으로서 선택적으로 도시된 수학적 모델을 생성한다. 단계(102)에서, 생성된 다양한 고장 모드 모델을 결합한 이후에, 단계(103)에서, 타겟 동작 프로파일에서 동작 메트릭을 계산함으로써 타겟 동작 메트릭이 획득된다.

[0027] 단계(103)에서 획득된 타겟 동작 메트릭을 사용하여, 단계(104)에서, 동작 프로파일은 증가될 수 있다. 단계(104)의 증가에서, 유지 보수 간격은 각 동작 프로파일이 동작 메트릭의 동일한 값을 야기하도록 조정될 수 있다. 단계(104)의 증가 이후에, 단계(105)에서, 동작 메트릭은 새로운 동작 프로파일에서 계산될 수 있다. 단

계(105)에서 새로운 동작 메트릭이 계산된 이후에, 단계(106)에서, 동작 메트릭은 타겟 동작 메트릭과 비교된다. 단계(105)에서 계산된 동작 메트릭이 타겟 동작 메트릭과 동일하지 않으면, 시스템은 최적화 루프에 진입할 수 있고, 이에 의해, 단계(107)에서, 유지 보수 간격은 조정되고, 단계(105)에서의 가장 새로운 동작 프로파일에서 동작 메트릭의 새로운 계산이 이어진다.

[0028] 반면에, 단계(106)에서 동작 메트릭이 원하는 허용 오차(예를 들어,  $\pm 0.1\%$ ) 내에서 타겟 동작 메트릭과 동일한 것으로 발견되면, 단계(108)에서, 시스템은 다른 동작 프로파일이 유지 보수 간격을 결정하는 프로세스의 일부로서 평가될 필요가 있는지를 고려할 수 있다. 시스템 또는 시스템의 운영자가 다른 동작 프로파일이 평가될 필요가 있다고 결정하면, 동작 프로파일은 단계(104)에서와 같이 다시 증가될 수 있다. 동작 프로파일이 단계(104)에서 다시 증가되면, 단계(105)에서의 새로운 동작 메트릭은 가장 새로운 동작 프로파일에서 다시 계산되고, 단계(106)에서의 비교가 이어진다.

[0029] 한편, 단계(108)에서 다른 동작 프로파일이 평가될 필요가 없다고 결정되면, 단계(109)에서, 시스템은 예를 들어 FMEA 절차를 사용하여 새로운 권장된 유지 보수 간격 내에서 평가될 수 있다.

[0030] 단계(109)에서 시스템의 평가 이후에, 단계(110)에서, 시스템 또는 시스템의 운영자는 임의의 다른 고장 모드가 연장된 동작으로 인해 모델링될 필요가 있는지를 결정한다. 단계(110)에서 긍정, 즉, 추가의 고장 모드가 모델링될 필요가 있다고 결정하면, 새로운 추가의 모델은 단계(102)에서 이미 고려된 모든 다른 모델과 결합된다. 그런 다음, 시스템은 단계(102)에서 결합된 새로운 추가의 모델(들)을 사용하여 위에서 기술된 단계들을 통해 계속 진행된다. 그러나, 단계(110)가 다른 고장 모드가 모델링되거나 고려될 필요가 없다고 결정하면, 단계(111)에서, 시스템은 완료되고 유지 보수 간격은 결정된다.

[0031] 도 2는 곡선(201)의 종래의 유지 보수 기간과 본 출원의 동작 메트릭에 기초한 곡선(202) 사이의 그래프 비교를 도시한다. 이 도면에서, 수직축은 전력 발생 유닛에 대한 계수 발화 시작(factored fired start)(203)의 측정을 포함한다. 수평축은 발전 유닛에 대한 계수 발화 시간(factored fired hour)(204)의 측정을 포함한다. 곡선(202)은 동작 메트릭에 대한 동일값 곡선으로 도시된다. 이 특정 예에서, 동작 메트릭은 포인트(205)에서 표시된 바와 같이, 선행 기술(종래의) 시간 및 시작의 유지 보수 간격의 동작 메트릭의 값과 동일하게 설정된다.

[0032] 라인(208)은 예시적인 "유닛 A"를 도시하고, 스케줄링된 유지 보수를 위해 유닛 A를 오프 라인으로 시행할 때를 고려한다. 포인트(209)는 유닛 A가 오프 라인으로 시행될 때 종래의 포인트를 도시하고, 포인트(210)는 유닛 A가 오프 라인으로 시행될 때 본 기술에 따른 포인트를 도시한다. 종래의 방법에 따르면, 유닛 A가 1200번 시작되자마자, 유닛이 실제로 몇 시간 동안 동작했는지에 상관없이 유닛은 오프 라인으로 시행되어야 한다.

[0033] 라인(211)은 다른 예시적인 "유닛 B"를 도시하고, 스케줄링된 유지 보수를 위해 유닛 B를 오프 라인으로 시행할 때를 고려한다. 종래의 방법에 따르면, 유닛 B가 서비스 중에 32000 시간에 도달하자마자, 발화 시작의 횟수에 관계없이 유닛 B는 오프 라인으로 시행된다. 유사하게, 포인트(212)는 유닛 B가 종래의 방법에 따라 유지 보수를 위해 오프 라인으로 시행될 때의 포인트를 도시하고, 포인트(213)는 유닛 B가 오프 라인으로 시행될 때 본 기술에 따른 포인트를 도시한다.

[0034] 도 2에 도시된 바와 같이, 곡선(201)과 곡선(202) 사이의 영역(206, 207)은 본 명세서에 설명된 시스템을 사용하여 가능해지는 부가적인 유닛 동작을 나타낸다. 라인(208)의 파선 섹션은 본 기술의 결과로서 유닛 A의 추가 동작 시간을 도시한다. 라인(211)의 파선 섹션은 본 기술의 결과로서 유닛 B의 추가 동작 시간을 도시한다.

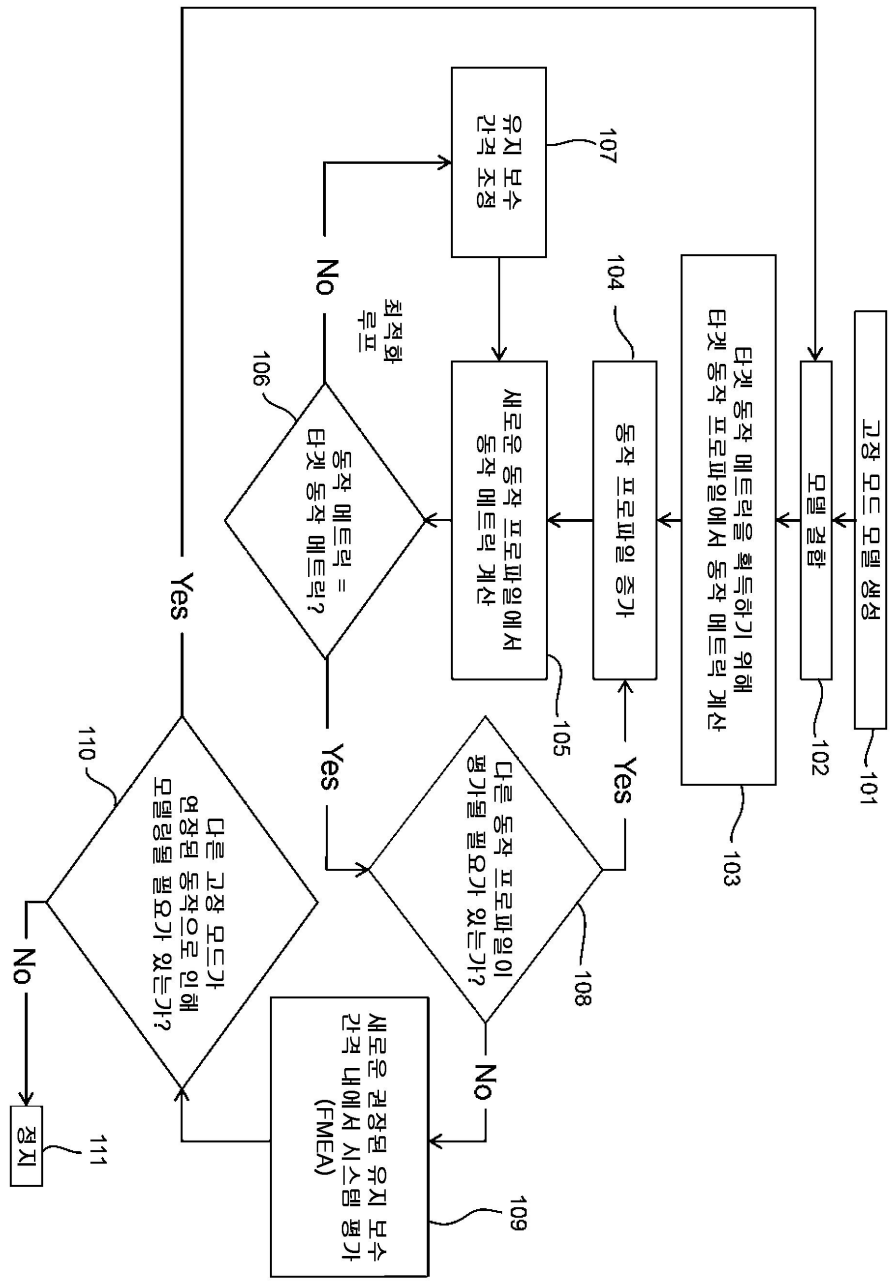
[0035] 도 3은 도 2에 도시된 곡선들과 유사하게, 곡선(301)의 종래의 유지 보수 기간과 본 출원의 동작 메트릭에 기초한 곡선(302) 사이의 그래프 비교를 도시한다. 도 3에서, 수직축은 전력 발생 유닛에 대한 계수 발화 시작(303)의 측정을 포함한다. 수평축은 발전 유닛에 대한 계수 발화 시간(304)의 측정을 포함한다. 도 3은 또한 동작 메트릭에 대한 동일 값 곡선이지만 동작 메트릭이 곡선(302)으로 야기된 동작 메트릭 아래의 값으로 설정된 제 3 곡선(308)을 도시한다. 화살표(309)로 표시된 바와 같이, 동작 메트릭을 더 낮은 값으로 설정하는 것은, 본 출원에 의해 결정된 개선된 유지 보수 간격을 나타내는 곡선을 시프트시킨다. 예를 들어, 곡선(302)은 약 30 %의 계획되지 않은 정전 또는 고장의 가능성으로 설정된 동작 메트릭을 나타낼 수 있는 반면, 곡선(308)은 약 25 %의 계획되지 않은 정전 또는 고장의 가능성을 나타낼 수 있으며, 이는 전체 유닛들에서 하나의 유닛이 고장을 경험할 가능성이 낮아진 것을 나타낸다.

[0036] 도 2와 유사하게, 영역(306, 307)은 종래의 유지 보수 간격 결정에 비해 가능해지는 부가적인 유닛 동작을 나타낸다. 곡선(308)의 시프트로 인해, 영역(306, 307)은 도 2에 도시된 영역(206, 207)보다 작다. 곡선(308)은 곡선(302)과 비교하여 감소된 고장 확률을 갖는 전체에 대한 권장된 유지 보수 간격을 나타낸다.

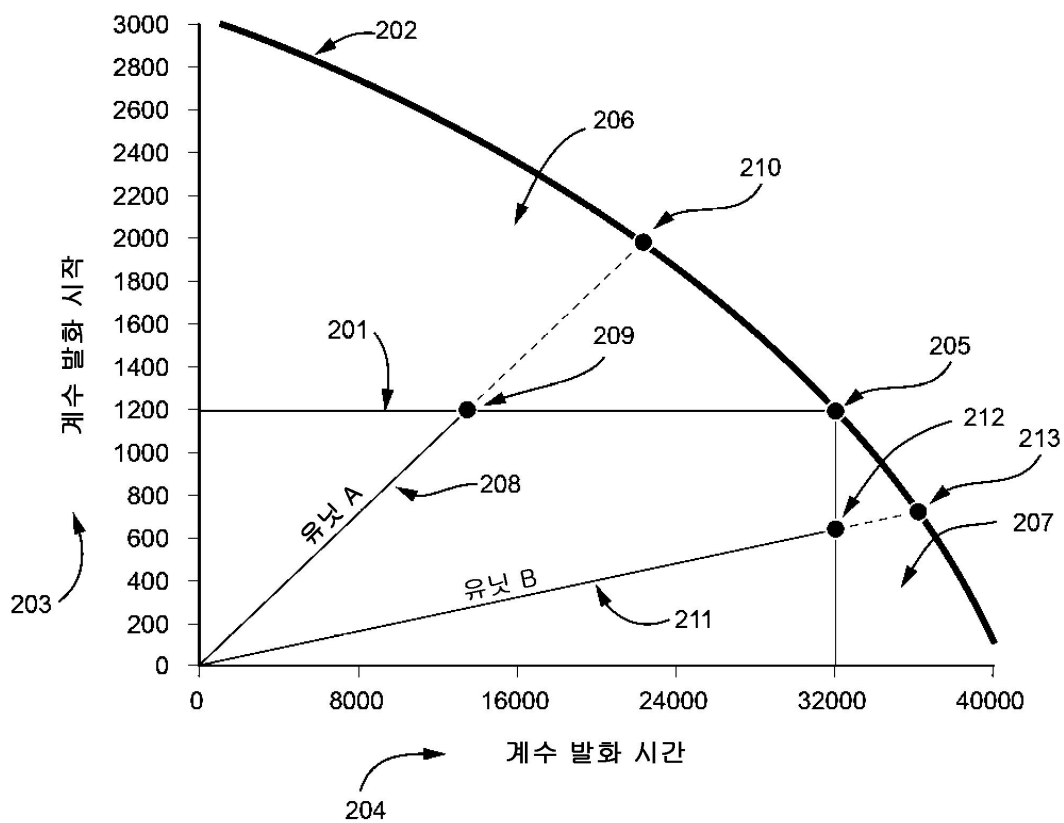


- [0037] 도 4(a)는 선행 기술에 따른 동작 프로파일의 함수로서 동작 메트릭의 그래프를 도시한다. 여기서, 예시적인 동작 메트릭으로서, "계획되지 않은 정전 가능성"이 사용된다. 예시적인 동작 프로파일은 Factored Fired Hours/Factored Starts로서 정의되는 "N 비율"을 포함한다. 다른 동작 메트릭 또는 동작 프로파일이 사용될 수 있다. 도 4(a)는 Y를 포함하는 수직축(403), 동작 메트릭을 갖는다. 도 4(a)에서, 동작 메트릭은 확률 백분율로서 표현되는, 계획되지 않은 정전 가능성으로서 도시된다. 또한, 도 4(a)는 X를 포함하는 수평축(404), 동작 프로파일을 갖는다. 동작 프로파일은 Factored Fired Hours/Factored Starts로서 위에서 정의된 N 비율로서 도시된다. 곡선(412)은 발전 유닛이 동작한 시간에 의존하는 고장 모드로 인한 계획되지 않은 정전 가능성의 예를 도시한다. 곡선(413)은 발전 유닛에 대한 계수 시작의 수에 의존하는 고장 모드로 인한 계획되지 않은 정전 가능성의 예를 도시한다. 곡선(411)은 계획되지 않은 정전의 전체 확률을 동작 프로파일의 함수로서 나타내는 결합된 곡선이다.
- [0038] 도 4(b)는 도 2에 도시된 동작 프로파일에 따른 동작 프로파일의 함수로서의 동작 메트릭의 그래프를 도시한다. 여기서, 도 4(a)에서와 같이, 예시적인 동작 메트릭으로서, "계획되지 않은 정전 가능성"이 사용된다. 예시적인 동작 프로파일은 Factored Fired Hours/Factored Starts로서 정의되는 "N 비율"을 포함한다. 다른 동작 메트릭 또는 동작 프로파일이 사용될 수 있다. 도 4(b)는 Y를 포함하는 수직축(403), 동작 메트릭을 갖는다. 도 4(b)에서, 동작 메트릭은 확률 백분율로서 표현되는, 계획되지 않은 정전 가능성으로서 도시된다. 또한, 도 4(b)는 X를 포함하는 수평축(404), 동작 프로파일을 갖는다. 동작 프로파일은 Factored Fired Hours/Factored Starts로서 위에서 정의된 N 비율로서 도시된다. 곡선(422)은 발전 유닛이 동작한 계수 발화 시간에 의존하는 고장 모드로 인한 계획되지 않은 정전 가능성의 예를 도시한다. 곡선(423)은 발전 유닛에 대한 계수 시작의 수에 의존하는 고장 모드로 인한 계획되지 않은 정전 가능성의 예를 도시한다. 곡선(421)은 계획되지 않은 정전의 전체 가능성을 동작 프로파일의 함수로서 나타내는 결합된 곡선이다.
- [0039] 도 4(c)는 도 3에 도시된 동작 프로파일에 따른 동작 프로파일의 함수로서의 동작 메트릭의 그래프를 도시한다. 여기서, 도 4(a)에서와 같이, 예시적인 동작 메트릭으로서, "계획되지 않은 정전 가능성"이 사용된다. 예시적인 동작 프로파일은 Factored Fired Hours/Factored Starts로서 정의되는 "N 비율"을 포함한다. 다른 동작 메트릭 또는 동작 프로파일이 사용될 수 있다. 도 4(c)는 Y를 포함하는 수직축(403), 동작 메트릭을 갖는다. 도 4(c)에서, 동작 메트릭은 확률 백분율로서 표현되는, 계획되지 않은 정전 가능성으로서 도시된다. 또한, 도 4(c)는 X를 포함하는 수평축(404), 동작 프로파일을 갖는다. 동작 프로파일은 Factored Fired Hours/Factored Starts로서 위에서 정의된 N 비율로서 도시된다. 곡선(432)은 발전 유닛이 동작한 계수 발화 시간에 의존하는 고장 모드로 인한 계획되지 않은 정전 가능성의 예를 도시한다. 곡선(433)은 발전 유닛에 대한 계수 시작의 수에 의존하는 계획되지 않은 정전 가능성의 예를 도시한다. 곡선(431)은 계획되지 않은 정전의 전체 가능성을 동작 프로파일의 함수로서 나타내는 결합된 곡선이다.
- [0040] 도 5는 도 2 및 도 3에 도시된 동작 프로파일에 따른 동작 프로파일의 함수로서의 동작 메트릭의 그래프를 도시한다. 여기서, 도 4(a)에서와 같이, 예시적인 동작 메트릭으로서, "계획되지 않은 정전 가능성"이 사용된다. 예시적인 동작 프로파일은 Factored Fired Hours/Factored Starts로서 정의되는 "N 비율"을 포함한다. 다른 동작 메트릭 또는 동작 프로파일이 사용될 수 있다. 도 5는 Y를 포함하는 수직축(503), 동작 메트릭을 갖는다. 도 5에서, 동작 메트릭은 확률 백분율로서 표현되는, 계획되지 않은 정전 가능성으로서 도시된다. 또한, 도 5는 X를 포함하는 수평축(504), 동작 프로파일을 갖는다. 동작 프로파일은 Factored Fired Hours/Factored Starts로서 위에서 정의된 N 비율로서 도시된다.
- [0041] 도 5는 도 5의 곡선(521)에서 도 2의 라인(202)으로 도시된 유지 보수 기간 및 도 5의 곡선(531)에서 도 3의 라인(308)으로 도시된 유지 보수 간격에 따라, 곡선(511)의 선행 기술에 따른 계획되지 않은 정전의 전체 가능성을 병치한다.
- [0042] 본 발명이 현재 가장 실용적이고 바람직한 실시예로 고려되는 것과 관련하여 설명되었지만, 본 발명은 개시된 실시예에 한정되는 것이 아니라, 반대로, 첨부된 청구항의 사상 및 범위 내에 포함되는 다양한 변형 및 동등한 배치를 포함하기 위한 것이다.

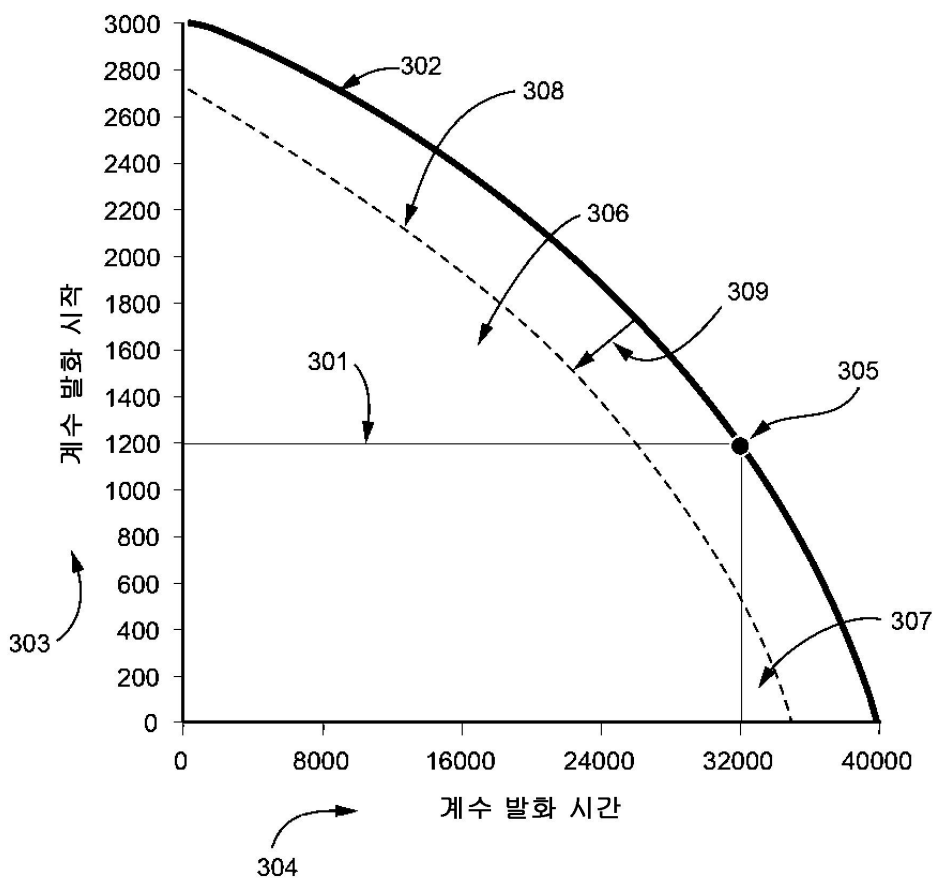
도면  
도면1



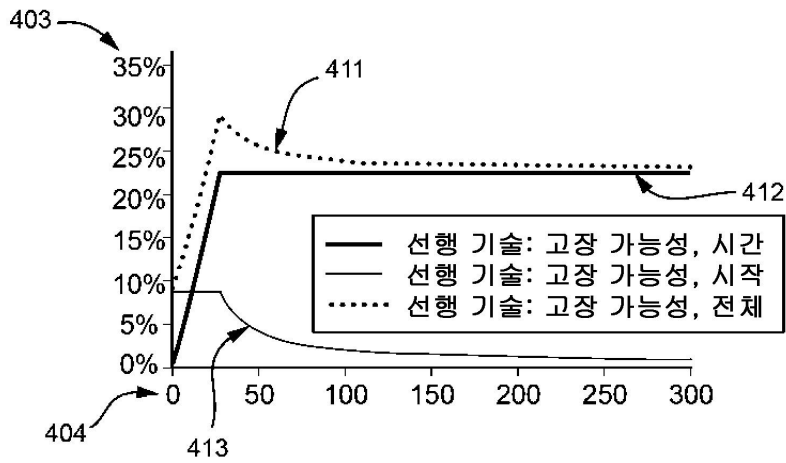
도면2



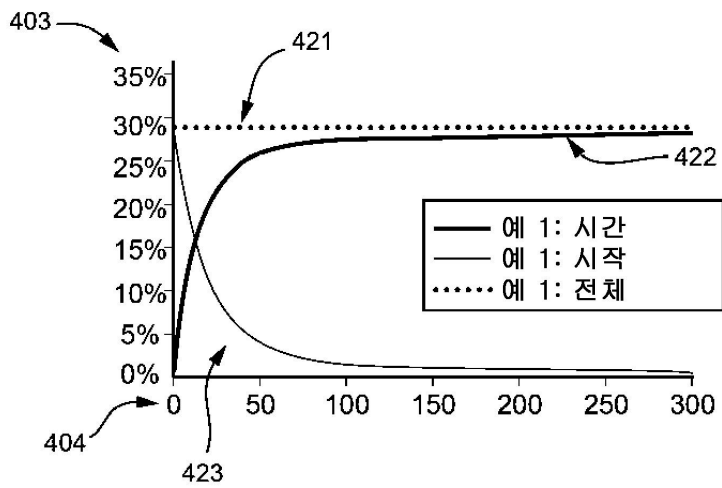
도면3



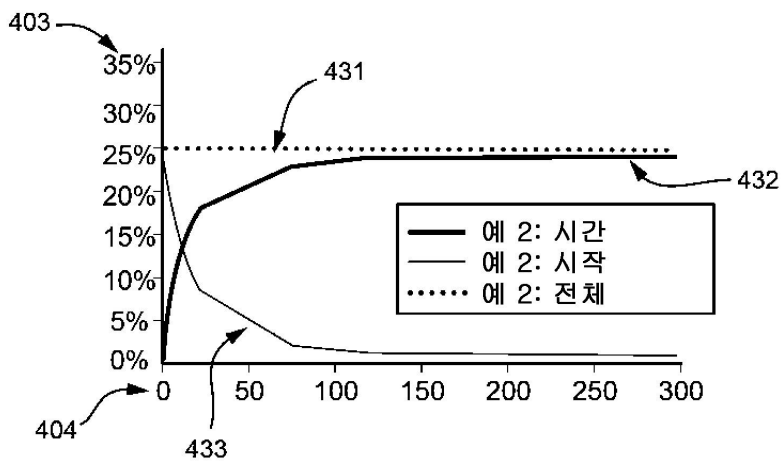
도면4a



도면4b



도면4c



도면5

