



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년08월11일  
(11) 등록번호 10-1543794  
(24) 등록일자 2015년08월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H02P 9/08 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2009-0028551  
(22) 출원일자 2009년04월02일  
심사청구일자 2014년02월11일  
(65) 공개번호 10-2009-0106350  
(43) 공개일자 2009년10월08일  
(30) 우선권주장  
12/098,134 2008년04월04일 미국(US)  
(56) 선행기술조사문헌  
JP2005086906 A\*  
JP2005130683 A\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
제너럴 일렉트릭 캄파니  
미합중국 뉴욕, 웨베크티, 윈 리버 로우드  
(72) 발명자  
라센 에이너 바흐  
미국 뉴욕주 12019 찰턴 찰턴 로드 814  
(74) 대리인  
제일특허법인, 장성구

전체 청구항 수 : 총 9 항

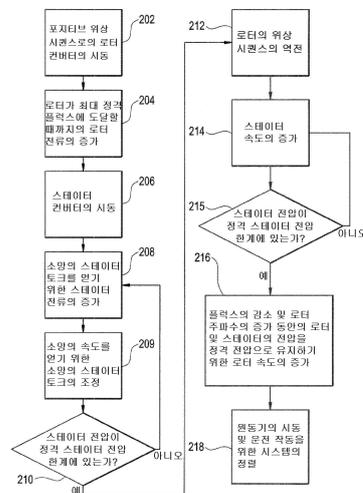
심사관 : 박태근

(54) 발명의 명칭 **발전기 시동 방법**

(57) 요약

발전기를 시동시키기 위한 예시적인 방법은 로터 양단에 교류 전압을 사용하여 로터를 시동시키는 단계와, 스테이터를 시동시키는 단계와, 로터의 속도를 증가시키는 단계를 포함한다.

대표도 - 도2



## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

발전기(102)를 시동시키기 위한 방법에 있어서,

로터를 가로질러 교류 전압을 걸어서 상기 로터를 시동시키는 단계로서, 상기 교류 전압은 상기 로터에 접속된 교류 전압원에 의해서 공급되는, 상기 로터를 시동시키는 단계와,

상기 로터에의 전력 공급을 차단하지 않으면서, 교류 전압원으로부터 스테이터로의 교류 전압의 공급을 개시하는 단계로서, 상기 교류 전압원은 상기 스테이터에 접속된, 상기 스테이터로의 교류 전압의 공급을 개시하는 단계와,

상기 스테이터로 공급되는 전력의 주파수를 증가시킴으로써 상기 로터의 속도를 증가시키는 단계를 포함하는 발전기 시동 방법.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 발전기(102)가 최대 정격 플럭스에 도달할 때까지 상기 로터 내의 전류를 증가시키는 단계를 더 포함하는 발전기 시동 방법.

#### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 스테이터의 시동에 반응하여 소망의 스테이터 토크를 얻기 위해 상기 스테이터 내의 전류를 증가시키는 단계를 더 포함하는

발전기 시동 방법.

#### 청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 로터는 제 1 위상 시퀀스(a first phase sequence)로 시동되는

발전기 시동 방법.

#### 청구항 5

제 4 항에 있어서,

정격 스테이터 전압 한계에 도달하는 스테이터 전압에 반응하여 로터 컨버터(120)의 상기 제 1 위상 시퀀스를 역전시키는 단계로서, 상기 로터 컨버터(120)의 제 1 위상 시퀀스의 역전이 상기 스테이터 전압을 낮추는, 상기 역전 단계를 더 포함하는

발전기 시동 방법.

#### 청구항 6

제 1 항에 있어서,

스테이터 전압이 정격 스테이터 전압 한계에 도달할 때까지 상기 발전기(102)의 속도를 증가시키는 단계를 더 포함하는

발전기 시동 방법.

#### 청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 발전기(102)의 제 1 속도에 도달할 때까지 상기 로터 내 전류의 주파수, 상기 로터의 속도, 상기 스테이터 내 전류의 주파수 및 상기 발전기(102)의 속도를 증가시키는 단계를 더 포함하는

발전기 시동 방법.

**청구항 8**

제 1 항에 있어서,

상기 발전기(102)의 원동기의 시동 속도에 도달할 때까지 상기 로터 내 전류의 주파수, 상기 로터의 속도, 상기 스테이터 내 전류의 주파수 및 상기 발전기(102)의 속도를 증가시키는 단계를 더 포함하는

발전기 시동 방법.

**청구항 9**

발전기(102)를 시동시키기 위한 방법에 있어서,

로터를 시동시키는 단계와,

제 1 위상 시퀀스를 갖는 스테이터를 시동시키는 단계와,

상기 로터의 속도를 증가시키는 단계와,

상기 로터에 제 2 위상 시퀀스를 적용하는 단계를 포함하고,

상기 제 2 위상 시퀀스는 상기 제 1 위상 시퀀스와 반대인

발전기 시동 방법.

**청구항 10**

삭제

**발명의 설명**

**발명의 상세한 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명의 실시예는 개략적으로 전기 발전기에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 가변속 전기 발전기의 시동 및 운전에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 이와 관련하여, 많은 전기 발전기는 스테이터 컨버터를 사용하여 스테이터 내에 전류를 유도하고 로터 컨버터를 사용하여 로터 내에 전류를 유도함으로써 시동된다. 스테이터 컨버터로부터의 전류는 기계 내의 플럭스(flux)와 상호 작용하여 발전기 내에 토크를 생성한다. 이 토크가 발전기 로터 및 발전기의 원동기(prime mover)를 회전시킨다. 발전기 원동기가 정격 시동 속도(a rated starting speed)에 도달할 때, 발전기의 원동기 내에서 연료가 점화된다. 일단 원동기가 작동하고 있으면, 발전기는 전력 발전을 위해 전기적으로 정렬될 수도 있다.

[0003] 발전기의 시동 시퀀스(start sequence) 동안, 스테이터 컨버터는 스테이터에 전류를 전송하고, 로터 컨버터는 로터에 전류를 전송한다. 스테이터의 전압과 주파수 사이의 관계와 로터 전류는 발전기를 시동시키도록 발전기 내의 플럭스 및 스테이터에 의해 유도되는 토크에 영향을 미친다. 시동시에, 스테이터 내 전압은 스테이터 컨버터가 정격 전압 및 주파수 한계(a rated voltage and frequency limit)에 도달할 때까지 증가된다. 스테이터 컨버터의 전압 정격은 발전기 내의 플럭스를 제한하기 때문에 임의의 속도에서 플러스는 스테이터 컨버터의 전압 한계에 따라 감소되어야만 한다. 이는 발전기의 시동을 위해 사용가능한 토크에 대한 제한을 초래한다.

[0004] 많은 전기 발전기가 로터에 직류 전류를 출력하는 로터 컨버터를 사용한다. 직류 전류는 주파수가 없기 때문에, 로터 전류의 주파수가 조정될 수는 없다. 로터 전류의 주파수 조정에 대한 제한이 스테이터에 의해 생

성될 수도 있는 사용가능한 시동 토크를 제한한다.

**발명의 내용**

**해결 하고자하는 과제**

[0005] 시동 시퀀스 동안 발전기 스테이터 내의 사용가능한 플럭스 및 토크를 증가시키는 것이 바람직하다.

**과제 해결수단**

[0006] 발전기를 시동시키기 위한 방법은 로터 양단에 교류 전압을 사용하여 로터를 시동시키는 단계와, 스테이터를 시동시키는 단계와, 로터의 속도를 증가시키는 단계를 포함한다.

[0007] 발전기를 시동시키기 위한 선택적인 방법은 로터를 시동시키는 단계와, 제 1 위상 시퀀스(a first phase sequence)를 갖는 스테이터를 시동시키는 단계와, 로터의 속도를 증가시키는 단계와, 로터에 제 2 위상 시퀀스를 적용하는 단계를 포함한다.

[0008] 전기 발전 시스템의 예시적인 실시예는 발전기의 속도를 제어하도록 작동가능한 제 1 로직(logic)을 갖는 속도 컨트롤러, 스테이터 및 로터를 구비하는 발전기와, 스테이터에 교류 전력을 공급하도록 작동가능한 제 1 컨버터 및 로터에 교류 전력을 공급하도록 작동가능한 제 2 컨버터를 구비하는 가변 주파수 발전기 익사이터[a variable frequency generator(VFG) exciter]와, VFG 익사이터의 작동을 제어하도록 작동가능한 제 2 로직을 갖는 VFG 익사이터 컨트롤러로서, 제 2 로직은 추가로 로터의 양단에 교류 전압을 사용하여 로터에 전류를 인가하도록 작동가능한 제 1 컨버터를 시동시키도록, 스테이터에 전류를 인가하도록 작동가능한 제 1 컨버터를 시동시키도록, 그리고 로터의 속도를 증가시키도록 작동가능한, 상기 VFG 익사이터 컨트롤러를 포함한다.

**발명의 실시를 위한 구체적인 내용**

[0009] 본 발명의 상술한 그리고 그 외의 다른 특징, 실시 형태 및 장점은 첨부 도면은 참조하여 하기의 상세한 설명을 숙독할 때 보다 잘 이해될 것이며, 도면 전체에 걸쳐서 유사한 번호는 유사한 부분을 나타낸다.

[0010] 하기의 상세한 설명에서, 수많은 구체적인 세부 사항들은 본 발명의 다양한 실시예에 대한 완전한 이해를 제공하기 위해 기술된다. 그러나, 당업자는 본 발명의 실시예가 이들 구체적인 세부 사항이 없이도 실시될 수도 있는 것과, 본 발명이 도시된 실시예에 제한되지 않는다는 것과, 본 발명이 다양한 대안 실시예로 실시될 수도 있다는 것을 이해할 것이다. 다른 예에, 공지된 방법, 절차 및 구성요소는 상세하게 기술되지 않았다.

[0011] 또한, 본 발명의 실시예들을 이해하는데 도움이 되는 방식으로 복수의 분리된 단계들이 수행되는 것처럼 다양한 운용예가 기술될 수도 있다. 그러나, 설명의 순서는 이들 운용예가 기술된 순서대로 수행될 필요가 있다거나, 또는 그 순서에 종속된다는 것을 의미하는 것으로 해석되어서는 안 된다. 더욱이, "일 실시예에서"라는 어구의 반복 사용이, 그럴 수도 있지만, 반드시 동일한 실시예를 언급하는 것은 아니다. 마지막으로, 본 출원에 사용된 바와 같은 "포함하는", "구비하는", "갖는" 등의 용어는, 달리 표시되지 않는 한, 동일한 의미를 가질 의도이다.

[0012] 이와 관련하여, 도 1을 참조하면, 전기 발전 시스템(100)은 발전기(102)를 포함한다. 도시된 예시적인 실시예에서, 발전기(102)는 4kV 및 3.6kA의 정격을 갖는 3상 로터(도시되지 않음)와, 18kV의 정격을 갖는 스테이터(도시되지 않음)를 구비하는 가스 터빈 발전기이지만, 발전기(102)는 설계에 의한 필요에 따라 다른 부하의 정격을 가질 수도 있다. 도시된 실시예에서, 발전기(102)는 3개의 슬립 링(slip ring)을 구비한다. 발전기(102)의 로터와 스테이터는 제 1 스위치(S1)(103) 및 제 2 스위치(S2)(105)를 거쳐서 가변 주파수 발전기(VFG) 익사이터(104)에 연결되어 있다.

[0013] VFG 익사이터(104)는 직류 링크(106)를 포함한다. 컨버터(G1)(112)는 직류 링크(106)와, 차단기(118)를 거쳐서 3.3kV 전원(114)에 연결되어 있다. VFG 익사이터(104)는 또한 각각 직류 링크(106)에 연결되어 있는 제 1 컨버터(R1)(120) 및 제 2 컨버터(R2)(122)를 포함한다. R2(122)는 또한 발전기(102) 로터에 연결되어 있다. R1(120)은 S2(105)가 차단될 때 R1(120)이 R2(122)와 병렬로 발전기(102) 로터에 연결되도록 S1(103) 및 S2(105)에 연결된다. S2(105)가 개방되고 S1(103)이 차단될 때, R1(120)은 발전기(102) 스테이터에 연결된다. VFG 익사이터는 프로세서를 갖는 컨트롤러에 의해 제어된다.

[0014] 도시된 예시적인 실시예에서, 발전기(102) 스테이터의 전력 출력은 차단기(119)를 거쳐서 발전기 승압 유닛

(generator step-up unit; GSU)(128) 상의 3차 권선(tertiary winding)에 연결된다. GSU는 3.3kV 전원(114) 및 고전압(HV) 전력망(130)에 전력을 출력한다. 고전압 전력망(130)과의 사이에 차단기(118)가 배치될 수도 있다. 시스템(100)의 작동 모드는 운전(running) 및 시동(starting)을 포함한다. 운전 작동에서, VFG 익사이터(104)가 3.3kV 전원(114)으로부터 차단기(118)를 거쳐 교류 전력을 수용한다. G1(112)은 교류 전력을 수용하고, 이 교류 전력을 직류 전력으로 변환하여 직류 링크(106)에 급전한다. 또한, G1(112)은 교류 전력의 직류 전력으로의 변환에 앞서서 3.3kV 전원(114)의 교류 전압을 적당한 전압으로 변환할 수도 있다.

[0015] R1(120) 및 R2(122)는 직류 링크(106)로부터 직류 전력을 수용하고, 발전기(102) 로터를 위해 직류 전력을 교류 전력(4kV, 3.6kA)으로 변환한다. 운전 작동 모드에 있는 동안, S1(103)은 개방되고 S2(105)는 차단된다. 따라서, R1(120) 및 R2(122)는 병렬로 발전기(102) 로터에 연결된다.

[0016] 발전기(102)는 전압 변환을 위해 발전기 차단기(119)를 거쳐서 GSU(128)에 교류 전력을 출력한다. 도시된 예에서, GSU(128)는 3차 권선을 포함한다. GSU(128)는 발전기(102)의 출력 전압(18kV)을 3.3kV 전원(114) 및 고전압 전력망(130)을 위한 적절한 전압으로 변환한다. 도시된 예에서, GSU(128)는 3.3kV 및 12MVA를 3.3kV 전원(114)에 전송하고, 230MVA를 고전압 전력망(130)에 전송한다. 고전압 전력망(130)과 GSU(128) 사이에 차단기(118)가 배치될 수도 있다. 3.3kV 전원(114) 및 발전기(102) 로터에 고조파 필터(도시되지 않음)가 포함될 수도 있다.

[0017] 시동 작동에서, 발전기(102) 스테이터는 VFG 익사이터(104)로부터 발전기(102)를 회전시키는 전력[토크 전류(torque current)]를 수용한다. 또한, 발전기(102) 로터도 VFG 익사이터(104)로부터 전력을 수용한다. 발전기(102)의 회전은 발전기(102) 원동기를 회전시킨다. 일단 원동기가 적당한 속도로 회전하면, 원동기 내의 연료가 점화하고, 발전기(102)가 전력을 생산하기 시작한다. 발전기(102)가 발전을 시작하면, 전기 발전 시스템(100)은 운전 상황으로 작동하도록 설정될 수도 있다.

[0018] 이와 관련하여, 시동 작동 모드에 있는 동안, 발전기 차단기(119)는 개방되고, S1(103)은 차단되며, S2(105)는 개방된다. 따라서, VFG 익사이터(104)는 R1(120)을 통해 발전기(102) 스테이터에 전력을 공급하고, 또한 R2(122)를 통해 발전기(102) 로터에 전력을 공급한다. 일단 발전기(102) 원동기가 시동되면, 발전기(102) 스테이터로의 전력은 더 이상 필요하지 않게 되고, 시스템(100)은 운전 작동 모드로 전환된다. 따라서, R1(120)은 차단되고, S1(103)은 개방, S2(105)는 차단되어 R1(120) 및 R2(122)를 병렬로 배치한다. VFG 익사이터(104)는 속도에 독립하여(슬립 범위 내에서) 발전기 차단기(119) 양단의 전압을 0으로 만들며, 고전압 전력망(130)에 전력을 제공하도록 발전기 차단기가 차단될 수도 있다.

[0019] 발전기(102)를 신속하고 효율적으로 시동시키는 것은 발전기(102) 스테이터가 시스템(100) 내의 주어진 구성 및 구성요소의 정격으로 가능한 최대의 토크를 출력할 때에 가장 효과적으로 달성될 수도 있다. 따라서, 발전기(102)가 다른 방법보다 큰 토크를 출력하는 시동 방법을 사용하는 것이 바람직하다.

[0020] 예시적인 시동 방법이 도 2 및 도 3에 보다 상세하게 기술되어 있다. 도 2를 참조하면, 블록(202)에서 R2(122)가 포지티브 위상 시퀀스(positive phase sequence)로 시동된다. R2(122)의 주파수는 정격 로터 전류 및 정격 발전기 플럭스가 컨버터(R2)(122)의 정격 범위 내에서 생산되는 것을 허용해야만 한다. 블록(204)에서 발전기(102)가 최대 정격 플럭스에 도달할 때까지 전류가 증가된다. 블록(206)에서, 컨버터(R1)(120)가 시동된다. 컨버터(R1)(120) 주파수는 R2(122)의 주파수와 로터의 속도를 더한 것이다. 시동시에, 로터 속도가 0이므로 R1(120) 주파수는 R2(122) 주파수와 같다. R1(120) 컨버터는 소망의 토크를 얻는데 필요한 전류에 도달하기 위해 R2(122)의 주파수 및 전압과 정합할 것이다. 블록(208)에서, 발전기(102) 내에 소망의 토크를 얻기 위해 전류가 스테이터 내에 증가된다. 블록(209)에서, 소망의 속도를 얻기 위해 소망의 스테이터 토크가 발전기(102)의 속도 조절 장치를 통해 조절된다. 시간이 지남에 따라 속도 명령이 단조롭게 증가할 수도 있다.

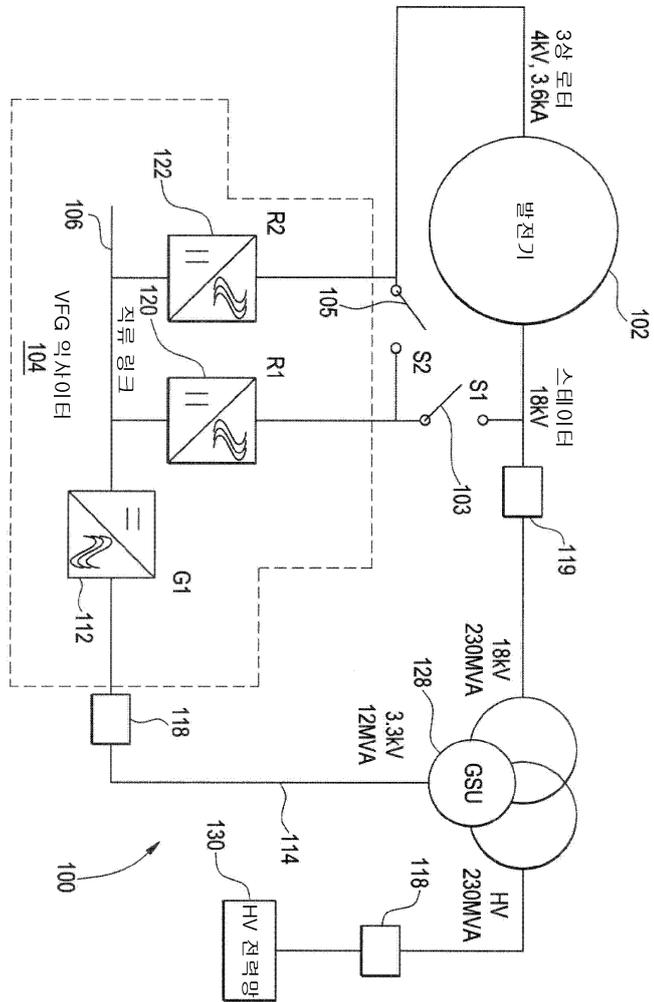
[0021] 도 3을 참조하면, 플롯 A는 발전기 속도가 0pu 동안 발전기 내의 플럭스가 1pu임을 도시한다. 로터 주파수는 플롯 C에 도시된 바와 같이 약 3Hz인 반면에, 스테이터 전류 주파수는 플롯 B에 도시된 바와 같이 약 0.05pu이다. 도시된 실시예에서, 기계의 정격 주파수가 60Hz이므로, 로터에서의 3Hz는 스테이터에서의 0.05pu와 동일하며, 즉 스테이터와 로터의 주파수는 같다. 플롯 D를 참조하면, 로터 전압은 약 3.3kV에서 일정하며, 스테이터 전압은 약 1.1kV이다.

[0022] 속도가 증가함에 따라, 스테이터 전압 및 주파수도 플롯 D 및 플롯 B에 도시된 바와 같이 증가한다. 블록(210)에서 스테이터가 정격 스테이터 전압 한계에 도달하는 것에 반응하여, 블록(212)에서 로터의 위상 시퀀스가 역전된다.

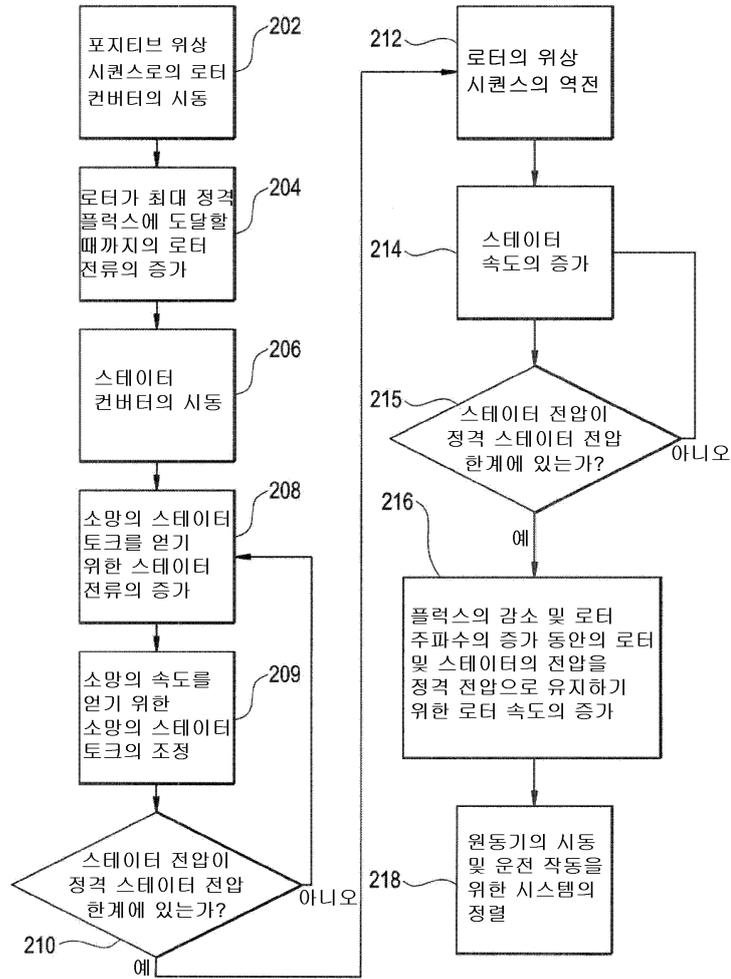


도면

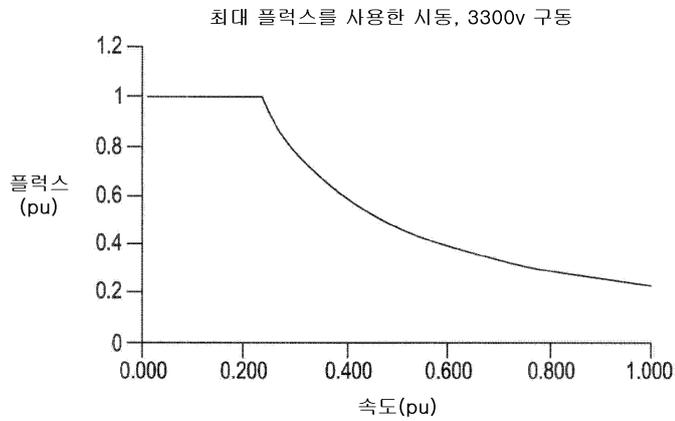
도면1



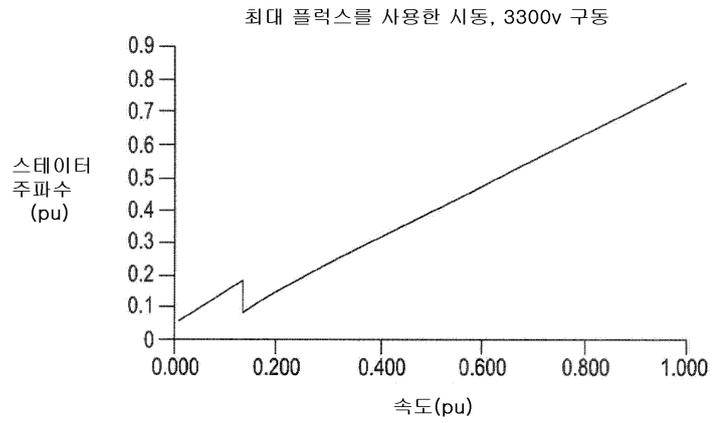
도면2



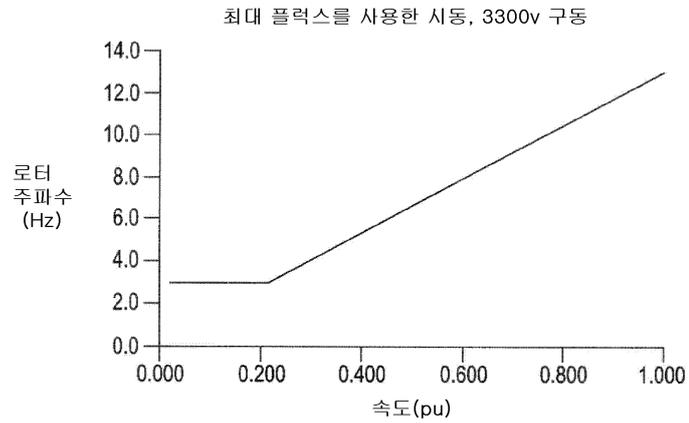
도면3a



도면3b



도면3c



도면3d

