



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0097339  
(43) 공개일자 2016년08월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

*H01T 19/00* (2006.01) *F02P 17/00* (2006.01)  
*F02P 23/04* (2006.01) *F02P 3/04* (2006.01)  
*F02P 5/15* (2006.01) *G01M 15/02* (2006.01)  
*G01N 27/02* (2006.01) *H01T 15/00* (2006.01)

(52) CPC특허분류

*H01T 19/00* (2013.01)  
*F02P 17/00* (2013.01)

(21) 출원번호 10-2016-7018656

(22) 출원일자(국제) 2014년12월12일

심사청구일자 없음

(85) 번역문제출일자 2016년07월11일

(86) 국제출원번호 PCT/US2014/069947

(87) 국제공개번호 WO 2015/089367

국제공개일자 2015년06월18일

(30) 우선권주장

61/915,088 2013년12월12일 미국(US)

(뒷면에 계속)

(71) 출원인

페더럴-모듈 이그니션 컴퍼니  
미국 미시간 48034 사우스필드 타워 300 웨스트  
11 마일 로드 27300

(72) 발명자

버로우즈 존 안토니  
영국 맨체스터 더블유에이15 6에이엘 텁필리 애쉬  
랜즈 로드 2

(74) 대리인

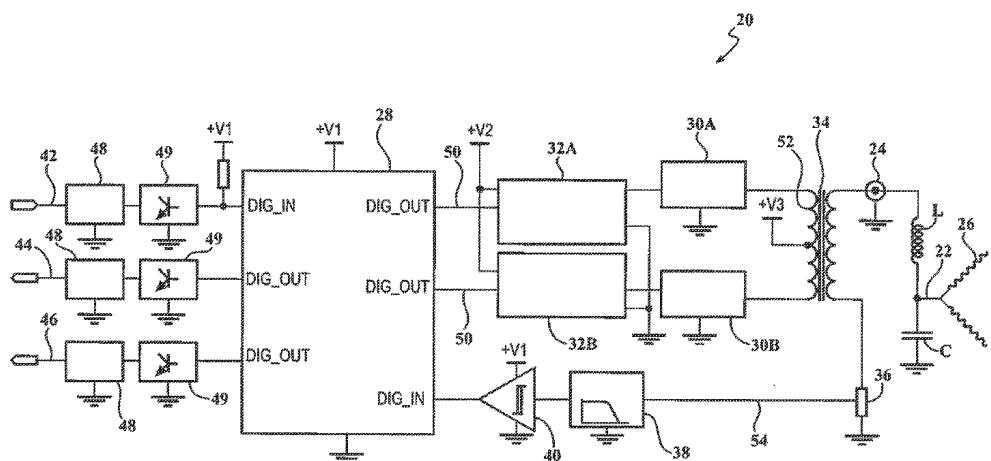
송봉식, 정삼영

전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 코로나 점화 시스템 내에서의 공진 주파수 검출 방법

**(57) 요약**

코로나 점화기, 에너지 공급원 및 주파수 검출기를 포함하는 코로나 점화 시스템이 제공된다. 상기 에너지 공급원은 에너지가 상기 코로나 점화기로 제공되지 않는 유휴 주기만큼 서로 이격된 코로나 이벤트 동안 상기 코로나 점화기로 에너지를 제공한다. 유휴 주기 동안, 상기 주파수 검출기는 상기 코로나 점화기에 저장된 에너지의 출력 전압과 출력 전류 중 적어도 하나로부터 상기 코로나 점화기의 공진 주파수를 획득한다. 이 유휴 주기동안 측정된 공진 주파수는 상기 코로나 점화기에만 종속되며 시스템의 다른 컴포넌트에는 종속되지 않고, 따라서 매우 정확하다. 미래의 코로나 이벤트의 구동 주파수는 강력한 코로나 방전을 달성하기 위해 이 정확하게 측정된 공진 주파수에 기초하여 설정될 수 있다.

**대 표 도**

## (52) CPC특허분류

*F02P 23/04* (2013.01)  
*F02P 3/0407* (2013.01)  
*F02P 5/1502* (2013.01)  
*G01M 15/02* (2013.01)  
*G01N 27/02* (2013.01)  
*H01T 15/00* (2013.01)  
*F02N 2300/2011* (2013.01)

## (30) 우선권주장

61/931,131	2014년01월24일	미국(US)
61/950,991	2014년03월11일	미국(US)
62/072,530	2014년10월30일	미국(US)
62/090,096	2014년12월10일	미국(US)
14/568,219	2014년12월12일	미국(US)
14/568,330	2014년12월12일	미국(US)
14/568,266	2014년12월12일	미국(US)
14/568,438	2014년12월12일	미국(US)

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

코로나 점화 시스템 작동 방법으로서:

제1 주기의 시간 동안에는 제1 구동 주파수에서, 그리고 에너지가 코로나 점화기로 제공되지 않는 제2 주기의 시간만큼 상기 제1 주기의 시간으로부터 이격된 제3 주기의 시간 동안에는 제3 구동 주파수에서 에너지를 상기 코로나 점화기로 제공하는 단계; 및

에너지가 상기 코로나 점화기로 제공되지 않는 상기 제2 주기의 시간 동안 상기 코로나 점화기의 제1 출력 전압 및 제1 출력 전류 중 적어도 하나로부터 상기 코로나 점화기의 공진 주파수를 획득하는 단계;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 코로나 점화 시스템 작동 방법.

#### 청구항 2

제1 항에 있어서, 상기 제3 구동 주파수는 상기 제2 주기의 시간 동안 획득된 상기 공진 주파수와 동일한 것을 특징으로 하는 코로나 점화 시스템 작동 방법.

#### 청구항 3

제2 항에 있어서, 상기 제3 주기의 시간 동안 상기 코로나 점화기로 제공된 상기 에너지가 상기 제1 구동 주파수에서 상기 제3 구동 주파수로 변하도록 상기 제2 주기의 시간 동안 제어 소프트웨어를 조정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 코로나 점화 시스템 작동 방법.

#### 청구항 4

제2 항에 있어서,

에너지가 상기 코로나 점화기로 제공되지 않는 제4 주기의 시간만큼 상기 제3 주기의 시간으로부터 이격된 제5 주기의 시간 동안 제5 구동 주파수에서 에너지를 상기 코로나 점화기로 제공하는 단계;

에너지가 상기 코로나 점화기로 제공되지 않는 제6 주기의 시간만큼 상기 제5 주기의 시간으로부터 이격된 제7 주기의 시간 동안 제7 구동 주파수에서 에너지를 상기 코로나 점화기로 제공하는 단계;

에너지가 상기 코로나 점화기로 제공되지 않는 상기 제4 주기의 시간 동안 상기 코로나 점화기의 제2 출력 전압 및 제2 출력 전류 중 적어도 하나로부터 상기 코로나 점화기의 공진 주파수를 획득하는 단계;

에너지가 상기 코로나 점화기로 제공되지 않는 상기 제6 주기의 시간 동안 상기 코로나 점화기의 제3 출력 전압 및 제3 출력 전류 중 적어도 하나로부터 상기 코로나 점화기의 공진 주파수를 획득하는 단계;

를 포함하고,

상기 제5 구동 주파수는 상기 제4 주기의 시간 동안 획득된 상기 공진 주파수와 같고;

상기 제7 구동 주파수는 상기 제6 주기의 시간 동안 획득된 상기 공진 주파수와 같은 것을 특징으로 하는 코로나 점화 시스템 작동 방법.

#### 청구항 5

제1 항에 있어서, 에너지를 상기 코로나 점화기로 제공하는 단계는 상기 제2 주기의 시간 동안 중단되고; 상기 코로나 점화기의 공진 주파수를 획득하는 단계는 상기 에너지가 공급 중단된 직후에 수행되는 것을 특징으로 하는 코로나 점화 시스템 작동 방법.

#### 청구항 6

제5 항에 있어서, 상기 제2 주기의 시간은 제2 듀레이션의 시간이 후속되는 제1 듀레이션의 시간을 포함하고;

상기 제1 드레이션 동안에만 상기 공진 주파수를 획득하는 단계; 및 상기 코로나 점화기로 제공된 상기 에너지가 상기 제1 구동 주파수에서 상기 제3 구동 주파수로 변하도록 상기 제2 드레이션 동안 제어 소프트웨어를 조정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 코로나 점화 시스템 작동 방법.

#### 청구항 7

제1 항에 있어서, 상기 제1 주기의 시간 동안 상기 코로나 점화기로 제공된 상기 에너지의 일부를 상기 제2 주기의 시간 동안 상기 코로나 점화기에 저장하는 단계를 포함하고, 상기 공진 주파수는 상기 저장된 에너지로부터 획득되는 것을 특징으로 하는 코로나 점화 시스템 작동 방법.

#### 청구항 8

제7 항에 있어서, 상기 저장된 에너지는 1 내지 25 밀리줄 사이이고, 상기 제1 출력 전류 및 상기 제1 출력 전압의 복수의 진동을 포함하고, 상기 공진 주파수는 상기 저장된 에너지의 상기 제1 출력 전류 및 상기 제1 출력 전압 중 적어도 하나로부터 획득되는 것을 특징으로 하는 코로나 점화 시스템 작동 방법.

#### 청구항 9

제1 항에 있어서, 상기 코로나 점화기의 상기 공진 주파수를 획득하는 단계는 상기 제1 출력 전류 및/또는 상기 제1 출력 전압을 포함하는 신호를 획득하는 단계; 단지  $180^\circ$  만큼 상기 신호를 시프트하는 단계; 및 상기 시프트된 신호의 부호 전환(zero crossing)을 평가하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 코로나 점화 시스템 작동 방법.

#### 청구항 10

제9 항에 있어서, 상기 시프트된 신호의 연속한 부호 전환 사이의 간격을 측정함으로써 상기 코로나 점화기의 공진 주파수를 획득하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 코로나 점화 시스템 작동 방법.

#### 청구항 11

제1 항에 있어서,

에너지가 상기 코로나 점화기로 제공되지 않는 제4 주기의 시간만큼 상기 제3 주기의 시간으로부터 이격된 제5 주기의 시간 동안 제5 구동 주파수에서 에너지를 상기 코로나 점화기로 제공하는 단계;

에너지가 상기 코로나 점화기로 제공되지 않는 상기 제4 주기의 시간 동안 상기 코로나 점화기의 제2 출력 전압 및 제2 출력 전류 중 적어도 하나로부터 상기 코로나 점화기의 공진 주파수를 획득하는 단계;

에너지가 상기 코로나 점화기로 제공되지 않는 제6 주기의 시간만큼 상기 제5 주기의 시간으로부터 이격된 제7 주기의 시간 동안 제7 구동 주파수에서 에너지를 상기 코로나 점화기로 제공하는 단계;

에너지가 상기 코로나 점화기로 제공되지 않는 상기 제6 주기의 시간 동안 상기 코로나 점화기의 제3 출력 전압 및 제3 출력 전류 중 적어도 하나로부터 상기 코로나 점화기의 공진 주파수를 획득하는 단계;

평균 공진 주파수 값을 얻기 위해 제2, 제4, 및 제6 주기의 시간 동안 획득된 공진 주파수들을 평균화하는 단계;

에너지가 상기 코로나 점화기로 제공되지 않는 제8 주기의 시간만큼 상기 제7 주기의 시간으로부터 이격된 제9 주기의 시간 동안 제9 구동 주파수에서 에너지를 상기 코로나 점화기로 제공하는 단계;

를 포함하고,

상기 제9 구동 주파수는 상기 평균 공진 주파수 값과 같은 것을 특징으로 하는 코로나 점화 시스템 작동 방법.

#### 청구항 12

공진 주파수를 갖고, 제1 출력 전압 및 제1 출력 전류를 제공하는 코로나 점화기;

제1 주기의 시간 동안에는 제1 구동 주파수에서 에너지를 상기 코로나 점화기로 제공하고, 에너지가 상기 코로나 점화기로 제공되지 않는 제2 주기의 시간만큼 상기 제1 주기의 시간으로부터 이격된 제3 주기의 시간 동안에는 제3 구동 주파수에서 에너지를 상기 코로나 점화기로 공급하는 에너지 공급원; 및

에너지가 상기 코로나 점화기로 제공되지 않는 상기 제2 주기의 시간 동안 상기 제1 출력 전압과 상기 제1 출력 전류 중 적어도 하나로부터 상기 코로나 점화기의 상기 공진 주파수를 획득하는 주파수 검출기; 를 포함하는 것을 특징으로 하는 코로나 점화 시스템.

### 청구항 13

제12 항에 있어서, 상기 제3 구동 주파수는 상기 제2 주기의 시간 동안 획득된 상기 공진 주파수와 동일한 것을 특징으로 하는 코로나 점화 시스템.

### 청구항 14

제12 항에 있어서, 상기 제1 주기의 시간 동안 상기 코로나 점화기로 제공된 상기 에너지의 적어도 일부는 상기 제2 주기의 시간 동안 상기 코로나 점화기에 저장되고, 상기 공진 주파수는 상기 저장된 에너지로부터 획득되는 것을 특징으로 하는 코로나 점화 시스템.

### 청구항 15

제12 항에 있어서, 상기 주파수 검출기는 상기 코로나 점화기로부터 상기 제1 출력 전류 및/또는 제1 출력 전압을 포함하는 신호를 수신하고 상기 신호로부터 상기 공진 주파수를 판정하는 컨트롤러를 포함하는 것을 특징으로 하는 코로나 점화 시스템.

### 청구항 16

제15 항에 있어서, 상기 주파수 검출기는 상기 코로나 점화기의 입력으로부터 상기 제1 출력 전류 또는 상기 제1 출력 전압을 획득하는 센서를 더 포함하고; 상기 센서는 상기 제1 출력 전류 또는 상기 제1 출력 전압을 포함하는 신호를 상기 컨트롤러로 전송하는 것을 특징으로 하는 코로나 점화 시스템.

### 청구항 17

제16 항에 있어서, 상기 센서로부터 상기 신호를 수신하고 시프트된 신호를 상기 컨트롤러로 제공하기 전에 단지 180도 만큼 상기 신호를 시프트하는 저역 통과 필터(low-pass filter)를 포함하고, 상기 컨트롤러는 상기 시프트된 신호로부터 상기 공진 주파수를 판정하는 것을 특징으로 하는 코로나 점화 시스템.

### 청구항 18

제15 항에 있어서, 상기 컨트롤러는 상기 코로나 점화기로 제공된 에너지가 상기 제1 구동 주파수에서 상기 제3 구동 주파수로 변하도록 상기 제2 주기의 시간 동안 조정되는 소프트웨어를 포함하는 것을 특징으로 하는 코로나 점화 시스템.

### 청구항 19

제12 항에 있어서, 상기 에너지 공급원은 전력원 및 상기 전력원으로부터 상기 코로나 점화기로 에너지를 제공하는 한 쌍의 스위치를 포함하는 것을 특징으로 하는 코로나 점화 시스템.

### 청구항 20

제12 항에 있어서,

상기 에너지 공급원은 에너지가 상기 코로나 점화기로 제공되지 않는 제4 주기의 시간만큼 상기 제3 주기의 시간로부터 이격된 제5 주기의 시간 동안 제5 구동 주파수에서 에너지를 상기 코로나 점화기로 제공하고;

상기 에너지 공급원은 에너지가 상기 코로나 점화기로 제공되지 않는 제6 주기의 시간만큼 상기 제5 주기의 시간으로부터 이격된 제7 주기의 시간 동안 제7 구동 주파수에서 에너지를 상기 코로나 점화기로 제공하고;

상기 주파수 검출기는 에너지가 상기 코로나 점화기로 제공되지 않는 상기 제4 주기의 시간 동안 상기 코로나 점화기의 제2 출력 전압 및 제2 출력 전류 중 적어도 하나로부터 상기 코로나 점화기의 공진 주파수를 획득하고;

상기 주파수 검출기는 에너지가 상기 코로나 점화기로 제공되지 않는 상기 제6 주기의 시간 동안 상기 코로나 점화기의 제3 출력 전압 및 제3 출력 전류 중 적어도 하나로부터 상기 코로나 점화기의 공진 주파수를

획득하고;

상기 컨트롤러는 평균 공진 주파수 값을 획득하기 위해 에너지가 상기 코로나 점화기로 공급되지 않는 상기 제2, 제4 및 제6 주기의 시간 동안 획득된 공진 주파수들을 평균화하고;

상기 에너지 공급원은 에너지가 상기 코로나 점화기로 제공되지 않는 제8 주기의 시간만큼 상기 제7 주기의 시간으로부터 이격된 제9 주기의 시간 동안 제9 구동 주파수에서 에너지를 상기 코로나 점화기로 제공하고; 및

상기 제9 구동 주파수는 상기 컨트롤러에 의해 제공된 상기 평균 공진 주파수 값과 같은 것을 특징으로 하는 코로나 점화 시스템.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] (관련 출원의 상호 참조)

본 미국 특허출원은 그 각각의 전체 내용이 참조에 의해 본원에 통합된 2013년 12월 12일 출원된 미국특허가출원번호 제61/915,088(Attorney Docket No. 710240-6793; IA-50129); 2014년 1월 24일 출원된 미국특허가출원번호 제61/931,131(Attorney Docket No. 710240-6830; IA-50134); 2014년 3월 11일 출원된 미국특허가출원번호 제61/950,991(Attorney Docket No. 712040-6901; IA-50147); 2014년 10월 30일 출원된 미국특허가출원번호 제62/072,530(Attorney Docket No. 710240-7346; IA-51029-1); 2014년 12월 10일 출원된 미국특허가출원번호 제62/090,096(Attorney Docket No. 710240-7356; IA-50359); 2014년 12월 12일 출원된 미국출원번호 제14/568,219(Attorney Docket No. 710240-7404; IA-50129 및 IA-50129-1); 2014년 12월 12일 출원된 미국출원번호 제14/568,266(Attorney Docket No. 710240-7409; IA-50147); 2014년 12월 12일 출원된 미국출원번호 제14/568,330(Attorney Docket No. 710240-7410; IA-50359); 및 2014년 12월 12일 출원된 미국출원번호 제14/568,438(Attorney Docket No. 710240-7411; IA-50134)의 효익을 주장한다.

[0003] 본 발명은 일반적으로 코로나 방전 점화 시스템에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 시스템에 공급된 에너지를 제어하는 것에 관한 것이다.

## 배경 기술

[0004] 코로나 방전 점화 시스템은 코로나 방전의 형성을 향상시키고 아크 형성을 위한 기회를 최소화하는 높고 낮은 전위의 전극을 신속하고 연속으로 역전시키는, 교류 전압 및 전류를 제공한다. 시스템은 높은 고주파(radio frequency) 전위로 대전되고 연소실에서 강한 고주파 전기장을 생성하는 중심 전극을 가진 코로나 점화기를 포함한다. 전기장은 연소실 내의 연료 및 공기의 혼합물의 일부가 이온화하고, 점화 이벤트라고 하는, 연료-공기 혼합물의 연소를 도우면서 절연 파괴(dielectric breakdown)를 시작하도록 한다. 전기장은 바람직하게는 연료-공기 혼합물이 유전 특성을 유지하고 비열 플라즈마(non-thermal plasma)라고도 하는 코로나 방전이 발생하도록 제어된다. 연료-공기 혼합물의 이온화된 부분은 자기-유지가 되며 연료-공기 혼합물의 잔여부분을 연소시키는 프레임(fame front)을 형성한다. 바람직하게는, 상기 전기장은 연료-공기 혼합물이 열 플라즈마 및 전극과 접지된 실린더 벽, 피스톤, 금속 쉘, 또는 점화기의 기타 부분들과의 사이의 전기 아크를 생성할 수 있는 모든 유전 특성을 상실하지 않도록 제어된다. 코로나 방전 점화 시스템의 일례는, Freen의 미국특허번호 제6,883,507에 개시되어 있다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0005] 추가로, 코로나 방전 점화 시스템은 바람직하게는 코로나 점화기의 공진 주파수와 동일하거나 또는 그에 근접한 구동 주파수에서 코로나 점화기로 에너지가 공급되도록 제어된다. 이는 연소실 내에서 강력한 코로나 방전을 일으키는 전압 증폭을 제공한다. 코로나 점화기의 공진 주파수 검출은 이러한 높은 레벨의 제어를 달성하기 위해 필수적이다. 그러나, 특히 넓은 범위의 주파수에서 공진 주파수의 정확한 검출을 달성하는 것은 어렵다. 예를 들면, 아크 이벤트에 기인하여, 동작 중 공진 주파수의 변화는 또한 공진 주파수를 정확하게 검출하는 것을 어렵게 만들 수 있다.

## 과제의 해결 수단

[0006]

본 발명의 일 양태는 개선된 공진 주파수 검출을 포함하는 코로나 점화 시스템의 작동 방법을 제공한다. 상기 방법은 코로나 이벤트라고 하는 제1 주기의 시간동안 제1 구동 주파수에서 코로나 점화기로 에너지를 제공하는 단계를 포함한다. 상기 방법은 또한 코로나 이벤트라고 하는 제3 주기의 시간동안 제3 구동 주파수에서 코로나 점화기로 에너지를 제공하는 단계를 포함한다. 상기 제3 주기의 시간은 제2 주기의 시간만큼 상기 제1 주기의 시간으로부터 이격된다. 상기 제2 주기의 시간 동안에는 에너지가 상기 코로나 점화기에 제공되지 않고, 따라서 상기 제2 주기의 시간은 유휴 주기(idle period)라고 한다. 상기 방법은 에너지가 상기 코로나 점화기로 제공되지 않는 상기 제2 주기의 시간 동안 상기 코로나 점화기의 제1 출력 전압 및 제1 출력 전류 중 적어도 하나로부터 상기 코로나 점화기의 공진 주파수를 획득하는 단계를 더 포함한다.

[0007]

본 발명의 또 다른 양태는 개선된 공진 주파수 검출을 제공하는 코로나 방전 시스템을 포함한다. 상기 시스템은 코로나 점화기, 에너지 공급원 및 주파수 검출기를 포함한다. 상기 코로나 점화기는 공진 주파수를 갖고, 상기 코로나 점화기는 제1 출력 전압과 제1 출력 전류를 제공한다. 상기 에너지 공급원은 제1 주기의 시간동안에는 제1 구동 주파수에서 상기 코로나 점화기로 에너지를 제공하고, 에너지가 상기 코로나 점화기로 제공되지 않는 제2 주기의 시간만큼 상기 제1 주기의 시간으로부터 이격된 제3 주기의 시간 동안에는 제3 구동 주파수에서 상기 코로나 점화기로 에너지를 공급한다. 상기 주파수 검출기는 에너지가 상기 코로나 점화기로 제공되지 않는 상기 제2 주기의 시간 동안 상기 제1 출력 전압과 상기 제1 출력 전류 중 적어도 하나로부터 상기 코로나 점화기의 공진 주파수를 획득한다.

[0008]

에너지가 상기 코로나 점화기가 제공되지 않는 유휴 주기인 상기 제2 주기의 시간 동안 상기 코로나 점화기의 공진 주파수를 측정함으로써, 상기 코로나 점화기의 실제 공진 주파수의 정확한 측정치가 획득된다. 이 유휴 주기 동안, 측정된 공진 주파수는 상기 코로나 점화기에만 종속되고, 시스템의 다른 컴포넌트에는 종속되지 않는다. 이 정확한 공진 주파수 측정치는 그런 다음 강력한 코로나 방전을 달성하기 위해 예를 들면 상기 제3 주기의 시간 동안과 같은 다음 코로나 이벤트 동안 상기 코로나 점화기로 공급될 수 있다. 상기 코로나 이벤트에 바로 후속하는 유휴 주기인 상기 제2 주기의 시간 동안 공진 주파수를 측정하는 것이 편리하고, 그렇지 않으면 낭비되는 상기 코로나 점화기 내에 저장된 에너지를 잘 이용하도록 한다. 각각의 코로나 이벤트 후에 공진 주파수가 평가되고 조정될 수 있거나, 또는 다수의 코로나 이벤트 동안 평가되고 그런 다음 추가적인 정확도 개선을 위해 조정될 수 있다.

## 도면의 간단한 설명

[0009]

첨부 도면과 함께 고려될 때 하기의 상세한 설명을 참조함으로써 본 발명의 다른 이점이 더 잘 이해되면서 본 발명의 기타 이점이 용이하게 이해될 것이다.

도 1은 본 발명의 제1 예시적 실시예에 따른 코로나 방전 점화 시스템의 블록도이고;

도 2는 본 발명의 제2 예시적 실시예에 따른 코로나 방전 점화 시스템의 블록도이고;

도 3은 본 발명의 제3 예시적 실시예에 따른 코로나 방전 점화 시스템의 블록도이고;

도 4는 코로나 점화기로의 에너지 공급 타이밍에 대한 공진 주파수의 검출 타이밍을 나타내는 그래프이고; 및

도 5는 에너지가 공급되지 않지만 코로나 점화기 내에 잔여 에너지가 남아 있을 때인 유휴 주기에 비해 에너지가 코로나 점화기로 공급될 때인 코로나 이벤트 동안의 부하 전류 또는 전압 신호를 도시한 그래프이다.

## 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0010]

본 발명은 코로나 방전 점화 시스템(20) 및 개선된 공진 주파수 검출을 제공하는 방법을 제공한다. 시스템(20)은 함께 부하라고 하며 공진 주파수에서 동작하는 유도 코일(L) 및 캐패시터(C)를 포함하는 코로나 점화기(22)를 구비한다. 코로나 점화기(22)는 구동 주파수에서 에너지를 수신하고, 입력(24)에서 전류 및 전압을 제공한다. 에너지 공급원(V3)은, 코로나 이벤트라고 하는 제1 주기의 시간(101) 동안 제1 구동 주파수에서 코로나 점화기(22)로 에너지를 제공하고, 그리고 그 동안 코로나 점화기(22)가 연소실에서 코로나 방전(26)을 제공한다. 코로나 점화기(22)로의 에너지 공급은 유휴 주기라고 부르는 제2 주기의 시간(102) 동안 중단되고, 또다른 코로나 이벤트라고 부르는 제3 주기의 시간(103) 동안 다시 제공된다. 제1 주기의 시간(101) 동안 제공된 일부 에너지는 유휴 주기인 제2 주기의 시간(102) 동안 코로나 점화기(22)에 저장된다. 이 저장된 에너지의 공진 주파수는 코로나 점화기(22)에만 종속되고 시스템(20)의 다른 컴포넌트에는 종속되지 않으며, 따라서 시스템

(20)의 실제 공진 주파수를 정확하게 나타낸다. 컨트롤러(28)와 조합하여 예를 들면 전류 센서(36) 또는 전압 센서(78)와 같은 주파수 검출기는 이 유형 주기 동안 공진 주파수를 획득한다. 센서(36 또는 78)는 일반적으로 출력 전압 또는 출력 전류를 포함하는 신호(54 또는 80)를 전송하고, 분석을 위해 신호를 컨트롤러(28)로 제공한다. 컨트롤러(28)가 공진 주파수를 식별하면, 바람직하게는 유형 주기(102) 동안 제어 소프트웨어가 조정되어, 제3 주기의 시간(103) 동안 적용된 구동 주파수가 정확하게 측정된 공진 주파수와 매칭하도록 할 수 있다. 컨트롤러(28)는 대안으로 다수의 사이클로부터 공진 주파수의 측정치를 수신하고, 그런 다음 이를 정확하게 측정된 공진 주파수로부터 획득된 평균 공진 주파수 값에 매칭하기 위해 후속하는 코로나 이벤트의 구동 주파수를 조정할 수 있다.

[0011] 개선된 공진 주파수 검출을 제공하는 코로나 점화 시스템(20)의 예시적인 실시예가 도 1-3에 도시된다. 이들 시스템(20)은 참조에 의해 본원에 통합된 연관된 미국특허출원번호 제14/568,219, 14/568,266, 및 14,568,330에 기술되어있다. 각각의 실시예에서, 시스템(20)은 공진 주파수에서 동작하면서 함께 부하라고 부르는 커패시터(C)에 결합되는 유도 코일(L)을 구비하는 코로나 점화기(22)를 포함한다. 코로나 점화기(22)는 구동 주파수에서 에너지를 수신하고, 코로나 점화기(22)의 입력(24)에서 출력 전류 및 출력 전압이라고 부르는 전류 및 전압을 제공한다. 내연 기관에서의 작동 동안, 코로나 점화기(22)는 바람직하게는 엔진의 연소실에서 연료와 공기의 혼합물을 점화시키도록 코로나 방전(26)이라고 하는 점화 단(firing end)에서의 고주파 전기장을 형성한다. 시스템(20)은 또한 코로나 점화기(22)로 제공되는 구동 주파수 및 시스템(20)의 커패시턴스/유도 회로를 제어하는 컨트롤러(28) 및 한 쌍의 스위치(30A, 30B)를 포함하여, 구동 주파수가 바람직하게는 공진 주파수에서 유지되도록 한다. 구동 주파수가 공진 주파수와 같도록 시스템(20)을 동작시키는 것은 연소실에서 강력한 코로나 방전(26)을 일으키는 전압 증폭을 제공한다.

[0012] 예시적인 실시예의 컨트롤러(28)는 원하는 구동 주파수를 달성하기 위해 미리정해진 시간에 스위치(30A 또는 30B) 중 하나를 활성화시킨다. 스위치(30A 또는 30B) 중 하나가 활성화되면, 에너지가 활성화된 스위치(30A 또는 30B)를 통해 전원(V3)으로부터 코로나 점화기(22)로 흐를 수 있다. 스위치(30A, 30B)가 활성화되지 않으면, 에너지는 코로나 점화기(22)로 흐를 수 없다. 스위치(30A)를 제1 스위치라고 하고 스위치(30B)를 제2 스위치라고 할지라도, 스위치(30B)가 대안으로 제1 스위치라고 할 수 있고, 스위치(30A)를 제2 스위치라고 할 수 있다. 각각의 경우에, 스위치(30A 또는 30B) 중 하나만이 활성화되고 코로나 점화 시스템(20)의 동작 동안 임의의 주어진 시간에 에너지를 코로나 점화기(22)로 제공한다. 따라서, 컨트롤러(28)는 2개의 스위치(30A, 30B)가 동시에 활성화되지 않도록 제2 스위치(30B)를 활성화하기 전에 제1 스위치(30A)를 비활성화시키거나, 또는 그 역으로 한다. 예를 들면, 출력 전류가 포지티브가 될 때마다 제1 스위치(30A)가 활성화되고 그에 따라서 코로나 점화기(22)로 에너지를 제공하고, 출력 전류가 네거티브가 될 때마다 제2 스위치(30B)가 활성화되고 그에 따라서 에너지를 코로나 점화기(22)로 제공한다. 바람직하게는, 스위치(30A, 30B)의 활성화는 코로나 점화기(22)의 공진 주파수와 동기화된다.

[0013] 시스템(20)은 다른 시스템들과 비교하여 더 폭넓은 범위의 주파수에서 동작할 수 있다. 본원에서 기술된 시스템들에서 채용될 수 있는 공진 주파수 제어의 기타 방법들은 참조에 의해 본원에 통합된 관련된 미국특허출원번호 제14/568,219, 14/568,266, 14/568,330에 개시된다. 각각의 출원은 동일한 발명자의 것이고, 본 출원과 동일한 날짜에 출원되었다.

[0014] 도 1은 코로나 점화기(22)의 공진 주파수와 같거나 거의 같도록 구동 주파수를 제공하고 유지할 수 있는 제1 예시적인 실시예에 따른 코로나 방전 점화 시스템(20)의 블록도이다. 컨트롤러(28), 스위치(30A, 30B), 코로나 점화기(22)에 추가하여, 시스템(20)은 또한 제1 드라이버(32A) 및 제2 드라이버(32B)라고 부르는 한 쌍의 드라이버(32A, 32B)를 포함한다. 도 1의 시스템(20)은 트랜스포머(34), 제1 전류 센서(36), 제1 저역 통과 필터(38), 및 제1 신호 처리기(signal conditioner)(40)를 더 포함한다. 코로나 점화기(22)의 출력 전류는 입력(24)에서의 전류와 같으며, 이는 제1 전류 센서(36)에 의해 측정된다.

[0015] 시스템(20)은 바람직하게는 예를 들면 디지털 신호 프로세서(DSP), 복합 프로그래밍 가능한 논리 소자(CPLD), 필드 프로그래머블 게이트 어레이(FPGA), 마이크로 컨트롤러, 또는 마이크로 프로세서와 같은 프로그래밍 가능한 디지털 또는 신호 혼합(mixed-signal) 컨트롤러인 컨트롤러(28)에 의해 제어된다. 컨트롤러(28)는 컨트롤러(28)로 하여금 연소실에서 코로나 방전(26)의 산출을 시작하도록 명령하는 트리거 입력 신호(42)를 수신한다. 컨트롤러(28)는 또한 아크가 검출되었다는 것을 임의의 외부 제어 시스템(도시되지 않음)에게 알리는 아크 검출 출력 신호(44) 및 임의의 외부 제어 시스템에 회로의 건전성(health) 및 동작에 관한 추가 데이터를 제공하기 위한 피드백 출력 신호(46)를 제공한다. 컨트롤러(28)로 전송되고 그리고 컨트롤러(28)로부터 전송되는 트리거 입력 신호(42), 아크 검출 출력 신호(44), 및 피드백 출력 신호(46)는 EMC 필터(48)라고 부르는 전자기 적합성

필터 및 기타 입력 필터(49)에 의해 필터링된다. 트리거 입력 신호(42)에 응답하여, 컨트롤러(28)는 스위치(30A, 30B)를 제어하는 구동 신호(50)를 드라이버(32A, 32B)로 제공한다. 스위치(30A 또는 30B) 중 하나가 활성화될 때, DC 전압인 에너지(V3)가 트랜스포머(34)의 제1 권선(52)에 인가된다. 트랜스(34)는 그런 다음 입력(24)을 통해 그리고 구동 주파수에서 코로나 점화기(22)로 에너지를 제공한다. 예시적인 실시예에서, 트랜스포머(34)는 종래기술에서 "푸시풀(push-pull)" 구성으로서 공지된 구성을 가진다.

[0016] 도 1의 시스템(20)에서, 코로나 점화기(22)로부터 제공된 전류(출력 전류)가 임의의 적절한 기술을 이용하여 유휴 주기인 제2 주기의 시간(102) 동안 제1 전류 센서(36)에서 측정된다. 제1 전류 센서(36)는 예를 들면 분로 저항(shunt resistor), 홀 효과 센서, 또는 전류 트랜스포머가 될 수 있다. 유휴 주기 동안의 코로나 점화기(22)의 출력 전류 측정치를 포함하는 전류 출력 신호(54)가 제1 전류 센서(36)로부터 컨트롤러(28)를 향해 전송된다. 바람직하게는, 이 전류 출력 신호(54)는 컨트롤러(28)로 전송되기 전에 제1 저역 통과 필터(38)에 의해 조금 필터링된다. 제1 저역 통과 필터(38)는 전류의 진동 주기보다 더 작은 위상 변위를 전류 출력 신호(54)에서 생성한다. 하나의 실시예에서, 위상 변위는  $180^\circ$  이지만, 바람직하게는 위상 변위는  $180^\circ$  이하이고, 더 바람직하게는 위상 변위는 절반의 사이를 보다 더 작은  $90^\circ$  이하이다. 제1 저역 통과 필터(38)는 또한 높은 전류 및 높은 전압을 스위칭함으로써 생성된 원하지 않는 고주파 노이즈를 제거한다. 필터링된 전류 출력 신호(54)는 그런 다음 제1 신호 처리기(40)로 전송되고, 이는 전류 출력 신호(54)를 컨트롤러(28)로 전송하기에 안전하게 만든다. 따라서, 전류 출력 신호(54)는 컨트롤러(28)에 의해 안전하게 다루어질 수 있는 레벨에 있다. 출력 전류는 일반적으로 각각의 코로나 이벤트 후에 컨트롤러(28)로 제공되지만, 컨트롤러(28)로 제공되기 전에 다수의 코로나 이벤트 동안 측정될 수 있다.

[0017] 컨트롤러(28)는 유휴 주기인 제2 주기의 시간(102) 동안 제1 전류 센서(36)에 의해 획득된 전류 측정치를 가진 전류 출력 신호(54)를 수신하고, 코로나 점화기(22)의 공진 주파수를 식별하기 위해서는 전류 측정치를 그리고 공진 동작을 제공하기 위해서는 스위치(30A, 30B)를 활성화시키는 최적의 타이밍을 이용한다. 컨트롤러(28)는 전류 출력 신호(54)에 기초하여 코로나 점화기(22)의 공진 주파수를 식별하기 위한 다양한 상이한 기술들을 이용할 수 있다.

[0018] 예시적인 실시예에서, 컨트롤러(28)가 활성화되는 제1 스위치(30A) 또는 제2 스위치(30B)의 타이밍을 판정하면, 컨트롤러(28)는 제1 드라이버(32A)로 하여금 제1 스위치(30A)를 활성화시키도록 명령하거나, 또는 제2 드라이버(32B)로 하여금 제2 스위치(30B)를 활성화시키도록 명령한다. 드라이버(32A, 32B)는 스위치(30A, 30B)를 통해 트랜스포머(34)로 전송되고 궁극적으로 코로나 점화기(22)로 전송된 에너지의 구동 주파수가 코로나 점화기(22)의 공진 주파수와 같게되도록 미리정해진 시간에 스위치(30A, 30B)를 활성화하도록 명령을 받는다. 본 예시적인 실시예에서, 구동 주파수가 코로나 점화기(22)의 공진 주파수와 같게 되도록 스위치(30A 또는 30B) 중 하나가 코로나 점화기(22)의 출력 전류가 부호 전환할 때마다 활성화된다.

[0019] 시스템(20)의 동작 동안 임의의 주어진 시간에 하나의 스위치(30A 또는 30B)만이 활성화된다는 것이 중요하다. 예를 들면, 컨트롤러(28)는 그런 다음 출력 전류가 부호 전환을 하는 때에 제1 스위치(30A)를 활성화시키는 제1 드라이버(32A)를 활성화시킬 수 있다. 그런 다음, 컨트롤러(28)는 제1 드라이버(32A) 및 제1 스위치(30A)를 턴 오프하고, 그런 다음 제2 드라이버(32B)를 활성화하고, 이는 그런 다음 출력 전류가 부호 전환하는 다음 시간에 제2 스위치(30B)를 활성화한다. 컨트롤러(28)는 공진 주파수를 정확하게 검출하기 위해 제1 신호 처리기(40)로부터 수신된 각각의 전류 출력 신호(54)를 분석할 수 있고, 필요할 때마다 스위치(30A, 30B)의 타이밍을 조정할 수 있다.

[0020] 도 2는 도 1의 시스템(20)과 유사하게 동작하지만 다수의 추가적인 특징을 포함하는 본 발명의 제2 예시적 실시예에 따른 코로나 방전(26) 점화 시스템(20)의 블록도이다. 하나의 추가적인 특징은 시스템(20)의 다양한 기능적 섹션이 서로 분리된 제어 시스템 접지(56), 전력 시스템 접지(58), 및 부하(load) 접지(60)를 포함한다는 것이다. 이 기술은 EMI 및/또는 전자기 적합성(EMC)을 개선시키기 위해 사용된다. 제어 시스템 접지(56)는 전기적 절연(galvanic isolation)(62)에 의해 전력 시스템 접지(58)와 절연된다. 트랜스포머(34)는 전력 시스템 접지(58)를 부하 접지(60)로부터 절연시키고, 이 절연은 제1 전류 센서(36)와 컨트롤러(28) 사이에서 유지되어야 한다. 전력 시스템 접지(58)와 부하 접지(60) 사이의 절연은 제1 저역 통과 필터(38) 또는 제1 신호 처리기(40)에서 전기적 절연(62)을 추가함으로써 달성될 수 있다. 대안으로, 전력 시스템 접지(58)와 부하 접지(60) 사이의 절연은 단지 미약한 전류만이 장치를 통해서 흐를 수 있는 차동 모드에서 제1 저역 통과 필터(38) 또는 제1 신호 처리기(40)를 동작시킴으로써 달성될 수 있다. 도 2의 시스템(20)에서, 제1 신호 처리기(40)만이 차동 모드에서 동작하여 전력 시스템 접지(58)를 부하 접지(60)로부터 절연시킨다. 이를 방법 중 하나 이상이 채

용될 수 있다.

[0021] 도 2의 시스템의 또다른 추가적인 특징은 트랜스포머(34)의 제1 측 상의 제2 스위치(30B)에서의 전류 측정을 측정하는 제2 전류 센서(64)이다. 제2 전류 센서(64)는 구체적으로 제2 스위치(30B)의 출력에서 전류를 측정한다. 대안으로, 스위치(30A, 30B)의 각각에 제2 전류 센서(64)가 있을 수 있다. 제2 전류 센서(64)는 제1 전류 센서(36) 만의 위상 측정을 통해서는 가능하지 않은 중요한 진단 정보를 제공하는 추가적인 피드백 신호(55)를 컨트롤러(28)로 제공한다. 예를 들면, 스위치(30A, 30B)의 출력에서 전류를 측정함으로써 부하 회로에서의 회로 개방 또는 단락을 검출할 수 있다. 추가로, 도 2의 시스템(20)은 피드백 신호(55)를 컨트롤러(28)로 제공하기 전에 전류 출력 신호(54)를 조금 필터링하기 위해 전류 센서와 컨트롤러(28) 사이에 위치된 제2 저역 통과 필터(66)를 포함한다.

[0022] 도 3은 본 발명의 제3 예시적 실시예에 따른 코로나 방전(26) 점화 시스템(20)의 블록도이다. 도 3의 시스템(20)은 또한 전기적 절연(62)을 포함하지만, 본 실시예에서, 전기적 절연(62)은 컨트롤러(28)의 에너지 입력 및 에너지 출력 측 모두에 위치되고, 3개의 접지(56, 58, 60)를 완전히 분리한다. 더 적은 수의 접지를 이용하여 동작하도록 회로가 설계될 경우, 전기적 절연(62)에 의해 제공되는 장벽들 중 하나 또는 모두가 생략될 수 있다.

[0023] 도 3의 시스템(20)은 전압 피드백 권선(68)이라고 부르는 또 다른 권선을 더 포함한다. 전압 피드백 권선(68)에 의해 제공된 전압은 코로나 점화기(22)의 입력(24)에서의 전압을 반영한다. 전압 센서(78)는 바람직하게는 이 전압을 측정하기 위해 전압 피드백 권선(68)의 출력에 위치된다. 출력 전압을 포함하는 전압 출력 신호(80)는 그런 다음 제2 저역 통과 필터(66)를 통해 컨트롤러(28)로 전송된다. 제2 저역 통과 필터(66)는 전압 출력 신호(80)를 컨트롤러(28)로 제공하기 전에 전압 출력 신호(80)를 조금 필터링한다. 또한 도 1 및 2의 시스템(20)과는 다르게, 제어 신호(72)가 도 3의 컨트롤러(28)로 제공된다. 제어 신호(72)는 아크가 발생했는지 또는 원하는 전압인지와 같은 코로나 점화기(22)의 동작에 연관된 임의의 정보를 포함할 수 있다.

[0024] 연관된 출원에서 나타낸 것들 뿐만이 아니라, 도 1-3에 도시된 예시적인 시스템(20)의 특징들이 본원에 구체적으로 기술된 것 이외에 다양한 조합으로 사용될 수 있다. 그러나, 시스템(20)은 자신의 공진 주파수에서 또는 그 근방에서 AC 신호를 가지고 코로나 점화기(22)를 구동시킬 수 있고; 이 AC 구동 신호를 이네이블 및 디세이블시키고; 및 코로나 점화기(22)에서 전류 또는 전압의 주파수를 측정할 수 있어야 한다. 구체적으로, 10개 이하의 부호 전환, 바람직하게는 5개 이하의 부호 전환과 같은, 최소 횟수의 진동으로 주파수를 정확하게 식별할 수 있어야 한다.

[0025] 본 발명의 시스템은 강력한 코로나 방전(26)을 포함하는 예외적인 성능을 달성하기 위한 정확한 공진 주파수 검출 방법을 구현할 수 있다. 도 4는, 시간 또는 엔진 크랭크 각에 기초하여, 시스템의 하나의 채널을 위한 2개의 코로나 이벤트(101, 103)에 대한 공진 주파수 검출의 시간적인 배열을 도시한다. 채널은 예를 들면 도 1-3에 도시된 바와 같은 하나의 코로나 점화기(22)를 포함한다. 그러나, 예를 들면 다중 실린더 엔진 애플리케이션에서와 같은 다수의 채널이 사용될 수 있고, 전체 시스템을 복제함으로써 구현될 수 있다. 대안으로, 다수의 채널이 다수의 출력을 구동하기 위해 적절한 스위칭을 가지고 하나의 시스템을 이용함으로써 구현될 수 있다. 각각의 경우에, 동작 원리는 변하지 않는다. 시스템 동작동안, 코로나 방전(26)이 예를 들면 요구되는 순간에 점화를 일으키기 위해 엔진 제어 유닛으로부터의 트리거 입력 신호(42)와 같은 하나 이상의 제어 입력에 응답하여 산출된다.

[0026] 도 4에서, 컨트롤러(28), 드라이버(32A, 32B), 및 스위치(30A, 30B)가 시간(200)에서 에너지를 코로나 점화기로 인가하기 시작할 때 제1 주기의 시간이라고 부르는, 제1 코로나 이벤트가 시작한다. 제1 주기의 시간(101)은 코로나 산출 회로로의 외부 입력에 응답하여 시간(201)에서 회로가 불능이 될 때 종료한다. 제1 사이클에서, N=1일때, 공진 주파수는 아직 측정되지 않았고, 따라서 시스템은 부하의 분석으로부터 도출된 미리정해진 주파수를 이용할 수 있다. 이 미리정해진 주파수는 일반적으로 컨트롤러(28)의 소프트웨어에서 정의된다. 대안으로, 시스템(20)은, 이러한 데이터가 가용하게 되고 저장되었을 경우, 컨트롤러(28)의 소프트웨어에 저장되고 시스템의 더 이전의 동작 주기 동안 이루어진 측정으로부터 도출된 주파수를 이용할 수 있다.

[0027] 제1 코로나 이벤트(101)의 종료 시간과 일치하거나 또는 그 후의 시간(202)에, 에너지가 코로나 점화기(22)로 제공되지 않는, 유휴 주기가라고 하는 제2 주기의 시간(102)이 시작한다. 이 유휴 주기 동안, 에너지의 일부가 코로나 점화기(22) 또는 코로나 회로에 일반적으로 1 내지 25 밀리줄의 범위로 저장될 것이다. 이 저장된 에너지는 평가될 수 있는 출력 전압 및 출력 전류의 복수의 진동 동안 소멸된다. 전력을 제공하는 구동 회로가 불능이 된 후에도, 이 에너지는 에너지가 코로나 점화기(22)에 결합된 저항와이어와 같은 것에서 과류손

(parasitic loss)으로 소멸될 때까지 코로나 점화기(22)의 공진 주파수에서 유도와 커패시턴스 사이를 순환하는 것을 계속할 것이다. 이 저장된 에너지는 일반적으로 소모되지만, 이는 본 발명의 방법에서 부하의 실제 공진 주파수를 식별하기 위해 평가된다.

[0028] 구체적으로, 제2 주기의 시간(102) 동안, 시스템의 주파수 검출기는 코로나 점화기(22)의 공진 주파수의 정확한 측정치를 얻기 위해 제1 출력 전압이라고 부르는 코로나 점화기(22)의 출력 전압, 또는 제1 출력 전류라고 부르는 코로나 점화기(22)의 출력 전류를 측정 및 평가한다. 하나의 실시예에서, 전류 센서(36) 또는 전압 센서(78)가 출력 전류 또는 출력 전압을 획득하고, 필터(38 또는 66) 중 하나가 단지  $180^\circ$  만큼만, 보다 바람직하게는 절반의 사이클보다 작은  $90^\circ$  이하 만큼 신호를 시프트한다.

[0029] 상술한 바와 같이, 이 유휴 주기동안 획득된 공진 주파수는 부하에 대해서만 종속적이고, 시스템(20)의 다른 컴포넌트에 대해서는 종속되지 않는다. 주파수 검출기는 일반적으로 센서(36 또는 78) 또는 시스템(20)의 기타 컴포넌트와 조합하여 작동하는 컨트롤러(28)를 포함한다. 하나의 예시적인 실시예에 따라, 제2 주기의 시간(102) 동안의 공진 주파수의 측정 및 평가는 코로나 점화기(22)의 입력(24)에서의 출력 전류의 연속한 부호 전환 사이의 간격을 측정함으로써 수행된다. 다양한 상이한 기술들이 코로나 점화기(22)의 입력(24)에서 전류를 측정하기 위해 사용될 수 있다. 예를 들면, 도 1-3의 시스템에서 나타낸 전류 센서(36)는 출력 전류를 획득하고, 신호로부터 노이즈를 제거하는 저역 통과 필터(38)로 전류 출력 신호(54)를 제공한다. 대안으로, 도 3에 도시된 전압 센서(86)는 출력 전압을 획득하고, 신호로부터 노이즈를 제거하는 저역 통과 필터(66)로 전압 출력 신호(80)를 제공한다. 컨트롤러(28)는 그런다음 시스템의 실제 공진 주파수를 식별하기 위해 시프트된 전류 또는 전압의 부호 전환을 평가한다. 예를 들면, 컨트롤러(28)는 코로나 이벤트 종료 후에 코로나 점화기(22)의 출력 전류 또는 출력 전압의 연속한 부호 전환 사이의 간격을 측정할 수 있다.

[0030] 바람직하게는, 공진 주파수는 코로나 점화기로의 에너지 공급이 중단된 직후인 유휴 주기(102) 동안의 제1 듀레이션(301)의 시간 동안 획득된다. 도 4는 이 제1 듀레이션(301)이 202에서 시작하고 203에서 종료하는 것을 도시한다. 이 제1 듀레이션(301)은 때때로 측정 주기라고 한다. 제1 듀레이션(301)의 시간에 후속하여 컨트롤러(28)가 제어 소프트웨어를 조정하고 정확하게 측정된 공진 주파수를 매칭하기 위해 저장된 구동 주파수 값을 변경하는 동안의 제2 듀레이션(302)의 시간이 이어진다. 도 4는 제2 듀레이션이 203에서 시작하고 204에서 종료하는 것을 도시하고, 이는 다음 코로나 이벤트의 시작이다. 제2 듀레이션(302)은 공진 주파수가 식별 및 처리되기에 충분히 길어야 하고, 다음 코로나 이벤트 시작 전에 제어 소프트웨어가 업데이트되기에 충분히 길어야 한다.

[0031] 측정 주기를 포함하는 코로나 이벤트 및 유휴 주기의 길이는 변할 수 있다. 그러나, 예시적인 실시예에서, 각각의 코로나 이벤트의 듀레이션은 일반적으로 20 내지 250 마이크로초이고, 각각의 유휴 주기의 듀레이션은 일반적으로 15 내지 240 밀리초이고, 측정 주기는 단지 5 내지 25 마이크로초이다. 그러나, 반복률이 높고 다수의 코로나 출력이 하나의 시스템에 의해 서비스되어야 하는 특정한 실시예에서, 제1 듀레이션(301)(측정 주기)은 예를 들면 1 밀리초 보다 더 짧게 될 수 있다. 이 경우, 공진 주파수 평가에 사용한 시간은 제한 인자가 될 수 있다. 이러한 경우, 예를 들면 하나의 공진 사이클 또는 하나의 공진 사이클의 절반인 매우 짧은 주기 동안 공진 주파수를 평가하고, 이 공진 주파수 데이터를 이용하여 다수의 사이클 동안 주파수 추정을 개선하는 것이 필요할 수 있다. 물론, 공통 회로가 다수의 코로나 점화기(22)를 구동시키는 경우, 상이한 코로나 점화기(22)로부터의 측정된 공진 주파수는 별개로 유지되고 개별적으로 처리될 필요가 있다.

[0032] 도 5는 제1 주기의 시간(101)에 바로 후속하고, 에너지가 코로나 점화기(22)로 공급되지 않는 유휴 주기인 제2 주기의 시간(102) 동안, 전류 또는 전압 신호가 후속되는 제1 주기의 시간(101)(코로나 이벤트)의 종료시 코로나 점화기(22)의 입력(24)에서의 전류 또는 전압 신호의 확대도이다. 도 5에 도시된 제1 주기의 시간(101)의 부분은 코로나 주기(300)라고 하고, 도 5에 도시된 유휴 주기인 제2 주기의 시간의 부분을 측정 주기(301)라고 한다. 코로나 주기(300) 동안, 구동 주파수에 의해 정의된 부하로의 전압 또는 부하(500)를 통한 전류를 제공하면서, 주파수(F1)에서 부하는 컨트롤러(28)에 의해 구동된다. 이 전류 또는 전압 신호(500)는 상술한 기술과 같은 다수의 사용 가능한 편리한 방법에 의해 도출될 수 있다. 전류 또는 전압 신호(500)는 또한 상술한 바와 같이 컨트롤러(28)에 의해 분석하기에 적절한 전압 또는 전류 신호를 제공하기 위한 다양한 방식으로 처리될 수 있다.

[0033] 도 5에 도시된 예시에서, 신호(500)는 예를 들면 저역 통과 필터(38)에 의해 부호 전환 신호(501)를 제공하도록 처리된다. 신호(500)의 부호 전환과 부호 전환(501)의 출력 사이에는 사용된 임의의 필터링 또는 신호 처리에 의해 포함된 지연에 기인하여 시프트되고 시스템의 동작 또는 방법에 영향을 주지 않는 약간의 위상 변위가

있다. 하나의 실시예에서, 위상 변위는  $180^\circ$  이하이다. 코로나 주기(300)의 종료 후에, 구동 전자기기는 불능이 된다. 그러나, 상술한 바와 같이, 일부 에너지가 유휴 주기 동안 코로나 점화기(22)에 저장된다. 저장된 에너지는 그 에너지가 부하 및 구동 회로에서 과류손(parasitic loss)으로 완전히 소멸될 때까지 측정 주기(301) 동안 전기와 자기 사이에서 진동하는 것을 계속한다. 이 측정 주기(301) 동안, 진동은 부하의 실제 공진 주파수인 주파수(F2)를 가진다. 따라서, 컨트롤러(28)는 측정 주기(301) 동안 공진 주파수를 평가하고 획득하도록 설계된다. 측정 주기(301)의 길이는 부하 신호(500)가 정확하게 검출되기에는 너무 작은 잠금 주기(lock period)(502)의 종료 전에 항상 완료되도록 설정될 수 있다.

[0034] 대안으로, 주파수(F2) 측정 대신에, 정의된 수의 전이(transit in) 및 정의된 시간 내에서 전이의 수를 만드는 시간이 측정될 수 있다. 총 전이의 수와 그것들이 발생하는 데에 걸린 시간을 카운팅하는 것을 포함할 수 있는 "스마트한" 방법이 또한 사용될 수 있다. 추가적인 대안은 부하 신호(500)의 직접 분석 또는 일반적으로 FFT 분석을 포함하는 어느 한 신호의 주파수 도메인 분석을 포함한다. 전류 또는 전압 신호 유형 중 어느 하나는 필터링(아날로그 또는 디지털), 또는 미리정의된 범위를 벗어나거나 또는 이전의 간격들과 크게 상이한 부호 전환 간격들의 거부를 적용하는 것과 같이, 컨트롤러(28)에 의한 추가적인 처리의 대상이 될 수 있다. 신호 처리의 다른 공지된 방법이 또한 사용될 수 있다. 공진 주파수(F2)가 식별되면, 측정 주기(301)에 후속하는 다음 코로나 주기 동안 구동 주파수로서 그것이 직접 사용될 수 있다. 공진 주파수(F2)는 또한 예를 들면 다수의 측정 주기(301) 동안 획득된 공진 주파수(F2) 측정치를 평균화함으로써 추정된 구동 주파수의 정확도를 개선하도록 사용될 수 있다.

[0035] 정확한 공진 주파수 측정치가 유휴 주기인 제2 주기의 시간(102) 동안 획득된 후에, 제3 주기의 시간(103)이라고 하는 다음 코로나 이벤트가 시작한다. 도 4는 204에서 시작하고 205에서 종료하는 제3 주기의 시간(103)을 도시한다. 제3 주기의 시간(103) 동안 코로나 점화기(22)에 에너지가 다시 제공된다. 하나의 실시예에서, 제3 구동 주파수라고 부르는, 제3 주기의 시간(103) 동안 코로나 점화기(22)에 제공된 구동 주파수가 컨트롤러(28)에 의해 설정되어, 제2 주기의 시간(102) 동안 획득된 공진 주파수와 같도록 한다.

[0036] 제3 주기의 시간(103) 후에, 방법은 제4 주기의 시간(104)이라고 부르는 에너지가 코로나 점화기(22)로 제공되지 않는 또 다른 유휴 주기를 일반적으로 포함한다. 이 유휴 주기인 제4 주기의 시간(104)은, 유휴 주기인 제2 주기의 시간(102)이 제1 주기의 시간(101)에 바로 후속하는 것과 같이, 제3 주기의 시간(103)(코로나 이벤트)에 바로 후속한다. 도 4는 205에서 시작하지만 종료가 도시되지 않은 제4 주기의 시간(104)을 도시한다. 이 유휴 주기(104)는 206에서 시작하고 207에서 종료하는 측정 주기(303)를 가지고 또한 시작한다. 유휴 주기인 제4 주기의 시간(104)의 듀레이션은 유휴 주기인 제2 주기의 시간(102)의 듀레이션과 같거나 또는 상이할 수 있다. 이 유휴 주기인 제4 주기의 시간(104) 동안, 제2 출력 전압 및 제2 출력 전류라고 부르는 코로나 점화기(22)의 출력 전압 및/또는 출력 전류가, 부하의 공진 주파수가 유휴 주기인 제2 주기의 시간(102) 동안 획득된 것과 동일한 방식으로, 부하의 공진 주파수를 획득하기 위해 주파수 검출기에 의해 측정 및 평가된다.

[0037] 다음으로, 에너지 공급원은 유휴 주기인 제4 주기의 시간(104)만큼 제3 주기의 시간으로부터 이격된 제5 주기의 시간(도시되지 않음) 동안 제5 구동 주파수에서 코로나 점화기(22)로 에너지를 공급한다. 제5 주기의 시간은 또 다른 코로나 이벤트라고 부른다. 이 코로나 이벤트의 듀레이션은 도 4에 도시된 이전의 코로나 이벤트의 듀레이션과 같거나 또는 상이할 수 있다. 유휴 주기인 제4 주기의 시간(104) 동안, 컨트롤러는 제5 구동 주파수가 유휴 주기인 제4 주기의 시간(104) 동안 측정된 공진 주파수와 같도록 제5 구동 주파수를 설정할 수 있다. 이 경우에, 제5 구동 주파수는 일반적으로 제3 구동 주파수 보다 부하의 실제 공진 주파수와 조금 더 근접해 있다.

[0038] 유휴 주기만큼 서로 이격된 코로나 이벤트의 사이클은 상술한 바와 동일한 방식으로 계속될 수 있다. 예를 들면, 제5 주기의 시간(코로나 이벤트)은 에너지가 코로나 점화기(22)로 제공되지 않는 유휴 주기인 제6 주기의 시간에 의해 후속될 수 있다. 이 유휴 주기 동안 코로나 점화기(22)의 출력 전압 및 전류는 제3 출력 전압 및 제3 출력 전류라고 한다. 제3 출력 전압 및 제3 출력 전류 중 적어도 하나는 코로나 점화기(22)의 입력에서 측정되고 유휴 주기인 제6 주기의 시간 동안 부하의 공진 주파수를 획득하기 위해 주파수 검출기에 의해 평가될 수 있다. 제어 소프트웨어는 다시 그것이 유휴 주기인 제2 및 제4 주기의 시간 동안 업데이트된 것과 동일한 방식으로 유휴 주기인 제6 주기의 시간 동안 업데이트될 수 있다.

[0039] 유휴 주기인 제6 주기의 시간 후에, 에너지 공급원은 제7 주기의 시간(도시되지 않음) 동안 제7 구동 주파수에서 에너지를 코로나 점화기(22)로 제공할 수 있다. 제7 주기의 시간은 유휴 주기인 제6 주기의 시간만큼 제5 주기의 시간으로부터 이격된 또 다른 코로나 이벤트이다. 이 코로나 이벤트의 듀레이션은 이전의 코로나 이벤트

의 드레이션과 같거나 상이할 수 있다. 유휴 주기인 제6 주기의 시간 동안, 컨트롤러(28)는 제7 구동 주파수가 유휴 주기인 제6 주기의 시간 동안 측정된 공진 주파수와 같도록 제7 구동 주파수를 설정할 수 있다. 이 경우에, 제7 구동 주파수는 일반적으로 제5 구동 주파수 보다 부하의 실제 공진 주파수와 조금 더 근접해 있다.

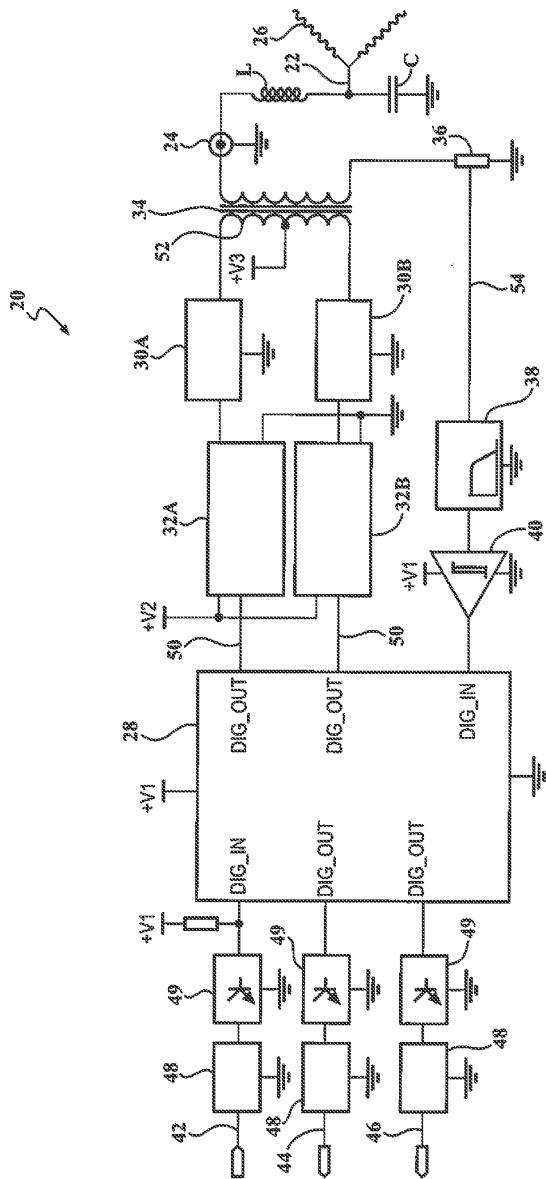
[0040] 또 다른 실시예에서, 바로 이전의 유휴 주기에서 획득된 공진 주파수 측정치와 매칭하도록 각각의 코로나 이벤트의 구동 주파수를 변경하는 것 대신에, 또는 그에 추가하여, 컨트롤러는 평균 공진 주파수 값을 획득하기 위해 에너지가 코로나 점화기(22)에 제공되지 않는 제2, 4, 및 6 주기의 시간 동안 획득된 공진 주파수 측정치를 평균화할 수 있고; 이 평균 공진 주파수 값은 미래의 코로나 이벤트 동안 코로나 점화기(22)에 적용될 수 있다. 예를 들면, 에너지 공급원은 에너지가 코로나 점화기(22)에 제공되지 않는 제8 주기의 시간만큼 제7 주기의 시간으로부터 이격된 제9 주기의 시간 동안 제9 구동 주파수에서 코로나 점화기(22)로 에너지를 공급할 수 있고, 여기서 제9 구동 주파수는 컨트롤러(28)에 의해 제공된 평균 공진 주파수 값과 같다.

[0041] 본 발명의 시스템 및 방법은 비교대상 시스템에 대해 다수의 이점을 제공한다. 예를 들면, 하나의 비교 대상 시스템은 상이한 주파수들에서 다수의 시도를 하고 피드백 파라미터(예를 들면, 전류 흐름, 출력 전압, 및/또는 에너지 소비와 같은)를 이용함으로써 부하의 공진 주파수를 근사시키도록 시도하고, 공진에 가장 근접한 시도를 식별하려고 한다. 또 다른 비교대상 시스템은 공진 주파수를 조정하여 드라이버 회로가 전력 공급을 받는 동안 현저한 수의 공진 사이클 동안 전압과 전류 사이의 위상 차이를 감소시킨다. 또 다른 비교대상 시스템은 동작하는 동안 부하 전류의 위상을 측정하고 적절한 위상을 가지고 전자 스위치를 직접 구동시키기 위해 이 정보를 이용하여 시스템이 공진에서 동작하도록 한다. 그러나, 이 기술은 특정한 범위의 주파수로 한정된다. 본 발명의 시스템(20) 및 방법은 그러나 일반적으로 시스템 동작 사이클 내에서 유휴 주기인 시간에 공진 주파수의 측정을 허용하고, 일반적으로 소모되는 코로나 점화기(22)에 저장된 에너지를 사용한다. 코로나 점화기(22)에 전력 공급이 되지 않는 동안 공진 주파수를 측정함으로써, 본 발명의 시스템은 다수의 시도를 할 필요없이 그리고 코로나 점화 사이클에서 추가적인 전력 공급 위상을 도입할 필요없이 공진 주파수의 보다 정확한 측정치를 획득한다. 공진 주파수의 완전한 측정은 모든 코로나 이벤트 후에 이루어질 수 있고, 측정은 매 사이클마다 평가되고 이용될 수 있다. 다수의 사이클 동안의 측정은 필요하지 않지만, 공진 주파수 측정의 정확도를 개선하기 위해 반복적으로 수행될 수 있다.

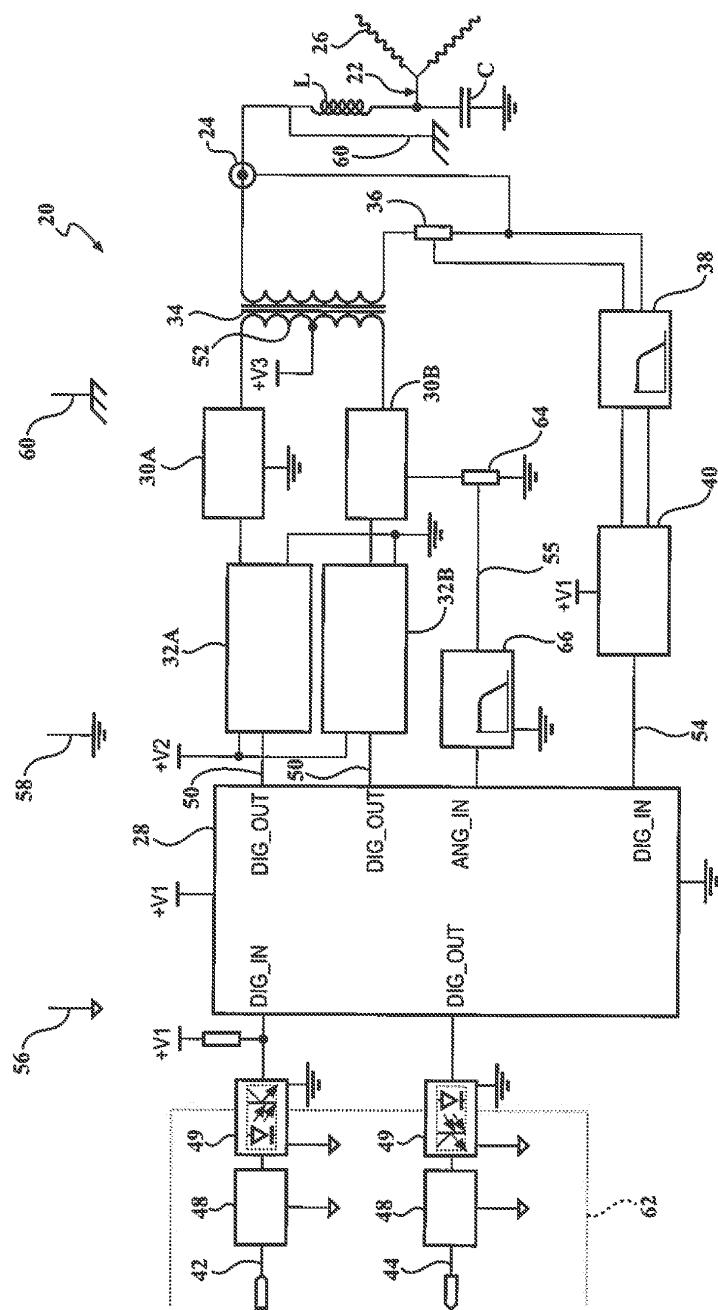
[0042] 물론, 본 발명의 다수의 변형과 변경이 상기 교안을 고려하여 가능하며, 본 청구범위의 범위 내에서 구체적으로 기술된 것과 다르게 실시될 수 있다.

도면

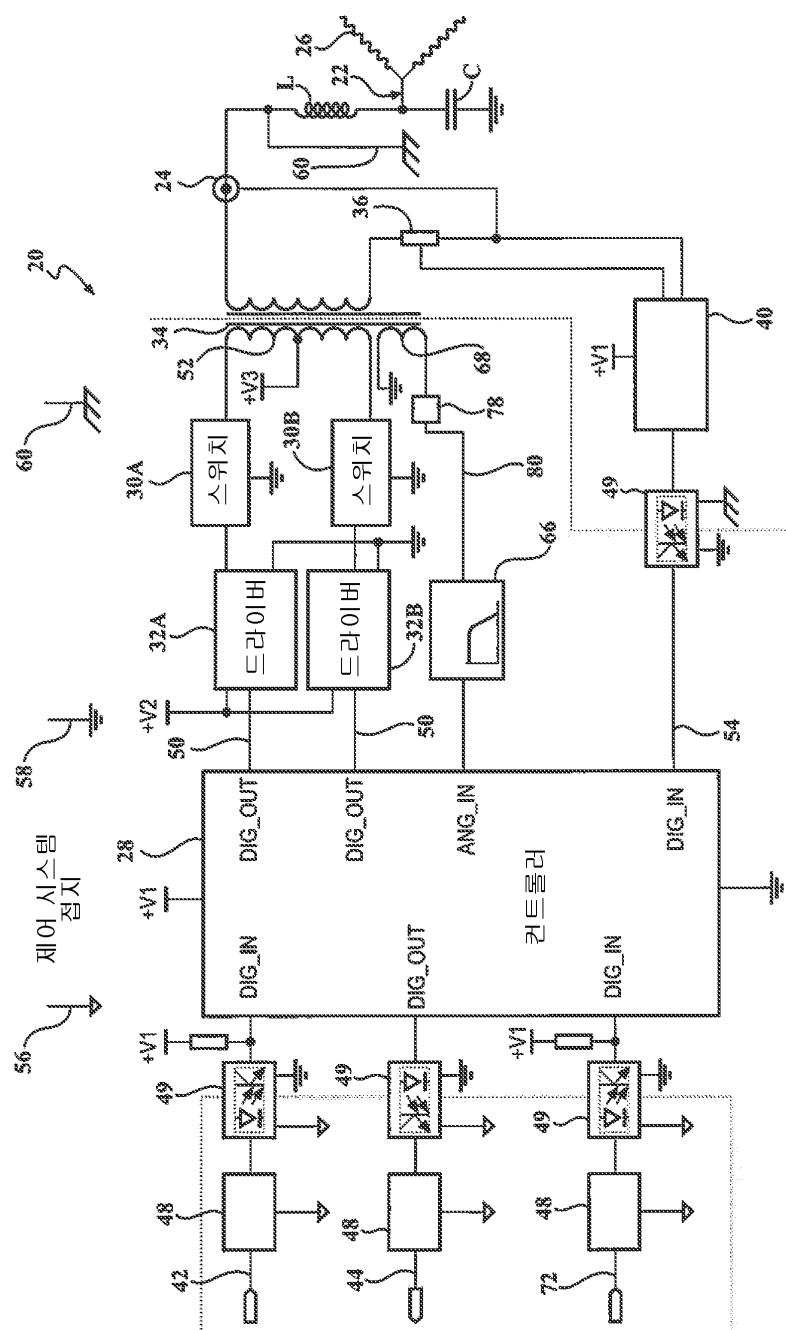
도면1



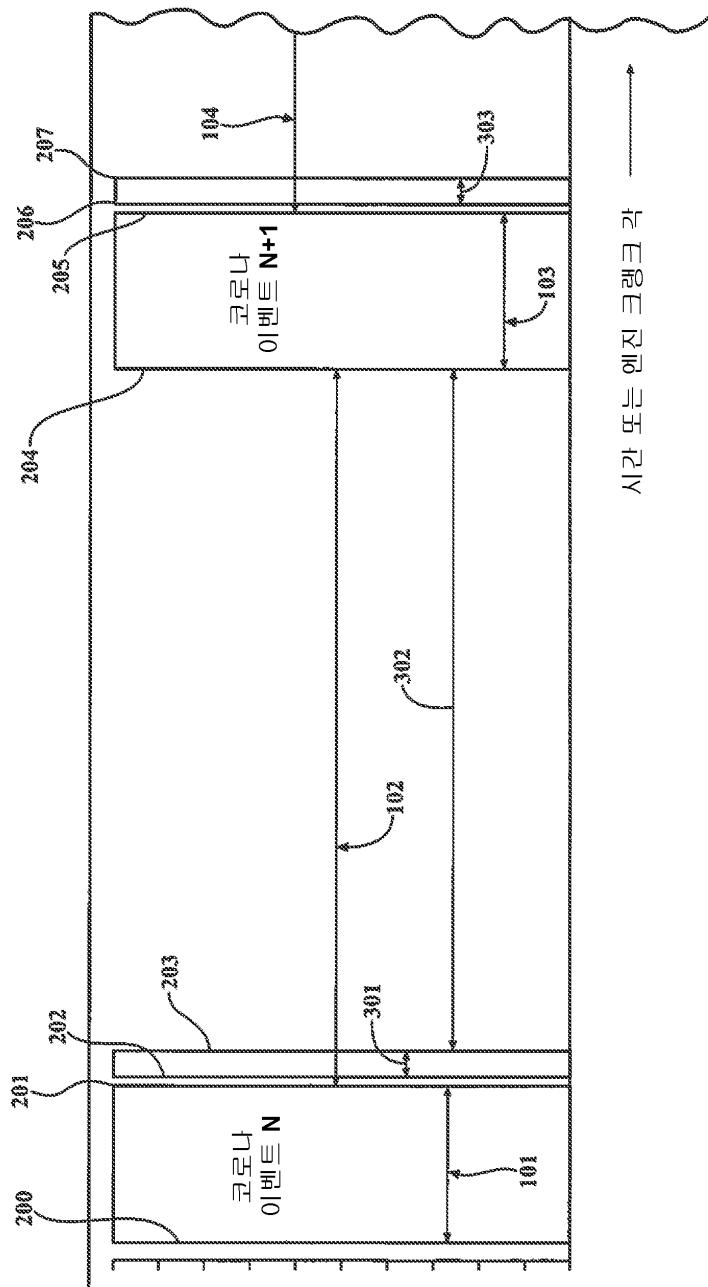
도면2



도면3



도면4



도면5

전류/전압

