



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0097354
(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 10-2016-7018764
- (22) 출원일자(국제) 2014년12월12일
 심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2016년07월12일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2014/069958
- (87) 국제공개번호 WO 2015/089371
 국제공개일자 2015년06월18일
- (30) 우선권주장
 61/915,088 2013년12월12일 미국(US)
 (뒷면에 계속)

- (71) 출원인
 페더럴-모글 이그니션 컴퍼니
 미국 미시간 48034 사우스필드 타워 300 웨스트
 11 마일 로드 27300
- (72) 발명자
 버로우스, 존, 안토니
 영국 맨체스터 더블유에이15 6에이엘 팀펄리 애실
 런드 로드 2
- (74) 대리인
 김해중, 이충한

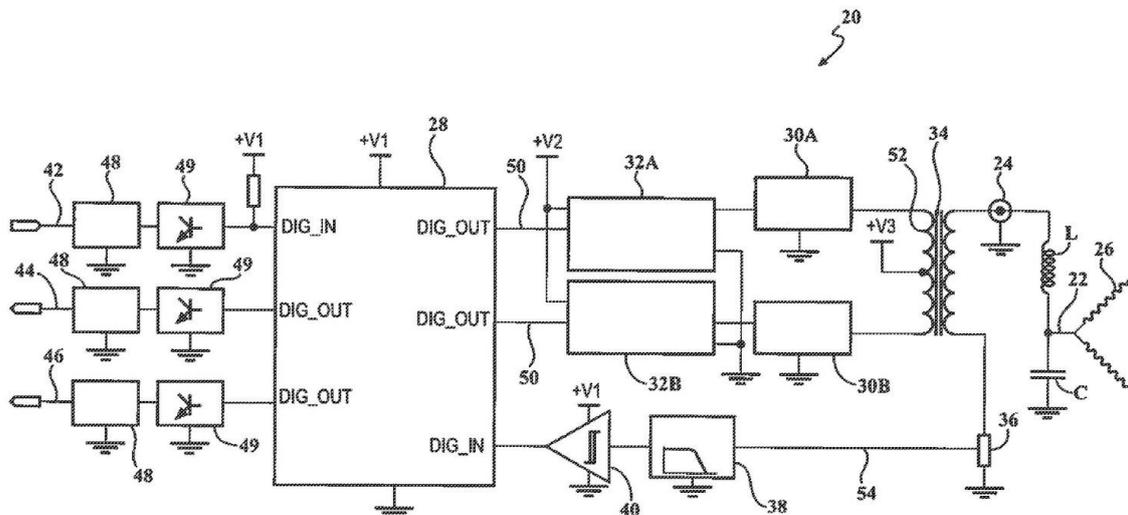
전체 청구항 수 : 총 24 항

(54) 발명의 명칭 **코로나 점화 시스템에서 공진 주파수 검출을 위한 방법**

(57) 요약

코로나 점화기의 작동과 동시에 발생하는 코로나 점화기의 공진 주파수를 탐지하기 위한 시스템 및 방법이 제공된다. 방법은 코로나 점화기에 에너지의 복수의 파동들을 제공하는데, 파동들 각각은 파동 기간을 가지고, 코로나 점화기에 아무 에너지도 제공되지 않는 동안에 데드타임 기간에 의해 서로로부터 이격된다. 각각의 파동 기간은 코로나 점화기에 흐르는 전류가 영점과 교차하기 전에 중단되며, 각각의 전류의 영점 교차는 데드타임 기간들 중 하나 동안에 발생한다. 에너지의 다음 파동은 전류의 영점 교차에 대응하여 코로나 점화기에 제공된다. 공진 주파수 값은 그 후 두 개의 연이은 사이클들의 파동 및 데드타임 기간들의 합계, 또는 영점 교차들 사이의 시간에 기반하여 얻어진다. 공진 주파수 값들은 시간이 지나면서 더 정확해지고, 구동 주파수는 그에 맞춰 조절된다.

대표도



(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)
14/568,266	2014년12월12일	미국(US)
14/568,330	2014년12월12일	미국(US)
14/568,219	2014년12월12일	미국(US)
14/568,438	2014년12월12일	미국(US)

명세서

청구범위

청구항 1

코로나 점화 시스템에서 코로나 점화기의 공진 주파수를 검출하기 위한 방법에 있어서,

전류가 코로나 점화기에 흐르도록 하는 제1 파동 기간 동안 포지티브 전압으로 코로나 점화기에 에너지의 제1 파동을 제공하는 단계;

코로나 점화기에 흐르는 전류가 영점을 통과하기 전에 제1 파동 기간을 중단시키는 단계, 및 제1 파동 기간을 중단시키는 즉시 제1 데드타임 기간 동안 코로나 점화기에 아무 에너지도 제공하지 않는 단계;

제1 데드타임 기간 동안에, 코로나 점화기에 흐르는 전류가 영점을 통과하는 경우를 검출하는 단계;

제1 데드타임 기간을 중단시키는 전류의 영점 교차에 대응하여 제2 파동 기간 동안 포지티브 전압으로 에너지의 제2 파동을 코로나 점화기에 제공하는 단계;

전류가 영점을 통과하기 전에 제2 파동 기간을 중단시키는 단계, 및 제2 파동 기간을 중단시키는 즉시 제2 데드타임 기간 동안 코로나 점화기에 아무 에너지도 제공하지 않는 단계;

제2 데드타임 기간 동안에, 코로나 점화기에 흐르는 전류가 영점을 통과하는 경우를 검출하는 단계;

제2 데드타임 기간을 중단시키는 전류의 영점 교차에 대응하여 포지티브 전압으로 에너지의 제3 파동을 점화기에 제공하는 단계; 및

제1 파동 기간, 제1 데드타임 기간, 제2 파동 기간 및 제2 데드타임 기간의 합계에 기반한 제1 공진 주파수 값을 얻는 단계를 포함하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

코로나 점화기에 에너지를 제공하는 동안에, 얻어진 제1 공진 주파수 값과 동일한 구동 주파수로 코로나 점화기에 에너지를 적용하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

제1 공진 주파수 값을 얻는 단계는,

공진 주파수의 이분의 일 사이클의 기간을 결정하도록 합계를 절반으로 분할하는 단계를 포함하는 것으로 하는 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

포지티브 전압은 전류가 포지티브 방향으로 흐르도록 하고, 네거티브 전압은 전류가 네거티브 방향으로 흐르도록 하며, 전류는 제1 데드타임 기간 동안에 오직 한번 영점과 교차하고, 제2 데드타임 기간 동안에 오직 한번 교차하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

제2 파동 기간은 제1 파동 기간보다 크고, 제2 데드타임 기기간은 제1 데드타임 기간보다 작은 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

코로나 점화기에 흐르는 전류가 영점을 통과하기 전에 제1 파동 기간을 중단시키는 단계가 발생하도록, 시스템의 구성 요소들 중 어떤 딜레이들에 기반한 제1 파동 기간을 세팅하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

에너지가 코로나 점화기에 제공되는 동안에, 얻어진 제1 공진 주파수 값과 매치하도록 코로나 점화기에 제공된 에너지의 구동 주파수를 조절하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

제3 파동 기간 동안 코로나 점화기에 에너지의 제3 파동을 제공하는 단계;

코로나 점화기에 흐르는 전류가 영점을 통과하기 전에 제3 파동 기간을 중단시키는 단계, 및 제3 파동 기간을 중단시키는 즉시 제3 데드타임 기간 동안 코로나 점화기에 아무 에너지도 제공하지 않는 단계;

제3 데드타임 기간 동안에, 코로나 점화기에 흐르는 전류가 영점을 통과하는 경우를 검출하는 단계;

제3 데드타임 기간을 중단시키는 전류의 영점 교차에 대응하여 제4 파동 기간 동안 포지티브 전압으로 에너지의 제4 파동을 코로나 점화기에 제공하는 단계;

코로나 점화기에 흐르는 전류가 영점을 통과하기 전에 제4 파동 기간을 중단시키는 단계, 및 제4 파동 기간을 중단시키는 즉시 제4 데드타임 기간 동안 코로나 점화기에 아무 에너지도 제공하지 않는 단계;

제4 데드타임 기간 동안에, 코로나 점화기에 흐르는 전류가 영점을 통과하는 경우를 검출하는 단계;

제4 데드타임 기간을 중단시키도록 전류의 영점 교차에 대응하여 포지티브 전압으로 에너지의 제5 파동을 점화기에 제공하는 단계; 및

제3 파동 기간, 제3 데드타임 기간, 제4 파동 기간 및 제4 데드타임 기간의 합계에 기반한 제2 공진 주파수 값을 얻는 단계를 포함하는 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

제4 파동 기간은 제3 파동 기간보다 크고, 제4 데드타임 기기간은 제3 데드타임 기간보다 작은 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 10

제8항에 있어서,

에너지의 제5 파동 후에 코로나 점화기에 제공된 에너지의 복수의 파동들을 포함하는 단계로서, 에너지의 파동들의 각각은 파동 기간 동안 제공되고, 아무 에너지도 코로나 점화기에 제공되지 않는 동안에 데드타임 기간에 의해 서로로부터 이격되며, 여기서 파동 기간들은 시간이 지나면서 증가하고, 데드타임 기간들은 시간이 지나면서 감소하는 것을 특징으로 하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 11

제8항에 있어서,

제1 공진 주파수 값 및 제2 공진 주파수 값을 얻는 단계들은, 에너지가 코로나 점화기에 제공되는 동안에, 코로나 점화기가 코로나 방전을 제공하는 동안에 실행되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 12

코로나 점화 시스템에서 코로나 점화기의 공진 주파수를 검출하기 위한 방법에 있어서,

전류가 코로나 점화기에 흐르도록하는 포지티브 전압으로 에너지의 제1파동을 코로나 점화기에 제공하는 단계;

코로나 점화기에 흐르는 전류가 영점을 통과하기 전에 제1 파동을 중단시키는 단계, 및 에너지의 제1 파동을 중단시키는 즉시 제1 데드타임 기간 동안 코로나 점화기에 아무 에너지도 제공하지 않는 단계;

제1 영점 교차 기간을 얻는 단계로서, 제1 영점 교차 기간은 에너지의 제1 파동의 스타트에서 시작하고 제1 영점 교차에서 끝나는 것을 특징으로 하는 단계; 및

제1 영점 교차 기간을 배가함으로써 제1 공진 주파수를 얻는 단계를 포함하는 방법.

청구항 13

코로나 점화 시스템에서 코로나 점화기의 공진 주파수를 검출하기 위한 방법에 있어서,

전류가 코로나 점화기에 흐르도록 하는 포지티브 전압으로 코로나 점화기에 에너지의 제1 파동을 제공하는 단계;

코로나 점화기에 흐르는 전류가 영점을 통과하기 전에 제1 파동을 중단시키는 단계, 및 에너지의 제1 파동을 중단시키는 즉시 제1 데드타임 기간 동안 코로나 점화기에 아무 에너지도 제공하지 않는 단계;

제1 영점 교차 기간을 얻는 단계로서, 제1 영점 교차 기간은 에너지의 제1 파동의 스타트에서 시작하고 제1 영점 교차에서 끝나는 것을 특징으로 하는 단계;

제1 데드타임 기간을 중단시키는 전류의 제1 영점 교차에 대응하여 네거티브 전압으로 코로나 점화기에 제2 파동을 제공하는 단계;

전류가 영점을 통과하기 전에 에너지의 제2 파동을 중단시키는 단계, 및 에너지의 제2 파동을 중단시키는 즉시 제2 데드타임 기간 동안 코로나 점화기에 아무 에너지도 제공하지 않는 단계;

제2 영점 교차 기간을 얻는 단계로서, 제2 영점 교차 기간은 제1 영점 교차에서 시작하고 제2 영점 교차에서 끝나는 것을 특징으로 하는 단계; 및

제1 영점 교차 기간 및 제2 영점 교차 기간의 합계에 기반하여 제1 공진 주파수 값을 얻는 단계를 포함하는 방법.

청구항 14

코로나 점화 시스템에서 코로나 점화기의 공진 주파수를 검출하기 위한 시스템에 있어서,

코로나 점화기에 전류가 흐르도록 하는 제1 파동 기간 동안 포지티브 전압으로 에너지 서플라이로부터 코로나 점화기에 에너지의 제1 파동을 제공하는 제1 스위치;

코로나 점화기에 흐르는 전류가 영점을 통과하기 전에 제1 파동 기간을 중단시키고, 제1 파동 기간을 중단시키는 즉시 제1 데드타임 기간 동안 코로나 점화기에 아무 에너지도 제공하지 않는 제1 스위치;

제1 데드타임 기간 동안에 코로나 점화기에 흐르는 전류가 영점을 통과하는 경우를 검출하고, 전류의 영점 교차에 대응하여 코로나 점화기에 에너지의 제2 파동을 제공하도록 구동 신호를 개시하는 주파수 검출기;

구동 신호를 수신하여, 제1 데드타임 기간을 중단시키도록 제2 파동 기간 동안 네거티브 전압으로 에너지 서플라이로부터 코로나 점화기에 에너지의 제2 파동을 제공하는 제2 스위치;

코로나 점화기에 흐르는 전류가 영점을 통과하기 전에 제2 파동 기간을 중단시키고, 제2 파동 기간을 중단시키는 즉시 제2 데드타임 기간 동안 코로나 점화기에 아무 에너지도 제공하지 않는 제2 스위치;

제2 데드타임 기간 동안에 코로나 점화기에 흐르는 전류가 영점을 통과하는 경우를 검출하고, 전류의 영점 교차에 대응하여 코로나 점화기에 에너지의 제3 파동을 제공하도록 구동 신호를 개시하는 주파수 검출기;

구동 신호를 수신하여, 제2 데드타임 기간을 중단시키도록 포지티브 전압으로 에너지 서플라이로부터 코로나 점화기에 에너지의 제3 파동을 제공하는 제1 스위치; 및

제1 파동 기간, 제1 데드타임 기간, 제2 파동 기간, 및 제2 데드타임 기간의 합계에 기반하여 제1 공진 주파수를 얻는 주파수 검출기를 포함하는 시스템.

청구항 15

제14항에 있어서,

주파수 검출기는, 코로나 점화기에 흐르는 전류를 얻고, 전류의 영점 교차를 결정하는 전류 센서를 포함하는 것을 특징으로 하는 시스템.

청구항 16

제15항에 있어서,

주파수 검출기는, 얻어진 전류의 영점 교차를 전류 센서로부터 수신하고, 제1 파동 기간, 제1 데드타임 기간, 제2 파동 기간, 및 제2 데드타임 기간의 합계에 기반하여 제1 공진 주파수를 결정하기 위한 컨트롤러를 포함하는 것을 특징으로 하는 시스템.

청구항 17

제16항에 있어서,

컨트롤러는 에너지가 코로나 점화기에 제공되는 동안에, 얻어진 제1 공진 주파수 값과 매치하도록 코로나 점화기에 제공된 에너지의 구동 주파수를 조절하는 것을 특징으로 하는 시스템.

청구항 18

제16항에 있어서,

제1 공진 주파수 값 및 제2 공진 주파수 값을 얻는 단계는, 에너지가 코로나 점화기에 제공되고 코로나 점화기가 코로나 방전을 제공하는 동안에 실행되는 것을 특징으로 하는 시스템.

청구항 19

제16항에 있어서,

컨트롤러는, 코로나 점화기에 흐르는 전류가 영점을 통과하기 전에 제1 파동 기간을 중단시키도록, 시스템의 구성 요소들 중 어떤 딜레이들에 기반하여 제1 파동 기간을 세팅하는 것을 특징으로 하는 시스템.

청구항 20

제14항에 있어서,

제1 스위치는 제3 파동 기간 동안 에너지 서플라이로부터 코로나 점화기에 에너지의 제3 파동을 제공하며,

제1 스위치는 코로나 점화기에 흐르는 전류가 영점을 통과하기 전에 제3 파동 기간을 중단시키고, 제3 파동 기간을 중단시키는 즉시 제3 데드타임 기간 동안 코로나 점화기에 아무 에너지도 제공하지 않으며,

주파수 검출기는 제3 데드타임 기간 동안에 코로나 점화기에 흐르는 전류가 영점을 통과하는 경우를 검출하고, 전류의 영점 교차에 대응하여 코로나 점화기에 에너지의 제4 파동을 제공하도록 구동 신호를 개시하며,

제2 스위치는 구동 신호를 수신하고, 제3 데드타임 기간을 중단시키도록 제4 파동 기간 동안 네거티브 전압으로 에너지 서플라이로부터 코로나 점화기에 에너지의 제4 파동을 제공하며,

제2 스위치는 코로나 점화기에 흐르는 전류가 영점을 통과하기 전에 제4 파동 기간을 중단시키고, 제4 파동 기간을 중단시키는 즉시 제4 데드타임 기간 동안 코로나 점화기에 아무 에너지도 제공하지 않으며,

주파수 검출기는 제4 데드타임 기간 동안에 코로나 점화기에 흐르는 전류가 영점을 통과하는 경우를 검출하고, 전류의 영점 교차에 대응하여 코로나 점화기에 에너지의 제5 파동을 제공하며,

제1 스위치는 제4 데드타임 기간을 중단시키는 전류의 영점 교차에 대응하여 포지티브 전압으로 코로나 점화기에 에너지의 제5 파동을 제공하며,

주파수 검출기는 제3 파동 기간, 제3 데드타임 기간, 제4 파동 기간, 및 제4 데드타임 기간의 합계에 기반하여 제2 공진 주파수 값을 얻는 것을 특징으로 하는 시스템.

청구항 21

제20항에 있어서,

제4 파동 기간은 제3 파동 기간 보다 크고, 제4 데드타임 기간은 제3 데드타임 기간 보다 작은 것을 특징으로 하는 시스템.

청구항 22

제20항에 있어서,

스위치는 에너지의 제5 파동 후에 에너지 서플라이로부터 코로나 점화기에 에너지의 복수의 파동들을 제공하며, 에너지 파동들의 각각은 파동 기간 동안 제공되고, 아무 에너지도 코로나 점화기에 제공되지 않는 동안에 데드타임 기간에 의해 서로로부터 이격되며, 파동 기간들은 시간이 지나면서 증가하고, 데드타임 기간들을 시간이 지나면서 감소하는 것을 특징으로 하는 시스템.

청구항 23

코로나 점화 시스템에서 코로나 점화기의 공진 주파수를 검출하기 위한 시스템에 있어서,

전류가 코로나 점화기에 흐르도록하는 포지티브 전압으로 에너지 서플라이로부터 코로나 점화기에 에너지의 제1

파동을 제공하는 제1 스위치;

코로나 점화기에 흐르는 전류가 영점을 통과하기 전에 제1 파동을 중단시키고, 에너지의 제1 파동을 중단시키는 즉시 제1 데드타임 기간 동안 코로나 점화기에 아무 에너지도 제공하지 않는 제1 스위치; 및

제1 영점 교차 기간을 배가함으로써 공진 주파수를 얻되, 제1 영점 교차 기간은 에너지의 제1 파동의 스타트에서 시작하고 제1 영점 교차에서 끝나는 주파수 검출기를 포함하는 시스템.

청구항 24

코로나 점화 시스템에서 코로나 점화기의 공진 주파수를 검출하기 위한 시스템에 있어서,

전류가 코로나 점화기에 흐르도록 하는 포지티브 전압으로 에너지 서플라이로부터 코로나 점화기에 에너지의 제1 파동을 제공하는 제1 스위치;

코로나 점화기의 전류가 영점을 통과하기 전에 제1 파동 기간을 중단시키고, 에너지의 제1 파동을 중단시키는 즉시 제1 데드타임 기간 동안 코로나 점화기에 아무 에너지도 제공하지 않는 제1 스위치;

제1 데드타임 기간 동안에 코로나 점화기에 흐르는 전류가 영점을 통과하는 경우를 검출하고, 전류의 제1 영점 교차에 대응하여 코로나 점화기에 에너지의 제2 파동을 제공하도록 구동 신호를 개시하는 주파수 검출기;

제1 영점 교차 기간을 얻되, 제1 영점 교차 기간은 에너지의 제1 파동의 스타트에서 시작하고 제1 영점 교차에서 끝나는 주파수 검출기;

구동 신호를 수신하고, 제1 데드타임 기간을 중단시키도록 네거티브 전압으로 에너지 서플라이로부터 코로나 점화기에 에너지의 제2 파동을 제공하는 제2 스위치;

코로나 점화기에 흐르는 전류가 영점을 통과하기 전에 제2 파동 기간을 중단시키고, 에너지의 제2 파동을 중단시키는 즉시 제2 데드타임 기간 동안 코로나 점화기에 아무 에너지도 제공하지 않는 제2 스위치;

제2 데드타임 기간 동안에 코로나 점화기에 흐르는 전류가 영점을 통과하는 경우를 검출하는 주파수 검출기;

제2 영점 교차 기간을 얻되, 제2 영점 교차 기간은 제1 영점 교차에서 시작하고 제2 영점 교차에서 끝나는 주파수 검출기; 및

제1 영점 교차 기간 및 제2 영점 교차 기간의 합계에 기반하여 제1 공진 주파수 값을 얻는 주파수 검출기를 포함하는 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 코로나 방전 점화 시스템에 관한 것으로, 좀 더 상세하게는 코로나 점화 시스템에 공급되는 에너지를 컨트롤하기 위한 방법에 관한 것이다.

[0002] 본 특허 출원은 전체 내용이 참조로서 본원에 각각 포함되는, 2013년 12월 12일에 출원된 미국 가출원 번호 제 61/915,088호(대리인 관리 번호 710240-6793; IA-50129); 2014년 2월 24일에 출원된 미국 가출원 번호 제 61/931,131호(대리인 관리 번호 710240-6830; IA-50134); 2014년 3월 11일에 출원된 미국 가출원 번호 제 61/950,991호(대리인 관리 번호 712040-6901; IA-50147); 2014년 10월 30일에 출원된 미국 가출원 번호 제 62/072,530(대리인 관리 번호 720240-7346; IA-510291); 및 2014년 12월 10일에 출원된 미국 가출원 번호 제 62/090,096호(대리인 관리 번호 710240-7356; IA-50359)와, 2014년 12월 12일에 출원된 미국 실용 신안 번호 제14/568,219호(대리인 관리 번호 710240-7404; IA-50129 및 IA-50129-1), 2014년 12월 12일에 출원된 미국 실용 신안 번호 제14/568,266호(대리인 관리 번호 710240-7409; IA-50147), 및 2014년 12월 12일에 출원된 미국 실용 신안 번호 제14/568,330호(대리인 관리 번호 740240-7411; IA-50134)를 우선권으로 주장한다.

배경 기술

[0003] 코로나 방전 점화 시스템은, 코로나 방전의 포메이션을 향상시키고 아크 포메이션을 위한 기회를 최소화하는 고저 전위 전극(potential electrodes)을 거듭하여 리버스하는, 교류의 전압 및 교류를 제공한다. 시스템은, 높은 무선 주파수 전압 전위(radio frequency voltage potential)로 충전되는 중앙 전극을 지닌 코로나 점화기를 포함하고, 연소 챔버 내에서 강한 무선 주파수 전계 생성한다. 전계는 연소 챔버 내의 연료 및 공기의 혼합물 일부가 전리(ionize)되어 절연 파괴(dielectric breakdown)가 시작되도록 하여, 연료-공기 혼합물의 연소를 촉진시키며, 이는 점화 이벤트(ignition event)라고 언급된다. 바람직하게 전계는 연료-공기 혼합물이 유전 특성(dielectric properties)을 유지하도록 제어되어 비-열적 플라즈마라고 불리우는, 코로나 방전이 일어난다. 연료-공기 혼합물의 전리된(ionized) 부분은 화염 면을 형성하여 자동으로 유지되어(self-sustaining) 연료-공기의 혼합물의 남은 부분을 연소시킨다. 바람직하게는, 전계는 연료-공기 혼합물이 모든 유전 특성을 상실하지 않도록 제어되어, 전극 및 접지된 실린더 벽(grounded cylinder walls), 피스톤 또는 점화장치의 다른 부분 사이에서 열 플라즈마(thermal plasma) 및 전기 아크(electric arc)를 생성한다. 코로나 방전 점화 시스템의 실례가 프리엔(Freen)에 의해 미국 특허 제6,883,507 호에 게시되어 있다.

[0004] 게다가, 코로나 방전 점화 시스템은 바람직하게는 에너지가 코로나 점화기의 공진 주파수와 동일하거나 근접한 구동 주파수로 코로나 점화기에 제공되도록 제어된다. 이는 연소 챔버 내에서 튼튼한 코로나 방전을 이끄는 전압 증폭을 제공한다. 코로나 점화기의 공진 주파수를 정확하게 검출하는 것은 이러한 높은 수준의 제어를 달성하기 위해 필요하다. 그러나, 공진 주파수의 정확한 검출하는 것은 특히 광범위한 주파수에서 달성하기 어렵다. 작동 동안에 공진 주파수의 변화들은 또한, 예컨대, 아크 이벤트(arcing events) 때문에, 공진 주파수를 정확하게 검출하는 것을 어렵게 만든다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명의 일 양태는, 코로나 점화 시스템에서 코로나 점화기의 작동과 동시에 코로나 점화기의 공진 주파수를 검출하기 위한 개선된 방법을 제공한다.

과제의 해결 수단

[0006] 본 방법은, 전류가 코로나 점화기에 흐르도록 하는 제1 파동 기간 동안 포지티브 전압으로 코로나 점화기에 에너지의 제1 파동을 제공하는 단계; 및 코로나 점화기에 흐르는 전류가 영점을 통과하기 전에 제1 파동 기간을 중단시키는 단계, 및 제1 파동 기간을 중단시키는 즉시 제1 데드타임 기간 동안 코로나 점화기에 아무 에너지도 제공하지 않는 단계를 포함한다. 제1 데드타임 기간은 제1 파동 기간을 중단시키는 즉시 발생한다. 본 방법은, 제1 데드타임 기간 동안에, 코로나 점화기에 흐르는 전류가 영점을 통과하는 경우를 검출하는 단계; 및 제1 데드타임 기간을 중단시키는 전류의 영점 교차에 대응하여 제2 파동 기간 동안 포지티브 전압으로 에너지의 제2 파동을 코로나 점화기에 제공하는 단계를 더 포함한다. 본 방법은 그 후 전류가 영점을 통과하기 전에 제2 파동 기간을 중단시키는 단계를 포함한다. 제2 데드타임 기간은 제2 파동 기간을 중단시키는 즉시 발생하고, 제2 데드타임 기간 동안에 코로나 점화기에 아무 에너지도 제공되지 않는다. 본 방법은, 제2 데드타임 기간 동안에, 코로나 점화기에 흐르는 전류가 영점을 통과하는 경우를 검출하는 단계; 및 제2 데드타임 기간을 중단시키는 전류의 영점 교차에 대응하여 포지티브 전압으로 에너지의 제3 파동을 점화기에 제공하는 단계를 더 포함한다. 본 방법은 그 후 제1 파동 기간, 제1 데드타임 기간, 제2 파동 기간, 및 제2 데드타임 기간의 합계에 기반하여 제1 공진 주파수 값을 얻는 단계를 포함한다.

[0007] 본 발명의 다른 양태는, 코로나 점화 시스템에서 코로나 점화기의 공진 주파수를 검출하기 위한 방법을 제공하는데, 전류가 코로나 점화기에 흐르도록하는 포지티브 전압으로 에너지의 제1파동을 코로나 점화기에 제공하는 단계; 코로나 점화기에 흐르는 전류가 영점을 통과하기 전에 제1 파동을 중단시키는 단계, 및 에너지의 제1 파

동을 중단시키는 즉시 제1 데드타임 기간 동안 코로나 점화기에 아무 에너지도 제공하지 않는 단계; 및 제1 영점 교차 기간을 얻는 단계로서, 제1 영점 교차 기간은 에너지의 제1 파동의 스타트에서 시작하고 제1 영점 교차에서 끝나는 것을 특징으로 하는 단계를 포함한다. 본 방법은, 제1 영점 교차 기간을 배가함으로써 제1 공진 주파수를 얻는 단계를 더 포함한다.

[0008] 본 발명의 다른 양태는, 코로나 점화 시스템에서 코로나 점화기의 공진 주파수를 검출하기 위한 방법을 제공하는데, 전류가 코로나 점화기에 흐르도록 하는 포지티브 전압으로 에너지의 제1 파동을 코로나 점화기에 제공하는 단계; 코로나 점화기에 흐르는 전류가 영점을 통과하기 전에 제1 파동을 중단시키는 단계, 및 에너지의 제1 파동을 중단시키는 즉시 제1 데드타임 기간 동안 코로나 점화기에 아무 에너지도 제공하지 않는 단계; 및 제1 영점 교차 기간을 얻는 단계로서, 제1 영점 교차 기간은 에너지의 제1 파동의 스타트에서 시작하고, 제1 데드타임 기간 동안 코로나 점화기에 흐르는 전류가 영점을 통과할 때 끝나는 것을 특징으로 하는 단계를 포함한다. 본 방법은 다음으로, 제1 데드타임 기간을 중단시키는 전류의 제1 영점 교차에 대응하여 네거티브 전압으로 코로나 점화기에 제2 파동을 제공하는 단계; 전류가 영점을 통과하기 전에 에너지의 제2 파동을 중단시키는 단계, 및 에너지의 제2 파동을 중단시키는 즉시 제2 데드타임 기간 동안 코로나 점화기에 아무 에너지도 제공하지 않는 단계; 및 제2 영점 교차 기간을 얻는 단계로서, 제2 영점 교차 기간은 제1 영점 교차에서 시작하고 제2 영점 교차에서 끝나는 것을 특징으로 하는 단계를 포함한다. 본 방법은 그 후, 제1 영점 교차 기간 및 제2 영점 교차 기간의 합계에 기반하여 제1 공진 주파수 값을 얻는 단계를 포함한다.

[0009] 본 발명의 다른 양태는, 코로나 점화기의 공진 주파수를 검출하기 위한 시스템을 제공한다. 본 시스템은, 코로나 점화기에 전류가 흐르도록 하는 제1 파동 기간 동안 포지티브 전압으로 에너지 서플라이로부터 코로나 점화기에 에너지의 제1 파동을 제공하는 제1 스위치를 포함한다. 제1 스위치는 코로나 점화기에 흐르는 전류가 영점을 통과하기 전에 제1 파동 기간을 중단시킨다. 제1 파동 기간을 중단시키는 즉시 제1 데드타임 기간 동안 코로나 점화기에 아무 에너지도 제공되지 않는다. 주파수 검출기는 제1 데드타임 기간 동안에 코로나 점화기에 흐르는 전류가 영점을 통과하는 경우를 검출하고, 전류의 영점 교차에 대응하여 코로나 점화기에 에너지의 제2 파동을 제공하도록 구동 신호를 개시한다. 제2 스위치는 구동 신호를 수신하여, 제1 데드타임 기간을 중단시키도록 제2 파동 기간 동안 네거티브 전압으로 에너지 서플라이로부터 코로나 점화기에 에너지의 제2 파동을 제공한다. 제2 스위치는 코로나 점화기에 흐르는 전류가 영점을 통과하기 전에 제2 파동 기간을 중단시킨다. 제2 파동 기간을 중단시키는 즉시 제2 데드타임 기간 동안 코로나 점화기에 아무 에너지도 제공되지 않는다. 주파수 검출기는 제2 데드타임 기간 동안에 코로나 점화기에 흐르는 전류가 영점을 통과하는 경우를 검출하고, 전류의 영점 교차에 대응하여 코로나 점화기에 에너지의 제3 파동을 제공하도록 구동 신호를 개시한다. 제1 스위치는 구동 신호를 수신하여, 제2 데드타임 기간을 중단시키도록 포지티브 전압으로 에너지 서플라이로부터 코로나 점화기에 에너지의 제3 파동을 제공한다. 주파수 검출기는 그 후 제1 파동 기간, 제1 데드타임 기간, 제2 파동 기간, 및 제2 데드타임 기간의 합계에 기반하여 제1 공진 주파수를 얻는다.

[0010] 본 발명의 또 다른 양태는, 제1 스위치 및 주파수 검출기를 포함하는, 코로나 점화 시스템에서 코로나 점화기의 공진 주파수를 검출하기 위한 시스템을 제공한다. 제1 스위치는 전류가 코로나 점화기에 흐르도록 하는 포지티브 전압으로 에너지 서플라이로부터 코로나 점화기에 에너지의 제1 파동을 제공한다. 제1 스위치는 그 후 코로나 점화기에 흐르는 전류가 영점을 통과하기 전에 제1 파동을 중단시키고, 에너지의 제1 파동을 중단시키는 즉시 제1 데드타임 기간 동안 코로나 점화기에 아무 에너지도 제공하지 않는다. 주파수 검출기는 그 후 제1 영점 교차 기간을 배가함으로써 공진 주파수를 얻되, 제1 영점 교차 기간은 에너지의 제1 파동의 스타트에서 시작하고 제1 영점 교차에서 끝난다.

[0011] 본 발명의 다른 양태는, 제1 스위치, 제2 스위치, 및 주파수 검출기를 포함하는, 코로나 점화 시스템에서 코로나 점화기의 공진 주파수를 검출하기 위한 시스템을 제공한다. 제1 스위치는 전류가 코로나 점화기에 흐르도록 하는 포지티브 전압으로 에너지 서플라이로부터 코로나 점화기에 에너지의 제1 파동을 제공한다. 제1 스위치는 코로나 점화기의 전류가 영점을 통과하기 전에 제1 파동 기간을 중단시키고, 에너지의 제1 파동을 중단시키는 즉시 제1 데드타임 기간 동안 코로나 점화기에 아무 에너지도 제공하지 않는다. 주파수 검출기는 제1 데드타임

기간 동안에 코로나 점화기에 흐르는 전류가 영점을 통과하는 경우를 검출하고, 전류의 제1 영점 교차에 대응하여 코로나 점화기에 에너지의 제2 파동을 제공하도록 구동 신호를 개시한다. 주파수 검출기는 제1 영점 교차 기간을 얻되, 제1 영점 교차 기간은 에너지의 제1 파동의 스타트에서 시작하고 제1 영점 교차에서 끝난다. 제2 스위치는 구동 신호를 수신하고, 제1 데드타임 기간을 중단시키도록 네거티브 전압으로 에너지 서플라이로부터 코로나 점화기에 에너지의 제2 파동을 제공한다. 제2 스위치는 코로나 점화기에 흐르는 전류가 영점을 통과하기 전에 제2 파동 기간을 중단시키고, 에너지의 제2 파동을 중단시키는 즉시 제2 데드타임 기간 동안 코로나 점화기에 아무 에너지도 제공하지 않는다. 주파수 검출기는 제2 데드타임 기간 동안에 코로나 점화기에 흐르는 전류가 영점을 통과하는 경우를 검출한다. 주파수 검출기는 제2 영점 교차 기간을 얻되, 제2 영점 교차 기간은 제1 영점 교차에서 시작하고 제2 영점 교차에서 끝난다. 주파수 검출기는 제1 영점 교차 기간 및 제2 영점 교차 기간의 합계에 기반하여 제1 공진 주파수 값을 얻는다.

발명의 효과

[0012] 본 시스템 및 방법은 많은 이점들을 제공한다. 먼저, 얻어지는 공진 주파수 값들은 시간이 지나면서 더 정확해지게 되고, 코로나 점화기의 실제 공진 주파수와 같거나, 매우 근접하게 된다. 게다가, 공진 주파수 값들은 에너지가 코로나 점화기에 공급되는 동안에, 그리고 일반적으로 코로나 점화기가 코로나 방전을 제공하는 동안에 얻어지게 된다. 따라서, 추가적인 파워 페이즈 또는 측정 시기들이 필요하지 않다. 게다가, 코로나 점화기에 제공되는 에너지의 구동 주파수는, 예를 들면 아크 이벤트들 또는 다른 상태들에 의해 야기된 변화들에 대응하여서, 검출된 공진 주파수 값과 매치하도록, 코로나 점화기의 작동과 동시에, 또는 향후 코로나 이벤트에 앞서 즉시 조절될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0013] 본 발명의 다른 이점들이 손쉽게 평가될 것이며, 첨부된 도면과 함께 고려되는 경우 이하의 상세한 설명을 참조함으로써 잘 이해될 것이다

도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 코로나 방전 점화 시스템의 블록 다이어그램이다.

도 2는 본 발명의 제2 실시예에 따른 코로나 방전 점화 시스템의 블록 다이어그램이다.

도 3은 본 발명의 제3 실시예에 따른 코로나 방전 점화 시스템의 블록 다이어그램이다.

도 4는 코로나 이벤트의 초반에, 코로나 점화기에 흐르고 있는 전류 및 코로나 점화기에 제공되는 전압을 도시하는 그래프이다.

도 5는 도 4의 코로나 이벤트의 20번의 사이클 이후의, 코로나 점화기에 흐르고 있는 전류 및 코로나 점화기에 제공되는 전압을 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0014] 본 발명은 코로나 점화기(22, corona igniter)의 작동과 동시에 발생하는 코로나 점화기(22)의 공진 주파수(resonant frequency)를 검출하기 위한 개선된 시스템(20) 및 방법을 제공한다. 본 방법을 사용하여 얻어진 공진 주파수 값들은 코로나 점화기(22)의 실제의 주파수와 동일하거나, 매우 가깝다. 코로나 점화기(22)에 제공된 에너지의 구동 주파수(drive frequency)는, 코로나 점화기(22)에 에너지가 공급되고, 코로나 점화기(22)가 코로나 방전(26)을 제공하는 사이에, 검출된 공진 주파수 값과 매치하도록 조절(adjusted)될 수 있다. 게다가, 구동 주파수에 대한 즉각적인 조절(immediate adjustment)은, 예를 들면 아크 이벤트(arcing events) 또는 다른 킨 디션들에 의해 야기된 변화에 대한 반응으로, 검출된 공진 주파수 값에 기반한 코로나 점화기(22)의 작동 동안에 형성될 수 있다.

[0015] 개선된 공진 주파수 검출을 시행할 수 있는 시스템(20)의 바람직한 실시예들이 도 1 내지 3에 도시된다. 이 시스템(20)들은 또한 관련 미국 특허 출원 번호 제14/568219호, 제14/568330호, 및 제14/568438호에 설명되며, 이들은 참조로서 여기에 포함된다. 각 실시예에서, 시스템(20)은 공진 주파수에서 부하 운전(load operating)으

로 언급되는, 인덕션 코일(L)에 결합된 코로나 점화기(22)를 포함한다. 이러한 공진 주파수는 본 설명에서 "코로나 점화기(22)의 공진 주파수"로 언급된다. 코로나 점화기(22)는 전류가 코로나 점화기(22)에 흐르도록 하는 구동 주파수 및 전압 레벨로 에너지를 수신(receives)한다. 이러한 전류 및 전압은 코로나 점화기(22)의 아웃풋(24)으로 측정될 수 있다. 내부 연소 엔진의 작동 동안에, 코로나 점화기(22)는 바람직하게는 엔진의 연소 챔버 내에서 연료 및 공기의 혼합물을 점화하도록, 코로나 방전(26)으로 언급되는, 발화 끝에(firing end) 높은 무선 주파수 전기(electric field)를 형성한다.

[0016] 시스템(20)은 또한, 구동 주파수가 코로나 점화기(22)의 공진 주파수로, 또는 이와 근접하게 유지되도록, 코로나 점화기(22)에 제공된 구동 주파수를 컨트롤하는 컨트롤러(28)와 한 쌍의 스위치(30A, 30B), 및 시스템(20)의 전기용량(capacitance)/유도용량(inductance) 서킷을 포함한다. 구동 주파수가 공진 주파수와 동일하도록 시스템(20)을 작동시키는 것은, 연소 챔버 내에서 로버스트 코로나 방전(26, robust corona discharge)으로 이어지는 전압 증폭(voltage amplification)을 제공한다.

[0017] 바람직한 실시예의 컨트롤러(28)는 요구되는 구동 주파수를 달성하도록 지정된 시간으로 스위치들(30A 또는 30B) 중 하나를 작동시킨다. 스위치들(30A 또는 30B) 중 하나가 작동될 때, 에너지는 작동 스위치(30A 또는 30B)를 통해 파워 서플라이(V3)로부터 코로나 점화기(22)로 흐를 수 있다. 스위치들(30A, 30B)이 작동되지 않을 때, 에너지는 코로나 점화기(22)로 흐를 수 없다. 스위치(30A)는 제1 스위치로 언급되고, 스위치(30B)는 제2 스위치로 언급되지만, 스위치(30B)는 대안적으로 제1 스위치로 언급될 수도 있고, 스위치(30A)는 제2 스위치로 언급될 수도 있다. 각각의 경우, 스위치들(30A 또는 30B) 중 오직 하나가 작동하여, 코로나 점화 시스템(20)의 작동 동안에 어떤 주어진 시간으로 코로나 점화기(22)에 에너지를 제공한다. 따라서, 컨트롤러(28)는, 제2 스위치(30B)를 활성화시키기 전에 제1 스위치(30A)를 비활성화시켜서, 두 개의 스위치(30A, 30B)가 동시에 활성화하지 않도록 한다. 바람직하게는, 스위치들(30A, 30B)의 활성화는 코로나 점화기(22)의 공진 주파수와 일치화된(synchronized). 예를 들면, 일 실시예에서, 제1 스위치(30A)는 활성화되어서, 아웃풋(24)에서의 전류가 포지티브(positive)일 때는 언제든지 코로나 점화기(22)에 에너지를 제공하고, 제2 스위치(30B)는 활성화되어서, 아웃풋(24)에서의 전류가 네거티브(negative)일 때는 언제든지 코로나 점화기(22)에 에너지를 제공한다. 시스템(20)은 또한 코로나 점화기(22)의 공진 주파수를 검출하기 위한 주파수 검출기를 포함한다. 주파수 검출기는, 예를 들면 전류 센서(36), 또는 시스템(20)의 다른 구성 요소들과 결합하여 작동하는 컨트롤러(28)와 같이, 일반적으로 함께 동작하는 구성 요소들의 조합에 의해 제공된다.

[0018] 공진 주파수 검출 방법은 내부 연소 엔진 내의 코로나 점화기(22)의 작동과 병행하여 실행된다. 이러한 경우, 이 방법은 에너지가 코로나 점화기(22)에 제공되는 동안에, 그리고 일반적으로 코로나 점화기(22)가 코로나 방전(26)을 제공하는 동안에 실행된다. 그러나, 이 방법은 감소된 듀티 사이클(duty cycle)로 실행될 수도 있는데, 여기서 코로나 점화기(22)에 제공된 에너지는 코로나 방전(26)이 생성되지 않도록 낮은 레벨로 있다. 이 방법은 감소된 듀티 사이클로 될 수도 있으며, 듀티 사이클은 시간이 지나면서(over time) 증가될 수 있다.

[0019] 도 4 및 5는 본 발명의 방법을 시행하는 동안 코로나 점화기(22)에 제공되는 전압 및 코로나 점화기(22)에 흐르는 전류의 일 예시를 제공한다. 도 4는 코로나 이벤트(corona event)의 시초의 전류 및 전압을 도시하고, 도 5는 동일한 코로나 이벤트의 20번 사이클 이후의 전류 및 전압을 도시한다. "코로나 이벤트"는, 에너지가 코로나 점화기(22)에 제공되고, 코로나 점화기(22)가 코로나 방전(26)을 제공하는 동안의 시간의 주기(period of time)이다. 이러한 전류 및 전압 레벨은, 이후에 더 야기되는 것으로서, 코로나 점화기(22)의 공진 주파수를 검출하는데 사용된다.

[0020] 보통, 이 방법은 에너지 서플라이로부터, 예를 들면 V3로부터, 코로나 점화기(22)에 에너지의 제1 파동(pulse)을 제공하도록 제1 스위치(30A)를 이용(employing)하는 단계를 포함한다. 에너지의 제1 파동은, 코로나 점화기(22)에 흐르는 포지티브 전류를 야기하는 제1 파동 기간(101) 동안에 포지티브 전압으로 제공된다. 제1 스위치(30A)는 그 후 도 4에 도시된 바와 같이, 코로나 점화기(22)의 전류가 영점(zero)을 통과하기 전에 제1 파동 기간(101)을 중단(cease)시킨다. 컨트롤러(28)는 일반적으로, 코로나 점화기(22)에 흐르는 전류가 영점을

통과하기 전에 제1 파동 기간(101)이 종료하도록, 시스템(200)의 구성 요소들의 어떤 지연에 기반한 제1 파동 기간(101)의 길이를 세팅한다.

[0021] 제1 데드타임(deadtime)은 그 후 제1 파동 기간(101)을 중단할시 즉시 발생한다. 도 4에 도시된 바와 같이, 제1 데드타임 기간(201) 동안 에너지 서플라이(V3) 또는 다른 타입의 에너지 소스로 부터 코로나 점화기(22)에 아무 에너지도 공급되지 않으며, 제1 데드타임 기간(201) 동안 전압 레벨은 영점에 있다. 에너지는 제1 데드타임 기간(201) 동안 파워 오프되기 때문에, 스위칭으로 인한 코로나 회로의 노이즈와 관련한 문제가 존재하지 않는다.

[0022] 제1 데드타임 기간(201) 동안, 컨트롤러(28) 및 전류 센서(36)의 조합과 같은, 주파수 검출기는 코로나 점화기(22)에 흐르고 있는 전류가 영점을 통과하는 경우를 검출한다. 전류는 제1 데드타임 기간(201) 동안 단 한번만 영점과 교차(cross)한다. 일 실시예에서, 전류 센서(36)는 아웃풋(24)으로 부터, 코로나 점화기(22)에 흐르고 있는 전류를 얻으며, 전류의 교차되는 영점을 결정한다. 이러한 영점 교차 측정(zero crossing measurement)은 일반적으로 전류 센서(36)에서 컨트롤러(28)까지 아웃풋 신호(54)로 운반된다.

[0023] 컨트롤러(28)는 아웃풋 신호(54)를 수신하는데, 전류의 영점 교차에 대응하여서, 컨트롤러(28)는 에너지의 제2 파동을 코로나 점화기(22)에 제공하도록 구동 신호(50)를 개시(terminate)한다. 제2 스위치(30B)는 구동 신호(50)를 수신하고, 제1 데드타임 기간(201)을 중단시키기는 제2 파동 기간(102) 동안 네거티브 전압으로 에너지 서플라이(V3)로 부터 코로나 점화기(22)까지 에너지의 제2 파동을 제공한다. 제2 스위치(30B)는, 도 4에 도시된 바와 같이, 코로나 점화기(22)에 흐르는 네거티브 전류가 영점을 통과하기 전에 제2 파동 기간(102)을 중단시킨다. 컨트롤러(28)는 또한, 코로나 점화기(22)에 흐르는 전류가 영점을 통과하기 전에 제2 파동 기간(102)이 종료하도록, 시스템(20)의 구성 요소들의 어떤 딜레이에 기반하여 제2 파동 기간(2)의 길이를 세팅할 수 있다.

[0024] 제2 데드타임 기간(202)은 그 후 제2 파동 기간(102)을 중단시킬 시 즉시 발생한다. 제2 데드타임 기간(202) 동안, 에너지 서플라이(V3)로 부터 또는 어떤 다른 에너지 소스로 부터, 코로나 점화기(22)까지 아무 에너지도 제공되지 않으며, 도 4에 도시된 바와 같이, 제2 데드타임 기간(202) 동안에 전압 레벨은 영점에 있다. 제2 파동 기간(102)은 제1 파동 기간(101) 보다 크고, 제2 데드타임 기간(202)은 제1 데드타임 기간(201) 보다 적다.

[0025] 제2 데드타임 기간(202) 동안에, 주파수 탐지기는 제1 데드타임 기간(201) 동안과 마찬가지로, 코로나 점화기(22)에 흐르는 전류가 영점을 통과하는 경우 다시 탐지한다. 전류는 제2 데드타임 기간(202) 동안에 단 한번만 영점과 교차한다. 전류의 영점 교차에 대응하여, 주파수 검출기, 일반적으로 컨트롤러(28)는 에너지의 제3 구동을 제공하도록 다른 구동 신호(50)를 코로나 점화기(22)에 개시한다. 1 스위치(30A)는 구동 신호(50)를 수신하고, 제2 데드타임 기간(202)을 중단시키도록 포지티브 전압에서 에너지 서플라이(V3)로 부터 에너지의 제3 파동을 코로나 점화기(22)에 제공한다.

[0026] 제2 데드타임 기간(202) 이후에, 주파수 검출기는 제1 파동 기간(101), 제1 데드타임 기간(201), 제2 파동 기간(102), 및 제2 데드타임 기간(202)의 합계에 기반한 제1 공진 주파수 값을 얻는다. 일반적으로, 컨트롤러(28)는 전류 및 전압에 관한 정보를 수신하고, 그 후 파동 기간(101, 102) 및 데드타임 기간(201, 202)을 결정하는 정보를 사용한다. 컨트롤러(28)는 그 후 제1 공진 주파수 값을 결정하기 위해 이들 기간들(101, 102, 201, 202)의 합을 사용한다. 여러 가지의 상이한 방법들이, 컨트롤러(28)의 소프트웨어에 의해 수행된 알고리즘과 같은, 합계에 기반한 제1 공진 주파수 값을 결정하기 위해 사용될 수 있다. 예를 들면, 제1 공진 주파수 값을 얻는 단계는, 공진 주파수의 이분의 일 사이클의 기간을 결정하기 위해 합계를 절반으로 분할하는 단계를 포함할 수 있다. 전술한 바와 같이, 코로나 점화기(22)에 에너지를 제공하는 동안에, 제1 공진 주파수를 얻기 위해 컨트롤러(28)에 의해 실행된 정보 및 평가(evaluation)를 수집하는(gathering) 단계는 코로나 이벤트 동안에 실행될 수 있다.

- [0027] 다른 실시예에서, 전류 센서(36) 및 컨트롤러(28)와 같은, 주파수 검출기는, 에너지의 제1 파동의 스타트와 제1 영점 교차 사이의 시간, 또는 두 개의 연이은 영점 교차들 사이의 시간을 포함할 수 있는, 인접한 영점 교차들 사이의 시간을 얻음으로써 제1 공진 주파수 값을 결정한다. 예를 들면, 컨트롤러(28)는 제1 영점 교차 기간(X1)을 배가(doubling)함으로써 제1 공진 주파수 값을 얻을 수 있다. 도 4에 도시된 바와 같이, 제1 영점 교차 기간(X1)은 에너지의 파동의 스타트(start)에서 시작하고 제1 영점 교차에서 종료한다. 제1 영점 교차는 도 4에 도시된 바와 같이, 스타트업(startup)에서 될 수 있지만, 대안적으로 두 개의 나중의 영점 교차들 사이의 시간이 될 수도 있다.
- [0028] 컨트롤러(28)는 대안적으로, 도 4에 도시된 바와 같이, 제1 세 개의 연이은 영점 교차들이 될 수 있는 세 개의 연이은 영점 교차들, 또는 세 개의 나중의 영점 교차들 사이의 시간에 기반한 제1 공진 주파수 값을 얻을 수 있다. 본 실시예에서, 컨트롤러(28)는 제1 영점 교차 기간(X1) 및 제2 영점 교차 기간(X2)를 얻으며, 여기서 제2 영점 교차 기간(X2)은 제1 영점 교차에서 시작하고 제2 영점 교차에서 종료한다. 컨트롤러(28)는 제1 영점 교차 기간(X1) 및 제2 영점 교차 기간(X2)의 합계에 기반한 제1 공진 주파수 값을 얻는다.
- [0029] 제1 공진 주파수 값이 얻어진 후에, 컨트롤러(28)는, 얻어진 제1 공진 주파수 값과 같도록, 코로나 점화기(22)의 작동을 동반하여, 코로나 점화기(22)에 제공된 에너지의 구동 주파수를 조정할 수 있다. 컨트롤러(28)는 일반적으로, 코로나 점화기(22)가 코로나 방전(26)을 계속 제공하는 동안에, 제1 공진 주파수 값으로 에너지 서플라이(V3)에서 코로나 점화기(22)까지 에너지를 제공하도록 스위치들(30A, 30B)을 지시(instruct)한다. 제1 공진 주파수 값을 결정하는 단계와, 얻어진 제1 공진 주파수 값을 매치시키도록 구동 주파수를 조정하는 단계는, 동일한 코로나 이벤트에서 모두 발생할 수 있다.
- [0030] 전술한 단계들은 일반적으로, 추가적인 공진 주파수 값들을 얻기 위해, 도 4 및 5에 도시된 바와 같이, 몇몇 사이클들 또는 시간 주기들 이상 반복되며, 여기서 각각의 얻어진 연이은 공진 주파수 값은, 이전의 얻어진 값보다 코로나 점화기(22)의 실제의 공진 주파수에 더 가깝다. 일반적으로, 각각의 코로나 이벤트의 스타트에서, 도 4에 도시된 바와 같이, 감소된 듀티 사이클이 사용되며, 파동 기간들은 주파수들의 기정된 범위가 정확하게 (accurately) 검출되게 하도록 선택된다. 파동 기간들은 도 4 및 5에 도시된 바와 같이, 데드타임 기간들이 감소하는 동안에 공진 주파수 값들을 검출하는 공정을 통하여 최대 파동 기간이 달성될 때까지 증가된다.
- [0031] 예를 들면, 본 방법은, 제2 파동 기간(102)보다 긴 제3 파동 기간(103) 동안, 에너지 서플라이(V3)로부터 코로나 점화기(22)까지 에너지의 제3 파동을 제공하도록 제1 스위치(30A)를 사용하는 단계; 및 코로나 점화기(22)에 흐르는 포지티브 전류가 영점을 통과하기 전에 제3 파동 기간(103)을 중단시키는 단계를 포함할 수 있다. 제3 파동 기간(103)을 중단시키는 즉시, 제3 데드타임 기간(203) 동안 코로나 점화기(22)에 아무 에너지도 공급되지 않는다. 제3 데드타임 기간(203)은 제2 데드타임 기간(202)보다 짧다.
- [0032] 주파수 검출기는 그 후 제3 데드타임 기간(203) 동안에 코로나 점화기(22)에 흐르는 전류가 영점을 통과하는 경우를 검출한다. 제2 스위치(30B)는 제3 데드타임 기간(203)을 중단시키는 전류의 영점 교차에 대응하여 제4 파동 기간(104) 동안 네거티브 전압으로 코로나 점화기(22)에 에너지의 제4 파동을 제공한다. 제4 파동 기간(104)은 코로나 점화기(22)에 흐르는 전류가 영점을 통과하기 전에 중단된다. 제4 파동 기간(104)을 중단시키는 즉시, 제4 데드타임 기간(204) 동안 코로나 점화기(22)에 아무 에너지도 제공되지 않는다.
- [0033] 다음, 주파수 검출기는 제4 데드타임 기간(204) 동안에 코로나 점화기(22)에 흐르는 전류가 영점을 통과하는 경우를 검출하고, 제4 데드타임 기간(204)을 중단시키는 전류의 영점 교차에 대응하여 포지티브 전압으로 제5 파동 기간(105) 동안 코로나 점화기(22)에 에너지의 제5 파동을 제공한다. 제4 파동 기간(104)은 제3 파동 기간(103)보다 크며, 제4 데드타임 기간(204)는 제3 데드타임 기간(203)보다 적다.

- [0034] 주파수 검출기는 그 후 제1 공진 주파수 값이 얻어지는 것과 동일한 방법으로, 제3 파동 기간(103), 제3 데드타임 기간(203), 제4 파동 기간(104), 및 제4 데드타임 기간(204)의 합계에 기반한 제2 공진 주파수 값을 얻는다. 검출된 공진 주파수 값은 시간이 지나면서 더 정확해지게 되어서, 얻어진 제2 공진 주파수 값은 일반적으로 제1 공진 주파수 값보다 코로나 점화기(22)의 실제 공진 주파수에 더 가까워진다.

- [0035] 도 4 및 5에 도시된 바와 같이, 본 방법은 일반적으로 동일한 방법으로 지속되며, 바람직하게는 코로나 점화기(22)의 실제 공진 주파수가 검출되거나, 검출되는 것에 매우 가까워질 때까지 계속된다. 에너지의 복수의 추가적인 파동들은 에너지의 제5 파동 이후에 코로나 점화기(22)에 제공될 수 있는데, 여기서 에너지의 각각의 추가적인 파동은 코로나 점화기(22)에 아무 에너지도 제공되지 않는 동안에 데드타임 기간에 의해 다음 파동으로부터 이격된다. 파동 기간들은 시간이 지나면서 계속해서 증가하고, 데드타임 기간들은 시간이 지나면서 계속해서 감소한다.

- [0036] 영점 교차들 및 파동 기간들은 추가적인 공진 주파수 값들을 얻도록 제1 및 제2 공진 주파수 값들이 얻어진 것과 동일한 방법으로 검출되고 평가된다. 추가적인 공진 주파수 값들을 얻는 단계는 또한, 에너지가 코로나 점화기(22)에 제공되는 동안에 코로나 점화기(22)의 작동과 동시에 실행된다. 컨트롤러(28)는 또한, 시스템(20)의 성능을 계속해서 향상시키기 위해 코로나 점화기(22)의 작동과 동시에 얻어진 공진 주파수 값들과 매치하도록 구동 주파수를 계속 조정할 수 있다. 대안적으로, 공진 주파수 검출 공정에서 얻어진 지난(last) 공진 주파수 값, 특히 지난 두 개의 파동 기간들 및 지난 두 개의 데드타임 기간들에 기반한 값은, 향후의 코로나 이벤트의 스타팅 구동 주파수로서, 또는 향후의 코로나 이벤트 동안의 구동 주파수로서 사용될 수 있다.

- [0037] 코로나 점화기(22)의 공진 주파수를 정확하게 검출하는 것에 더하여, 시스템은 또한, 구동 주파수를 코로나 점화기(22)의 실제 공진 주파수와 동일하게, 또는 매우 근접하게 유지하기 위해서, 예를 들면, 공진 주파수 변화에 대한 반응으로, 구동 주파수에 대한 즉각적인 조정을 형성할 수 있다. 시스템(20)은 또한 아크 이벤트에 의해 야기된 공진 주파수 변화들에 대해 능률적으로 추적하고 반응할 수 있다. 공진 주파수의 신속한 취득(quick acquisition) 및 구동 주파수의 빠른 실시간 조정은 최고의 가능한 성능을 유지할 수 있다.

- [0038] 여기서 설명된 본 시스템에서 이용될 수 있는 공진 주파수 제어의 다른 방법들은 본원에 참조로서 포함되는, 관련 미국 특허 출원 번호 제14/568219호, 제14/568330호, 및 제14/568438호에 나타나 있다. 각각의 출원은 동일한 발명자로 되어 있으며, 본 발명과 동일한 날짜로 출원되었다.

- [0039] 도 1은 본 발명의 공진 주파수 검출을 위한 공존 방법을 시행하는 것이 가능하고, 구동 주파수를 공진 주파수와, 동일하게 또는 거의 동일하게 유지하기 위해서 코로나 점화기(22)의 작동과 동시에 발생하는 공진 주파수 변화들 및 아크 포메이션에 빠르게 반응하는 것이 가능한 제1 실시예에 따른 코로나 방전 점화 시스템(20)의 블록 다이어그램이다. 전술한 컨트롤러(28), 스위치(30A, 30B), 코로나 점화기(22), 인덕션 코일(L), 및 전류 센서(36)에 더하여, 시스템(20)은 또한 제1 드라이버(32A), 및 제2 드라이버(32B)로 언급되는 한 쌍의 드라이버들(32A, 32B)을 포함할 수 있다. 도 1의 시스템(20)은 트랜스포머(34), 제1 저역 필터(38, low-pass filter), 및 제1 신호 컨디셔너(40)를 더 포함한다. 코로나 점화기(22)에 제공된 전압 및 코로나 점화기(22)에 흐르는 전류는 아웃풋(24)에서 검출된다.

- [0040] 시스템(20)은 컨트롤러(28)에 의해 제어되는데, 이는 바람직하게는 디지털 신호 프로세서(DSP), 컴플렉스 프로그래머블 로직 디바이스(CPLD), 필드-프로그램머블 게이트 어레이(FPGA), 마이크로컨트롤러, 또는 마이크로프로세서와 같은, 프로그래머블 디지털 또는 혼합-신호 컨트롤러이다. 컨트롤러(28)는 연소 챔버 내에서 코로나 방전(26)의 생성을 개시하도록 컨트롤러(28)를 명령하는 트리거 인풋 신호(42)를 수신한다. 컨트롤러(28)는 또한, 아크가 검출되는 어떤 외부 컨트롤 시스템(미도시)을 알리(inform)기 위한 아크 검출 아웃풋 신호(44), 및 어떤 외부 컨트롤 시스템에 대한 서킷의 안정(health) 및 작동에 관한 추가적인 데이터를 제공하기 위한 피드백 아웃풋 신호(46)를 제공한다. 컨트롤러(28)로, 그리고 컨트롤러에서 운반되는 트리거 인풋 신호(42), 아크 검출 아

아웃풋 신호(44), 및 피드백 아웃풋 신호(46)는 EMC 필터들(48) 및 다른 인풋 필터들(49)로 언급되는, 전자기 필터들(electromagnetic capability filters)에 의해 필터링(filtered)된다. 트리거 인풋 신호(42)에 대응하여, 컨트롤러(28)는 스위치들(30A, 30B)를 제어하는 드라이버들(32A, 32B)에게 구동 신호(50)를 제공한다. 스위치들(30A 또는 30B) 중 하나가 작동하면, DC 전압인 에너지 서플라이(V3)는 트랜스포머(34)의 1차 권선(52, primary winding)에 적용된다. 트랜스포머(34)는 그 후 아웃풋(24)을 통해, 구동 주파수로 코로나 점화기(22)에 에너지를 제공한다. 본 실시예에서, 트랜스포머(34)는 "푸시-풀(push-pull)" 배열 형태로 알려진 배열 형태를 구비한다.

[0041] 도 1의 시스템(20)에서, 코로나 점화기(22)에 흐르는 전류(아웃풋 전류)는 제1 전류 센서(36)에 의해 아웃풋(24)에서 측정된다. 제1 전류 센서(36)는 또한 파동 기간들(101, 102, 103, 104) 및 데드타임 기간들(201, 202, 203, 204)의 길이와 같이, 아웃풋(24)에서 코로나 점화기(22)에 제공된 전압에 관한 정보를 수집할 수 있다. 제1 전류 센서(36)는 예를 들면, 분로 저항기(shunt resistor), 홀-이펙트 센서(hall-effect sensor), 또는 전류 트랜스포머가 될 수 있다. 전류 센서(36)는 각각의 데드타임 기간(201, 202, 203, 204) 동안에 전류의 영점 교차를 식별하고, 이 정보를 포함하는 아웃풋 신호(54)를 컨트롤러(28) 쪽으로 전송한다. 제1 전류 센서(36)는 영점 교차를 식별하는 여러 가지의 상이한 기술들을 사용할 수 있다. 전류 센서는 또한 파동 기간들(101, 102, 103, 104)의 길이 및 데드타임 기간들(201, 202, 203, 204)의 길이를 결정할 수 있고, 이 정보를 아웃풋 신호(54)로 전송할 수 있다.

[0042] 바람직하게, 아웃풋 신호(54)는 컨트롤러(28)에 운반되기 전에 제1 저역 필터(38)에 의해 가볍게 필터링된다. 제1 저역 필터(38)는 아웃풋 신호(54)로 페이즈 시프트(phase shift)를 생성하는데, 이는 전류의 진동(oscillation)의 주기보다 작다. 일 실시예에서, 페이즈 시프트는 180도이지만, 바람직하게 페이즈 시프트는 180도 보다 작으며, 더 바람직하게 페이즈 시프트는 90도 보다 작으며, 이는 이분의 일 사이클보다 작다. 제1 저역 필터(38)는 또한 높은 전류 및 전압을 스위칭함으로써 발생하는 원하지 않은 고주파 노이즈를 제거한다. 필터링된 아웃풋 신호(54)는 그 후 제1 신호 컨디셔너(40)로 전달되는데, 이는 컨트롤러(28)에 전달하는데 안전한 아웃풋 신호(54)를 형성한다. 따라서, 아웃풋 신호(54)는 컨트롤러(28)에 의해 안전하게 취급될 수 있는 레벨로 존재한다. 아웃풋 신호(54)는 일반적으로 각각의 영점 교차 이후에 컨트롤러(28)에 제공된다.

[0043] 컨트롤러(28)는 제1 전류 센서(36)에 의해 얻어진 전류 및 전압 정보를 지닌 아웃풋 신호(54)를 수신하고, 스위치(30A, 30B)의 정확한 타이밍을 개시하도록 이 정보를 사용한다. 제1 파동 기간(101)의 길이는 코로나 이벤트 이전에 컨트롤러(28)에 의해 미리 정해지지만, 제1 데드타임 기간(201)은 미리 정해지지 않는다. 따라서, 컨트롤러(28)는 아웃풋 신호(54)를 거쳐 영점 교차를 위해 코로나 점화기(22)에 흐르는 전류를 모니터링한다. 영점 교차 검출은 바람직하게는 전류 측정의 어떤 딜레이, 제1 저역 필터(38)의 딜레이, 및 다른 아날로그 또는 디지털 서킷 구성요소들의 딜레이를 처리(account)하기 위해 교정(corrected)된다. 전류의 영점 교차를 식별하는 즉시, 컨트롤러(28)는 스위치들(30A, 30B) 중 하나를 작동시킴으로써 제1 데드타임 기간(201)을 끝낸다.

[0044] 컨트롤러(28)는 또한 코로나 점화기(22)의 작동과 공존하는 코로나 점화기(22)의 공진 주파수를 식별하기 위해 아웃풋 신호(54)에서 얻어진 정보를 사용한다. 전술한 바와 같이, 컨트롤러(28)는 파동 기간들(101, 102, 103, 104) 및 데드타임 기간들(201, 202, 203, 204)의 합계에 기반한 공진 주파수 값을 식별하기 위해 여러 가지의 상이한 기술들을 사용할 수 있다. 일단 공진 주파수 값이 얻어지면, 컨트롤러(28)는 구동 주파수가 그 공진 주파수 값과 동일하도록, 정확한 타이밍으로 스위치들(30A, 30B)을 작동시킨다.

[0045] 본 바람직한 실시예에서, 일단 컨트롤러(28)가 제1 스위치(30A) 또는 제2 스위치(30B)의 타이밍을 결정하고 나면, 컨트롤러(28)는 필요한 시간으로 제1 드라이버(32A)가 제1 스위치(30A)를 작동시키도록, 또는 제2 드라이버(32B)가 제2 스위치(30B)를 작동시키도록 지시한다. 드라이버들(32A, 32B)은, 스위치들(30A, 30B)을 통하여 트랜스포머(34)에, 궁극적으로는 코로나 점화기(22)에 운반된 에너지의 구동 주파수가 컨트롤러(28)에 의해 얻어진 코로나 점화기(22)의 공진 주파수 값과 동일하도록, 기정된 시간으로 스위치들(30A, 30B)을 작동시키도록 지시받는다. 컨트롤러(28)는 또한, 예를 들면, 코로나 점화기(22)의 작동과 공존하는, 시스템(20)의 컨디션들의

변화에 대응하여, 필요한 때면 언제든지 스위치들(30A, 30B)의 타이밍을 조절할 수 있다.

[0046] 도 2는 도 1의 시스템과 비슷하게 작동하는 제2 바람직한 실시예에 따른 코로나 방출(26) 점화 시스템(20)의 블록 다이어그램을 도시하지만, 몇 가지의 추가적인 특징들을 더 포함한다. 하나의 추가적인 특징은 시스템(20)의 여러 가지의 특징적 섹션이 서로로부터 분리된 컨트롤 시스템 그라운드(56), 파워 시스템 그라운드(58), 및 로드 그라운드(60)를 포함하는 것이다. 이 기술은 EMI 및/또는 전자기(EMC)를 개선하는데 사용된다. 컨트롤 시스템 그라운드(56)는 갈바니 고립(62, galvanic isolation)에 의해 파워 시스템 그라운드(58)로 부터 고립된다. 트랜스포머(34)는 로드 그라운드(60)로 부터 파워 시스템 그라운드(58)를 고립하는데, 고립은 제1 전류 센서(36) 및 컨트롤러(28) 사이에서 유지되어야만 한다. 파워 시스템 그라운드(58) 및 로드 그라운드(60) 사이의 고립은 제1 저역 필터(38) 또는 제1 신호 컨디셔너(40)에서 갈바니 고립(62)을 추가함으로써 달성될 수 있다. 대안적으로, 파워 시스템 그라운드(58) 및 로드 그라운드(60) 사이의 고립은 단지 소량의 전류가 장치를 통해 흐를 수 있는 차별적인 모드의 제1 저역 필터(38) 및 제1 신호 컨디셔너(40)를 작동함으로써 달성될 수 있다. 도 2의 시스템에서(20), 단지 제1 신호 컨디셔너(40)는, 로드 그라운드(60)로 부터 파워 시스템 그라운드(58)를 고립시키도록 차별적인 모드에서 작동할 수 있다. 하나 이상의 이 방법들이 이용될 수 있다.

[0047] 도 2의 시스템(20)의 다른 추가적인 특징은 트랜스포머(34)의 주요한 측상의 제2 스위치(30B)의 전류의 진폭(amplitude)을 측정하기 위한 제2 전류 센서(64)이다. 제2 전류 센서(64)는 특히 제2 스위치(30B)의 아웃풋에서 전류를 측정한다. 대안적으로, 스위치들(30A, 30B) 각각에 제2 전류 센서(64)가 존재할 수 있다. 제2 전류 센서(64)는, 오직 제1 전류 센서(36)의 페이즈 측정을 통하는게 불가능한 귀중한 진단(diagnostic) 정보를 주는, 추가적인 피드백 시그널(55)을 컨트롤러(28)에 제공한다. 예를 들면, 스위치들(30A, 30B)의 아웃풋에서 전류를 측정함으로써 로드 서킷에 있는 개방(open) 또는 단락(short) 서킷을 검출하는 것이 가능하다. 게다가, 도 2의 시스템(20)은, 피드백 신호(55)를 컨트롤러(28)에 제공하기 전에 전류 아웃풋 신호(54)를 가볍게 필터링하는, 전류 센서 및 컨트롤러(28) 사이에 위치한 제2 저역 필터(66)를 포함한다.

[0048] 도 3은 본 발명의 제3 바람직한 실시예에 따른 코로나 방출(26) 점화 시스템(20)의 블록 다이어그램이다. 도 3의 시스템(20)은 또한 갈바니 고립(62)을 포함하지만, 본 실시예에서, 갈바니 고립(62)은 컨트롤러(28)의 에너지 인풋 및 에너지 아웃풋 측면들 양쪽에 위치되며, 세 개의 그라운드들(56, 58, 60)을 완전히 분리시킨다. 갈바니 고립(62)에 의해 제공된 배리어들 중 하나 또는 모두는, 서킷이 적은 그라운드들을 사용하여 작동하도록 설계된 경우에 제외될 수 있다.

[0049] 도 3의 시스템(20)은 전압 피드백 권선(68)으로 언급되는, 다른 권선을 더 포함한다. 전압 피드백 권선(68)에 의해 제공된 전압은 코로나 점화기(22)의 아웃풋(24)에서의 전압을 반영(reflect)한다. 전압 센서(78)는 바람직하게는 이 전압을 측정하기 위해 전압 피드백 권선(68)의 아웃풋에 위치된다. 아웃풋 전압을 포함하는 아웃풋 신호(80)는 그 후 제2 저역 필터(66)를 통해 컨트롤러(28)에 전달된다. 제2 저역 필터(66)는 컨트롤러(28)에 아웃풋 신호(80)를 제공하기 전에 전압 아웃풋 신호(80)를 가볍게 필터링한다. 컨트롤러(28)는, 이 아웃풋 신호(80)에 포함된 정보로부터 파동 기간들(101, 102, 103, 104)의 길이 및 데드타임 기간들(201, 202, 203, 204)의 길이를 결정할 수 있다. 또한, 도 1 및 2의 시스템(20과는 달리, 컨트롤 신호(72)가 도 3의 컨트롤러(28)에 제공된다. 컨트롤 신호(72)는, 아크가 발생하거나 바람직한 전압 여부와 같이, 코로나 점화기(22)의 작동에 관련된 어떤 정보를 포함할 수 있다.

[0050] 도 1 내지 3에 도시될 뿐만 아니라 관련된 출원들에 도시되어 있는 예시적인 시스템(20)의 특징은, 특히 본 명세서에 기재된 것 이외에 다양한 조합들로 사용될 수 있다. 그러나, 시스템(20)은 그 공진 주파수에서 또는 근처에서 AC 신호로 코로나 점화기(22)를 구동하는 기능; 이 AC 구동 신호를 할수 있게 또는 할 수 없게 하는 기능; 및 코로나 점화기(22)에 공급된 전압의 주파수와는 관계없이 코로나 점화기(22)에 공급된 전압의 듀티 사이클을 조절하는 기능을 구비해야만 한다.

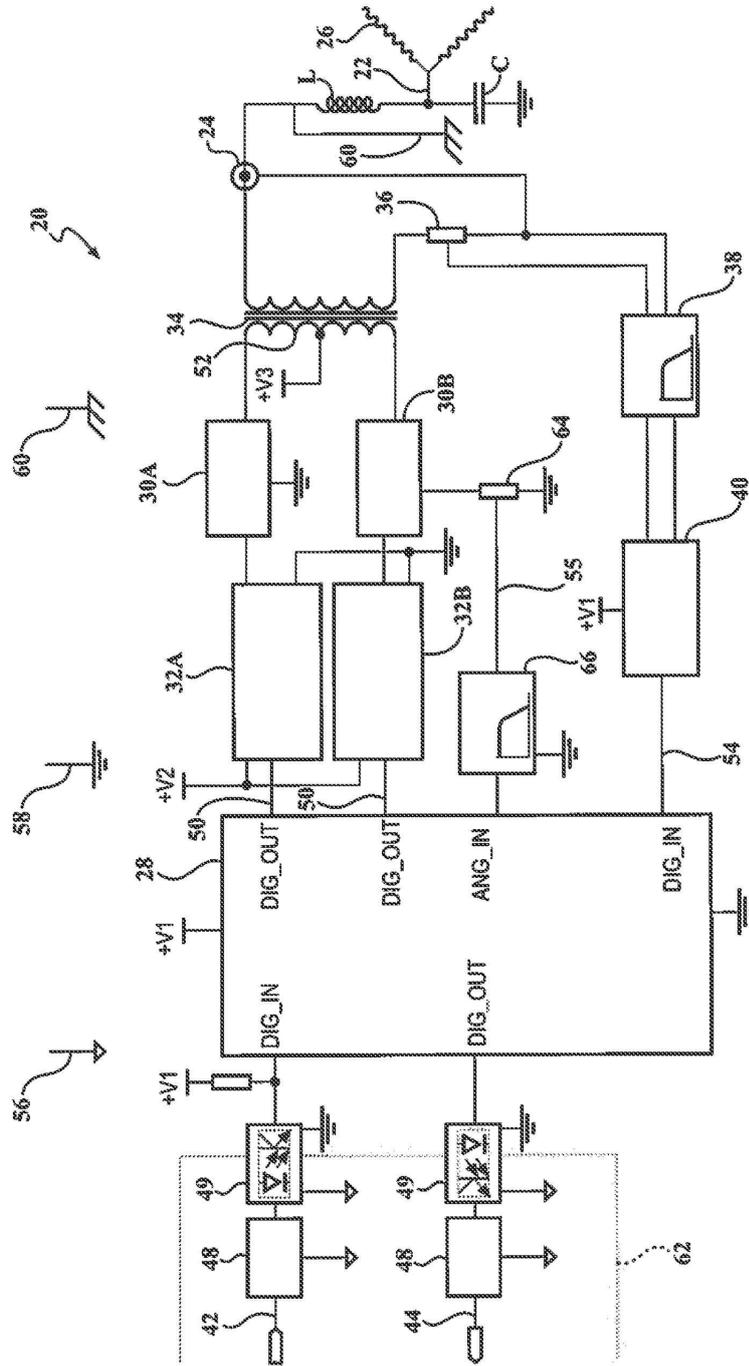
[0051] 본 발명의 시스템(20) 및 방법은 비교 시스템들에 비해 많은 이점들을 제공한다. 전술한 바와 같이, 이 시스템 및 방법은 코로나 점화기(22)의 작동과 동시에 코로나 점화기(22)의 실제 공진 주파수와 같거나, 또는 매우 근접한 공진 주파수 값을 검출할 수 있다. 각 사이클 이후에 공진 주파수의 완벽한 측정이 형성될 수 있으며, 측정은 사이클 단위당 평가되고 사용될 수 있다. 다수의 사이클들에 걸친 측정은 검출되는 공진 주파수 값의 정확성을 개선할 수 있다. 구동 주파수의 즉각적인 조절은 코로나 점화기(22)의 실제 공진 주파수로 또는 근접하게 구동 주파수를 유지하도록 형성될 수 있어서, 로버스트 코로나 방전(26)을 유지한다.

[0052] 명백하게, 본 발명의 많은 수정 및 변형이 전술한 교시의 관점에서 가능하고, 특히 청구범위 내에서 명확하게 설명된 바와 달리 수행될 수도 있다.

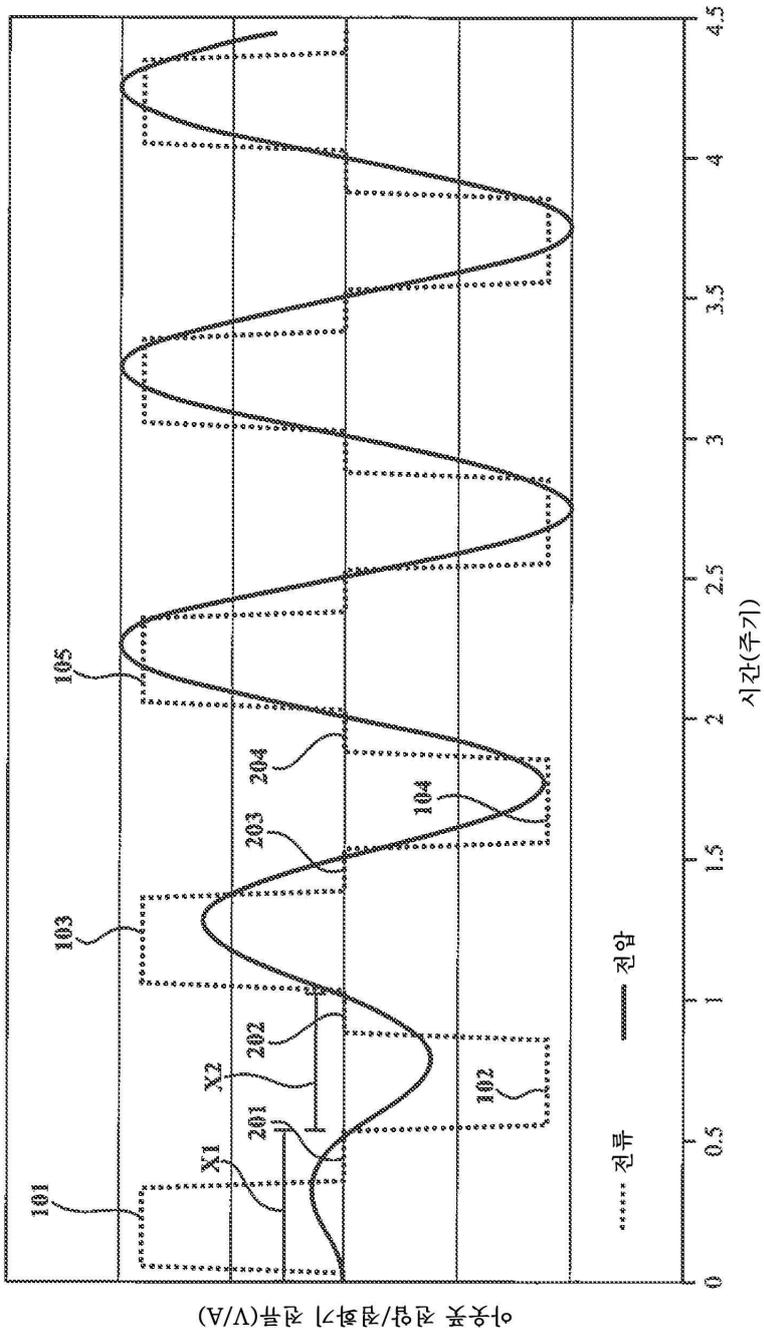
부호의 설명

[0053] 20 : 시스템 22 : 코로나 점화기
 24 : 아웃풋 26 : 코로나 방전
 28 : 컨트롤러 30A, 30B : 스위치

도면2



도면4



도면5

