



등록특허 10-2278174



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년07월16일
(11) 등록번호 10-2278174
(24) 등록일자 2021년07월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 17/32 (2006.01) *A61B 17/00* (2006.01)
A61B 18/00 (2006.01)

(52) CPC특허분류
A61B 17/320068 (2020.05)
A61B 2017/0003 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2016-7005968

(22) 출원일자(국제) 2014년08월07일
심사청구일자 2019년07월22일

(85) 번역문제출일자 2016년03월04일

(65) 공개번호 10-2016-0040695

(43) 공개일자 2016년04월14일

(86) 국제출원번호 PCT/US2014/050034

(87) 국제공개번호 WO 2015/021216
국제공개일자 2015년02월12일

(30) 우선권주장
61/863,152 2013년08월07일 미국(US)

(56) 선행기술조사문현
US06066135 A
US20100125292 A1
EP01518505 A1
US20120078139 A1

전체 청구항 수 : 총 15 항

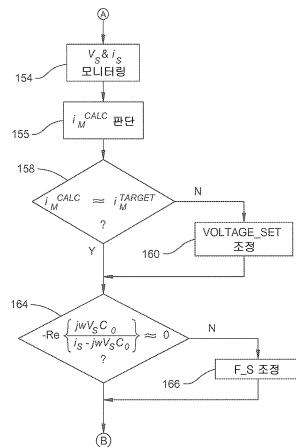
심사관 : 도민환

(54) 발명의 명칭 초음파 핸드피스를 이 핸드피스의 기계 임피던스의 함수로서 구동시키기 위한 시스템 및 방법

(57) 요 약

팁(50)을 구비하는 핸드피스(34)를 작동시키기 위한 초음파 수술 도구 시스템(30). 핸드피스 구동기(40)에 인가되는 구동 신호의 전압 및 주파수는 핸드피스의 기계적인 구성요소와 팁을 통한 전류의 등가치와 이를 구성요소의 주파수 민감도의 함수이다.

대 표 도 - 도6b



(52) CPC특허분류

A61B 2018/00648 (2013.01)

A61B 2018/0072 (2013.01)

A61B 2018/00732 (2013.01)

A61B 2018/00833 (2013.01)

A61B 2018/00892 (2013.01)

A61B 2018/00988 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

초음파 핸드피스(32)의 팁(48) - 상기 핸드피스는 AC 구동 신호가 상기 팁을 진동시키기 위해 인가되는 적어도 하나의 구동기(40)를 구비함 - 을 진동시키기 위한 시스템으로서,

상기 핸드피스의 적어도 하나의 구동기(40)에 인가되는 가변적인 AC 구동 신호(68, 70, 72)를 발생시키기 위한 조립체;

구동 신호 전압을 나타내는 신호를 출력하는, 상기 구동 신호의 전압을 측정하기 위한 조립체(80, 86);

구동 신호 전류를 나타내는 신호를 출력하는, 상기 구동 신호의 전류를 측정하기 위한 조립체(90, 92); 및

프로세서(96)로서, 구동 신호 전압을 나타내는 상기 신호 및 구동 신호 전류를 나타내는 상기 신호를 수신하도록 구성되고, 상기 구동 신호 전압 및 구동 신호 전류에 기초해서, 상기 구동 신호의 특징을 확립하기 위해 상기 AC 구동 신호(68, 70, 72)를 발생시키는 상기 조립체를 조절하도록 구성되는 상기 프로세서(96)를 포함하며,

상기 프로세서는,

상기 핸드피스의 기계적인 구성요소에 인가될 전류의 등가치인 목표 전류를 결정하고(148);

상기 구동 신호 전압, 상기 구동 신호 전류, 상기 구동 신호의 주파수, 및 상기 적어도 하나의 구동기(40)의 커페시턴스에 기초해서, 상기 핸드피스의 기계적인 구성요소에 인가되는 전류의 등가치를 계산하고(155);

상기 목표 전류를 상기 핸드피스의 상기 기계적인 구성요소에 인가되는 전류의 계산된 등가치와 비교하고(158);

상기 전류 비교에 기초해서, 상기 구동 신호(68, 70, 72)를 발생시키는 상기 조립체에 의해 출력되는 상기 구동 신호의 전위를 설정하고(160);

상기 구동 신호 전압, 상기 구동 신호 전류, 상기 구동 신호의 상기 주파수, 및 상기 적어도 하나의 구동기의 커페시턴스에 기초해서, 상기 적어도 하나의 구동기에 인가되는 전류와 상기 핸드피스의 상기 기계적인 구성요소에 인가되는 전류의 등가치 사이의 비율을 계산하고(164);

상기 계산된 비율에 기초해서, 상기 AC 구동 신호(68, 70, 72)를 발생시키는 상기 조립체에 의해 출력되는 상기 구동 신호의 주파수를 설정하도록(166) 구성되는, 진동 시스템.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 프로세서는, 상기 구동 신호 전류와 상기 적어도 하나의 구동기를 통한 전류 사이의 차이를 결정함으로써 상기 핸드피스의 상기 기계적인 구성요소에 인가되는 전류의 등가치를 계산하도록 구성되는, 진동 시스템.

청구항 3

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 프로세서는, 상기 적어도 하나의 구동기의 커페시턴스, 상기 구동 신호 전압 및 상기 구동 신호의 주파수의 함수로서 상기 적어도 하나의 구동기를 통한 전류를 결정하도록 구성되는, 진동 시스템.

청구항 4

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 프로세서는,

상기 적어도 하나의 구동기(40)에 인가되는 전류와 상기 핸드피스의 상기 기계적인 구성요소에 인가되는 전류의 등가치 사이의 상기 계산된 비율이, 상기 핸드피스의 상기 기계적인 구성요소의 진동에 대한 목표 주파수에 기

초하는 목표 비율과 실질적으로 동일한지를 결정하도록, 그리고

상기 계산된 비율이 상기 목표 비율과 실질적으로 동일하지 않다고 상기 결정이 가리키면, 상기 구동 신호의 주파수를 조정하도록 구성되는, 진동 시스템.

청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 핸드피스의 상기 기계적인 구성요소의 진동에 대한 상기 목표 주파수는,

상기 핸드피스의 상기 기계적인 구성요소의 진동의 공진 주파수; 상기 핸드피스의 상기 기계적인 구성요소의 진동의 반공진(anti-resonant) 주파수; 또는 상기 핸드피스의 상기 기계적인 구성요소의 진동의 상기 공진 주파수와 반공진 주파수 사이의 주파수 중 하나인, 진동 시스템.

청구항 6

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 프로세서는,

상기 적어도 하나의 구동기(40)의 커패시턴스를 나타내는 데이터를 상기 핸드피스(32)와 연관된 메모리(58)로부터 획득하도록; 그리고

상기 시스템의 적어도 초기 활성화시에, 상기 핸드피스 메모리부터 획득된 상기 구동기 커패시턴스 데이터에 기초해서 상기 핸드피스의 기계적인 구성요소에 인가되는 전류의 등가치를 계산하도록; 그리고 상기 핸드피스 메모리로부터 판독된 상기 구동기 커패시턴스 데이터에 기초해서 상기 적어도 하나의 구동기에 인가되는 전류와 상기 핸드피스의 상기 기계적인 구성요소에 인가되는 전류의 등가치 사이의 비율을 계산하도록 구성되는, 진동 시스템.

청구항 7

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 프로세서는, 상기 구동 신호의 주파수 및 전압을 설정함으로써, 상기 핸드피스의 상기 적어도 하나의 구동기의 커패시턴스를 결정하도록 구성되는, 진동 시스템.

청구항 8

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 프로세서는,

상기 적어도 하나의 구동기에 인가되는 전류와 상기 핸드피스의 상기 기계적인 구성요소에 인가되는 전류의 등가치 사이의 상기 계산된 비율을 발생시킨 후에, 상기 계산된 비율, 상기 구동 신호의 주파수, 및 목표 주파수에 기초해서 수정된 비율을 생성하도록; 그리고

상기 수정된 비율에 기초해서, 상기 구동 신호의 상기 주파수를 선택적으로 설정하도록 구성되는, 진동 시스템.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 프로세서는, 상기 계산된 비율 및 상기 구동 신호의 상기 주파수와 상기 목표 주파수 사이의 차이에 기초해서 상기 수정된 비율을 생성하도록 구성되는, 진동 시스템.

청구항 10

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 프로세서는,

상기 핸드피스의 텁에 대해 필요한 진동 크기를 가리키는 사용자-입력 명령을 나타내는 신호를 수신하고;

상기 핸드피스의 팁에 대해 필요한 진동 크기를 가리키는 사용자-입력 명령을 나타내는 신호에 기초해서, 상기 목표 전류를 결정하도록 구성되는, 진동 시스템.

청구항 11

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 구동 신호(68, 70, 72)를 발생시키는 상기 조립체는, 일정한 주파수로 신호를 출력하는 전원(68) 및 상기 전원에 의해 출력된 상기 신호를 수신하며, 가변적인 주파수 신호를 출력하도록 상기 전원으로부터의 상기 신호를 증폭시키도록 구성되는 증폭기(70)를 포함하고,

상기 프로세서(96)는 상기 증폭기에 연결되어, 상기 증폭기에 의해 출력된 신호의 주파수를 조절함으로써 상기 구동 신호의 주파수를 설정하는, 진동 시스템.

청구항 12

청구항 11에 있어서,

상기 프로세서는 상기 증폭기에 연결되어, 상기 증폭기에 의해 출력된 신호의 주파수 및 진폭을 조절함으로써 상기 구동 신호의 전위 및 주파수를 설정하는, 진동 시스템.

청구항 13

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 구동 신호(68, 70, 72)를 발생시키는 상기 조립체는 가변 전압으로 신호를 출력하는 전원(68)을 포함하고;

상기 프로세서(96)는 상기 전원에 연결되어, 상기 전원에 의해 출력되는 상기 신호의 전압을 조절함으로써 상기 구동 신호의 전위를 설정하는, 진동 시스템.

청구항 14

초음파 핸드피스의 팁을 진동시키도록 상기 초음파 핸드피스의 구동기에 구동 신호를 공급하는 것을 조절하는 방법으로서,

프로세서에 의해, 상기 핸드피스의 기계적인 구성요소에 인가될 전류의 등가치인 목표 전류를 결정하는 단계;

상기 프로세서에 의해, 전위 및 주파수를 갖는 AC 구동 신호를 상기 구동기에 공급하는 단계;

상기 프로세서에 의해, 상기 구동 신호의 전압 및 전류를 측정하는 단계;

상기 프로세서에 의해, 상기 구동 신호의 상기 전압, 상기 구동 신호의 상기 전류, 상기 구동 신호의 상기 주파수, 및 상기 구동기의 커패시턴스에 기초해서, 상기 핸드피스의 상기 기계적인 구성요소에 인가되는 전류의 등가치를 계산하는 단계;

상기 프로세서에 의해, 상기 목표 전류를 상기 핸드피스의 상기 기계적인 구성요소에 인가되는 상기 전류의 계산된 등가치와 비교하는 단계;

상기 프로세서에 의해, 상기 전류 비교에 기초해서, 상기 구동 신호의 전위를 조정하는 단계;

상기 프로세서에 의해, 상기 구동 신호의 상기 전압, 상기 구동 신호의 상기 전류, 상기 구동 신호의 상기 주파수, 및 상기 구동기의 커패시턴스에 기초해서, 상기 구동기에 인가되는 전류와 상기 핸드피스의 상기 기계적인 구성요소에 인가되는 전류의 등가치 사이의 비율을 계산하는 단계;

상기 프로세서에 의해, 상기 계산된 비율에 기초해서, 상기 구동 신호의 상기 주파수를 조정하는 단계를 포함하는, 조절 방법.

청구항 15

초음파 핸드피스(32)의 팁(48) - 상기 핸드피스는 AC 구동 신호가 상기 팁을 진동시키기 위해 인가되는 적어도 하나의 구동기(40)를 구비함 - 을 진동시키기 위한 시스템으로서,

상기 핸드피스의 적어도 하나의 구동기(40)에 인가되는 가변적인 AC 구동 신호(68, 70, 72)를 발생시키기 위한

조립체;

구동 신호 전압을 나타내는 신호를 출력하는, 상기 구동 신호의 전압을 측정하기 위한 조립체(80, 86);

구동 신호 전류를 나타내는 신호를 출력하는, 상기 구동 신호의 전류를 측정하기 위한 조립체(90, 92); 및

프로세서(96)로서, 구동 신호 전압을 나타내는 상기 신호 및 구동 신호 전류를 나타내는 상기 신호를 수신하도록 구성되며, 상기 구동 신호 전압 및 구동 신호 전류에 기초해서, 상기 구동 신호의 특징을 확립하기 위해 상기 AC 구동 신호를 발생시키기 위한 상기 조립체를 조절하도록 구성되는 상기 프로세서(96)를 포함하며,

상기 프로세서는,

상기 핸드피스의 기계적인 구성요소에 인가될 전류의 등가치인 목표 전류를 결정하고(148);

상기 구동 신호 전압, 상기 구동 신호 전류, 상기 구동 신호의 주파수, 및 상기 적어도 하나의 구동기(40)의 커페시턴스에 기초해서, 상기 핸드피스의 기계적인 구성요소에 인가되는 전류의 등가치를 계산하고(155);

상기 구동 신호 전압, 상기 구동 신호 전류, 상기 구동 신호의 상기 주파수, 및 상기 적어도 하나의 구동기의 커페시턴스에 기초해서, 상기 적어도 하나의 구동기에 인가되는 전류와 상기 핸드피스의 상기 기계적인 구성요소에 인가되는 전류의 등가치 사이의 비율을 계산하고(262);

상기 적어도 하나의 구동기에 인가되는 전류와 상기 핸드피스의 상기 기계적인 구성요소에 인가되는 전류의 등가치 사이의 상기 비율을 목표 비율에 비교하고(254, 264);

상기 적어도 하나의 구동기에 인가되는 전류와 상기 핸드피스의 상기 기계적인 구성요소에 인가되는 전류의 등가치 사이의 상기 비율의 상기 목표 비율에 대한 비교(254, 264)의 결과, 상기 구동 신호의 상기 주파수를 선택적으로 설정하고(256, 264);

상기 목표 전류를 상기 핸드피스의 상기 기계적인 구성요소에 인가되는 전류의 계산된 등가치와 비교하고(260);

상기 전류 비교에 기초해서, 상기 적어도 하나의 구동기에 인가되는 전류와 상기 핸드피스의 상기 기계적인 구성요소에 인가되는 전류의 등가치 사이의 상기 비율의 상기 목표 비율에 대한 그 다음 비교를 위해 상기 목표 비율을 조정하도록(262) 구성되는, 진동 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

본 발명은 일반적으로, 초음파적으로 구동되는 수술 핸드피스에 관한 것이다. 더 구체적으로, 본 발명은 구동 신호를 이 핸드피스의 기계적 구성요소의 임피던스의 변화에 대한 함수로서 이 핸드피스에 인가하는 것에 관한 것이다.

배경 기술

[0002]

초음파 수술 기구는 일정한 의료 절차 및 수술 절차를 수행하기 위한 유용한 수술 기구이다. 일반적으로, 초음파 수술 도구는 적어도 하나의 압전 구동기를 포함하는 핸드피스를 포함한다. 팁이 구동기에 기계적으로 결합되어 하우징 또는 캡데기로부터 전방으로 연장하는데, 이 하우징 또는 캡데기 안에 구동기가 안에 배치된다. 팁은 헤드를 갖는다. 헤드는 특징이 제공되는데, 종종 특정한 의료/수술 업무를 수행하도록 크기 지정된 치아 모양 또는 플루트(flute)가 제공된다. 초음파 도구 시스템은 또한 제어 콘솔을 포함한다. 제어 콘솔은 AC 구동 신호를 구동기에 공급한다. 구동기에 구동 신호 인가시에, 구동기는 주기적으로 확장 및 수축한다. 구동기의 확장/수축은 팁, 더 구체적으로, 팁의 헤드 안에서의 유사한 움직임을 유도한다. 팁이 이렇게 움직일 때, 이 팁은 진동하고 있는 것으로 간주된다. 팁의 진동하는 헤드가 조직에 인가되어 특정한 수술 또는 의료 업무를 수행한다. 예컨대, 일부 팁 헤드가 경질 조직에 인가된다. 경질 조직의 일 형태는 뼈이다. 이러한 타입의 팁 헤드가 진동될 때, 팁 헤드의 전방 진동 및 후방 진동이 인접한 경질 조직을 제거, 텁질한다. 그 밖의 팁 헤드가 연질 조직에 대해 배치되도록 설계된다, 이 팁 헤드가 진동할 때, 치아 모양이 종종 절단 작용에 의해 조직을 제거한다. 일부 초음파 도구가 또한 조직 및 주변 유체 내에 공동화를 유도함으로써 조직을 제거한다. 공동화는 팁 헤드가 전후로 이동한 결과 발생한다. 구체적으로 설명하면, 이 진동 결과, 작은 공간, 공동이 조직 및 주변 유체 내에 형성된다. 이 공동은 극도로 낮은 압력의 매우 작은 구역이다. 압력차는 조직을 형성하는 세포의 내용물과 이 공동 사이에서 전개된다. 비교적 큰 크기의 이 압력 차이로 인해, 세포벽이 파열된다. 이 세포벽의 파열은 조직

을 형성하는 세포를 제거해서, 없앤다.

[0003] 초음파 팀의 헤드는 종종 비교적 작다. 일부 헤드는 1.0cm보다 작은 직경을 갖는다. 초음파 도구는 본질적으로 헤드가 인가되는 인접한 조직을 단지 제거한다. 따라서, 헤드의 비교적 작은 면적으로 인해, 초음파 핸드피스는 경질 및 연질 조직 둘 다를 정밀하게 제거하기 위한 유용한 도구로 증명되어 왔다.

[0004] 때로는 핸드피스 또는 도구로 불리는 초음파 수술 기구가 효율적으로 기능하기 위해, 적절한 특징을 갖는 구동 신호가 도구에 인가되어야 한다. 구동 신호가 적절한 특징을 갖고 있지 않으면, 팀 헤드가 최적의 진폭 미만의 진동을 겪을 수 있고/있거나 가능한 빨리 진동하지 않을 수 있다. 핸드피스가 어느 상태에 있으면, 조직을 소정의 순간에 제거할 핸드피스의 능력이 눈에 띄게 줄어들 수 있다.

[0005] 초음파 핸드피스가 효율적으로 작동한다는 것을 보장하는 하나의 수단은 구동 신호를 핸드피스의 공진 주파수에 있는 핸드피스에 인가하는 것이다. 구동 신호가 소정의 전압 또는 전류에 있을 때, 공진 주파수에서 구동 신호의 인가는 팀 내의 진동을 야기하는데, 이 진동은 비-공진 주파수에서 동일 전압의 인가와 비교적 큰 진폭에 있다.

[0006] 그밖의 초음파 도구 시스템이 핸드피스의 반-공진 주파수에서 구동 신호를 인가하도록 설계된다. 반공진 주파수는 핸드피스가 최고 임피던스를 갖는 주파수일 수 있다.

[0007] 출원인의 SONOPET® 초음파 흡인기는 가변 구동 신호를 발생시켜서 이 신호를 부착된 핸드피스에 인가하도록 설계된 구성요소를 구비하는 콘솔을 포함한다. 콘솔 내에 공진 회로가 있다. 콘솔의 제조시에, 콘솔이 사용되도록 의도되는 특정 핸드피스의 임피던스에 기초한 함수로서 이 공진 회로의 인덕턴스 및 커패시턴스가 설정된다. 콘솔에 의해 출력되는 구동 신호의 특징이 이 임피던스 회로 양단 전압의 함수로서 설정된다.

[0008] 많은 절차를 위해, SONOPET 콘솔은 구동 신호를 출력하는데, 이 구동 신호는, 핸드피스의 기계적 구성요소의 공진 주파수와 본질적으로 동일한 것은 아니나 적어도 가깝다. 그러나 많은 정상적인 사용 상황에서, 초음파 핸드피스는 상당한 기계 부하를 받는다. 이는 예컨대, 팀이 뼈에 대해 놀릴 때 발생할 수 있다. 이 상황에서, 팀 위에 배치된 기계 부하는 핸드피스의 기계적인 구성요소의 임피던스에서 상당한 변화를 야기할 수 있다. 이 이벤트가 발생하면, 제어 콘솔은 핸드피스의 기계적인 구성요소의 공진 주파수 근처 주파수에서 구동 신호를 출력하지 못할 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 나아가, 선행 기술의 콘솔 내부의 임피던스 회로는 통상적으로, 콘솔이 사용되는 특정 핸드피스의 함수로서 설정되는 인덕턴스 및 커패시턴스를 갖는다. 다양한 내부 인덕턴스, 커패시턴스 및 저항을 갖는 핸드피스가 콘솔에 부착되면, 콘솔에 의해 출력된 구동 신호가 핸드피스의 효율적인 동작을 용이하게 하는 특징을 갖지 않을 상당한 가능성이 있다. 이는 전원으로서 하나의 핸드피스와 함께 사용하기 위해 설계된 콘솔을 또 하나의 핸드피스로 구동 신호를 공급하기 위해 사용하는 것을, 불가능하지는 않으나, 어렵게 만든다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 발명은 새롭고 유용한 초음파 수술 도구 시스템에 대한 것이다. 설계 한계 내에서, 시스템 핸드피스에 인가된 구동 신호가 핸드피스 팀 내의 적절한 진폭의 진동을 유도하는 것을 보장하도록 본 발명의 도구 시스템은 설계된다. 더 구체적으로, 다양한 핸드피스가 제어 콘솔에 부착될 때 이 시스템은 구동 신호를 그에 맞게 설정할 수 있다. 핸드피스의 사용 결과, 핸드피스의 임피던스 특징이 변할 때, 이 시스템은 또한 구동 신호의 특징을 조정한다.

[0011] 본 발명의 시스템은 핸드피스가 부착된 제어 콘솔을 포함한다. 제어 콘솔은 구동 신호를 발생시켜서 핸드피스에 공급한다. 제어 콘솔은 구동 신호의 주파수 및 핸드피스에 공급된 전류를 설정한다. 공급된 전류는 구동 신호의 전압을 조절함으로써 설정된다. 구동 신호의 이 특징은 두 개의 변수 및 하나의 상수의 함수로서 설정된다. 변수 중 하나는 구동 신호의 전압이다. 제2 변수는 핸드피스를 통한 전류, 구동 신호의 전류이다. 상수는 핸드피스 내의 하나 이상의 압전 구동기의 커패시턴스이다.

[0012] 이 세 개의 입력에 기초해서, 제어 콘솔은 구동 신호의 주파수 및 전압 레벨을 설정한다. 구동 신호의 주파수는 가능한 한, 목표 주파수와 부합하도록 설정된다. 이는 팀 헤드의 진동이 이 진동의 가장 효과적인 주파수에 있

다는 것을 보장한다. 전압은 텁 헤드 진동의 진폭에 대한 제어를 제공하도록 설정된다.

[0013] 본 발명의 일부 버전에서, 구동 신호는 핸드피스의 기계적인 구성요소에 인가된 전류의 등가물을 조절하기 위해 조정된다. 구동 신호가 핸드피스의 기계적인 구성요소의 공진 및/또는 반공진 주파수와 관련된 목표 주파수에 있다는 것을 보장하기 위해 구동 신호의 주파수가 조정될 수 있다.

[0014] 구동 신호의 전압 및 전류는 제어 콘솔 내의 회로들에 의해 측정된다. 구동 신호의 많은 연속적인 조정을 위해, 구동기 커패시턴스가 변하지 않은 채로 남아있다는 점에서 이 구동기 커패시턴스는 상수로 간주된다. 본 발명의 일부 버전에서, 구동기 커패시턴스는 콘솔에 부착된 핸드피스와 일체로 된 메모리로부터 판독된 데이터로부터 획득된다. 대안적으로, 절의 신호 세트에 기초해서, 콘솔은 정기적으로 구동기 커패시턴스를 결정할 수 있다.

[0015] 핸드피스의 목표 주파수는 부분적으로, 핸드피스의 기계적인 구성요소의 함수이다. 목표 주파수는 또한 이 구성요소에 인가된 변하는 부하의 함수이다. 목표 주파수는 핸드피스의 기계적인 구성요소의 공진 주파수일 수 있다. 본 발명의 일부 버전에서, 목표 주파수는 핸드피스의 기계적인 구성요소의 반공진 주파수이다. 본 발명의 그밖의 버전에서, 목표 주파수는 핸드피스의 기계적인 구성요소의 공진 주파수와 반공진 주파수 사이의 주파수이다. 본 발명의 그밖의 버전에서, 목표 주파수는 공진 주파수와 반공진 주파수 사이의 대역 밖에 있다.

[0016] 따라서, 콘솔이 구동 신호를 선택적으로 조정하는 것이 본 발명의 시스템의 특징이다. 핸드피스에 인가된 부하가 목표 주파수에서의 변화를 야기할 때, 구동 신호는 목표 주파수 또는 그 근처에 남아 있도록 조정할 수 있다.

[0017] 상이한 커패시턴스를 갖는 구동기를 갖는 핸드피스에 콘솔이 구동 신호를 공급할 수 있다는 것이 본 발명의 부가적인 특징이다. 마찬가지로, 본 발명의 핸드피스는 단지 단일한 특정 콘솔에 연결되어야 한다는 요건이 없다.

발명의 효과

[0018] 본 발명의 일부 대안적인 버전에서, 구동 신호의 주파수만이 설정된다. 이 주파수는, 구동 신호가 핸드피스의 기계적인 구성요소에 인가된 전류의 등가물을 야기한다는 것 및 신호가 이 구성요소에 대해 원하는 목표 주파수에 가까운 주파수에 있다는 것을 보장하기 위해, 조절될 수 있다.

[0019] 본 발명은 청구항에서 상세하게 지적된다. 본 발명의 위 및 추가적인 특징 및 혜택은 다음 도면과 연계해서 취해지는 다음의 상세한 설명으로부터 이해된다.

도면의 간단한 설명

[0020] 도 1은 본 발명의 특징을 포함하는 초음파 도구 시스템의 기본적인 구성요소를 나타낸다.

도 2는 이 도구, 시스템의 핸드피스의 기계적인 구성요소의 개략적인 표현이다.

도 3은 본 발명의 시스템의 핸드피스 구성요소 및 제어 콘솔 모두의 전기적인 구성요소의 블록도이다.

도 4a 및 도 4b는 핸드피스를 통한 전류 흐름 및 핸드피스의 상이한 구성요소의 임피던스의 표현이다.

도 5는 핸드피스 내의 메모리 내에 저장된 데이터 타입을 나타낸다.

도 6a 및 도 6b는, 함께 조립될 때, 본 발명의 시스템의 동작의 흐름도를 형성한다.

도 7은 핸드피스가 기계 부하를 받을 때 핸드피스 내의 구성요소에 의해 형성된 임피던스 회로가 형태를 바꾸기 위해 어떻게 고려될 수 있는지를 나타낸다.

도 8은 핸드피스 구동기의 임피던스 및 핸드피스의 기계적인 구성요소의 등가 임피던스의 대안적인 모델을 나타낸다.

도 9는 텁이 공기 중에 있을 때 및 텁이 부하를 받을 때 핸드피스의 주파수에 대한 기계적인 리액턴스의 리액턴스에서의 변화에 대한 그래프 표현이다.

도 10은 핸드피스의 기계적인 구성요소로의 가변 임피던스의 부가에 대한 개략적인 표현이다.

도 11은 핸드피스의 기계적인 구성요소의 가변 임피던스의 부가가 이 구성요소의 리액턴스에 어떻게 영향을 미치는지에 대한 그래프 표현이다.

도 12는 본 발명의 텁과 일체로 된 메모리로부터 제어 콘솔로 데이터가 어떻게 공급될 수 있는지에 대한 블록도

표현이다.

도 13은 텁 내의 메모리 내에 저장된 데이터 타입을 나타낸다.

도 14는 핸드피스 구동기의 임피던스 및 핸드피스의 기계적인 구성요소의 등가 임피던스의 대안적인 모델을 나타낸다.

도 15a 및 도 15b는 본 발명의 초음파 수술 도구 시스템을 조절하기 위한 대안적인 프로세스 단계를 나타내는 흐름도를 집합적으로 형성한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0021] I. 시스템 개요 및 하드웨어

본 발명의 특징을 포함하는 초음파 도구 시스템(30)이 이제 도 1 및 도 2를 참조해서 일반적으로 설명된다. 시스템(30)은 핸드피스(32)를 포함한다. 핸드피스(32)는 핸드피스의 근위단을 형성하는 몸체 또는 껌데기(34)를 포함한다. (“근위”는 핸드피스가 인가되는 지점으로부터 멀리, 핸드피스를 잡고 있는 의사쪽으로를 의미하는 것으로 이해된다. (“원위”는 핸드피스가 인가되는 지점쪽으로, 의사로부터 멀리를 의미하는 것으로 이해된다.)

[0023] 하나 이상의 진동하는 압전 구동기(40)(네 개로 도시됨)가 껌데기(34) 내부에 배치된다. 각각의 구동기(40)는, 전류가 구동기에 인가될 때 순간적인 확장 또는 수축을 겪는 물질로 형성된다. 이 확장/수축은 구동기(40)의 세로축 상에서 있는데, 이 축은 구동기의 근위에 유도된 면과 원위에 유도된 면 사이에서 연장한다. 한 쌍의 리드(41)가 각각의 구동기(40)로부터 멀리 연장한다. 리드(41)는 구동기의 반대되는 근위에 및 원위에 유도된 면에 부착된다. 많은 핸드피스(32)가 디스크 모양으로 된 압전 구동기(40)를 포함하나 모든 핸드피스가 그런 것은 아니다. 이 구동기(40)는 한줄로 나란히 배열된다. 리드(41)는 구동 신호 형태의 전류가 구동기(40)에 인가되는 시스템(30)의 구성요소이다. 한 개로 도시된 절연 디스크(37)는 인접한 구동기(40)에 연결된 인접한 리드(41)를 서로 분리시킨다. 도 2에서, 구동기(40)는 서로 이격되어 도시된다. 이는 구성요소를 예시하기 편하게 하기 위해서이다. 실제로, 절연 디스크(37) 및 구동기(40)는 밀착 인접한다.

[0024] 기둥(39)이 절연 디스크(37)와 구동기(40)를 통해 세로로 연장한다. 기둥(39)은 구동기의 동일선상의 세로축을 따라 구동기를 통해 연장한다. 절연 디스크(37) 및 구동기(40) 내의 관통공이 보이지 않으며 이를 통해 기둥(39)이 연장한다. 기둥(39)은 가장 근위에 위치된 구동기(40) 및 가장 원위에 위치된 구동기 둘 모두에 대해 밖으로 돌출된다.

[0025] 근위단 매스(36)가 가장 근위에 위치된 구동기(40)의 근위에 유도된 면에 부착된다. 기둥(39)의 노출된 근위단 섹션이 매스(36)에 고정 부착된다. 기둥(39)이 나사니가 있으면, 매스(36)는 너트일 수 있다.

[0026] 뿔(42)이 가장 원위에 위치된 구동기(40)의 원위에 유도된 면으로부터 앞으로 연장한다. 도시되지 않았으나, 절연 디스크(37)는 이 구성요소들 사이에 존재할 수 있다. 뿔(42)은 구동기(40)의 직경과 대략적으로 동일한 직경을 갖는 기저부를 갖는다. 구동기로부터 앞으로 원위로 연장하면서, 뿔(42)의 직경이 감소한다. 기둥(39)의 노출된 원위 섹션이 뿔(42)에 부착된다. 기둥(39)이 나사니가 있으면, 뿔 기저부는 기둥(39)을 수용하기 위한 나사니가 있는 닫힌 종단 구멍(미식별)과 함께 형성될 수 있다. 구동기(40) 스택이 근위 매스(36)와 뿔(42) 사이에 압축되도록 핸드피스(32)가 구성된다.

[0027] 텁(48)이 뿔(42)의 원위단으로부터 앞으로 연장한다. 이음고리(44)로 나타낸 결합 조립체가 통상적으로 텁(48)을 뿔(42) 및 핸드피스(32)의 나머지에 대해 탈착가능하게 유지한다. 결합 조립체의 구조는 본 발명의 일부가 아니다. 텁(48)은 길쭉한 줄기부(50)를 포함한다. 줄기부(50)는 텁의 일부로서, 결합 조립체를 통해, 뿔(42)에 부착된다. 줄기부(50)는 핸드피스 껌데기(34)의 앞으로 연장한다. 텁(48)은 줄기부(50)의 원위단에 헤드(52)를 갖도록 형성된다. 일부 텁 헤드(52)는 평활한 표면을 갖는다. 일부 헤드(52)는 치아 모양(53)과 함께 형성된다. 헤드(52)의 기하학적 구조는 본 발명의 일부가 아니다. 텁 헤드(52)는 절차가 수행되는 환자 위의 지점에 인가된 핸드피스(32)의 일부이다.

[0028] 일부 텁(48)은 경질 조직, 뼈에 직접 인가되도록 설계된 치아 모양이 제공된다. 이러한 타입의 타입이 왕복운동 할 때, 종래의 텁날이 조직을 절단하는 것과 동일한 방식으로 치아 모양이 조직을 절단한다.

[0029] 도 2에 링으로 나타난 슬리브(55)가 통상적으로, 텁 줄기부(50) 위에 배치된다. 슬리브(55)는 통상적으로, 줄기부가 뿔(42)에 부착되는 곳 근처 위치부터 헤드(52)에 가까이 대략 0.5cm 위치까지 연장한다. 집합적으로, 슬리

브가 텁의 외부 표면과 슬리브의 주변의 내부 표면 사이에서 연장하는 유체 흐름 도관을 정의하도록 핸드피스(32), 텁(48), 및 슬리브(55)가 구성된다. 슬리브(55)는 또한, 이 도관까지 연장하는 슬리브의 근위단에 인접한 부품(미도시)을 갖는다. 이 도관은 슬리브의 원위단에서 개방되어 있다. 핸드피스가 사용 중에 있을 때, 관개액이 슬리브 부품으로부터 슬리브 아래로 흘러서 텁 헤드(52)에 인접해서 방출된다. 시스템의 일부 버전에서, 유체는 텁 헤드의 기계적인 진동이 조직에 전달되는 매체로서 작용한다. 이 관개액은 또한 헤드의 진동 결과, 텁 헤드에 의해 전개된 열 에너지를 위한 히트 싱크로서 기능한다.

[0030] 도시되지 않았으나, 텁, 뿔(42), 및 핸드피스 기둥(39)은 종종, 집합적으로 텁 헤드(52)부터 핸드피스의 근위단 까지 유체 흐름 경로를 정의하는 도관과 함께 형성된다. 핸드피스가 작동 중에 있을 때, 흡입이 이 도관을 통해 유도된다. 이 흡입은 슬리브(55)를 통해 방출된 관개 유체를 텁이 인가되는 지점으로부터 멀리 유도한다. 이 흡입은 또한 조직을 텁 헤드쪽으로 유도한다. 텁 헤드와 조직 사이의 거리의 단축은 텁 헤드로부터 조직으로의 기계적인 진동의 송신을 개선시킨다.

[0031] 핸드피스(32)는 또한 메모리(58)를 포함한다. 아래에서 논의되는 바와 같이, 메모리(58)는 핸드피스의 특징을 설명하는 데이터를 포함한다. 메모리(58)는 EPROM, EEPROM 또는 RFID 태그 형태를 취할 수 있다. 메모리의 구조는 본 발명의 일부가 아니다. 본 발명의 대부분의 핸드피스(32)는, 판독될 수 있는 데이터를 포함할 뿐만 아니라 핸드피스의 제조 후에 메모리에 기록되는 데이터를 저장할 수 있는 메모리를 포함한다. 예시되지 않은 보조적인 구성요소가 핸드피스에 실장되어 메모리로부터의 데이터 판독 및 메모리로의 데이터 기록을 용이하게 한다. 이 구성요소는 다음: 컨덕터; 노출된 접점/접점 펀; 코일/안테나; 또는 절연 회로 중 하나 이상으로 구성된다.

[0032] 제어 콘솔(64)은 또한 본 발명의 시스템(30)의 일부이다. 제어 콘솔(64)은 핸드피스(32)가 연결되는 케이블(62) 상에서 구동 신호를 공급한다. 시스템(30)의 모든 버전은 아니나 많은 버전에서, 핸드피스(32) 및 케이블(62)은 단일 유닛으로서 조립된다. 구동 신호는 구동기(40)에 인가된다. 임의의 소정의 순간에, 동일한 구동 신호가 각각의 구동기(40)에 인가된다. 구동 신호의 인가는 구동기가 동시에 그리고 주기적으로 확장 및 수축하게 한다. 구동기(40) 스택은 종종 길이가 1cm와 5cm 사이이다. 구동기의 단일 확장/수축 주기에 움직임 거리, 진폭은 1마이크론과 10마이크론 사이일 수 있다. 뿔(42)이 이 움직임을 증폭시킨다. 결국, 완전히 수축된 위치에서 완전히 연장된 위치로 이동할 때 뿔(42) 및 나아가, 텁 헤드(52)의 원위단은 통상적으로 최대 1000마이크론을 이동하고 대개는 500마이크론 이하를 이동한다. 일부 텁(48)은 텁 줄기부의 세로 연장/후퇴가 또한 헤드에서 회전 운동을 유도하도록 더 설계된다. 텁의 주기적인 이동을 야기하도록 핸드피스(32)가 작동될 때, 헤드(52)는 진동하고 있는 것으로 간주된다.

[0033] 도 3에 도시된 바와, 제어 콘솔(64) 내의 구성요소는 전원(68)을 포함한다. 전원(68)은 통상적으로 1VDC와 250VDC 사이의 일정한 전압 신호를 출력한다. 본 발명의 많은 버전에서, 전원(68)에 의해 출력된 전압의 최대 전위는 150VDC 이하이다. 전원(68)에 의해 출력된 신호의 전위는 선택적으로 설정될 수 있다. 본 발명의 설명된 버전에서, 전원(68)은 VOLTAGE_SET (V_S) 신호를 수신한다. 전원(68)은 출력 전압 레벨을 VOLTAGE_SET 신호의 함수로서 확립한다. 전원(68)에 의해 생성된 출력 전압이 조정 가능한 증폭기(70)에 인가된다. 제어 신호, 구체적으로 FREQUENCY_SET (F_S) 신호가 증폭기(70)에 인가된다. 증폭기(70)에 의해 생성된 출력 신호의 주파수는 FREQUENCY_SET 신호의 함수이다. 증폭기(70)로부터의 출력 신호가 필터(72)에 인가된다. 본 발명의 일부 버전에, 증폭기(70)는 종종 Class-D 식별자이다. 증폭기(70)로부터의 출력 신호가 필터(72)에 인가된다. 필터(72)는 증폭기(70)로부터 필터로 인가된 구형파의 사인파 버전을 출력한다. 본 발명의 일부 버전에서, 필터(72)는 대역 통과 필터이다. 필터(72)로부터 출력된 신호는 통상적으로 10kHz와 100kHz 사이이다. 종종, 이 신호는 최소 주파수 20kHz를 갖는다.

[0034] 필터(72)로부터의 출력 신호는 변압기(76)의 1차 권선(78), 또한 제어 콘솔(64)의 일부에 인가된다. 변압기(76)의 2차 권선(82) 양단에 존재하는 전압은 케이블(62)을 통해 핸드피스 구동기(40)에 인가된 구동 신호이다. 이 전압은 통상적으로, 최대 1500볼트 AC 피크이다. 구동 신호는 구동기(40) 양단에 별별로 인가된다. 더 구체적으로, 구동 신호는 각각의 리드(41) 쌍 양단에 별별로 인가된다.

[0035] 변압기(76)는 티클러 코일(80)을 포함한다. 티클러 코일(80) 양단에 존재하는 전압은 전압 측정 회로(86)에 인가된다. 티클러 코일(80) 양단의 신호에 기초해서, 회로(86)가 전압(V_S), 핸드피스(32)에 인가된 구동 신호의 전압의 전위 및 위상을 나타내는 신호를 생성한다. 제어 콘솔(64) 내에 또한 배치되는 코일(90)은 변압기의 2차 권선(82)으로부터 연장하는 컨덕터 중 하나에 근접해서 위치된다. 코일(90) 양단의 신호가 전류 측정 회로(92)에 인가된다. 회로(92)는 전류(i_S), 핸드피스에 공급된 구동 신호의 전류의 크기 및 위상을 나타내는 신호를 생

성한다.

- [0036] 압전 구동기(40)에 공급된 구동 신호의 특징을 나타내는 V_s 및 i_s 신호는 또한 제어 콘솔(64) 내의 프로세서(96)에 인가된다. 제어 콘솔(64)은 또한 메모리 판독기(102)를 포함한다. 메모리 판독기(102)는 핸드피스 메모리(58) 내의 데이터를 판독할 수 있다. 메모리 판독기(102)의 구조는 핸드피스 메모리(102)를 보완한다. 따라서, 메모리 판독기는 EPROM 또는 EEPROM 내의 데이터를 판독할 수 있는 조립체 또는 RFID 태그로부터 데이터를 획득 및 판독할 수 있는 조립체일 수 있다. 메모리(58)로부터 판독되는 데이터가, 구동 신호가 핸드피스(32)로 공급되는, 컨덕터에 대해 판독되는 본 발명의 버전에서, 메모리 판독기는 절연 회로를 포함할 수 있다. 판독기(102)에 의해 판독되는 데이터가 프로세서(96)에 인가된다.
- [0037] 프로세서(96)가 전원(68)에 인가되는 VOLTAGE_SET 신호를 발생시킨다. 프로세서(96)는 또한 증폭기(70)에 인가되는 FREQUENCY_SET 신호를 발생시킨다. 이 신호들은 제어 콘솔(64)에 의해 공급되는 구동 신호의 전압 및 주파수를 조절하는 제어 신호이다. 프로세서(96)는 이 제어 신호를 핸드피스의 특징 및 획득된 측정치 V_s 및 i_s 의 함수로 여긴다.
- [0038] 온/오프 스위치가 제어 콘솔(64)에 연결된다. 도 1에서, 온/오프 스위치는 풋 페달(104)에 의해 나타난다. 페달(104)의 상태는 프로세서(96)에 의해 모니터링된다. 온/오프 스위치는 시스템(30)의 온/오프 상태를 조절하는 사용자 작동 제어 부재이다. 도 1에서, 풋 페달(104)은 복수의 페달을 포함하는 풋 페달 조립체의 일부로서 도시된다. 추가된 페달은 디바이스, 이를테면 관개 펌프, 석션 펌프 또는 조명을 제어하기 위해 사용될 수 있다. 이 보조적인 디바이스들은 본 발명의 일부가 아니다.
- [0039] 제어 콘솔(64)은 슬라이드 스위치(106)를 갖는 것으로 도시된다. 스위치(104)와 같이, 스위치(106)의 상태는 프로세서(96)에 의해 모니터링된다. 스위치(106)는 텁 헤드(52)의 진폭 크기를 제어하도록 의사에 의해 설정된다. 풋 페달(104) 및 스위치(106)는 시스템(30)에 대한 온/오프 및 진폭 설정 명령의 입력 수단의 일반적인 표현으로 이해된다. 시스템의 일부 구성에서, 단일 제어 부재가 두 가지 기능을 수행할 수 있다. 따라서, 레버 또는 풋 페달이 초기에 처음 눌릴 때, 시스템은 텁 헤드가 상대적으로 작은 진폭인 진동 주기를 겪도록 구성될 수 있다. 레버 또는 풋 페달의 계속된 누름 결과, 제어 콘솔은 핸드피스에 인가되는 구동 신호를 리셋해서 텁 헤드(52)가 더 큰 크기의 진동 주기를 겪게 한다.
- [0040] 디스플레이(108)가 제어 콘솔(64)에 장착된다. 디스플레이(108) 상의 영상이 프로세서(96)에 의해 발생되는 것으로 도시된다. 디스플레이(108) 상에 나타나는 정보는 핸드피스 및 가능하게는 텁을 식별하는 정보; 시스템의 가동률의 특징을 설명하는 정보를 포함한다.
- [0041] II. 동작 원칙
- [0042] 제어 콘솔(64)을 형성하는 구성요소가 집합적으로 구성되어 구동 신호를 핸드피스에 출력하는데, 이 핸드피스는 이상적으로는, 텁 헤드(52)의 상대적으로 큰 전방 및 후방 왕복 진동을 야기한다. (헤드 움직임의 진폭은 가능한 한 크다. 이는 조직을 제거할 텁의 능력의 유효성이 일반적으로, 조직에 대한 텁 헤드의 움직임의 길이와 관계있기 때문이다.
- [0043] 텁 헤드(52)의 큰 진폭 왕복운동을 조성할 하나의 수단은 설계 한계 내에서, 핸드피스에 인가되는 구동 신호의 전류를 최대화해서 유지하는 것이다. 이는 핸드피스(32)에 인가되는 전류와 텁 헤드의 움직임의 진폭 사이에 비례 관계가 있기 때문이다. 핸드피스에 인가되는 전류(i_s)는 도 4a 및 도 4b에 나타낸 두 가지 구성요소를 구비하는 것으로 수학적으로 간주될 수 있다: 제1 구성요소는 전류(i_0)로서, 이 전류는 구동기(40)의 커패시턴스에 인가된다. 제2 구성요소는 전류(i_M)로서, 핸드피스(32)의 기계적인 구성요소에 인가되는 전류의 수학적인 등가치이다. 핸드피스의 기계적인 구성요소는 구동 신호의 인가에 응답해서 진동하는 핸드피스의 구성요소이다. 이 구성요소는 다음을 포함한다: 균위단 매스(36); 기둥(39); 구동기(40); 결합 조립체를 포함하는 뿔(42); 및 텁(48). 구동기(40)는 이 구성요소의 일부로서 포함되는데, 그 이유는 이것이 진동하기 때문에 이 진동기는 본 발명의 진동하는 기계적인 조립체의 일부이기 때문이다. 슬리브(55)는 통상적으로 이 구성요소 중 하나로 간주되지 않는다. 이는 슬리브(55)가 진동하나, 슬리브가 진동 시스템의 일부가 아니기 때문이다. 더 구체적으로 설명하면, 슬리브(55)는 부하를 진동 시스템상에 위치시키는 구성요소로 간주될 수 있다.
- [0044] 본 발명의 이 시스템은 핸드피스의 임피던스 변화와 무관하게, 기계적인 구성요소에 인가되는 전류의 등가치, 전류(i_M)를 일정하게 보유하도록 설계된다.

[0045] 전류(i_M)는 핸드피스(32)를 형성하는 구성요소의 임피던스에 기초해서 결정되어 제어된다. 핸드피스의 구동기(40) 및 기계적인 구성요소는 병렬로 함께 연결된 두 개의 임피던스 회로로 간주될 수 있다. 여기서, Z_0 는 구동기(40) 스택의 임피던스이다. 구동기 임피던스는 본질적으로, 구동기(40)의 커패시턴스(C_0)와 구동 신호의 주파수의 함수이다. 이 모델은 케이블(62) 및 구동 신호가 구동기에 인가되게 하는 임의의 그밖의 구성요소의 커패시턴스가 무시할 만하다는 것을 가정한다. 따라서, 임피던스(Z_0)는 오직 용량성 리액턴스 성분($1/j\omega C_0$)을 구비한다. 변수 “ ω ”는 구동 신호의 각주파수이다. 임피던스(Z_0)는 무시할만한 저항 리액턴스 성분 및 유도 리액턴스 성분을 구비한다.

[0046] 임피던스(Z_M)는 핸드피스의 기계적인 구성요소의 유효 임피던스의 기계적인 등가치이다. 임피던스(Z_M)는 핸드피스의 기계적인 구성요소의 인덕턴스(L_M), 저항(R_M), 및 커패시턴스(C_M)의 기계적인 등가치들에 기초한다. 임피던스(Z_H)는 핸드피스의 전체 임피던스이다. 임피던스(Z_H)는 그러므로, 공식(1)에 따라 계산된다:

[0047] [수학식 1]

$$Z_H = \frac{1}{j\omega C_0 + \frac{1}{j\omega L_M + R_M + \frac{1}{j\omega C_M}}}$$

[0048] [0049] 도 4a 및 도 4b의 모델에 대해:

[0050] [수학식 2]

$$i_S = i_0 + i_M$$

[0052] 그러므로:

[0053] [수학식 3]

$$i_M = i_S - i_0$$

[0055] 구동기(40)를 통한 전류는 다음 공식에 따라 계산된다:

[0056] [수학식 4a]

$$i_0 = \frac{V_S}{Z_0}$$

[0058] [수학식 4b]

$$= j\omega C_0 V_S .$$

[0060] 위는 스택 임피던스가 오직 구동 신호의 스택 및 주파수의 용량에 기초한다는 이해에 기초한다.

[0061] 그러므로,

[0062] [수학식 5]

$$i_M = i_S - j\omega C_0 V_S .$$

[0064] 수학식 5 및 그밖의 수학식에서, 전류(i_S) 및 전압(V_S)은, 각 벡터가 크기 성분 및 위상 성분을 구비하는, 두 개의 벡터라는 것이 이해되어야 한다. 위에서 논의된 바와 같이, 구동기 커패시턴스(C_0)는 알려져 있으며, 구동 신호를 제어할 목적으로, 일정하다. 구동 신호의 주파수가 상대적으로 일정하다고 가정하면, V_S , 구동 신호의 전위를 조절함으로써 핸드피스의 기계적인 구성요소에 인가되는 구동 전류를 일정하게 유지할 수 있다.

[0065] 핸드피스(32)의 기계적인 구성요소에 인가되는 전류의 등가치를 조절하는 것뿐만 아니라, 본 발명의 시스템(30)은 구동 신호의 주파수를 조절한다. 더 구체적으로, 핸드피스(32)의 기계적인 구성요소의 공진 주파수에 기초

한 목표 주파수에 있도록 구동 주파수가 조절된다. 기계적인 구성요소의 공진 주파수는 종종 목표 주파수이나 반드시는 아니다. 공진 주파수가 목표 주파수로서 선택되는데, 그 이유는 기계적인 구성요소가 이 주파수에서 진동할 때, 일정한 전류 등가치를 가정하면, 핸드피스 주기 확장/축소(진동)는 그 최고 진폭에 있기 때문이다. 특별한 공진 타입은 기계적인 공진으로 언급된다.

[0066] 구동 신호의 주파수가 이렇게 설정될 수 있는 하나의 프로세스는, 기계적인 공진에서, 구동기(40) 스택 및 기계적인 구성요소를 통한 전류 흐름이 90° 위상이 달라야 한다는 이해에 기초한다. 이는 핸드피스의 기계적인 구성요소의 용량성 리액턴스 및 유도 리액턴스의 위상 변이 효과가 서로를 상쇄하기 때문이다. 구동 신호가 인가되는 주파수 범위에서 구동기는 무시할만한 유도 리액턴스를 구비한다. 결국, 구동기는 핸드피스의 기계적인 구성요소에 인가되는 전류의 등가치에서 유도되지 않는 전류 흐름에서 90° 위상 변이를 유도한다.

[0067] 전류(i_0 및 i_M)는

[0068] [수학식 6]

$$i_0 = Ae^{j\Theta}$$

[0070] 및

[0071] [수학식 7]

$$i_M = Be^{j\Phi}$$

[0073]로서 극형식으로 나타날 수 있다. 상수 A 및 상수 B는 각각, 전류(i_0 및 i_M)의 크기에 비례한다. 기계적인 구성요소를 통한 전류의 위상각은 구동기를 통한 전류 흐름과 90° ($\pi/2$ 라디안) 위상을 달리하기 때문에:

[0074] [수학식 8]

$$\Phi = \Theta - \pi/2.$$

[0076] i_0 를 i_M 로 나누는 것은 다음 관계식이 된다:

[0077] [수학식 9a]

$$\frac{i_0}{i_M} = \frac{Ae^{j\Theta}}{Be^{j(\Theta-\pi/2)}} = \frac{A}{B} e^{j\pi/2}$$

[0079] 수학식 9a의 결과를 직각좌표 형식으로 변환하는 것은 다음 결과가 된다:

[0080] [수학식 9b]

$$= \frac{A}{B} \cos(\pi/2) + j \frac{A}{B} \sin(\pi/2)$$

[0082] [수학식 9c]

$$= j \frac{A}{B} \sin(\pi/2) = j \frac{A}{B}$$

[0084] 수학식 9c의 최종 결과는 코사인 90° 가 0이고 사인 90° 가 1이라는 점에 기초한다. 이는 핸드피스가 기계적인 공진에 있을 때, 구동기(40)를 통한 전류 흐름과 핸드피스의 기계적인 구성요소에 인가되는 전류의 등가치의 비율의 실수 성분이 수학적으로 0이라는 것을 의미한다:

[0085] [수학식 10]

$$-\text{Re} \left\{ \frac{i_0}{i_M} \right\} = 0$$

[0087] 위 비율이 음수인 한 가지 이유는 공진 비율 $-\text{Re} = 0.0$ 에서 반공진 비율 $-\text{Re} = 1.0$ 까지 핸드피스의 임피던스를 정규화하는 것을 가능하게 만들기 때문이다. 이는 핸드피스의 성능을 모델링하는 것의 용이함을 촉진시킨다. 또한, 아래에서 논의되는 바와 같이, 비율이 음수라고 가정하는 것은 구동 신호의 주파수를 설정하는 것과 연관된다.

프로세스를 단순화시킨다.

[0088] 위 수학식 4b 및 수학식 5로부터의 구동기 전류 및 핸드피스의 기계적인 구성요소에 인가되는 전류의 등가치를 수학식 10의 관계식으로 대체하는 것은 기계적인 공진에서, 다음 관계식이 진실이라는 것을 의미한다:

[0089] [수학식 11]

$$-\text{Re} \left\{ \frac{j\omega V_s C_O}{i_s - j\omega V_s C_O} \right\} = 0$$

[0091] 구동기 커패시턴스(C_O)는 상수이다. 상이한 주파수를 수학식 11에 대입함으로써, 핸드피스의 공진 주파수와 매칭하는 구동 신호의 주파수를 반복 프로세스에 의해 결정할 수 있다. 이 프로세스와 관련해서, 소정의 전위 및 전류에 대해, 주파수와, 구동기(40)를 통한 전류 흐름과 핸드피스의 기계적인 구성요소에 인가되는 전류의 등가치의 비율의 실수 성분 사이의 선형 관계가 있다는 것이 이해되어야 한다. 이는 비율을 결정하기 위해 두 개의 상이한 주파수를 수학식 11에 대입함으로써, 보간에 의해, 기계적인 공진에 상대적으로 가까운 주파수를 결정하는 것이 가능하다는 것을 의미한다.

II. 실제 동작

[0093] 시스템(30)의 동작을 촉진하기 위해, 핸드피스 내의 메모리(58)에는 핸드피스의 조립 도중에 데이터가 로드된다. 도 5의 필드(112)에 의해 나타난 바와 같이, 이 데이터는 핸드피스(32)를 식별하는 데이터를 포함한다. 이 데이터는 콘솔(64)이 구동 신호를 핸드피스에 인가할 수 있다는 것을 검증하는데 유용하다. 필드(112) 내의 데이터는 또한 콘솔 디스플레이(108) 상에 제시되는 핸드피스에 대한 정보의 타입을 가리킬 수 있다. 필드(114)는 구동기(40) 스택의 커패시턴스(C_O)를 가리키는 데이터를 포함한다. 구동기 커패시턴스는 핸드피스(34)를 조립하는 프로세스 동안에 분석에 의해 결정될 수 있다. 종종, 구동기의 커패시턴스의 합은 500pF와 5000pF 사이이다. 핸드피스에 인가되어야 하는 최대 전류, 전류(i_s^{MAX})에 대한 데이터는 필드(116) 내에 포함된다. 전류(i_s^{MAX})는 종종 1 암페어 피크 미만이고 더 종종은 0.5 암페어 피크 이하이다. 필드(118)는 전류(i_M^{MAX}), 핸드피스의 기계적인 구성요소에 인가되어야 하는 전류의 최대 등가치를 가리키는 데이터를 포함한다. 전류(i_M^{MAX})는 통상적으로, 0.25 암페어 피크 이하이다. 구동 신호의 최대 전위, 전압(V_s^{MAX})은 필드(120)에 저장된다. 전압(V_s^{MAX})은 종종 1500 볼트 AC 피크이다,

[0094] 또한, 핸드피스(32)에 인가되어야 하는 구동 신호의 최소 주파수 및 최대 주파수를 가리키는 데이터가 핸드피스 메모리에 저장된다. 필드(122)에 저장되는 이 최소 주파수는 통상적으로, 제어 콘솔에 의해 공급될 수 있는 구동 신호의 최소 주파수이다. 필드(124)에 저장되는 구동 신호의 최대 주파수는 통상적으로, 최소 주파수보다는 큰 5kHz와 40kHz 사이이다.

[0095] 필드(126)는 제어기(96)에 의해 출력되는 제어 신호를 필터링하기 위한 계수를 포함한다. 본 발명의 많은 버전에서, VOLTAGE_SET 신호 및 FREQUENCY_SET 신호의 계산은 이 신호들을 위한 목표 값의 계산에서 시작한다. PID 제어 루프들이 이 신호들 각각을 위한 최종 레벨을 확립하기 위해 사용된다. 필드(126)는 이 제어 루프들 각각을 위한 계수를 포함한다. 필드(114) 내의 데이터와 같이, 필드(112, 116, 118, 120, 122, 124, 및 126) 내의 데이터가 핸드피스를 조립하는 프로세스의 일부로서, 핸드피스 메모리(58) 내에 저장된다는 것이 이해되어야 한다.

[0096] 핸드피스 메모리(58) 또한 사용 이력 필드로서 필드(128)를 포함한다. 제어 콘솔(64)은 핸드피스의 사용 동안에, 핸드피스의 동작 로그를 제공하기 위해 데이터를 필드(128)에 기록한다.

[0097] 본 발명의 시스템(30)의 동작이 도 6a 및 도 6b의 흐름도를 참조해서 이해된다. 단계(140)는 시스템(30)의 초기 구성을 나타낸다. 단계(140)는 핸드피스(32)에 대한 텁(48)의 부착을 포함한다. 케이블(62)이 핸드피스(32)와 일체가 아니면, 단계(140)의 일부로서, 케이블은 핸드피스(32)에 연결된다. 케이블(62)은 제어 콘솔(64)에 연결되어 핸드피스를 콘솔에 연결한다. 필요하다면, 풋 페달(104)이 콘솔(64)에 부착된다. 핸드피스의 작동 이전에, 의사의 스위치(106)를 위치지정해서 텁 헤드 진폭을 설정한다.

[0098] 핸드피스(34)가 일단 제어 콘솔(64)에 연결되면, 단계(142)에서, 메모리 관독기(102)를 통해, 콘솔 프로세서(96)가 핸드피스 메모리(58)에 저장된 데이터를 관독한다. 도시되지 않았으며 본 발명의 일부는 아니지만, 콘솔(64)이 구동 신호를 핸드피스(32)에 인가할 수 있다는 것을 임의의 체크 프로세서(96)가 검증하기 위해 수행할

수 있다. 이 체크는 필드(112 및 128)에 저장된 데이터에 기초한다. 이 체크는 다음을 포함할 수 있다: 핸드피스가 콘솔과 사용하기 위해 설계된다는 것을 검증하는 것; 사용 이력에 기초해서, 핸드피스가 작동된다는 것을 검증하는 것. 핸드피스가 이 체크를 통과한다는 것을 가정하면, 시스템(30)은 사용할 준비가 된다

[0099] 단계(144)는 의사가 핸드피스(32)를 작동시키기를 원한다는 것을 가리키는 풋 페달(104) 또는 그밖의 제어 부재로부터의 신호를 프로세서(94)가 기다린다는 것을 나타낸다. 프로세서(96)가 이 신호를 수신하기 전에, 프로세서는 전원(68)으로부터의 전력 신호의 출력을 야기하는 신호를 행사(assert)하지 않는다.

[0100] 의사가 제어 부재를 누름으로써 핸드피스를 작동시킨다. 이 이벤트가 발생했다는 신호를 수신하는 것에 응답해서, 프로세서(96)는 단계(148)에서, 때로는 목표 전류로 언급되는, 전류(i_M^{TARGET})을 계산한다. 목표 전류(i_M^{TARGET})는 핸드피스(32)의 기계적인 구성요소에 인가되어야 한다고 프로세서가 결정하는 전류이다. 목표 전류(i_M^{TARGET})는 텁 진동의 진폭을 조정하기 위해, 핸드피스 메모리로부터 검색된 전류(i_M^{MAX}) 및 제어(106)의 의사 설정에 기초한다. 목표 전류는 1차 방정식을 사용해서 계산될 수 있다:

[0101] [수학식 12]

$$i_M^{TARGET} = D \cdot i_M^{MAX}$$

[0103] 계수(D)는 0.0부터 1.0까지(경계값 포함)이다. 예컨대, 의사가 제어를 설정해서 핸드피스 텁(50)이 최대 진폭의 진동을 겪게 해서, 핸드피스 텁이 최대 진폭의 진동을 갖는 진동에 종사하기를 원하면, 프로세서(64)는 계수(D)를 1로 설정한다. 진동이 최대 미만의 진폭에 있다는 것을 제어 스위치(106)의 설정이 가리키면, 프로세서(64)는 계수(D)를 1보다 작은 값으로 설정한다.

[0104] 단계(150)에서, 프로세서(96)는 이후 VOLTAGE_SET 신호를 발생시켜서 출력한다. 초기에 VOLTAGE_SET 신호는 핸드피스 메모리(58)로부터 검색된 최대 구동 신호 전압(V_s^{MAX})보다 눈에 띄게 작은 구동 신호를 전원이 출력하도록 설정된다. 예컨대, 본 발명의 일부 버전에서, 이 VOLTAGE_SET 신호는 전압(V_s^{MAX}) 0.02와 0.10 사이인 초기 전위를 구동 신호가 갖도록 설정된다. 더 구체적으로, VOLTAGE_SET 신호는 전압(V_s^{MAX}) 0.03과 0.07 사이인 전위를 갖도록 설정된다. 전원(68)에 의해 출력된 전압과 구동 신호의 전압(V_s) 사이의 관계는 통상적으로 1차 관계이다. 목표 구동 신호 전압의 함수로서 VOLTAGE_SET 신호의 결정은 목표 구동 신호 전압의 전위 및 프로세서(96)에 이전에 저장된 계수 및 오프셋 값에 기초한다.

[0105] 단계(150)의 일부로서, FREQUENCY_SET 신호는 또한 프로세서(96)에 의해 발생되어 출력된다. 제어 부재가 초기에 놀려서 핸드피스를 작동시킬 때, 프로세서(64)는 콘솔이 초기 주파수에서 구동 신호를 출력하게 하는 FREQUENCY_SET 신호를 발생시킨다. 이 초기 주파수는 구동 신호가 핸드피스에 인가되어야 하는 최저의 가능한 주파수; 구동 신호가 인가되어야 하는 최고의 가능한 주파수; 또는 이 두 가지 경계 주파수 사이의 임의의 주파수일 수 있다.

[0106] 구체적으로 언급되지는 않으나, 단계(150)에서, 프로세서는 콘솔 내의 전원(68), 증폭기(70) 및 임의의 안전 구성요소에 대해 임의의 필요한 인에이블 신호를 행사한다. 이 신호의 행사는, 전원(68)이 필요한 레일 신호를 증폭기에 출력하고, 증폭기(70)가 의도된 구형파를 출력하고, 구동 신호가 유도식으로 획득되는 신호가 트랜스퍼(76)의 변압기 1차 권선(78)에 인가된다는 것을 보장한다.

[0107] 변압기(76) 양단의 신호 흐름의 결과, 구동 신호가 핸드피스(32)에 인가된다. 이는 구동기(40)의 주기적 확장/수축을 야기한다. 구동기(40)의 이 움직임은 텁 헤드(52)를 진동시킨다. 따라서, 단계(150)의 실행 결과로서 발생하는 부-단계는 핸드피스(34)의 작동을 야기한다. 단계(150)는 아래에 논의되는 바와 같이, 의사가 핸드피스(32)를 비활성화시키기를 원한다고 프로세서(96)가 결정할 때까지 연속적으로 실행된다.

[0108] 시스템(30)은 이후 출력 구동 신호가 텁 헤드(52) 내의 적합한 진폭의 진동을 유도한다는 것을 보장하기 위해 피드백 제어 프로세스에 종사한다. 이 제어를 수행하기 위해, 단계(154)에서, 시스템(96)이 핸드피스를 통해 구동 신호의 전압(V_s)을 모니터링하는지 시스템이 모니터링한다, 이는 전압 측정 회로(86)에 의해 생성된 출력 신호의 프로세서(96)에 의한 모니터링이다. 또한 단계(154)에서, 프로세서(96)는 전류(i_s), 핸드피스를 통한 전류를 모니터링한다. 이는 전류 측정 회로(92)에 의해 생성된 출력 신호의 모니터링이다.

- [0109] 단계(156)에서, 프로세서(96)는 핸드피스의 기계적인 구성요소에 인가된 전류, 전류(i_M^{CALC})의 등가치를 결정한다. 전류(i_M^{CALC})는 수학식 5에 기초해서 계산된다. 프로세서(96)는 이 결정을 할 수 있는데, 그 이유는 이 결정이 기초하는 네 가지 변수를 정의하는 데이터를 구비하기 때문이다: 전류 측정 회로(96)로부터의 전류(i_S); 프로세서가 구동 신호의 주파수를 설정한다는 점에 기초한 주파수(ω); 전압 측정 회로(86)로부터의 전압(V_S); 및 구동기 커페시턴스(C_o). 구동기 커페시턴스(C_o)는 수학식 5에서 변수이나, 핸드피스 메모리(58)로부터 판독되는 고정된 그리고 알려진 변수이다.
- [0110] 단계(158)에서, 전류(i_M^{CALC})는 전류(i_M^{TARGET})과 비교된다. 더 구체적으로, 이 비교는 핸드피스의 기계적인 구성요소를 통한 실제 전류 흐름이 목표 흐름과 동일한지 또는 실질적으로 동일한지를 결정하기 위해 이루어진다. 여기서, 실질적 동일은 전류들이 서로에 대해 20 밀리암페어 이하 이내 및 더 종종은 서로로부터 10 밀리암페어 이하 내일 때의 상태로 간주된다. 시스템(30)의 일부 버전에서, 기계적인 구성요소에 인가되는 전류의 등가치가 50 밀리암페어 밑이면, 전류(i_M^{CALC})는 전류 차이가 2 밀리암페어 이하 및 더 통상적으로, 1 밀리암페어 이하인 경우의 전류(i_M^{TARGET})와 실질적으로 동일한 것으로 간주된다. 대안적으로, 전류들이 서로에 대해 10% 이하 이내 이면, 더 바람직하게는 서로에 대해 5% 이하 이내이면, 그리고 이상적으로는, 서로에 대해 1% 이내이면, 이들은 실질적으로 동일한 것으로 간주될 수 있다.
- [0111] 전류들이 실질적으로 동일하면, 시스템(30)은 하나의 상태에 있는데 이 상태에서, 핸드피스의 기계적인 구성요소에 인가되는 전류의 등가치는 정확한 주파수에서 구동 신호의 인가가 텁 헤드(52) 내의 적합한 진폭의 진동을 유도하는 레벨에 있다. 시스템(30)이 이 상태에 있으면, 프로세서(96)는 단계(164)로 향한다.
- [0112] 많은 상황에서, 단계(158)의 비교는 실제 전류(i_M^{CALC})가 목표 전류(i_M^{TARGET})와 실질적으로 동일하지 않다는 것을 가리킨다. 시스템(30)이 이 상태에 있을 때, 단계(160)에서 프로세서(96)는 VOLTAGE_SET 신호를 리셋한다. 더 구체적으로 설명하면, 프로세서(96)는 구동 신호 전압(V_S)을 위한 값을 계산하는데, 이는 수학식 3에 기초해서, 목표 전류(i_M^{TARGET})와 실질적으로 동일한 핸드피스의 기계적인 구성요소를 통한 조정된 전류 흐름을 야기한다. 단계(160)의 이 계산은 구동기 커페시턴스 및 상수인 구동 신호 주파수에 기초한다.
- [0113] 이후, 단계(160)에서, 구동 신호 전위를 위한 이 새로운 목표 값을 기초해서, VOLTAGE_SET 신호가 조정되어 발전기(68)로 출력된다.
- [0114] 단계(164)에서, 프로세서는 구동 신호가 핸드피스의 기계적인 구성요소의 공진 주파수에 있는지 또는 그와 실질적으로 동일한지를 결정한다. 이 결정은 수학식 11의 비율이 0과 동일한지 또는 실질적으로 동일한지 여부를 평가함으로써 이루어진다. 여기서, 0과 실질적으로 동일은 Re 가 0.1 이하, 바람직하게는 0.05 이하, 및 더 이상적으로는, 0.01 이하라는 것을 의미한다.
- [0115] 단계(164)의 비교는 핸드피스에 인가된 구동 신호가 핸드피스의 기계적인 구성요소의 공진 주파수에 있다는 것 또는 그와 실질적으로 동일하다는 것을 가리킬 수 있다. 이는 구동 신호에 대한 목표 상태이다. 이는 상대적으로 높은 진폭이 되도록 확장/수축을 조성하는 주파수에서 구동기(40)의 확장/수축을 구동 신호가 유도하고 있다는 것을 의미한다. 연장에 의해, 이는 텁 헤드가 상대적으로 높은 크기의 진동으로 작동되는 것을 야기한다.
- [0116] 구동 신호가 기계적인 구성요소의 공진 주파수 또는 그 근처에서 핸드피스에 인가되고 있지 않다고 단계(164)의 평가에서 결정될 수 있다. 프로세서(96)가 이 결정을 하면, 단계(166)에서, 프로세서는 구동 신호의 주파수를 리셋한다. 음수인 수학식 11의 좌측 상의 비율로 인해, 음의 결과를 낳는 단계(164)의 계산은 단계(166)에서, 구동 신호의 주파수가 증가해야 한다는 프로세서(96)에 의한 표시로서 해석된다. 단계(164)의 계산이 양의 결과를 낳으면, 구동 주파수가 핸드피스의 기계적인 구성요소의 공진 주파수에 더 가깝다는 것을 보장하기 위해 구동 신호의 주파수를 감소시키는 것이 필요한 상태에 핸드피스가 있다는 것을 가리키는 것으로 이 결과를 프로세서(96)는 해석한다.
- [0117] 프로세서(96)는 증폭기(70)에 인가되는 FREQUENCY_SET 신호를 조정함으로써 핸드피스에 인가되는 구동 신호의 주파수를 리셋한다. 단계(166)에서, 프로세서는 전류(i_S), 전압(V_S) 및 구동기 커페시턴스(C_o)가 상수라고 가정한다. 반복 프로세스에서, 상이한 주파수가 수학식 11에 대입된다. 수학식 11의 새로운 실행의 결과, 드라이브를 통한 전류 흐름과 핸드피스의 기계적인 구성요소에 인가되는 전류의 등가치의 비율의 실수 성분이 0보다 작다(또는 실질적으로 작다)고 결정될 수 있다. 이 조건이 존재하면, 다음 반복시에, 대입된 주파수가 이전에 대

입된 주파수보다 더 클 것이다. 수학식 11의 실행 및 평가 결과, 비율이 0보다 크다(또는 실질적으로 크다)고 결정될 수 있다. 이 조건이 존재하면, 다음 반복시에, 대입된 주파수가 이전에 대입된 주파수보다 더 작을 것이다. 비율이 0 또는 실질적으로 0인 것이 이 계산의 최종 결과이면, 구동 신호의 주파수는 대입된 주파수로 설정된다. 프로세서(166)는 이후 이 계산 결과에 기초해서 증폭기(70)에 출력되는 FREQUENCY_SET 신호를 조정한다. 제어 콘솔(64)은 이후, 차례로, 핸드피스(32)의 기계적인 구성요소의 공진 주파수에 있는 핸드피스에 구동 신호를 출력한다.

[0118] 도시되지 않았으나, 핸드피스(32)에 인가되는 구동 신호의 특징이 핸드피스로부터 판독되는 경계 파라미터에 의해 제한됨을 이해해야 한다. 구체적으로 설명하면, 구동 신호가 최대 주파수 레벨(V_s^{MAX})에 의해 명시되는 전위를 초과하지 않는다는 것을 보장하기 위해 VOLTAGE_SET 신호의 조정이 제한된다. 핸드피스에 인가되는 구동 신호의 전류가 i_s^{MAX} 를 초과하지 않으며 전류의 기계적인 성분이 i_M^{MAX} 를 초과하지 않는다는 것을 보장하기 위해 VOLTAGE_SET 신호의 조정이 더 제한된다.

[0119] 도 6a 및 도 6b에서, 단계(160)의 실행 후에, 또는 필요한 경우, 단계(164)의 실행 후에, 시스템은 단계(144)로 되돌리는 것으로 도시된다. 이는 목표 전류(i_M^{TARGET})를 재계산하는 프로세스 및 구동 신호의 전위 및 주파수를 선택적으로 조정하는 프로세스가 시스템이 작동된 채로 남아있는 한 일반적으로 수행되기 때문이다.

[0120] 제어 루프가 반복적으로 실행되는 다수의 이유가 존재한다. 일반적으로, 조정 결과, 구동 신호의 주파수가 조정되면, 핸드피스의 기계적인 구성요소의 두 가지의 구동기 임피던스(Z_0) 및 임피던스(Z_M)의 임피던스에서의 변화가 존재할 것이라는 것이 이해되어야 한다. 이는 핸드피스를 통한 전류 흐름, 및 더 구체적으로, 핸드피스의 기계적인 구성요소를 통한 전류(i_M^{CALC})의 변화를 야기한다. 시스템(30)은 이 변화들을 측정값(V_s 및 i_s)에서의 변화들로서 검출한다. 따라서, 단계(164)가 수행된 후에, 단계(158)의 다음 평가는 아마도, 시스템이 전류가 목표 전류(i_M^{TARGET})로부터 변이된 상태에 있다는 것을 가리킬 것이다. 이는 구동 신호의 전압의 크기를 조정하기 위해 단계(160)의 새로운 실행을 필요로 할 것이다.

[0121] 유사하게, 구동 신호의 전위의 조정 또한 전압(V_s) 및 전류(i_s)의 변화를 야기할 것이다. 이는 단계(164)가 실행되면, 구동 신호가 더 이상 핸드피스의 기계적인 구성요소의 공진 주파수에 있지 않다는 것을 평가가 가리킬 것이라는 것을 의미한다.

[0122] 제어 루프를 통한 복수의 사이클링 후에, 콘솔(64)은 구동 신호를 행사하는데, 이 구동 신호는, i_M^{TARGET} 과 실질적으로 동일한 그리고 핸드피스의 기계적인 구성요소의 공진 주파수에 있는, 핸드피스의 기계적인 구성요소를 통한 전류 흐름을 야기한다. 시작시에, 텁 헤드가 조직에 인가되지 않는다고 가정하면, 시스템은 2초 이하 뒤에, 더 종종은 1초 이하 뒤에 이 상태에 도달한다고 여겨진다.

[0123] 제어 루프가 연속적으로 실행되는 추가적인 이유는 핸드피스(32)가 어떻게 채용되는지에 대한 특성을 다루어야 하기 때문이다. 핸드피스가 기능하기 위해, 헤드(52)가 조직에 대해 위치된다(단계 미도시). 이는 조직에 대한 톱질, 조직의 제거를 야기하는 조직에 대한 치아모양의 전후 움직임이 있기 때문이다. 다시, 본 발명의 일부 구현예에서, 이러한 전후 움직임은 조직에 인접한 유체, 및 일부 예에서, 조직 그 자체의 캐비테이션을 야기하는 것이다.

[0124] 헤드가 조직에 대해 위치될 때, 기계 부하가 핸드피스를 형성하는 구성요소 위에 위치된다. 이 기계 부하는 핸드피스의 기계 부하의 임피던스를 바꾼다. 또한, 시스템(30)이 작동될 때, 핸드피스의 기계적인 구성요소의 온도가 종종 변한다. 구성요소 온도에서의 이 변화는 이러한 구성요소들의 특성에서의 변화를 야기한다. 구성요소 온도에서의 변화는 목표 주파수에서의 변이를 야기할 수 있다. 핸드피스의 기계적인 구성요소의 특징에서의 이 변이가 인더턴스(L_M), 저항(R_M), 및 커패시턴스(C_M) 각각을 바꿈으로써 도 7에 나타난다.

[0125] 임피던스 및 공진 주파수에서의 결과적인 변화는 핸드피스를 통한 전류(i_s)와 기계적인 구성요소를 통한 전류(i_M^{CALC}) 두 가지 모두의 흐름에서 변화를 야기한다. 제어 루프의 계속적인 실행은 따라서, 임피던스에서 이러한 변화가 발생할 때, 전류의 기계적인 성분이 목표 전류(i_M^{TARGET})와 실질적으로 동일하고 구동 신호의 주파수가 핸드피스의 기계적인 구성요소의 공진 주파수와 실질적으로 동일하다는 것을 보장하기 위해 구동 신호가 리셋된다는 것을 보장한다. 이 목표 파라미터와 가까운 구동 신호의 특징의 유지는, 텁 헤드(52)가 노출되는 기계 부

하가 변함에 따라, 헤드의 진동의 진폭이 실질적으로 일정하게 남아있는 것을 보장한다.

[0126] 나아가, 핸드피스(32)가 작동되는 시간 기간 동안에, 의사는 텁 헤드 진동의 진폭을 조정하기를 원할 수 있다. 이 조정은 스위치(106) 또는 유사한 제어 부재의 리셋에 의해 발생한다. (조정은 예시되지 않음.) 일단 이 조정이 발생하면, 단계(148)의 후속 실행에서, 새로 계산된 목표 전류(i_M^{TARGET})는 이전에 계산된 목표 전류와는 상이할 것이다. 이는 차례로, 아마도, 단계(158)의 다음 실행 결과, 전류(i_M^{CALC})가 더이상 목표 전류(i_M^{TARGET})와 실질적으로 동일하지 않다고 결정될 것이라는 것을 의미한다. 위에서 개시된 이유로, 이는 아마도, 구동 신호의 전의 및 주파수의 조정을 야기할 것이다.

[0127] 이로써, 단계(144)의 평가에서 시작하는 위에서 설명된 제어 투프는 풋 페달(104) 또는 그밖의 온/오프 제어가 작동된 채로 남아 있는 한 연속적으로 실행된다. 의사는 풋 페달(104)을 해제함으로써 핸드피스를 비활성화시킨다. 이는 단계(144)의 후속 실행 중 하나에서, 이 제어 부재가 오프 위치에 있다는 신호를 프로세서가 수신하게 한다. 프로세서(96)가 이 신호를 수신하는 것에 응답해서, 단계가 도시되지 않았으나, 프로세서는 구동 신호의 출력을 야기하도록 행사되었던 신호의 인가를 무효화한다. 시스템(30)은 대기 상태, 의사가 핸드피스(32)를 작동시키기를 원하는지를 결정하기 위해 온/오프 제어 부재로부터의 신호의 연속적인 모니터링으로 돌아간다.

[0128] 본 발명의 시스템(30)은, 단계(164 및 166)의 반복 실행으로 인해, 시스템이 핸드피스(32)의 기계적인 구성요소의 공진 주파수와 실질적으로 동일한 주파수에서 구동 신호를 유지하도록 구성된다. 이 관계는 핸드피스의 기계적인 구성요소의 공진 주파수가 기계적 하중 및/또는 이 구성요소의 온도 변화로 인해 변할 때 유지된다. 따라서, 시스템 발명은, 핸드피스의 텁 및 그밖의 구성요소가 기계적 하중을 받거나 온도 변화를 겪을 때조차도 원하는 진폭에서 텁의 헤드를 진동시킬 수 있다. 이는 텁 헤드가 원하는 진폭에서 연속적으로 진동한다는 것을 보장하기 위해 구동 신호를 연속적으로 조정해야 하는 시스템을 사용하는 수술 인력에 대한 필요성을 줄인다.

[0129] 또한, 절차 동안, 텁 헤드가 조직에 대해 갑자기 놀릴 수 있다. 이는 핸드피스의 기계적인 구성요소의 임피던스에서의 신속한, 상당한 증가를 야기한다. 임피던스에서의 이 신속한 변화에 응답해서, 본 발명의 시스템(30)은 구동 신호의 전위 및 주파수를 신속하게 조정한다. 구동 신호의 이 특징의 조정은 텁 헤드 진동이 원하는 진폭을 유지한다는 것을 보장하기 위해 작용한다. 이는 핸드피스의 갑작스런 기계적인 하중이 텁 헤드 진동의 진폭에서의 유사한 갑작스런 감소를 야기하는 정도를 감소시킨다.

[0130] 시스템(30)의 추가적인 특징은, 이 시스템이 구동 신호의 전압과 전류 사이의 특별한 위상 관계까지 추적하지 않는다는 것이다. 대신에, 시스템(30)은 핸드피스의 기계적인 구성요소에 인가되는 구동 신호의 등가치의 위상을 추적한다. 위에서 논의된 이유로, 이는 공급된 구동 신호가 핸드피스의 기계적인 공진을 유지하는 특징을 갖는 것을 보장한다.

[0131] 본 발명의 시스템(30)은, 핸드피스의 제어가 핸드피스의 특징에 기초해서 제어 콘솔 내의 구성요소의 커패시턴스, 저항 또는 인덕턴스의 매칭에 기초하지 않도록 추가로 구성된다. 이는 각 핸드피스가 자신의 구동기 커패시턴스를 갖는 상이한 핸드피스를 갖는 본 발명의 시스템(30)을 구성하기 위해 단일 콘솔(64)이 사용될 수 있다는 것을 의미한다. 이 콘솔은 구동기 커패시턴스를 설명하는 핸드피스 메모리(58)로부터 판독되는 데이터에 기초해서, 각 핸드피스를 위해 이 시스템을 구성한다. 마찬가지로, 핸드피스가 본 발명의 시스템(30)을 조립하기 위해 상이한 제어 콘솔과 함께 사용될 수 있다.

[0132] 본 발명의 시스템(30)은 목표 전류와 실질적으로 동일한 핸드피스의 기계적인 구성요소에 전류 등가치를 인가하도록 추가로 설계된다. 이 목표 전류는 텁 헤드 진동의 원하는 진폭에 대한 의사의 설정에 기초한다. 따라서, 본 발명의 시스템은 텁 헤드 진동의 진폭을 제어하는 상대적으로 정확한 수단을 의사에게 제공한다.

IV. 구동 신호 주파수 제어의 첫 번째 대안적인 방법

[0133] 본 발명의 시스템(30)의 대안적인 구성에서, 구동 신호의 목표 주파수가 핸드피스의 기계적인 구성요소의 반공진 주파수로 설정된다. 이 반공진 주파수는 핸드피스(32)의 임피던스가 최대에 있는 주파수이다. 이상적으로, 이는 무한대에 이른다.

[0134] 본 발명의 이 버전에서, 단계(164)에서, 압전 구동기(40)에 공급된 전류와 핸드피스(32)의 기계적인 구성요소에 인가되는 전류의 등가치의 비율의 실수 성분이 다음과 같이 평가된다.

[0135] [수학식 13]

$$-\operatorname{Re} \left\{ \frac{j\omega V_s C_o}{i_s - j\omega V_s C_o} \right\} = 1$$

[0138] 단계(164)의 평가가 비율이 실질적으로 1과 동일해지는 것을 야기하지 않으면, 프로세서는 상이한 주파수를 단계(166)에서 수학식 13에 대입한다. 이 프로세스는 프로세서가 실질적으로 1과 동일한 주파수를 결정할 때까지 계속된다. 이 주파수는 반공진 주파수이다. 프로세서가 이후, 제어 콘솔이 이 주파수에서 구동 신호를 공급하게 하는, FREQUENCY_SET 신호를 출력한다.

[0139] 본 발명의 그밖의 버전에서, 프로세서(96)는 공진 또는 반공진 주파수와 상이한 목표 주파수에 대해 압전 구동기(40)에 공급된 전류와 핸드피스(32)의 기계적인 구성요소에 인가되는 전류의 등가치의 비율의 실수 성분을 평가할 수 있다. 따라서, 평가치는 1과 0 사이의 값 또는 1보다 훨씬 더 큰 값일 수 있다.

V. 구동 주파수 제어의 두 번째 및 세 번째 대안적인 방법

[0140] 본 발명의 시스템(30)의 일부 구성에 대해, 도 4b의 회로는 핸드피스를 형성하는 기계적인 구성요소의 임피던스의 매우 간략화된 모습이다. 본 발명의 이 버전을 위해, 수학적으로 도 8에 나타난 바와 같이, 일부 초음파 도구의 기계적인 구성요소는 병렬로 함께 연결된 복수의 RLC 직렬 연결 회로를 포함하는 것으로 간주될 수 있다. 이는 이 구성요소들이 주파수 범위에 걸쳐 이 구성요소들이 공진 속에 있는 복수의 주파수를 갖는다는 것을 의미한다; 임피던스의 리액티브 성분이 0이다. 이러한 타입의 핸드피스(32) 및 텁(48)의 임피던스(Z_h)는 다음과 같이 표현된다:

[0141] [수학식 14]

$$Z_h = \frac{1}{j\omega C_o + \frac{1}{j\omega L_{M_1} + R_{M_1} + \frac{1}{j\omega C_{M_1}}} + \frac{1}{j\omega L_{M_2} + R_{M_2} + \frac{1}{j\omega C_{M_2}}} + \dots + \frac{1}{j\omega L_{M_n} + R_{M_n} + \frac{1}{j\omega C_{M_n}}}}$$

[0142] $L_{M_1}, L_{M_2}, \dots, L_{M_n}, R_{M_1}, R_{M_2}, \dots, R_{M_n}$ 및 $C_{M_1}, C_{M_2}, \dots, C_{M_n}$ 는 각각, 핸드피스의 기계적인 구성요소의 RLC 브랜치 각각의 인덕턴스, 저항, 및 커파시턴스이다.

[0143] 구동 신호가 핸드피스에 인가되는 주파수 범위 내에 이 복수의 공진 주파수가 있으면, 구동 신호를 이 타입의 핸드피스 및 텁 조립체에 인가하는 데 있어서 어려움이 생길 수 있다. 이 문제점의 본질은 도 9를 참조해서 이해된다. 여기서, 플롯(182)은 텁이 공기 중에서 작동될 때 핸드피스의 기계적인 구성요소에 대해 주파수 범위에 걸쳐 리액턴스를 나타낸다. 구동 신호가 25.20kHz에서 25.65kHz에 이르는 주파수 범위, 도 9의 두 개의 두꺼운 수직선(181 및 183) 내의 영역에 걸쳐 핸드피스에 인가된다. 이 주파수 범위 내에서, 기계적인 임피던스의 리액티브 성분은 대략적으로 25.54kHz에서 0 리액턴스 지점과 한번 교차한다. 핸드피스의 기계적인 리액턴스는 또한 구동 주파수의 범위 밖에서, 대략적으로 25.86kHz에서 0 리액턴스 지점과 교차한다. 그러나, 제어 콘솔(64)이 구동 신호를 인가하는 범위 밖에서 두 번째 교차가 있기 때문에, 기계적인 리액턴스가 이 주파수에서 0인 점이 시스템의 동작에 영향을 주지 않는다.

[0144] [0145] 플롯(184)은 진동하는 동안, 텁이 부하에 대해 눌릴 때, 주파수에 걸쳐 핸드피스의 기계적인 구성요소의 리액턴스에서의 변화를 나타낸다. 이 부하는 텁이 제거하도록 의도되는 조작으로 이해된다. 위에서 논의된 바와 같이, 이는 핸드피스를 형성하는 기계적인 구성요소의 등가 저항 및 리액턴스에서의 변화를 야기한다. 소정의 주파수에서의 리액턴스는 플롯(182)에서 플롯(184)으로 변한다. 여기서, 구동 신호가 인가되는 주파수 범위 내에서, 핸드피스의 기계적인 구성요소의 등가 리액턴스가 0 리액턴스 지점과 두 번, 25.30kHz와 25.45kHz에서 교차할 수 있다는 것을 알 수 있다.

[0146] [0147] 특별한 핸드피스 및 텁 조립체가 가장 효율적으로 기능하도록, 통상적으로, 두 개의 공진 주파수 중 더 낮은 또는 그에 가까운 주파수에서 구동 신호를 인가하는 것이 바람직하다. 두 개의 공진 주파수 중 더 낮은 주파수는 따라서 목표 주파수이다. 단계(164)가 실행될 때의 소정 예에서, 단계(164)의 평가 결과가 다음의 결과를 반환

$$-\operatorname{Re} \left\{ \frac{j\omega V_s C_o}{i_s - j\omega V_s C_o} \right\} < 0$$

할 수 있다: 이는 플롯(184)의 예를 위해, 구동 주파수가 25.45kHz보다 더 큰 경우 위에서 논의된 바와 같이 단계(164)를 실행할 때 이 결과가 반환된다는 것이다. 이것이 단계(164)의 평가 결과

이면, 단계(166)의 실행에서, 제어 프로세서(66)는 구동 신호의 주파수를 증가시킨다. 이는 구동 신호가, 실제로는 구동기(40)가 원하는 목표 주파수로부터 더 멀리 있는 주파수에서 핸드피스의 기계적인 구성요소를 진동하게 한다.

[0148] 위에서 식별된 이벤트가 발생할 가능성을 줄이기 위해, 본 발명의 일부 버전에서, 시스템은 가상 임피던스(X_{adj})를 핸드피스의 기계적인 구성요소의 임피던스에 선택적으로 가산한다. 개략적으로는, 도 10에 도시된 바와 같이, 가상 임피던스(X_{adj})가 핸드피스의 기계적인 구성요소의 임피던스의 수학적 모델과 직렬로 있는 것으로 보인다.

[0149] 도 11은 핸드피스의 기계적인 구성요소의 임피던스에 이 가상 임피던스를 가산하는 효과를 나타낸다. 도 11에서, 플롯(184)은 도 9에 보이는 바와 같이 텁이 부하 하에 있을 때 핸드피스의 기계적인 구성요소의 리액턴스의 동일 플롯이다. 플롯(185)은 가상 임피던스(X_{adj})의 리액티브 성분이다. 여기서, 핸드피스의 기계적인 구성요소의 리액턴스가 0인 주파수에서 가상 임피던스의 리액티브 성분은 0으로 가정된다. 플롯(186)은 플롯(184 및 186)의 리액턴스 합이다. 플롯(186)이 보여주는 바와 같이, 가상 리액턴스가 기계적인 리액턴스에 가산될 때, 총 리액턴스는 구동 주파수가 인가되는 주파수 범위에서 단일 0 교차만을 구비한다.

[0150] 도 12는 가상 임피던스를 핸드피스의 기계적인 구성요소의 실제 임피던스에 가산하도록 설계된 본 발명의 버전의 대안적인 구성요소의 블록 및 부분도이다. 직사각형으로 나타난 핸드피스(190)는 이전에 설명된 핸드피스(32)와 동일한 특징을 갖는다. 이 특징은 구동 신호가 핸드피스 내의 구동기(40)에 공급되는 전도성 소켓 또는 그밖의 접점(196 및 198)을 포함한다. 구동 신호는 핸드피스가 연결되는 제어 콘솔 소켓과 일체로 된 펀 또는 그밖의 전도성 접점(188 및 189)으로부터 공급된다. 예시의 용이함을 위해, 케이블(62)이 도 12에 보이지 않는다.

[0151] 핸드피스(190) 내의 특정 메모리(58)는 RFID 태그이다. 메모리(58)가 RFID 태그이기 때문에, 코일 또는 안테나(202)가 또한 핸드피스(190) 내에 도시 및 메모리(58)에 연결된다. 코일(202)은 제어 콘솔 소켓에 연결된 케이블의 종단 내에 있는 것으로 이해된다. 코일(202)은 신호를 콘솔 소켓 내에 배치된 상보적 코일(187)과 유도식으로 교환하도록 구성 및 위치지정된다. 도시되지 않았으나, 콘솔 코일(187)은 콘솔 메모리 판독기(102)에 연결된다. 메모리 판독기(102)는 코일(187)을 통해 수신된 신호를 프로세서(96)에 의해 판독될 수 있는 신호로 변환한다. 메모리 판독기(102)는 또한 프로세서(96)가 메모리에 기록되기를 원하는 데이터를 핸드피스 메모리(58)에 출력한다.

[0152] 제2 코일, 코일(206)이 또한 핸드피스(190) 내에 배치된다. 코일(202)이 통상적으로 핸드피스(190)의 근위단에 인접해서 위치되는 반면에, 코일(206)은 통상적으로 원위단에 인접해서 위치된다. 더 구체적으로, 코일(206)은 아래에서 논의되는 슬리브 코일(212)과 신호를 교환하도록 위치지정된다. 핸드피스(190) 내의 컨덕터(204)는 코일(202)을 코일(206)과 연결한다.

[0153] 텁(48)이 연장하는 슬리브(55)가 도 12 내의 테이퍼드 유닛으로 나타난다. 텁 메모리(214)가 슬리브(55) 내에 배치된다. 두 가지 이유로 메모리(214)가 슬리브(55) 내에 있음에도 메모리(214)는 “텅 메모리”로 언급된다. 첫째, 별개의 구성요소인 반면에 텁(48) 및 슬리브(55)는 통상적으로 키트로서 함께 포장된다. 둘째, 메모리(55) 내에 포함된 데이터는 주로 텁(48)의 작동을 제어하기 위해 사용된다. 슬리브(55) 내에 삽입되는 코일(212)은 텁 메모리(55)와 연결된다.

[0154] 도 13은 텁 메모리(214)에 저장된 데이터 중 일부를 나타낸다. 텁 식별 데이터 필드(218)는 필드(112) 내의 핸드피스 식별 데이터와 유사한 텁 식별 데이터를 포함한다. 최소 및 최대 전류 필드(220 및 224)가 존재한다. 필드(220 및 222)는 메모리(214)가 연관된 특정 텁을 위해 핸드피스의 기계적인 구성요소에 인가되어야 하는 전류의 등가치의 범위를 가리키는 데이터를 포함한다. 최대 전압 필드(120)와 유사한 최대 전압 필드(224)가 핸드피스 메모리 내에 존재한다. 구동 주파수 필드(226 및 228)가 존재한다. 필드(226 및 228) 내의 데이터는 구동 신호에 대한 텁 특정 주파수 범위를 명시할 수 있는데, 이 주파수 범위는 핸드피스 메모리, 최대 및 최소 구동 주파수 필드(122 및 124) 각각 내에 명시된 핸드피스 구동 신호의 주파수 범위와 상이할 수 있다. PID 계수 필드(230)는 텁에 대해 핸드피스 PID 계수 필드(126) 내의 데이터보다 더 특정적일 수 있는 제어 신호를 위한 필터링 계수를 포함한다. 텁 사용 이력 필드(232)는 텁의 사용에 대한 데이터를 포함한다. 메모리 판독기(102)를 통한 콘솔 프로세서(96)가 데이터를 필드(232)에 기록할 수 있다.

[0155] 텁 메모리는 또한 목표 주파수 필드(234), 및 임피던스 조정 계수 필드(236)을 포함한다. 목표 주파수 필드

(234)는 핸드피스에 인가되는 구동 신호의 주파수 범위 내에 있는 주파수(ω_{target})를 나타내는 데이터를 포함한다. 더 구체적으로, 주파수(ω_{target})는 텁이 부하 하에 있을 때 기계적인 리액턴스가 최소에 있는 핸드피스의 구동 주파수의 범위 내에 있는 주파수이다. 텁이 노출되는 부하가 절차들 사이에서 그리고 심지어 단일 절차 내에서 변한다는 것이 이해되어야 한다. 이는 절차들 사이에서 그리고 절차 내에서, 핸드피스의 기계적인 리액턴스가 최소 지점에 있는 주파수가 상수가 아니라는 것을 의미한다, 주파수(ω_{target})는 그러므로, 핸드피스 부하에 대한 리액턴스 최소 지점이 예상되는 일반적으로 예상되는 범위 내의 주파수이다. 계수 필드(236)는 주파수에 걸쳐 리액턴스의 변화를 정의하는 위에서 설명된 계수(m)를 포함한다.

[0156] 핸드피스(190)가 부착되는 본 발명의 시스템은 핸드피스(32)가 구동되는 일반적으로 동일한 방식으로 구동된다. 그럼에도 불구하고, 도 6a 및 도 6b에서 서술된 바와 같이 프로세스 단계들에서 일부 차이가 존재한다. 단계(142)에서, 제어 프로세서(96)는 핸드피스 메모리(58) 내의 데이터를 더 많이 판독한다. 또한, 단계(142)에서, 제어 프로세서는 텁 메모리(214) 내의 데이터를 판독한다.

[0157] 시스템이 텁(48)을 진동시킬 수 있는지를 프로세서가 핸드피스 메모리(58) 및 텁 메모리(214) 내의 데이터에 기초해서 결정하는 단계들은 도시되지 않는다. 시스템이 텁을 진동시키기에 부적합하다는 것을 가리키는 데이터는 텁이 그 설계된 수명 이상 사용되었다는 것을 가리키는 데이터를 포함한다. 시스템이 텁을 진동시켜서는 안 된다는 것을 가리키는 그밖의 데이터는 핸드피스 및 텁으로부터의 식별 데이터를 포함하는데, 이 데이터는 텁은 핸드피스가 진동하도록 의도되는 텁이 아니라는 것을 집합적으로 가리킨다. 현재 구성에서 시스템이 텁을 구동하는 것이 부적합하면, 콘솔이 구동 신호를 왜 핸드피스(190)에 공급하지 않을지를 가리키면서, 제어 프로세서(96)는 통상적으로, 정보가 디스플레이(108) 상에 제시되게 한다. 본 발명의 일부 버전에서, 이 정보는 오직 경고로서 제시된다. 이 정보가 제시된 후에, 의사은 여전히 핸드피스를 작동시킬 기회를 제공받는다.

[0158] 단계(148)에서, 프로세서(94)는 도구 메모리(214)로부터 검색된 최대 전류값에 기초해서 목표 전류(i_M^{TARGET})를 설정한다. 구동 신호의 주파수 범위는 메모리(214)로부터 또한 검색되는 주파수 범위에 기초해서 설정될 수 있다.

[0159] 구동 신호의 특징이 어떻게 결정되는지에 있어서의 추가적인 변화는 단계(164)가 실행될 때 발생한다. 본 발명의 이 버전에서, 제어 프로세서(96)는 핸드피스의 기계적인 구성요소가 공진인지를 결정하기 위해 수학식 11의 평가를 사용하지 않는다. 대신에, 프로세서는 핸드피스의 기계적인 구성요소가 공진 속에 있는지 여부를 평가하기 위해 다음 공식을 사용한다:

[0160] [수학식 15]

$$-Re \left\{ \frac{j\omega V_s C_O}{i_s - j\omega V_s C_O} \right\} + m(\omega - \omega_{target}) = 0.$$

[0162] 여기서, ω_{target} 는 텁 메모리 필드(234)로부터 판독되는 목표 공진 주파수이다. 계수(m)는 가장 임피던스를 확립하기 위한 기울기를 주파수의 함수로서 설정하는 계수이다. 이는 텁 메모리 필드(236)로부터 판독되는 계수이다. 변수(m 및 ω_{target})는 따라서 도 11 내의 플롯(185)에 의해 나타낸 바와 같이 가장 임피던스의 리액티브 성분의 0 교차 및 기울기를 정의한다. $m(\omega - \omega_{target})$ 성분의 가산과 함께, 수학식 11의 비율과 비교해서 수학식 15의 좌측 상의 스칼라가 수정된 비율로 간주될 수 있다.

[0163] 가장 임피던스를 단계(164)의 평가에 포함하는 것은, 구동 신호의 주파수 범위 내의 리액턴스의 기계적인 성분 중 실수 성분의 리액턴스의 복수의 0 교차가 존재하면, 구동 신호가 감소 또는 증가될 필요가 있다면 이 평가가 여전히 원하는 공진 주파수에 대해 가리킬 것이라는 것을 보장한다. 따라서, 플롯(186)의 예를 사용해서, 단계(164)의 이 버전의 평가가 부정적으로 테스트된다면, 신호를 공진으로 구동하기 위해 주파수가 증가해야 한다는 것을 명확히 의미한다. 유사하게, 평가가 긍정적으로 테스트하면, 구동 신호의 주파수는 명확히 감소된다.

[0164] 본 발명의 이 버전은 또한 의사가 텁 헤드(52)를 조직에 먼저 위치시키고 이후 핸드피스(32)를 작동시키기를 원하는 경우에 유용하다. 이 상황에서, 작동될 때 핸드피스 및 텁은 이미 부하 하에 있다. 이들의 기계적인 특성으로 인해, 부하 하에서 시작될 때, 부하의 저항이 진동을 본질적으로 무 진동인 레벨로 즉시 감쇠시키는 특성을 일부 텁은 갖는다. 핸드피스 및 텁이 이 조건에 있을 때, 시스템은 본질적으로 멈춤 상태에 있는 것으로 간주될 수 있다. 시스템이 이 상태에 있을 때, 핸드피스의 기계적인 구성요소의 리액턴스는 본질적으로 구동 주파수의 범위에 걸쳐 일정하다. 본질적으로, 임피던스의 기계적인 저항 성분이 유도 및 용량 임피던스의 기계적인

등가치보다 상당히 커지게 된다. 이는 예컨대, 플롯(184)에 의해 나타난 바와 같이 주파수에 따른 리액턴스에서의 변화가 겸출하기 어렵다는 것을 의미한다.

[0165] 따라서, 이 조건이 존재하는 본 발명의 버전에서, 위 수학식 16의 조정 성분은 주파수에 따라 변하는 비율의 주요 성분이 된다. 따라서, 핸드피스 및 텁이 멈추어야 한다면, 단계(164)의 실행시에, 프로세서는 구동 주파수가 부하 하의 공진 주파수에서 텁을 구동시키는데 필요한 구동 주파수에 얼마나 가까운지에 대한 어떤 표시를 여전히 획득한다. 실제로, 시스템이 이 조건에 있을 때 통상적으로 발생하는 것은 프로세서가 구동 신호의 주파수를 증가시키는 것이다. 구동 신호의 주파수에서의 이 증가는 핸드피스가 멈춤 상태를 벗어나게 하는 주파수에서 핸드피스 구동기 및 텁이 진동하게 한다.

[0166] 본 발명의 시스템과 통합될 수 있는 모든 텁을 위한 가상 임피던스를 고려하는 것이 필요하지 않을 수 있다는 것이 인식되어야 한다. 이러한 조정이 필요하지 않은 텁을 위해, 임피던스 조정 계수(m)가 0으로 설정된다. 이는 수학식 15가 수학식 11로 다시 작아지게 한다.

[0167] 본 발명의 네 번째 대안 버전에서, 이 가상 임피던스의 가산은 구동 신호의 주파수의 설정을 조절하기 위해 사용되어, 구동 신호가 핸드피스의 기계적인 구성요소의 임피던스의 반공진 주파수에 있게 된다. 따라서, 수학식 13 및 수학식 15은 다음과 같이 조합된다:

[수학식 16]

$$-\text{Re} \left\{ \frac{j\omega V_s C_O}{i_s - j\omega V_s C_O} \right\} + m(\omega - \omega_{\text{target}}) = 1.$$

[0170] 본 발명의 여전히 다른 버전에서, 수학식 15 및 수학식 16의 좌측 상의 수정된 비율은 공진 주파수와 반공진 주파수 사이의 주파수를 나타내는 목표 비율과 비교될 수 있다.

VI. 구동 주파수 제어의 네번째 대안적인 수단

[0172] 본 발명의 여전히 다른 버전에서, 구동 신호의 주파수만이 조정된다. 본 발명의 이 버전에서, 구동 신호의 주파수가 조정되어, 핸드피스의 기계적인 구성요소의 공진 주파수 또는 그 근처에 있는 그리고 핸드피스의 기계적인 구성요소에 인가되어야 하는 전류의 등가치를 위한 원하는 목표 또는 그 근처에 있는 전류 레벨에 있는 구동 신호를 인가한다.

[0173] 본 발명의 이 버전은 도 15a 및 도 15b의 흐름도를 참조해서 이해된다. 본 발명의 이 버전에서, 단계(140, 142, 144, 148 및 154)는 도 6a 및 도 6b의 흐름도가 나타낸 프로세스에 대해 위에서 논의된 바와 실질적으로 동일하게 수행된다. 핸드피스가 초기에 작동되는 본 발명의 이 버전에서, 이전에 설명된 단계(150)에 대한 대안인 단계(150A)는 핸드피스가 초기에 작동될 때 실행된다. 단계(150A)에서, 프로세서(96)는 핸드피스에 인가되어야 하는 최고 전압을 나타내는 VOLTAGE_SET 신호를 출력한다. 프로세서(96)는 또한 FREQUENCY_SET 신호를 발생시켜서 출력한다. 단계(150)에서 초기 FREQUENCY_SET 신호를 결정하기 위해 사용되는 동일한 프로세스가 단계(150A)에서 동일한 신호를 출력하도록 단계(150A)에서 사용될 수 있다. 단계(154)가 실행된 후에, 본 발명의 이 방법에서, 단계(252)에서, 프로세서는 핸드피스의 기계적인 구성요소를 통한 등가 전류 흐름에 대한 구동기(40)를 통한 전류 흐름의 비율, 수학식 11의 좌측의 비율을 계산한다. 단계(254)에서, 이 비율은 목표 비율(TF)와 비교된다. 초기에, 목표 비율은 핸드피스의 기계적인 구성요소에 대해 구동 신호의 원하는 목표 주파수를 나타내는 스칼라 값이다. 예컨대, 공진 주파수에서 핸드피스의 기계적인 구성요소를 구동하는 것이 필요하면, 초기 목표 비율은 0이다. 예컨대, 반공진 주파수에서 핸드피스의 기계적인 구성요소를 구동하는 것이 필요하면, 초기 목표 비율은 1이다. 초기 목표 비율은 이 값을 사이에 있을 수 있다. 이는 핸드피스의 기계적인 구성요소가 공진 주파수에서의 민감도와 반공진 주파수에서의 민감도 사이의 민감도를 갖는 경우일 것이다.

[0174] 이 비교에 기초해서, 필요한 경우, 구동 신호의 주파수는 단계(256)에서 선택적으로 리셋된다. FREQUENCY_SET의 이 분석 및 리셋은 단계(164 및 166)의 분석 및 주파수 리셋과 유사하다.

[0175] 단계(254) 그리고, 필요한 경우, 단계(256)가 실행된 후에, 단계(258)에서, 프로세서는 핸드피스의 기계적인 구성요소를 통한 등가 전류 흐름, 전류(i_M^{CALC})를 결정한다. 단계(258)는 단계(156)와 유사하다. 단계(260)에서, 이 계산된 전류는 목표 전류, 전류(i_M^{TARGET})와 비교된다. 단계(260)는 단계(158)과 유사하다.

[0176] 계산된 전류가 목표 전류와 상대적으로 가까우면, 프로세서(96)는 구동 신호가 핸드피스의 기계적인 구성요소에 대한 원하는 목표 주파수와 실질적으로 동일한 주파수에 있고 이 구성요소를 통한 등가 전류의 이 등가

치의 목표와 실질적으로 동일한 상황에 시스템이 있다고 결정한다. 시스템이 이 상태에 있으면, 프로세서는 단계(144)로 되돌린다. 이 되돌림은 단계(164) 또는 단계(166)가 실행된 후에 수행되는 단계(144)로의 되돌림과 유사하다.

[0177] 단계(260)의 실행 결과, 계산된 전류와 목표 전류 사이에 실질적인 차이가 있다고 결정될 수 있다. 많은 상황에서, 이는 계산된 전류가 목표 전류보다 더 높기 때문이다. 본 발명의 시스템이 이 상태에 있으면, 단계(262)에서, 프로세서는 목표 비율의 값을 조정한다. 이 새로운 비율은 TR^{ADJ} 이다. 이는 목표 구동 주파수로부터 떠나서 구동 주파수의 후속적인 리셋이 핸드피스의 기계적인 구성요소에 인가된 전류의 등가치에서 유사한 감소를 야기할 것이기 때문이다.

[0178] 단계(264)에서, 핸드피스의 기계적인 구성요소를 통한 전류 흐름의 등가치에 대한 구동기를 통한 전류의 비율이 조정된 목표 비율과 비교된다. 아마도, 이 비교는 실제 비율이 조정된 목표 비율과 실질적으로 상이하다는 것을 가리킬 것이다. 이 상황에서, 단계(266)에서, 프로세서는 FREQUENCY_SET 신호를 조정한다. 이 FREQUENCY_SET 신호는 리셋되어, 핸드피스의 기계적인 구성요소에 인가되는 전류의 등가치가 이 등가 전류를 위한 목표에 이르는 레벨로 리셋되게 하는데 필요한 것과 새 구동 신호가 더 가깝게 한다. 초기 목표 전류와 조정된 목표 전류에서의 차이가 미미하면, 단계(266)는 실행되지 않을 수 있다.

[0179] 단계(264)의 실행 후에 그리고 때로는 단계(262)의 실행 후에, 프로세서(96)는 단계(144)의 실행으로 되돌린다.

[0180] 본 발명의 이 버전은, 핸드피스를 위한 원하는 목표 주파수에 가까운 주파수에 있는 그리고 핸드피스의 기계적인 구성요소에 인가되는 전류의 등가치가 구동 신호의 전위를 설정해야 할 필요 없이 이 전류 흐름을 위한 목표에 가깝게 하는 핸드피스에 구동 신호를 공급한다.

[0181] VII. 구동기 커패시턴스를 획득하는 대안적인/부가적인 수단

[0182] 본 발명의 대안적인 버전에서, 제어 콘솔(64) 내에 적어도 하나의 암전 구동기의 커패시턴스(C_o)를 측정할 수 있는 회로가 있다. 예컨대, 커패시턴스는 주파수 범위에 걸쳐 이어지는 구동 신호를 출력함으로써 획득될 수 있다. 이 시간 기간 동안, 측정치(V_s 및 i_s)가 상이한 주파수를 갖는 구동 신호에 대해 발생된다. 이 데이터에 기초해서, 프로세서(96)는 구동기 커패시턴스(C_o)를 수학적으로 결정한다.

[0183] 본 발명의 시스템(30)은 이 커패시턴스 결정 프로세스를 수행해서 구동기 커패시턴스를 설명하는 데이터를 포함하는 메모리를 핸드피스에 제공할 필요를 제거하도록 구성될 수 있다. 본 발명의 이 버전에서, 시스템은 단계(140)의 일부, 시스템의 초기 구성으로서 구동 커패시턴스를 결정한다.

[0184] 또한, 시스템이 구동기의 커패시턴스 값을 설명하는 데이터를 핸드피스와 연관된 메모리부터 획득할 수 있을 때도 구동기 커패시턴스를 결정할 이 능력을 시스템(30)에 제공할 이유가 존재한다. 시스템에 이 능력을 제공하고 시스템이 이 프로세스를 수행하게 하는 것이 바람직한 한 가지 이유는 핸드피스의 동작 상태를 결정하기 위해서이다. 구체적으로 설명하면, 이 시스템은 이 단계를 수행하고 프로세서가 발생시킨 구동기 커패시턴스 결정을 핸드피스 메모리로부터 획득된 커패시턴스 값, 단계(142)에서 획득된 값을 비교하도록 구성될 수 있다. 이 커패시턴스 값이 실질적으로 동일하지 않으면, 프로세서는 이 차이를 핸드피스가 오작동 상태에 있을 수 있다는 것을 가리키는 것으로 해석한다. 이 오작동은 일정 타입의 피해를 입는 구동기로 인해 발생할 수 있다. 프로세서는 이후 핸드피스가 적절히 기능할 수 없다는 것을 가리키는 메시지를 행사할 것이다. 의사은 이후 이 정보를 사용해서, 이 특별한 핸드피스를 사용해서 절차를 진행하는 것이 적합한지 여부를 결정할 수 있다.

[0185] 본 발명의 양쪽 구성에서, 시스템은 절차가 시작한 후에도 구동기 커패시턴스를 결정하도록 추가로 구성될 수 있다. 위에서 언급된 바와 같이, 구동기 커패시턴스는, 본 발명에 따라 구동 신호를 공급할 목적으로, 실질적으로 일정하다. 그럼에도 불구하고, 절차 중의 시간 내내 구동기 커패시턴스가 변할 수 있는 상황이 존재할 수 있다. 예컨대, 핸드피스가 연장된 시간 기간, 10분 이상 동안 사용되면, 구동기(40)를 포함하는 핸드피스가 마찰 유도된 가열로 인해 영향받을 수 있다. 이 가열은 구동기(40)의 반복적인 확장 및 수축의 결과이다. 핸드피스의 온도 변화는 구동기 커패시턴스에서 변화를 야기할 수 있다. 이로써, 초기 커패시턴스가 핸드피스 메모리(58)로부터 관리될 때도, 시스템은 구동기 커패시턴스를 결정하기 위해 프로세스를 주기적으로 실행할 수 있다.

[0186] 본 발명의 이 구성에서, 결정된 구동기 커패시턴스가 이전 커패시턴스의 설정된 범위 내에 있으면, 프로세서(96)는 이 새로 결정된 구동기 커패시턴스를 가변 구동기 커패시턴스(C_o)로 사용해서 구동 신호의 특징을 설정한다. 그러나, 새로 결정된 구동기 커패시턴스가 이전 구동기 커패시턴스에 대해 설정된 범위 밖에 있는 상황이

존재할 수 있다. 프로세서(96)는 이 상태에 있는 시스템(30)을 핸드피스(32)가 오작동 상태에 들어갔다는 표시로 해석하도록 설정될 수 있다. 프로세서(96)가 이 결정을 하면, 프로세서는 핸드피스가 이 상태에 있을 수 있다는 것을 가리키면서 메시지가 디스플레이되게 할 수 있다.

[0187] VIII. 핸드피스의 기계적인 구성요소의 임피던스의 대안적인 모델

[0188] 본 발명의 대안적인 구성에서, 구동기(40)에 인가되는 전류의 모델 및 핸드피스의 기계적인 구성요소에 인가되는 전류의 등가치는 이 구성요소의 저항, 인덕턴스, 및 커패시턴스의 대안적인 모델에 기초할 수 있다.

[0189] 도 14는 임피던스를 전류 및 인가된 전류의 등가치에 제시하는 핸드피스의 구성요소의 배치의 하나의 대안적인 모델을 나타낸다. 이 모델에서, 커패시턴스는 두 가지 성분, 조합 커패시턴스(C_A) 및 혼합 커패시턴스(C_X)를 갖는다. 이 커패시턴스 각각은 수학식 14 및 수학식 15에 의해 나타난 바와 같이 핸드피스(40)의 기계적인 구성요소의 구동기 커패시턴스와 등가 커패시턴스 둘 모두의 함수이다.

[0190] [수학식 17]

$$C_A = C_0 + C_M$$

[0192] [수학식 18]

$$C_X = \frac{C_0^2}{C_M} + C_0$$

[0194] 인덕턴스는 혼합 인덕턴스(L_X)이다. 이 인덕턴스는 핸드피스의 기계적인 구성요소의 등가 인덕턴스, 이 구성요소의 등가 커패시턴스, 및 구동기 커패시턴스의 함수이다. 수학식 19는 혼합 인덕턴스를 결정하기 위한 하나의 수단이다:

[0195] [수학식 19]

$$L_X = L_M \left(\frac{C_M}{C_0 + C_M} \right)^2$$

[0197] 저항은 혼합 저항(R_X)이다. 수학식 17이 가리키는 바와 같이, 혼합 저항은 핸드피스의 기계적인 구성요소의 등가 저항, 이 구성요소의 등가 커패시턴스, 및 구동기 커패시턴스의 함수이다:

[0198] [수학식 20]

$$R_X = R_M \left(\frac{C_M}{C_0 + C_M} \right)^2$$

[0200] 이는 핸드피스 임피던스, 핸드피스의 기계적인 구성요소에 인가된 전류의 등가치, 및 핸드피스의 기계적인 구성요소를 통한 등가 전류 흐름의 비율의 실수 성분을 계산하기 위해 사용된 수학식에서 유사한 변화가 존재한다는 것을 의미한다.

[0201] 나아가, 예시되지 않으나, 핸드피스의 기계적인 구성요소의 등가 임피던스의 그밖의 모델에서, 세 가지 임피던스 기여 성분, 저항, 인덕턴스 또는 커패시턴스 중 두 개가 서로 병렬로 있을 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 이 모델에서, 세 번째 성분은 두 개의 병렬 성분과 직렬로 있다.

[0202] IX. 부가적인 대안적인 버전

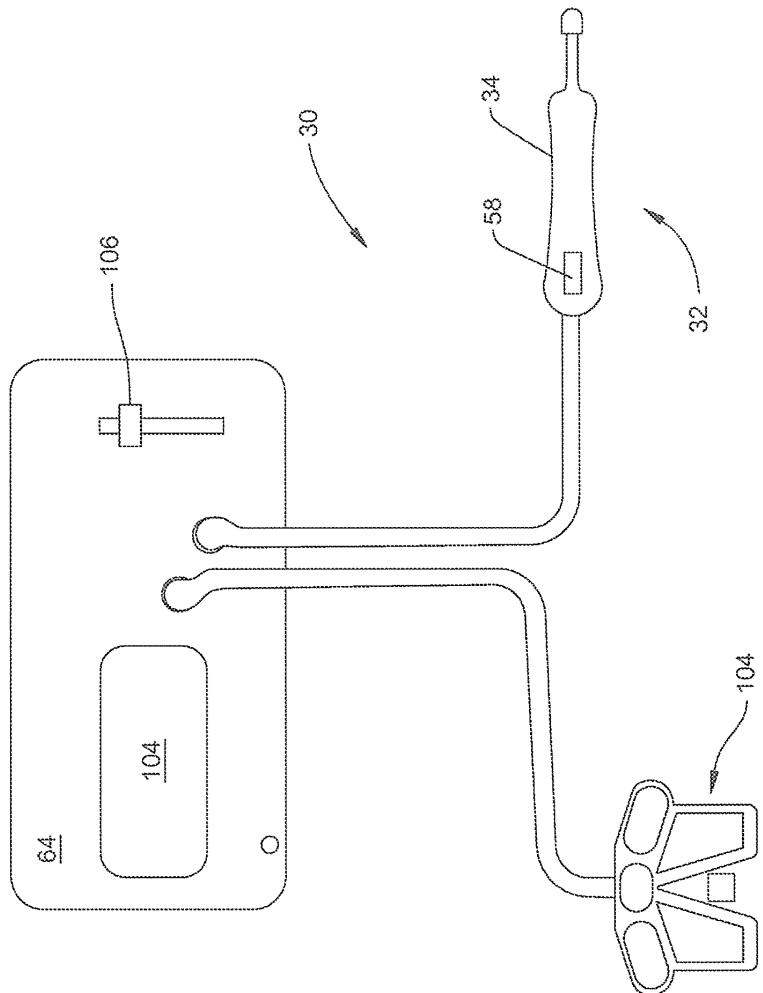
[0203] 위는 본 발명의 특정 버전에 관한 것이다. 본 발명의 일부 버전은 설명된 것과 상이한 특징을 가질 수 있다. 예컨대, 본 발명의 상이한 버전의 앞서 말한 특징이 조합될 수 있다.

[0204] 본 발명의 구조적 특징은 또한 설명된 것과 상이할 수 있다. 예컨대, 구동기가 배치되는 기둥은 뿐만 아니라 기계 가공될 수 있다. 마찬가지로, 그밖의 수단이 핸드피스 양단 전압 및 핸드피스를 통한 전류를 측정하기 위해 사용될 수 있다. 따라서, 인덕터와 대조적으로 저항기가 이 신호 감지를 수행하기 위해 채용될 수 있다. 본 발명의 다른 수의 버전에서, 절연 디스크가 인접 구동기 사이에 존재하지 않을 수 있다. 절연 구성요소는 가장 근위의 구동기와 매스(36) 사이에 또는 구동기와 뿐만 아니라 사이에 존재할 수 있다. 구동기의 수는 개시된 구동기의 수보다 적거나 많을 수 있다.

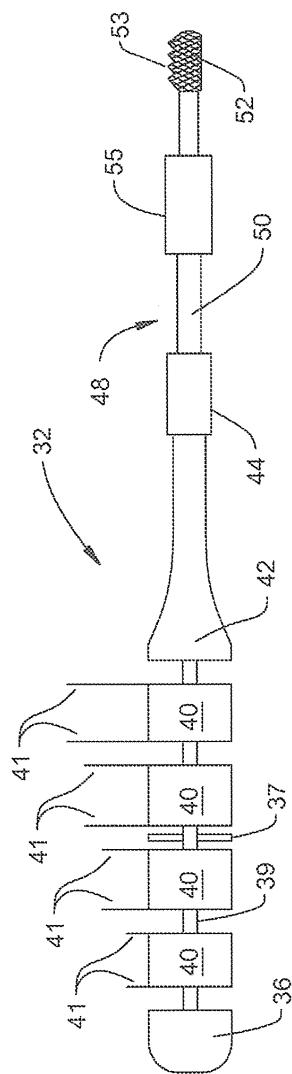
- [0205] 본 발명의 일부 버전에서, 신호 풋 페달 또는 핸드스위치는 제어 부재로서, 이 제어 부재는 핸드피스의 온/오프 상태와 핸드피스에 인가되는 구동 신호의 크기 둘 다를 제어하기 위해 사용된다.
- [0206] 마찬가지로, 시스템의 전기적인 구성요소는 설명된 것과 상이할 수 있다. 예컨대, 제어 콘솔의 일부 버전은 Class-D 증폭기를 포함하지 않을 수 있다. 본 발명의 하나의 대안적인 버전에서, 전원에 의해 출력되는 신호는 클래스-A 증폭기로 출력된다. 본 발명의 이 버전의 일 실시예에서, 프로세서(96)는 구동 신호의 피크 전압을 확립하기 위해 여전히 VOLTAGE_SET 신호를 전원(68)에 출력한다. 프로세서(68)는 또한 가변 주파수 사인파 신호를 증폭기에 FREQUENCY_SET 신호로서 출력한다. 이 FREQUENCY_SET 신호에 기초해서, 증폭기는 원하는 주파수를 갖는 구동 신호를 공급하도록 전원으로부터의 신호를 선택적으로 증폭한다. 본 발명의 이 버전의 여전히 다른 실시예에서, 전원은 고정된 전위에서 DC 신호를 출력한다. 프로세서는 주파수 및 첨두간 전압 둘 다가 변하는 사인파를 낸다. 이 신호는 따라서, 조합 VOLTAGE_SET 신호 및 FREQUENCY_SET 신호이다. 이 사인파는 증폭기에 인가된다. 이 신호에 기초해서, 증폭기는 전력 신호로부터의 일정한 신호를 선택적으로 증폭해서, 선택된 구동 신호를 생성한다. 본 발명의 이 버전에서, 증폭기에 의해 출력된 구동 신호를 핸드피스(32)에 공급하기 전에 이 신호를 필터링할 필요가 없을 수 있다.
- [0207] 이 프로세스 스텝은 설명된 것과 상이한 순서로 수행될 수 있다. 따라서, 도 6a 및 도 6b의 흐름도에 대해 설명된 본 발명의 버전에 대해, 시스템은 구동 신호의 전압을 조정하기 전에 구동 신호의 주파수를 조정하도록 구성될 수 있다. 도 15a 내지 도 15c에 대해 설명된 본 발명의 버전에서, 목표 주파수에 대한 핸드피스의 기계적인 구성요소에 인가되는 전류 흐름의 등가치에 대한 구동기(40)를 통한 전류 흐름의 비율의 비교 중 하나가 생략될 수 있다. 본 발명의 이 버전에서, 단계(260 및 262)의 실행 결과, 이 비율은 거의 언제나 조정되는 목표 비율과 비교된다.
- [0208] 마찬가지로, 제어 알고리즘에서 변화가 존재할 수 있다. 예컨대, 핸드피스 구동기(40)에 공급된 전류와 핸드피스의 기계적인 구성요소에 인가된 전류의 등가치 사이의 비율을 수정하기 위해 사용된 알고리즘의 성분이 항상 목표 주파수와 실제 주파수 사이의 1차 차이일 수는 없다. 본 발명의 일부 버전에서, 이 두 개의 주파수 사이의 2차 또는 더 고차 차이가 기본 비율을 수정하는 성분을 생성하기 위해 사용될 수 있다. 본 발명의 그밖의 버전에서, 주파수에서 차이의 제1 범위 내에서, 이 성분은 이 주파수에서 하나의 차수의 차이에 기초한다. 이 주파수에서 차이의 제2 범위 내에서, 이 성분은 주파수에서 2차의 차이에 기초한다. 마찬가지로, 본 발명의 일부 버전에서, 주파수에서 차이 범위 전체에 걸쳐 이 성분은 주파수에서 일정한 차수의 차이에 기초한다. 본 발명의 이 버전에서, 수정 성분을 결정하기 위해 사용되는 계수는 주파수 차이 함수로서 변할 수 있다.
- [0209] 그러므로, 본 발명의 진정한 사상 및 범위 내에 있는 모든 수정예 및 변형예를 포함하는 것이 청구항의 목표이다.

도면

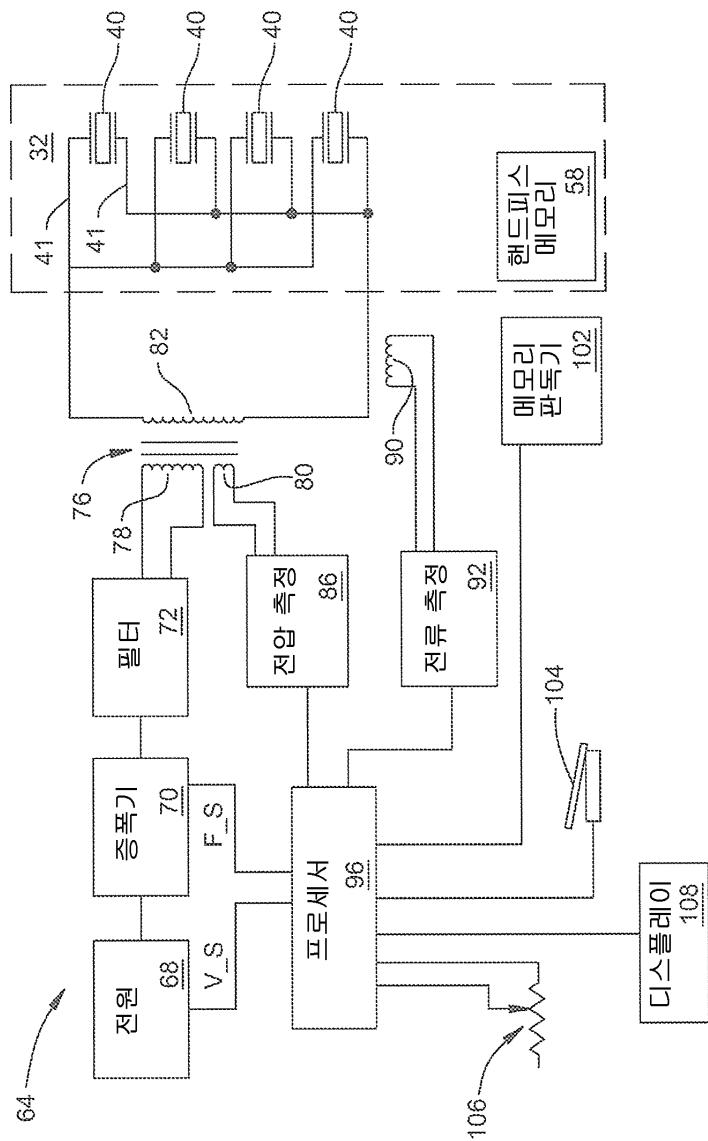
도면1



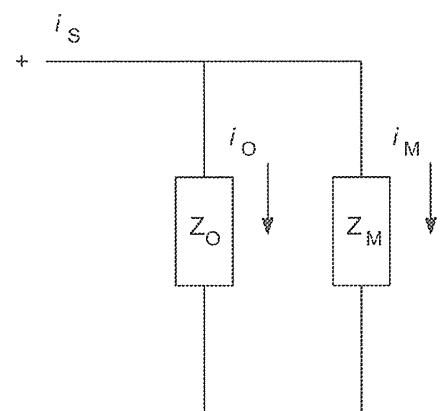
도면2



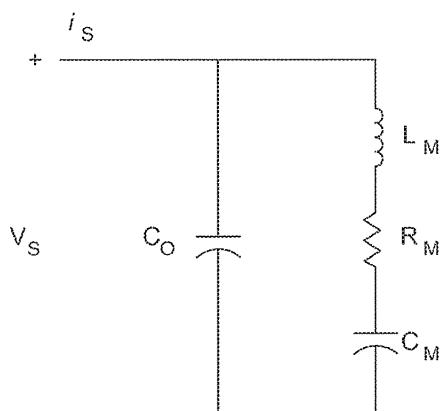
도면3



도면4a



도면4b



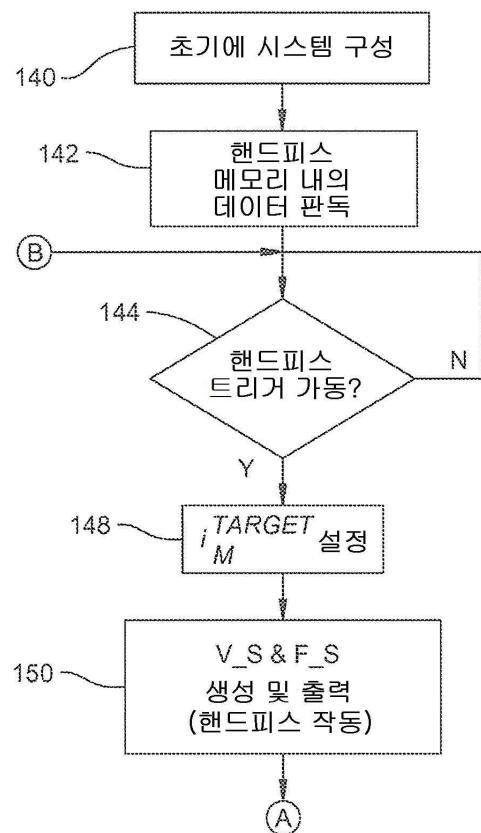
도면5

58

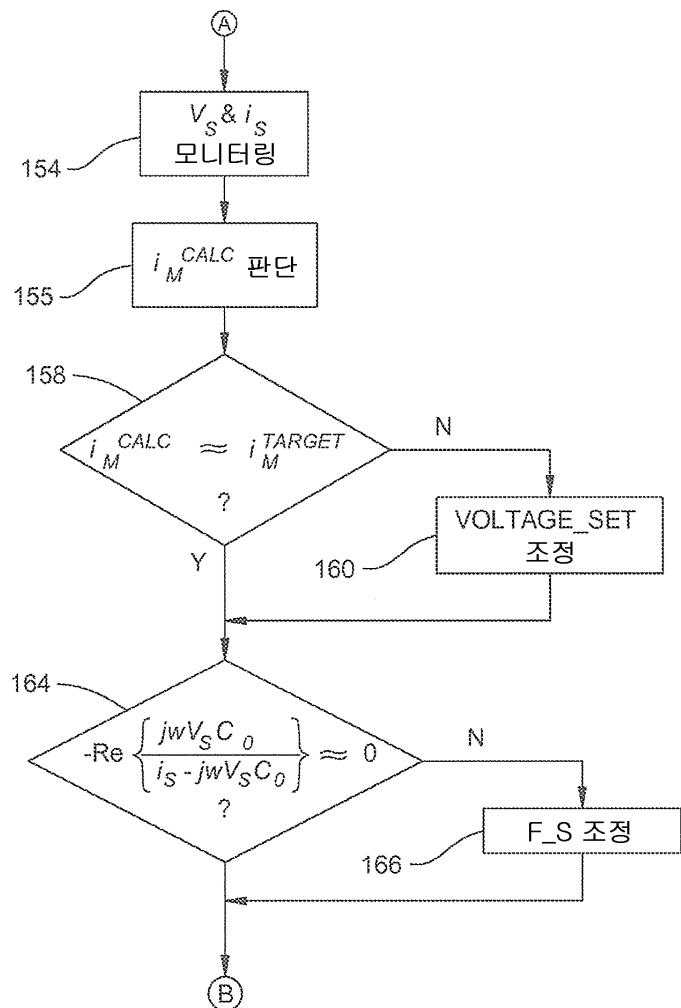
→

핸드피스 ID 데이터	112
스택 커퍼시팀스	114
전류 i_S^{MAX}	116
전류 i_M^{MAX}	118
전압 V_S^{MAX}	120
최소 구동 주파수	122
최대 구동 주파수	124
PID 개수	126
핸드피스 사용 이력	128

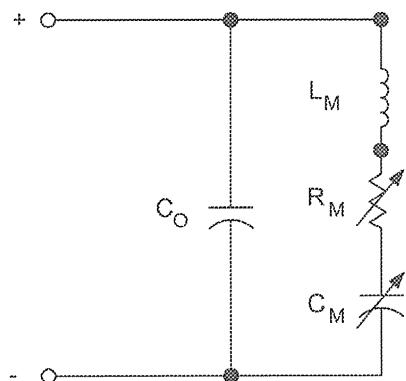
도면6a



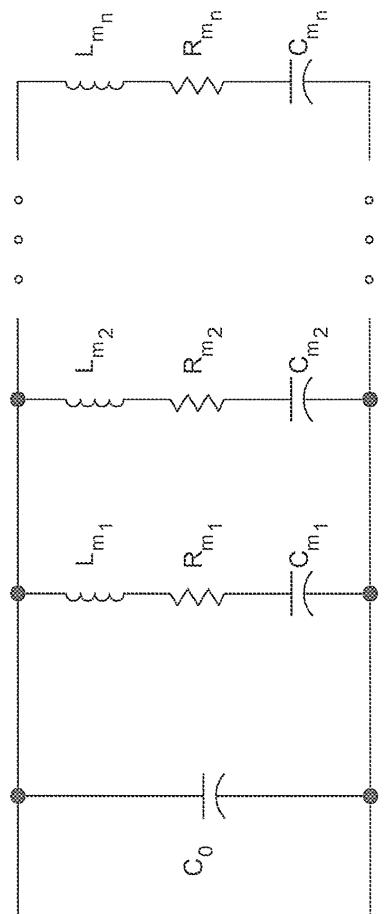
도면6b



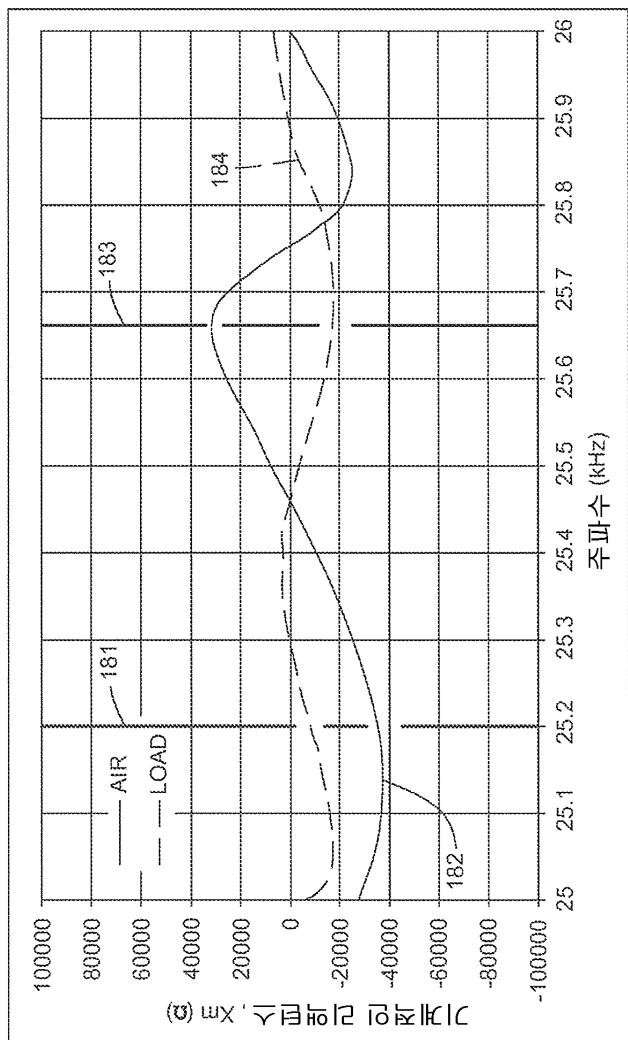
도면7



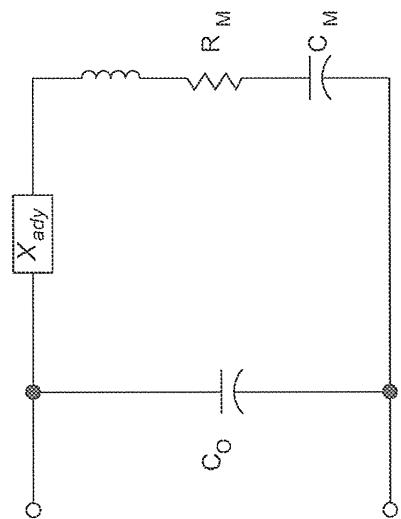
도면8



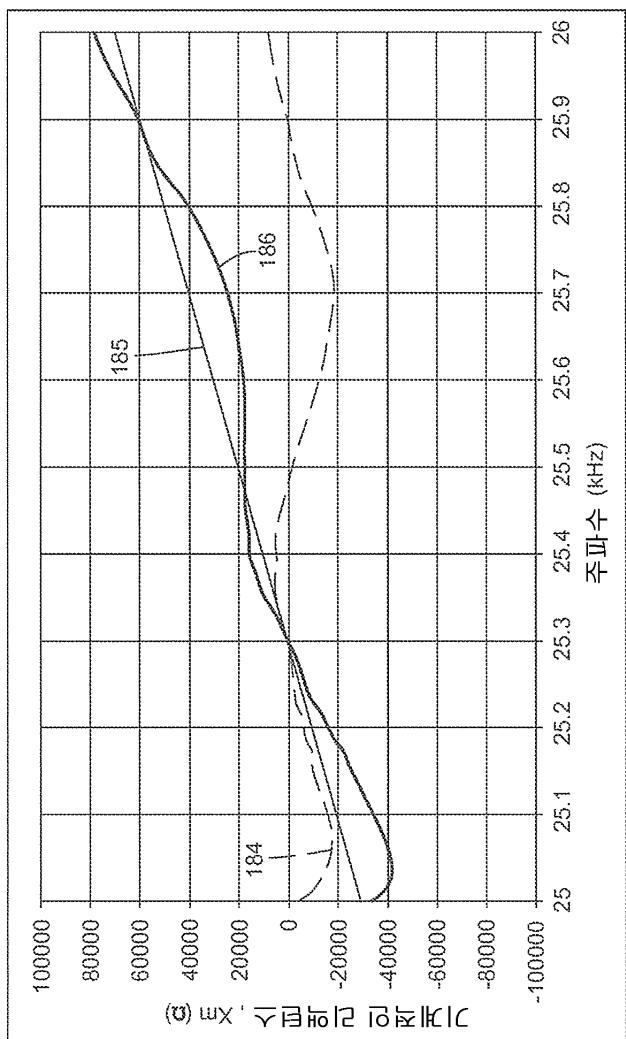
도면9



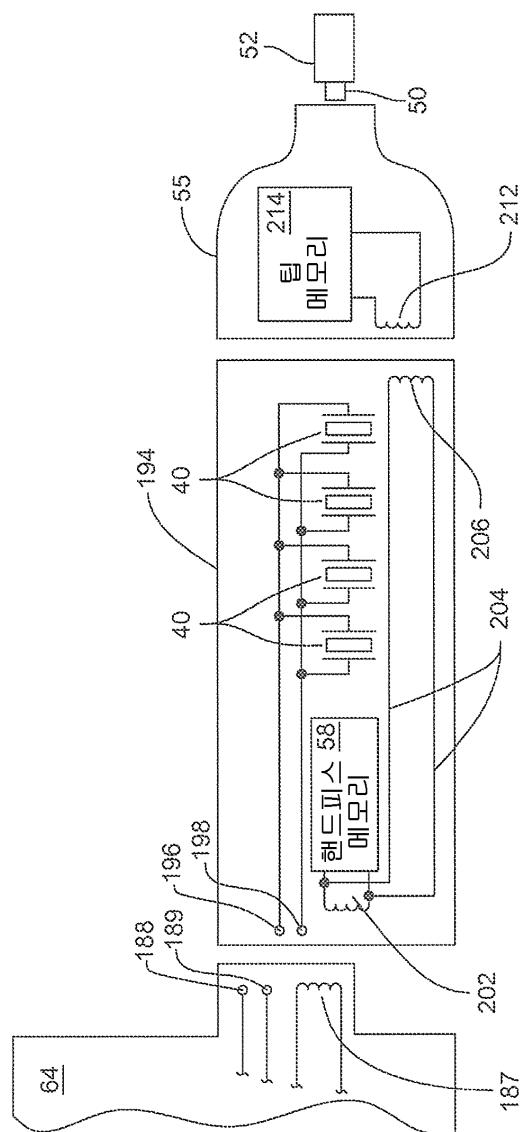
도면10



도면11



도면12

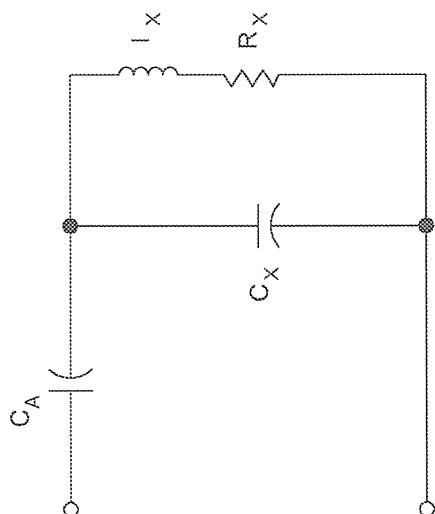


도면13

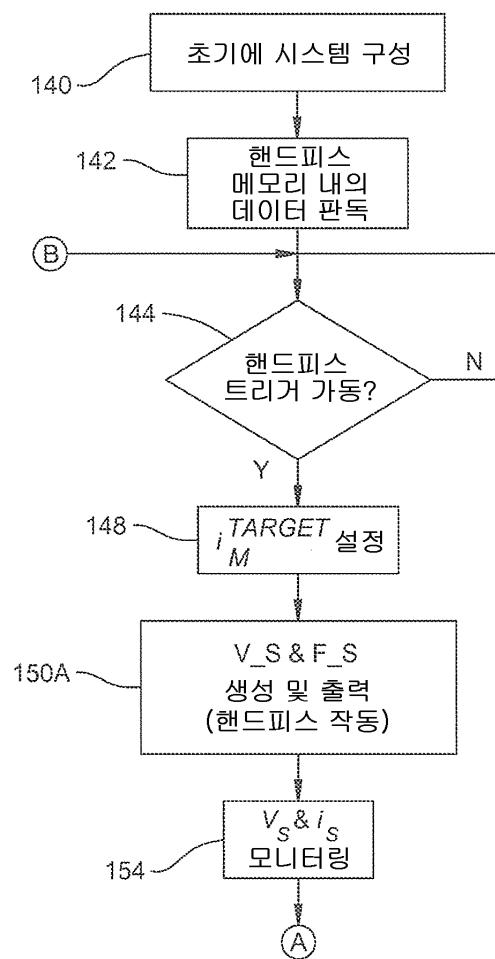
214

팁 ID 데이터	<u>218</u>
전류 i_S^{MAX}	<u>220</u>
전류 i_M^{MAX}	<u>222</u>
전압 V_S^{MAX}	<u>224</u>
최소 구동 주파수	<u>226</u>
최대 구동 주파수	<u>228</u>
PID 계수	<u>230</u>
팁 사용 이력	<u>232</u>
목표 주파수	<u>234</u>
가상 임피던스 계수	<u>236</u>

도면14



도면 15a



도면 15b

