(19)대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。Int. Cl.
H05B 6/06 (2006.01)
H05B 6/44 (2006.01)
H05B 6/44 (2006.01)

(11) 공개번호 10-2007-0026856
(43) 공개일자 2007년03월08일

(21) 출원번호 10-2007-7001798(분할)
(22) 출원일자 2007년01월24일
심사청구일자 2007년01월24일
번역문 제출일자 2007년01월24일
(62) 원출원 특허10-2004-7021219
원출원일자 : 2004년12월27일 심사청구일자 2004년12월27일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2002/006419 (87) 국제공개번호 WO 2004/004420
국제출원일자 2002년06월26일 국제공개일자 2004년01월08일

(71) 출원인 미쯔이 죠센 가부시키가이샤
일본 도쿄도 쥬오쿠 쯔키지 5죠메 6반 4고

(72) 발명자 우치다 나오키
일본 오카야마켕 다마노시 다마 3쵸메 1-1 미쯔이 죠센가부시키가이샤
다마노 가이샤 나이
가와나카 게이지
일본 오카야마켕 다마노시 다마 3쵸메 1-1 미쯔이 죠센가부시키가이샤
다마노 가이샤 나이
난바 히데유키
일본 오카야마켕 다마노시 다마 3쵸메 1-1 미쯔이 죠센가부시키가이샤
다마노 가이샤 나이
오자키 가즈히로
일본 오카야마켕 다마노시 다마 3쵸메 1-1 미쯔이 죠센가부시키가이샤
다마노 가이샤 나이

(74) 대리인 특허법인코리아나

전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 유도 가열 방법 및 장치

(57) 요약

본 발명의 목적은 각각의 가열 코일의 경계부에서의 온도 감소를 방지하고 부하 상태의 변화에 의한 영향을 제거하는 것을 가능하게 하는 것이다. 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명에 따른 유도 가열 장치 (400) 에는 복수의 가열 유닛 (310; 310a 내지 310d) 에 각각 대응하는 제어 유닛 (420; 420a 내지 420d) 이 제공된다. 제어 유닛 (420d) 의 위상 검출기 (424d) 는 변류기 (160d) 에 의해 검출되는 인버터 (314d) 의 출력 전류 (가열 코일 전류; IL4) 와 기준 신호 생성부 (426) 에 의해 출력되는 기준 신호를 얻고, 이를 구동 제어부 (422d) 에 입력한다. 구동 제어부 (422d) 는 인버터 (314d) 에 주어지는 게이트 펄스의 출력 타이밍 (위상) 을 조정하여 인버터 (314d) 의 가열 코일 전류 (IL4) 의 위상을 기준 신호 생성부

(426) 에 의해 출력되는 기준 신호의 위상과 일치시킨다. 위상 제어부 (334d) 는 가변 리액터 (326d) 를 제어하여 인버터 (314d) 의 출력 전압과 출력 전류 (가열 코일 전류; IL4) 의 위상을 서로 일치시키고, 인버터 (314d) 의 역율을 개선한다. 또한, 각각의 다른 제어 유닛 (420a 내지 420c) 도 동일한 제어 동작을 수행한다.

대표도

도 1

특허청구의 범위

청구항 1.

전류의 공급에 의해 상호 유도를 일으키는 복수의 가열 코일과, 상기 각 가열 코일에 공급되는 각 전류간의 위상차를 구하는 위상 검출기와, 상기 각 가열 코일에 대응시켜 설치되고, 상기 위상차가 영이 되도록 상기 각 가열 코일에 공급되는 전류의 위상을 조정하는 공진형 인버터와, 상기 공진형 인버터에 접속되어 상기 각 가열 코일로의 투입 전력을 제어하는 순변환부 또는 초퍼부 및 순변환부를 구비한 것을 특징으로 하는 유도 가열 장치.

청구항 2.

전류의 공급에 의해 상호 유도를 일으키는 복수의 가열 코일과, 상기 각 가열 코일에 공급되는 전류의 위상을 일치시켜야 하는 기준 신호를 생성하는 기준 신호 생성부와, 상기 각 가열 코일에 공급되는 각 전류와 상기 기준 신호의 위상차를 구하는 위상 검출기와, 상기 각 가열 코일에 대응시켜 설치되고, 각 가열 코일에 공급하는 전류의 주파수를 일치시킴과 함께, 상기 위상차가 영이 되도록 상기 각 가열 코일에 공급되는 전류의 위상을 조정하는 공진형 인버터와, 상기 공진형 인버터에 접속되어 상기 각 가열 코일로의 투입 전력을 제어하는 순변환부 또는 초퍼부 및 순변환부를 구비한 것을 특징으로 하는 유도 가열 장치.

청구항 3.

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 각 공진형 인버터의 출력 전류와 출력 전압의 위상차를 검출하는 위상 검출부와, 상기 위상 검출부의 출력 신호에 기초하여, 상기 각 공진형 인버터와 대응하는 상기 가열 코일의 사이에 설치한 가변 리액터를 제어하고, 상기 공진형 인버터의 출력 전류와 출력 전압의 위상차를 조정하여 상기 공진형 인버터의 역율을 개선하는 위상 조정부를 구비한 것을 특징으로 하는 유도 가열 장치.

청구항 4.

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 공진형 인버터는 트랜지스터와 다이오드를 역병렬 접속한 아암에 의해 구성되는 직렬 공진형 인버터로 하고, 상기 초퍼부는 트랜지스터와 다이오드를 역병렬 접속한 구성으로 하며, 상기 각 초퍼부를 단일의 평활 콘덴서, 및 순변환부에 접속하는 구성으로 한 것을 특징으로 하는 유도 가열 장치.

청구항 5.

공진형 인버터로 이루어지는 주 인버터와, 공진형 인버터로 이루어지는 1이상의 종속 인버터와, 이 종속 인버터와 상기 주 인버터에 대응하여 설치되고, 전류의 공급에 의해 상호 유도를 일으키는 복수의 가열 코일과, 주측의 상기 가열 코일에 흐르는 전류와, 종속측의 상기 가열 코일에 흐르는 전류의 위상차를 구하는 위상 검출기를 갖는 유도 가열 장치로서, 상기 각

종속 인버터는 상기 위상차에 기초하여 상기 위상차가 영이 되도록 상기 각 가열 코일에 공급하는 전류의 위상을 조정하는 구성으로 하고, 상기 공진형 인버터 및 상기 각 종속 인버터에는 상기 각 가열 코일로의 투입 전력을 제어하는 순변환부 또는 초퍼부 및 순변환부를 접속한 것을 특징으로 하는 유도 가열 장치.

청구항 6.

제 5 항에 있어서,

상기 종속 인버터와 이 종속 인버터에 대응한 상기 가열 코일의 사이에 설치된 가변 리액터와, 상기 종속 인버터의 출력 전류와 출력 전압의 위상차를 검출하는 위상 검출부와, 이 위상 검출부의 출력 신호에 기초하여, 상기 가변 리액터를 제어하여 상기 종속 인버터의 출력 전류와 출력 전압과의 위상차를 조정하여 상기 종속 인버터의 역율을 개선하는 위상 조정부를 갖고 있는 것을 특징으로 하는 유도 가열 장치.

청구항 7.

근접한 복수의 가열 코일의 각각에 대응시킨 공진형 인버터와, 이 공진형 인버터에 접속된 순변환부 또는 초퍼부 및 순변환부를 갖는 유도 가열 장치를 이용하여 피가열물을 유도 가열하는 유도 가열 방법으로서, 상호 유도하고 있는 상기 가열 코일의 각각에 공급하는 각 전류의 주파수를 일치시켜, 각 가열 코일 전류간의 위상차를 검출하고, 상기 각 공진형 인버터에 의해 상기 위상차가 영이 되도록 상기 각 가열 코일에 공급되는 전류의 위상을 조정하면서, 순변환부가 접속된 유도 가열 장치에서는 순변환부에 의해, 초퍼부 및 순변환부가 접속된 유도 가열 장치에서는 초퍼부에 의해 상기 각 가열 코일로의 투입 전력 제어를 실시하고, 피가열물의 온도 분포를 제어하는 것을 특징으로 하는 유도 가열 방법.

청구항 8.

제 7 항에 있어서,

상기 공진형 인버터는, 트랜지스터와 다이오드를 역병렬 접속한 아암에 의해 구성되는 직렬 공진형 인버터로 하고, 상기 초퍼부는 트랜지스터와 다이오드를 역병렬 접속한 구성으로 하며, 상기 각 초퍼부를 단일의 평활 콘덴서, 및 순변환부에 접속하여, 상기 각 가열 코일에 전력 공급을 실시하는 것을 특징으로 하는 유도 가열 방법.

청구항 9.

제 7 항 또는 제 8 항에 있어서,

상기 각 공진형 인버터와 상기 각 가열 코일의 사이에는 가변 리액터를 설치하고, 각 공진형 인버터로부터 각 가열 코일의 각각에 공급하는 전류간의 위상차가 영이 되도록 조정하면서, 상기 가변 리액터를 조정하여 상기 각 공진형 인버터로부터의 출력 전류와 출력 전압의 위상차를 조정하여 역율을 제어하는 것을 특징으로 하는 유도 가열 방법.

청구항 10.

제 7 항 또는 제 8 항에 있어서,

각 가열 코일에 공급되는 전류의 위상의 조정은, 별도 생성한 기준 신호에 기초하여 실시되고, 상기 기준 신호와의 위상차를 검출하여, 이 위상차가 영이 되도록 조정되는 것을 특징으로 하는 유도 가열 방법.

청구항 11.

복수의 가열 코일의 각각에 대응시킨 공진형 인버터와 각 공진형 인버터에 접속된 순변환부 또는 초퍼부 및 순변환부를 갖는 유도 가열 장치를 이용하여 피가열물을 유도 가열하는 유도 가열 방법으로서, 상기 각 가열 코일에 급전함과 함께, 상기 각 공진형 인버터의 1 개를 주 인버터, 다른 것을 종속 인버터로 하고, 상호 유도하고 있는 주측의 가열 코일 전류와 종속측의 가열 코일 전류의 위상차를 검출하여, 상기 주 인버터의 구동 신호 혹은 주 인버터의 출력 전압 또는 출력 전류에 기초하고, 종속측의 상기 가열 코일 전류의 위상과 상기 주측의 상기 가열 코일 전류의 위상의 위상차가 영이 되도록 각 종속 인버터에 의해 각 종속측의 가열 코일 전류의 위상을 조정하면서, 순변환부가 접속된 유도 가열 장치에서는 순변환부에 의해, 초퍼부 및 순변환부가 접속된 유도 가열 장치에서는 초퍼부에 의해 상기 각 가열 코일로의 투입 전력 제어를 실시하여, 피가열물의 온도 분포를 제어하는 것을 특징으로 하는 유도 가열 방법.

청구항 12.

제 11 항에 있어서,

상기 종속 인버터와 상기 종속측 가열 코일의 사이에는 가변 리액터를 설치하고, 상기 종속측의 가열 코일 전류의 위상과 상기 주측의 가열 코일 전류의 위상의 위상차가 영이 되도록 상기 종속 인버터에 의해 조정하면서, 상기 변화 리액터를 조정하고 상기 종속 인버터로부터의 출력 전류와 출력 전압의 위상차를 조정하여 역율을 제어한 것을 특징으로 하는 유도 가열 장치.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 유도 가열 방법 및 장치에 관한 것으로, 더욱 상세하게는, 서로 인접하여 배치되는 복수의 가열 코일에 각각 대응하여 제공되는 공진형 인버터에 의해 전기를 공급하는데 적합한 유도 가열 방법 및 장치에 관한 것이다.

유도 가열은, 가열 코일을 통한 전류의 통과에 의해 자계를 발생시켜 가열되는 부재에서 과전류를 발생시키는 방법으로 열을 발생시키는 것으로, 저항 가열에 의해서는 얻을 수 없는 고온을 발생시키므로 각종 분야에서 채용되고 있다. 도 8 은 압연기 등의 롤을 경화시키는 유도 가열 장치의 외형을 개략적으로 나타낸다.

도 8 에서, 롤 (10) 은 롤 본체 (12) 및 그 양단에 배치되는 저널 (14) 로 구성된다. 롤 (10) 이 유도 가열에 의해 경화되는 경우, 높은 자속밀도의 자계를 발생시키는 가열 코일 (16) 과 이보다 낮은 자속밀도의 자계를 발생시키는 온도 유지 코일 (18) 은 유도 가열 장치 (15) 에 제공되고 대응하는 인버터로 구성되는, 고주파 전원 (20, 22) 에 각각 접속된다. 이들 유도 코일 (16) 과 온도 유지 코일 (18) 은 그 사이에 임의의 공간이 형성되지 않고 서로 인접하여 배치됨으로써, 양 코일 (16, 18) 간의 경계부에서 온도 감소를 방지한다. 롤 (10) 을 경화시키기 위하여, 롤 (10) 은 화살표 (24) 의 방향으로 코일 (16, 18) 을 향하여 전방으로 이동되고 롤 본체 (12) 의 표층부는 약 950 ℃ 로 가열된다.

도 9 는 파셜 전자 (電磁) 유도 가열 장치의 외형을 나타낸다. 파셜 전자 유도 가열 장치 (30) 에서, 복수의 가열 코일 (32; 32a 내지 32c) 은 수직 방향으로 동축으로 배치되고 대응하는 인버터로 구성되는 고주파 전원 (34; 34a 내지 34c) 에 각각 접속된다. 예를 들어, 탄소봉 (36) 의 선단 (하단) 은 가열 코일 (32) 내로 삽입되고, 탄소봉 (36) 의 주위에 가스를 공급하여 이를 가열 코일 (32) 에 의해 약 1500 ℃ 로 가열하고, 이와 가스를 반응시킨다. 이와 같은 경우, 열이 상방으로 달아나므로, 가열 코일 (32) 의 상부측을 향하여 자속 밀도가 높아지도록 전원 (34) 을 제어한다. 또한, 가열 코일 (32) 은 경계부에서 온도 감소를 방지하기 위하여 서로 인접하여 배치된다.

도 10 은 전자 (電磁) 유도에 의해 용기를 가열하는 장치의 개요를 나타낸다. 상기 유도 가열 장치 (44) 에서, 분말의 탄화규소 (Sic; 42) 는, 예를 들어 탄소로 이루어진 도가니 (40) 내에 주입되고, 가열 코일 (48; 48a, 48b) 에 의해 가열되고, 탄

화 규소 (42) 를 증발시켜 워크 (46) 내에 퇴적된다. 유도 가열 장치 (44) 는 수직 방향으로 동축으로 배치되는 2개의 가열 코일 (48a, 48b) 을 포함하고, 인버터로 이루어진 고주파 전원 (50; 50a, 50b) 에 각각 접속되고, 하측의 가열 코일 (48b) 은 높은 자속밀도의 자계를 발생하여 탄화 규소 (42) 를 가열한다.

도 11 은 소위 바움큐헨형 유도 가열 장치의 개요를 나타낸다. 상기 가열 유도 장치 (60) 는 탄소 등으로 이루어진 도넛형 스테이지 (62) 를 포함하고, 복수의 반도체 웨이퍼 (64) 는 스테이지 (62) 의 상부면 상에 배치된다. 가열 코일 (66) 은, 가열 코일 (66) 을 통하여 전기를 통과시켜 반도체 웨이퍼 (64) 를 가열할 수 있도록 스테이지 (62) 아래에 배치된다. 또한, 가열 코일 (66) 은 외측 코일 (66a), 중앙 코일 (66b), 및 내측 코일 (66c) 로 이루어지고, 대응하는 인버터로 이루어진 고주파 전원 (68; 68a 내지 68c) 에 각각 접속된다. 또한, 이와 같은 경우, 코일 (66a 내지 66c) 은 서로 접촉한 상태에 있도록 서로 인접하여 배치됨으로써, 코일의 경계부에서의 온도 감소를 방지한다.

도 12 는 압출 형성을 위한 유도 가열의 개요를 나타낸다. 상기 유도 가열 장치 (70) 는 수평 방향으로 동축으로 배치되는 복수의 가열 코일 (72; 72a 내지 72c) 을 포함하고, 대응하는 인버터로 이루어진 고주파 전원 (74; 74a 내지 74c) 에 각각 접속되고, 가열 코일 (72) 의 내부에 위치하는 금속 재료 (76) 는 워크피스 (workpiece) 의 전단부로부터 워크피스의 후단부를 향하여 온도가 감소하는 방법으로 가열된다. 가열 코일 (72a 내지 72c) 은 경계부에서 온도 감소를 방지하기 위하여 서로 인접하여 배치된다. 또한, 유사한 유도 가열 장치는 액체 상태와 고체 상태가 공존하는 상태로 금속 재료가 단조 (forge)되는 SSF (Semi Solid Forging) 의 경우에도 이용된다.

유도 가열에서 높은 전력 효율을 얻을 수 있으므로, 공진 회로를 갖는 소위 공진형 인버터에 의해 종종 수행된다. 또한, 상술한 바와 같은 복수의 가열 코일을 갖는 유도 가열 장치에서, 각 가열 코일의 경계부에서 온도 감소를 방지하기 위하여 서로 인접하여 코일을 배치한다. 따라서, 가열 코일 중 하나에 의해 발생된 자속이 다른 가열 코일에 영향을 주므로 복수의 가열 코일간에 상호 유도가 발생한다. 따라서, 복수의 인버터에 대응하는 가열 코일을 포함하는 유도 가열 장치에서, 가열 코일간의 상호 유도의 상태가 부하 변동 등에 의해 변하므로, 각각의 가열 코일에서 전류 (가열 코일 전류) 의 왜곡이 발생하고 가열 코일 전류간에 위상 편차가 발생한다. 따라서, 복수의 인버터에 대응하는 가열 코일을 포함하는 유도 가열 장치에서, 각각의 부하 전류의 주파수가 일치하고 각각의 가열 코일 전류의 위상이 일정하게 유지되지 않는 경우, 가열 온도의 고정밀 제어가 어려워지고 가열 코일의 경계부에서 온도 감소가 발생한다.

따라서, 가열 코일 간에 자기력 차단 코일을 삽입하고 가열 코일의 단부에서 자속을 흡수하는, 상호 유도의 역효과의 발생을 방지하는 방법이 제안되었다. 또한, 2개의 가열 코일을 하나의 주파수 변환기 (고주파 인버터) 에 병렬로 접속하고 가변 리액터를 2개의 코일 중 하나에 직렬로 접속하고, 가변 리액터를 L 사이클로 조정하여 전압 값을 변화시키는 것이 제안되었다 (일본국 실공평3-39482).

그러나, 자기력 차단 코일을 가열 코일의 경계부에 배치하는 상술한 방법은, 코일의 단부에서 자속이 자기력 차단 코일에 의해 흡수되어 이들 부분에서 온도 저하를 일으키므로 균일한 가열을 달성할 수 없다. 또한, 일본국 실공평3-39482 에서 설명된 바와 같이 가열 코일 중 하나에 가변 리액터를 직렬로 접속하여 가변 리액터에 의해 전압을 변화시키는 방법은, 가변 리액터를 제어하는 것이 전체 주파수를 변화시키고, 전력 제어의 시정수가 길고, 1 유닛의 전력 제어가 전체 시스템의 가열 코일 각각의 전력값을 변화시켜 가열 코일 각각에 대하여 독립적으로 온도를 제어하기가 어렵게 되는 결점을 갖는다.

한편, 각각의 인버터에서, 인버터 출력 효율 (역율) 은, 그 출력 전류와 출력 전압간의 위상차가 작아지지 않는 경우, 낮아지므로 인버터의 용량 감소와 효율 저하가 발생한다. 따라서, 그 출력 전류와 출력 전압이 서로 동기되는 방법으로 인버터가 동작하는 것이 바람직하다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은, 상술한 종래 기술의 결점을 해결하기 위한 것으로, 본 발명의 목적은 가열 코일의 경계부에서 온도 저하를 방지하고 상호 유도에 의해 발생하는 영향의 제거를 가능하게 하는 것이다.

본 발명의 다른 목적은 상호 유도의 상태에서의 변화를 방지하는 것이다.

본 발명의 또 다른 목적은 인버터의 역율에서의 개선을 가능하게 하는 것이다.

발명의 구성

본 발명에 따른 제 1 유도 가열 장치는, 전류의 공급에 의해 상호 유도를 일으키는 복수의 가열 코일과, 상기 각 가열 코일에 공급되는 각 전류간의 위상차를 구하는 위상 검출기와, 상기 각 가열 코일에 대응시켜 설치되고, 상기 위상차가 영이 되도록 상기 각 가열 코일에 공급되는 전류의 위상을 조정하는 공진형 인버터와, 상기 공진형 인버터에 접속되어 상기 각 가열 코일로의 투입 전력을 제어하는 순변환부 또는 초퍼부 및 순변환부를 구비한 것을 특징으로 한다.

본 발명에 따른 제 2 유도 가열 장치는, 전류의 공급에 의해 상호 유도를 일으키는 복수의 가열 코일과, 상기 각 가열 코일에 공급되는 각 전류의 위상을 일치시키는 기준신호를 생성하는 기준신호 생성부와, 상기 각 가열코일에 공급되는 각 전류와 기준신호와의 위상차를 구하는 위상 검출기와, 상기 각 가열 코일에 대응시켜 설치되고, 각 가열코일에 공급하는 전류의 주파수를 일치시키는 것과 함께, 상기 위상차가 영이 되도록 상기 각 가열 코일에 공급되는 전류의 위상을 조정하는 공진형 인버터와, 상기 공진형 인버터에 접속되어 상기 각 가열 코일로의 투입 전력을 제어하는 순변환부 또는 초퍼부 및 순변환부를 구비한 것을 특징으로 한다.

더욱이, 본 발명에 따른 제 3 유도 가열 장치는, 상기 각 공진형 인버터의 출력 전류와 출력 전압의 위상차를 검출하는 위상 검출부와, 상기 위상 검출부의 출력 신호에 기초하여, 상기 각 공진형 인버터와 대응하는 상기 가열 코일의 사이에 설치한 가변 리액터를 제어하고, 상기 공진형 인버터의 출력 전류와 출력 전압의 위상차를 조정하여 상기 공진형 인버터의 역율을 개선하는 위상 조정부를 구비한 것을 특징으로 한다.

또한, 본 발명에 따른 제 4 유도 가열 장치는, 상기 공진형 인버터는 트랜지스터와 다이오드를 역병렬 접속한 아암에 의해 구성되는 직렬 공진형 인버터로 하고, 상기 초퍼부는 트랜지스터와 다이오드를 역병렬 접속한 구성으로 하며, 상기 각 초퍼부를 단일의 평활 콘덴서, 및 순변환부에 접속하는 구성으로 한 것을 특징으로 한다.

더욱이, 본 발명에 따른 제 5 유도 가열 장치는, 공진형 인버터로 이루어지는 주 인버터와, 공진형 인버터로 이루어지는 1 이상의 종속 인버터와, 이 종속 인버터와 상기 주 인버터에 대응하여 설치되고, 전류의 공급에 의해 상호 유도를 일으키는 복수의 가열 코일과, 주측(주 인버터측)의 상기 가열 코일에 흐르는 전류와, 종속측(종속 인버터측)의 상기 가열 코일에 흐르는 전류의 위상차를 구하는 위상 검출기를 갖는 유도 가열 장치로서, 상기 각 종속 인버터는 상기 위상차에 기초하여 상기 위상차가 영이 되도록 상기 각 가열 코일에 공급하는 전류의 위상을 조정하는 구성으로 하고, 상기 공진형 인버터 및 상기 각 종속 인버터에는 상기 각 가열 코일로의 투입 전력을 제어하는 순변환부 또는 초퍼부 및 순변환부를 접속한 것을 특징으로 한다.

또한, 상기 종속 인버터와 이 종속 인버터에 대응한 상기 가열 코일의 사이에 설치된 가변 리액터와, 상기 종속 인버터의 출력 전류와 출력 전압의 위상차를 검출하는 위상 검출부와, 이 위상 검출부의 출력 신호에 기초하여, 상기 가변 리액터를 제어하여 상기 종속 인버터의 출력 전류와 출력 전압과의 위상차를 조정하여 상기 종속 인버터의 역율을 개선하는 위상 조정부를 설치하는 것이 가능하다.

본 발명에 따른 제 1 유도 가열 방법은, 근접한 복수의 가열 코일의 각각에 대응시킨 공진형 인버터와, 이 공진형 인버터에 접속된 순변환부 또는 초퍼부 및 순변환부를 갖는 유도 가열 장치를 이용하여 피가열물을 유도 가열하는 유도 가열 방법으로서, 상호 유도하고 있는 상기 가열 코일의 각각에 공급하는 각 전류의 주파수를 일치시켜, 각 가열 코일 전류간의 위상차를 검출하고, 상기 각 공진형 인버터에 의해 상기 위상차가 영이 되도록 상기 각 가열 코일에 공급되는 전류의 위상을 조정하면서, 순변환부가 접속된 유도 가열 장치에서는 순변환부에 의해, 초퍼부 및 순변환부가 접속된 유도 가열 장치에서는 초퍼부에 의해 상기 각 가열 코일로의 투입 전력 제어를 실시하고, 피가열물의 온도 분포를 제어하는 것을 특징으로 한다.

상기 공진형 인버터는, 트랜지스터와 다이오드를 역병렬 접속한 아암에 의해 구성되는 직렬 공진형 인버터로 하고, 상기 초퍼부는 트랜지스터와 다이오드를 역병렬 접속한 구성으로 하며, 상기 각 초퍼부를 단일의 평활 콘덴서, 및 순변환부에 접속하여, 상기 각 가열 코일에 전력 공급을 실시할 수 있다. 그래서, 상기 각 공진형 인버터와 상기 각 가열 코일의 사이에는 가변 리액터를 설치하고, 각 공진형 인버터로부터 각 가열 코일의 각각에 공급하는 전류간의 위상차가 영이 되도록 조정하면서, 상기 가변 리액터를 조정하여 상기 각 공진형 인버터로부터의 출력 전류와 출력 전압의 위상차를 조정하여 역율을 제어할 수 있다. 또한, 각 가열 코일에 공급되는 전류의 위상의 조정은, 별도 생성한 기준 신호에 기초하여 실시되고, 상기 기준 신호와의 위상차를 검출하여, 이 위상차가 영이 되도록 조정할 수 있다.

또한, 본 발명에 따른 제 2 유도 가열 방법은, 복수의 가열 코일의 각각에 대응시킨 공진형 인버터와 각 공진형 인버터에 접속된 순변환부 또는 초퍼부 및 순변환부를 갖는 유도 가열 장치를 이용하여 피가열물을 유도 가열하는 유도 가열 방법으로서, 상기 각 가열 코일에 급전함과 함께, 상기 각 공진형 인버터의 1 개를 주 인버터, 다른 것을 종속 인버터로 하고, 상호 유도하고 있는 주측의 가열 코일 전류와 종속측의 가열 코일 전류의 위상차를 검출하여, 상기 주 인버터의 구동 신호 혹은

주 인버터의 출력 전압 또는 출력 전류에 기초하고, 종속측의 상기 가열 코일 전류의 위상과 상기 주측의 상기 가열 코일 전류의 위상의 위상차가 영이 되도록 각 종속 인버터에 의해 각 종속측의 가열 코일 전류의 위상을 조정하면서, 순변환부가 접속된 유도 가열 장치에서는 순변환부에 의해, 초퍼부 및 순변환부가 접속된 유도 가열 장치에서는 초퍼부에 의해 상기 각 가열 코일로의 투입 전력 제어를 실시하여, 피가열물의 온도 분포를 제어하는 것을 특징으로 한다.

상기 종속 인버터와 상기 종속측 가열 코일의 사이에는 가변 리액터를 설치하고, 상기 종속측의 가열 코일 전류의 위상과 상기 주측의 가열 코일 전류의 위상의 위상차가 영이 되도록 상기 종속 인버터에 의해 조정하면서, 상기 변화 리액터를 조정하고 상기 종속 인버터로부터의 출력 전류와 출력 전압의 위상차를 조정하여 역율을 제어하는 것이 바람직하다.

상기 구성과 같은 본 발명에서는, 복수의 가열 코일에 공급되는 전류의 주파수를 일치시켜, 각 가열 코일 전류의 위상을 동기 또는 설정되는 위상차로 유지하면서, 상기 공진형 인버터의 출력 전력 제어을 행하도록 하고 있기 때문에, 부하가 변동하는 경우에도 부하 변동에 의한 영향을 받지 않고 가열 코일간의 상호 유도 상태를 일정하게 할 수 있다. 따라서, 각 코일에 공급되는 전류 (가열 코일 전류) 는 상호 유도의 변화에 의한 파형의 왜곡이 발생하지 않으므로 인버터가 정상으로 동작할 수 있고, 복수의 가열 코일이 서로 인접하여 배치되는 경우에도, 가열 코일의 경계부에서의 온도저하를 방지할 수 있고, 가열 코일에 의한 온도 제어를 쉽고 정확하게 행하여 피가열물의 온도분포를 고정도로 제어할 수 있다.

공진형 인버터에 주어지는 구동 신호의 위상이 조정되는 경우, 기준 신호 생성부에서 생성된 기준 신호 등에 기초한 조정은 비교적 쉽게 제어할 수 있으므로 정확한 위상 조정을 할 수 있다. 기준 신호는 전류의 파형이거나 펄스 등의 형태인 임의의 파형일 수도 있다. 또한, 구동 신호의 위상의 조정은, 복수의 공진형 인버터 중 임의의 하나를 기준 인버터로 하고, 이 기준 인버터의 출력 (예를 들어, 출력 전류 또는 출력 전압) 은 기준 신호로서 기능하는 방법으로 구동 신호의 위상이 조정되는 경우, 다른 인버터의 위상은 이 기준 인버터의 출력 주파수에 기초하여 조정되어, 기준 신호 생성부가 필요하지 않으므로 장치를 간단하게 할 수 있다. 또한, 공진형 인버터에 주어지는 구동 신호의 위상은, 각각의 가열 코일을 통하는 전류의 기준 타이밍 위치로부터 위상의 평균값을 구하고 이 평균값과 각각의 가열 코일 전류가 일치하도록 인버터의 구동 신호를 제어하는 방법으로 조정된다.

본 발명의 유도 가열 방법에서, 종속 인버터는, 주 인버터를 구동하는 구동 신호가 종속 인버터에 주어지고, 이에 기초하여, 종속 인버터측의 가열 코일에 공급되는 전류의 위상이 주 인버터측의 가열 코일에 공급되는 전류의 위상과 동기되거나 그간에 설정되는 위상차로 유지되는 방법으로 구동되고, 또한, 종속 인버터측의 리액터를 제어하여, 종속측 인버터의 출력 전류 또는 출력 전압의 위상이 서로 일치하게 된다. 따라서, 본 발명에 따르면, 주 인버터와 종속 인버터의 가열 코일을 통하는 전류의 위상을 동기시키거나 일정하게 할 수 있어, 부하 변동에 의한 영향 없이 정확한 온도 제어가 가능하고, 가열 코일의 경계부에서의 온도 감소를 회피할 수 있다. 주 인버터에서, 구동 제어부는 출력 전압과 출력 전류의 위상이 서로 일치하도록 주파수 조정을 하고, 종속 인버터에서, 리액터는 출력 전류와 출력 전압의 위상이 서로 일치하도록 조정되므로, 역율을 개선할 수 있고 인버터의 출력 효율을 향상시킬 수 있어 동작 효율의 저하를 방지할 수 있다.

또한, 종속 인버터의 출력 전류와 출력 전압간의 위상차는, 주측의 가열 코일에 공급되는 전류와 종속측의 가열 코일에 공급되는 전류간의 위상차가 얻어지고 전류간의 상기 위상차를 제거하도록 조정된 후 조정된다.

또한, 주 인버터의 출력 전류 또는 출력 전압의 출력 주파수가 주 인버터를 구동하는 구동 신호 대신 종속 인버터의 구동 신호로서 주어지는 경우, 종속 인버터는 주 인버터의 출력 주파수와 동기되거나 설정되는 위상차로 유지되어 동작하는 동일한 효과를 얻을 수 있다. 또한, 주 인버터와 종속 인버터에 각각 대응하여 출력 전력 제어부를 제공함으로써, 각각의 인버터의 출력 크기를 자유로이 제어할 수 있고 자유로이 또한 매우 정확하게 가열 온도를 제어할 수 있다.

발명을 실시하기 위한 최선의 태양

이하, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명에 따른 유도 가열 방법과 장치의 바람직한 실시형태를 상세하게 설명한다.

도 1 은 본 발명의 제 1 실시형태에 따른 유도 가열 장치의 설명도이다.

본 실시형태에 따른 유도 가열 장치 (100) 는 주 가열 유닛 (110m) 및 종속 가열 유닛 (110s) 으로 구성된다. 가열 유닛 (110m, 110s) 은 전원부 (112m, 112s) 및 이들 전원부 (112m, 112s) 로부터 전력이 각각 공급되는 부하 코일부 (150m, 150s) 를 포함한다.

전원부 (112m, 112s) 는, 각각이 사이리스터에 의해 브리지 회로가 형성되는 정류회로인, 순변환부 (114m, 114s) 를 각각 포함하고, 이들 순방향 변환부 (114m, 114s) 는 3상 AC 전원 (116m, 116s) 에 각각 접속된다. 인버터 (역변환부;

120m) 와 인버터 (120s) 는 평활 리액터 (118m, 118s) 를 경유하여 순변환부 (114m, 114s) 의 출력측에 접속된다. 본 실시형태에서, 주 가열 유닛 (110m) 측의 인버터 (120m) 는 주 인버터이고 종속 가열 유닛 (110s) 측의 인버터 (120s) 는 종속 인버터이다. 각각의 인버터 (120m, 120s) 는 본 실시형태에서 전류형이고 널리 공지된 바와 같이 다이오드와 트랜지스터를 직렬로 접속하여 이루어진 암으로 구성되는 브리지 회로에 의해 형성된다.

인버터 (120m, 120s) 의 외측에 접속되는 부하 코일부 (150m, 150s) 는 부하 코일인 가열 코일 (152m, 152s) 을 갖는다. 각각의 콘덴서 (154m, 154s) 는 가열 코일 (152m, 152s) 과 그 내부 저항 (156m, 156s) 에 병렬로 접속되어 가열 코일 (152) 과 콘덴서 (154) 는 병렬 공진 회로를 형성한다. 즉, 본 실시형태에서 인버터 (120m, 120s) 는 병렬 공진형 인버터를 구성한다. 본 실시형태에서 가열 코일 (152m, 152s) 은 서로 인접하여 배치된다.

부하 코일부 (150m, 150s) 에서, 변압기 (158m, 158s) 는 콘덴서 (154m, 154s) 에 병렬로 각각 제공되고 인버터 (120m, 120s) 의 출력 전압에 대응하는 전압값을 얻을 수 있다. 주 가열 유닛 (110m) 측의 변압기 (158m) 의 출력 전압 (Vm) 은 다음에 상세하게 설명하는 주측의 전력 제어부 (122m) 와 구동 제어부 (124m) 로 피드백된다. 그 동안, 종속 가열 유닛 (110s) 측의 변압기 (158s) 의 출력 전압 (Vs) 은 종속측의 전력 제어부 (122s) 에 피드백된다. 또한, 인버터 (120m, 120s) 의 출력 전류 (Im, Is) 를 검출하는 변류기 (160m, 160s) 는 인버터 (120m, 120s) 와 콘덴서 (154m, 154s) 간에 제공된다. 변류기 (160m, 160s) 에 의해 검출되는 출력 전류 (Im, Is) 는 대응하는 전력 제어부 (122m, 122s) 에 피드백된다.

전력 제어부 (122m, 122s) 는 순변환부 (114m, 114s) 를 각각 구성하는 사이리스터에 구동 펄스를 부여하고 전력 설정부 (126m, 126s) 가 접속된다. 주측의 구동 제어부 (124m) 는 변압기 (158m) 로부터 입력되는 전압 (Vm) 의 제로-크로스를 검출하고 이 제로-크로스와 동기하여 인버터 (102m) 를 구성하는 트랜지스터 ($TRmA_1$, $TRmA_2$, $TRmB_1$, $TRmB_2$) 에 구동 펄스를 출력한다. 또한, 구동 제어부 (124M) 는 상술한 구동 펄스에 동기하는 신호를 종속측의 구동 제어부 (124s) 에 입력한다. 종속측의 구동 제어부 (124s) 는 주측의 구동 제어부 (124m) 로부터 입력된 신호에 기초하여 종속측의 인버터 (120s) 를 구성하는 트랜지스터 ($TRsA_1$, $TRsA_2$, $TRsB_1$, $TRsB_2$) 를 구동하는 펄스를 생성하고 이를 이들 트랜지스터에 부여한다.

위상 검출기 (220) 는 종속 가열 코일 (110s) 에 제공된다. 주측의 가열 코일 (152m) 에 공급되는 가열 코일 전류 (I_{Lm}) 와 종속측의 가열 코일 (152s) 에 공급되는 가열 코일 전류 (I_{Ls}) 간의 위상차 (Φms) 를 얻기 위한, 이 위상 검출기 (220) 는 변류기 (160m, 160s) 에 의한 검출 전류가 입력되도록 구성된다. 특히, 가열 코일 전류 검출기 (180m, 180s) 는 부하 코일부 (150m, 150s) 에서 가열 코일 (152m, 152s) 과 콘덴서 (158m, 158s) 간에 가열 코일 (152m, 152s) 에 직렬로 제공된다. 가열 코일 전류 검출기 (180m, 180s) 는 대응하는 가열 코일 전류 (I_{Lm} , I_{Ls}) 를 검출하여 이를 위상 검출기 (220) 에 입력한다. 가열 코일 전류 (I_{Lm}) 와 가열 코일 전류 (I_{Ls}) 간의 위상차 (Φms) 를 얻은 후, 위상 검출기 (220) 는 이를 종속측의 구동 제어부 (124s) 에 입력한다. 다음에 상세하게 설명하는 바와 같이, 종속측의 구동 제어부 (124s) 는, 가열 코일 전류 (I_{Lm} , I_{Ls}) 의 위상이 서로 일치하는 방법으로 위상 검출기 (220) 의 출력 신호에 기초하여 종속측의 인버터 (120s) 에 주어지는 구동 신호 (게이트 펄스) 의 위상을 조정한다.

다음에 상세하게 설명하는 바와 같이, 종속 가열 유닛 (110s) 은, 인버터 (120s) 의 출력 전류 (Is) 와 출력 전압 (Vs) 간의 위상차를 0 으로 만드는 위상 제어부 (170) 를 갖는다. 이 위상 제어부 (170) 는, 변압기 (158s) 와 변류기 (160s) 에 의해 출력되는 전압 (Vs) 과 전류 (Is) 가 입력되는 위상차 검출부 (172); 및 이 위상차 검출부 (172) 의 출력 신호에 기초하여, 인버터 (120s) 와 가열 코일 (152s) 간에 제공되는 가변 리액터부 (162) 를 제어하는 위상 조정부 (174) 로 구성된다. 본 실시형태에서, 가변 리액터부는, 가열 코일 (152s) 과 콘덴서 (154s) 에 병렬로 접속되는 가변 용량 리액턴스 (164); 및 가열 코일 (152s) 에 직렬로 접속되는 가변 유도 리액턴스 (166) 로 구성된다.

상기 구조와 같은 유도 가열 장치 (100) 에서, 주 가열 유닛 (110m) 의 가열 코일 (152m) 과 종속 가열 유닛 (110s) 의 가열 코일 (152s) 은 서로 인접하여 배치된다. 전원부 (112m, 112s) 에서, 순변환부 (114m, 114s) 의 사이리스터는 각각 전력 제어부 (122m, 122s) 에 의해 출력되는 구동 펄스에 의해 구동되고, 3상 AC 전원 (116m, 116s) 에 의해 출력되는 AC 전력을 정류하여 이를 DC 전력으로 변환하고, 이를 평활 코일 (118m, 118s) 을 경유하여 인버터 (역변환부; 120m) 와 인버터 (120s) 에 부여한다. 전력 제어부 (122m) 는 도 2 에 도시된 바와 같이 구성된다. 종속측의 전력 제어부 (122s) 는 동일한 구성을 갖는다.

특히, 전력 제어부 (122m) 는, 변압기 (158m) 의 출력 전압 (Vm) 과 변류기 (160m) 의 출력 전류 (Im) 가 입력되는 전력 변환기 (130), 전력 변환기 (130) 의 출력측에 제공되는 전력 비교기 (132), 전력 비교기 (132) 의 출력측에 접속되는 순변환 위상 제어기 (134), 및 이 순변환 위상 제어기 (134) 의 출력 신호가 입력되는 순변환 게이트 펄스 발생기 (136) 로 구성된다.

전력 변환기 (130) 는 입력된 전압값 (Vm) 과 전류값 (Im) 에 기초하여 인버터 (120m) 의 출력 전력 (Pm) 을 얻어 이를 전력 비교기 (132) 에 출력한다. 전력 설정기 (126m) 에 접속되는 전력 비교기 (132) 는 전력 변환기 (130) 에 의해 얻어진 전력값 (Pm) 과 전력 설정기 (126m) 에 의해 출력된 설정값 (Pmc) 을 비교하고 그들간의 편차에 대응하는 출력 신호를 순변환 위상 제어기 (134) 에 전송한다. 그 후, 전력 비교기 (132) 의 출력 신호에 따라, 순변환 위상 제어기 (134) 는 순변환부 (114m) 를 구성하는 각각의 사이리스터에 주어지는 게이트 펄스를 생성하는 타이밍을 조정하고 전력 전압값 (Pm) 과 설정값 (Pmc) 간의 검출차를 0 으로 하는 사이리스터의 구동 타이밍을 얻는다. 순변환 위상 제어기 (134) 는 얻어진 구동 타이밍에 따라 순변환 게이트 펄스 발생기 (136) 에 구동 신호를 부여한다. 순변환 게이트 펄스 발생기 (136) 는 순변환 위상 제어기 (134) 의 출력 신호에 동기하여 게이트 펄스를 발생시키고 이를 구동 신호로서 순방향 변환부 (114m) 의 각각의 사이리스터에 부여한다. 또한, 각각의 사이리스터의 출력 전력은 전력 설정기 (126m) 의 설정값 (Pmc) 을 변경하여 변화될 수 있다.

인버터 (120m, 120s) 를 구동하는 구동 제어부 (124m, 124s) 는 도 3 에 도시된 바와 같이 구성된다. 특히, 구동 제어부 (124m) 와 구동 제어부 (124s) 는 각각 트랜지스터용 게이트 펄스 발생기 (140m, 140s) 를 갖고 그 출력측에 한 쌍의 게이트 유닛 (142mA, 142mB) 과 한 쌍의 게이트 유닛 (142sA, 142sB) 이 각각 접속된다. 또한, 종속측의 구동 제어부 (124s) 에는 위상 조정 회로 (143) 가 제공된다. 부하 전류 제어부인 이 위상 조정 회로 (143) 는 주측의 가열 코일 (152m) 과 종속측의 가열 코일 (152s) 을 통하는 가열 코일 전류 (I_{Lm} , I_{Ls}) 의 위상을 조정하여 서로 일치(동기)시키는 것이고, 트랜지스터용 게이트 펄스 발생기 (140s) 는 위상 조정 회로 (143) 의 출력측에 접속된다. 또한, 주측의 트랜지스터용 게이트 펄스 발생기 (140m) 의 출력 펄스와 위상 검출기 (220) 에 의해 얻어진 가열 코일 전류 (I_{Lm} , I_{Ls}) 간의 위상차 (Φms) 는 위상 조정 회로 (143) 에 입력된다. 주측의 구동 제어부 (124m) 는, 변압기 (158m) 의 출력 전압 (Vm) 이 트랜지스터용 게이트 펄스 발생기 (140m) 에 피드백되도록 구성된다. 도 4 에 도시된 바와 같이, 게이트 제어부 (124m) 는, 게이트 펄스 발생기 (140m) 가 전압 (Vm) 의 제로 크로스를 검출하여 트랜지스터를 구동하기 위한 게이트 펄스를 발생시키고 이를 게이트 유닛 (142mA, 142mB) 에 입력하면서, 이를 동기 신호로서 종속측의 구동 제어부 (124s) 에 부여하도록 구성된다.

본 실시형태에서, 구동 제어부 (124m) 의 트랜지스터용 게이트 펄스 발생기 (140m) 는, 도 4 (1) 에 도시된 바와 같이 변화하는 전압 (Vm) 이 입력된 후, 전압 (Vm) 이 하측으로부터 제로-크로스할 때 도 4 (3) 에 도시된 바와 같이, A 위상용 트랜지스터 ($TRmA_1$, $TRmA_2$) 를 구동하기 위한 게이트 펄스를 생성하여 이를 게이트 유닛 (142mA) 과 종속측의 위상 조정 회로 (143) 에 출력한다. 게이트 유닛 (142mA) 은 게이트 펄스 발생기 (140m) 로부터 입력된 게이트 펄스를 구동 신호로서 트랜지스터 ($TRmA_1$, $TRmA_2$) 의 베이스에 부여한다. 그 동안, 전압 (Vm) 이 상측으로부터 제로-크로스하는 경우, 게이트 펄스 발생기 (140m) 는 A 위상용 게이트 펄스의 생성을 정지하고 도 4 (4) 에 도시된 바와 같이 B 위상용 트랜지스터 ($TRmB_1$, $TRmB_2$) 를 구동하기 위한 게이트 펄스를 발생시켜 이를 게이트 유닛 (142mB) 에 출력한다. 게이트 유닛 (142mB) 은 입력된 게이트 펄스를 B 위상용 트랜지스터 ($TRmB_1$, $TRmB_2$) 의 베이스에 부여하여 이를 구동한다. 이로 인해, 주측의 인버터 (120m) 가 그 자신의 고유 주파수로 구동되고 도 4 (5) 에 도시된 바와 같이 전압 (Vm) 에 동기되는 전류 (Im) 가 출력되고 역율은 약 1 로 된다. 또한, 도 4 (2) 에 도시된 바와 같이, 가열 코일 전류 (I_{Lm}) 가 가열 코일 (152m) 에 부여된다.

그 동안, 종속측의 구동 제어부 (124s) 의 위상 조정 회로 (143) 는, 주측의 게이트 펄스 발생기 (140m) 에 의해 출력된 펄스의 상승과 하강에 동기하여 트랜지스터용 게이트 펄스 발생기 (140s) 에 신호를 출력한다. 도 4 (6) 에 도시된 바와 같이, 게이트 펄스 발생기 (140s) 는, 위상 조정 회로 (143) 로부터 펄스가 입력되는 경우, 이 펄스에 동기하여, A 위상용 펄스를 A 위상용 게이트 유닛 (142s) 에 출력한다. 게이트 유닛 (142sA) 은 입력된 펄스를 대응하는 트랜지스터 ($TRsA_1$, $TRsA_2$) 의 베이스에 구동 신호로서 부여하여 이를 동작시킨다. 그 동안, 도 4 (7) 에 도시된 바와 같이, 종속측의 게이트 펄스 발생기 (140s) 는 B 위상용 펄스를 생성하여 이를 B 위상용 게이트 유닛 (142sB) 에 부여한다. 게이트 유닛 (142sB)

은 입력된 펄스에 기초하여 트랜지스터 ($TRsB_1$, $TRsB_2$) 를 구동시킨다. 이로 인해, 도 4 (8) 에 도시된 바와 같이 인버터 (120s) 는 주측의 인버터 (120m) 에 의해 출력된 전류 (Im) 에 동기되는 전류 (Is) 를 출력하고 가열 코일 전류 (I_Ls) 는 가열 코일 (152s) 에 공급된다 (도 4 (10) 참조).

종속측의 인버터 (120s) 의 출력측에 제공되는 변압기 (158s) 와 변류기 (160s) 에 의해 검출되는 인버터 (120s) 의 출력 전압 (Vs) 과 출력 전류 (Is) 는 종속 가열 유닛 (110s) 에 제공되는 위상 제어부 (170) 의 위상차 검출부 (172) 에 입력된다. 위상차 검출부 (172) 는 그들간의 위상차를 얻어 이를 위상 조정부 (174) 에 입력한다. 가열 코일 전류 (I_{Lm} , I_{Ls}) 가 가열 코일 (152mA, 152mB) 을 통하여 흐른 후, 부하 변동 등에 의해 그들간에 위상 편차가 발생하고 가열 코일 (152mA, 152mB) 간의 상호 유도 상태에서의 변화로 인해 종속측의 인버터 (120s) 의 출력 전압 (Vs) 과 출력 전류 (Is) 간의 위상 편차가 발생하는 경우, 위상 조정부 (174) 는 그들의 위상이 서로 일치하도록 가변 리액터부 (162) 를 제어한다. 도 5 는 위상 제어부 (170) 의 동작을 설명하는 플로챠트이다.

위상 제어부 (170) 의 위상차 검출부 (172) 는, 전압 (Vs) 과 전류 (Is) 가 종속측의 변압기 (158s) 와 변류기 (160s) 로 부터 입력되는 경우, 도 5 의 스텝 190 에 도시된 바와 같이, 그들 간의 위상차를 검출하고 위상각 (Φ) 을 얻어 이를 위상 조정부 (174) 에 출력한다. 위상 조정부 (174) 는, 위상차 검출부 (172) 에 의해 출력된 위상각 (Φ) 이 입력되는 경우, 전압 (Vs) 와 전류 (Is) 의 위상이 서로 일치하는지의 여부, 즉 Φ = 0 인지를 판정한다 (스텝 191). 위상이 서로 일치하는 경우, 위상차 검출부 (172) 에 의해 출력된 다음 위상각 (Φ) 을 판독한다.

위상 조정부 (174) 는, 스텝 191 에서 위상각 Φ = 0 이 아닌 것으로 판정하는 경우, 스텝 192 로 진행하고 전류 (Is) 의 위상이 전압 (Vs) 의 위상보다 진상인지 지상인지의 여부를 판정한다. 도 4 (9) 에 파선으로 도시된 바와 같이, 전압 (Vs; Vs1) 의 위상이 전류 (Is) 의 위상보다 지상인 경우, 즉, 전류의 위상이 전압의 위상보다 위상각 (Φ_1) 만큼 진상인 경우, 위상 조정부 (174) 는, 스텝 193 에 도시된 바와 같이, 위상각 (Φ_1) 에 따라 가변 리액터부 (162) 의 가변 용량 리액턴스 (164) 의 C 를 감소시키며, 가변 리액터부 (162) 의 가변 유도 리액턴스 (166) 을 감소시키고, 또는 그들 모두를 감소시킴으로써, 전압 (Vs) 의 위상을 전진시키거나 전류 (Is) 의 위상을 지연시켜 도 4 (9) 에 도시된 바와 같이 전압 (Vs) 의 위상을 전류 (Is) 의 위상과 일치시킨다.

위상 조정부 (174) 는, 스텝 192 에서 도 4 (9) 의 일점쇄선으로 도시된 바와 같이 전압 (Vs; Vs_2) 의 위상이 전류 (Is; 전류의 위상은 전압의 위상보다 지상임) 의 위상보다 Φ_2 만큼 진상인 것으로 판정한 경우, 스텝 192 로부터 스텝 194 로 진행하고, 위상각 (Φ_2) 에 따라 가변 용량 리액턴스 (164) 의 C 를 증가시키며, 가변 유도 리액턴스 (166) 의 L 을 증가시키고, 또는 그들 모두를 증가시켜 전압 (Vs) 의 위상을 지연시키거나 전류 (Is) 의 위상을 전진시킴으로써, 전압 (Vs) 의 위상과 전류 (Is) 의 위상을 서로 일치시킨다. 따라서, 인버터 (120s) 의 역율은 개선되어 동작 효율이 향상될 수 있다.

주 인버터 (120m) 와 종속 인버터 (120s) 는 이와 같은 방법으로 동작된다. 그러나, 도 7 에 도시된 바와 같이, 주측의 가열 코일 (152m) 에 공급되는 가열 코일 전류 (I_{Lm}) 와 종속측의 가열 코일 (152s) 에 공급되는 가열 코일 전류 (I_{Ls}) 간의 위상 편차가 부하 변동 등으로 인해 종종 발생한다. 따라서, 가열 코일 (152m 및 152s) 간의 상호 유도 상태가 변하게 된다. 따라서, 본 실시형태에서는, 가열 코일 전류 (I_{Lm} 및 I_{Ls}) 간의 위상차 (Φ_{ms}) 가 위상 검출기 (220) 에 의해 검출되고 도 3 에 도시된 바와 같이 종속측의 구동 제어부 (124s) 의 위상 조정 회로 (143) 에 입력된다. 도 7 (3) 에 도시된 바와 같이 종속측의 가열 코일 전류 (I_{Ls}) 의 위상이 주측의 가열 코일 전류 (I_{Lm}) 의 위상보다 예를 들어, Φ_{ms1} 만큼 지상인 경우, 위상 조정 회로 (143) 는 게이트 펄스 발생기 (140s) 에 주어지는 신호를 발생하는 타이밍을 전진시켜 이 위상차 (Φ_{ms1}) 를 제거한다.

즉, 도 13 (4), (5) 에 도시된 바와 같이, 종속측의 가열 코일 전류 (I_{Ls}) 의 위상이 주측의 가열 코일 전류 (I_{Lm}) 의 위상보다 예를 들어, Φ_{ms1} 만큼 지상인 경우, 지연인 위상차 Φ_{ms1} 을 나타내는 신호가 위상 검출기 (220) 로부터 위상 조정 회로 (143) 에 입력된다. 주측의 게이트 펄스 발생기 (140m) 로부터 입력된 도 13 (1) 의 A 위상용 펄스와 위상차 (Φ_{ms1}) 에 기초하여, 위상 조정 회로 (143) 는 게이트 펄스 발생기 (140s) 에 위상 조정 신호를 부여하므로 종속측의 인버터 (120s) 의 A 위상용 및 B 위상용 게이트 펄스가 주측의 인버터 (120m) 의 A 위상용 및 B 위상용 게이트 펄스보다 위상차 (Φ_{ms1}) 만큼 더 일찍 출력된다. 따라서, 도 13 (6), (7) 에 도시된 바와 같이, 종속측의 게이트 유닛 (142sA, 142sB) 에 의해 출력된 A 위상용 게이트 펄스와 B 위상용 게이트 펄스는, 도 13 (1), (2) 에 도시되어 있는 주측의 A 위상용 게이트 펄스와 B 위상용 게이트 펄스보다 위상차 (Φ_{ms1}) 만큼 더 일찍 출력된다. 따라서, 도 13 (8) 에 도시된 바와 같이, 위상 조정 후 인버터

(120s) 의 출력 전압 (Vsc) 의 위상은 주측의 인버터 (120m) 의 출력 전압 (Vm; 도 13 (3) 참조) 의 위상보다 위상차 (Φ_{ms1}) 만큼 앞서게 된다. 따라서, 도 13 (8) 에 도시된 바와 같이, 가열 코일 (152s) 에 공급되는 가열 코일 전류 (I_{Ls}) 의 위상이 주측의 가열 코일 전류 (I_{Lm}) 의 위상과 일치하게 된다.

한편, 도 7 (4) 에 도시된 바와 같이 종속측의 가열 코일 전류 (I_{Ls}) 가 주측의 가열 코일 전류 (I_{Lm}) 보다 Φ_{ms2} 만큼 앞서는 경우, 위상 조정 회로 (143) 는 게이트 펄스 발생기 (140s) 에 주어지는 구동 신호 (게이트 펄스) 의 위상 (출력 타이밍) 을 지연시켜 위상차 (Φ_{ms2}) 를 제거하므로 가열 코일 전류 (I_{Lm}) 와 가열 코일 전류 (I_{Ls}) 의 위상이 서로 일치하게 된다.

이로 인해, 부하 상태가 변동하는 경우에도 가열 코일 전류 (I_{Lm} 및 I_{Ls}) 의 위상이 서로 완전히 일치하게 되므로 부하 변동에 의한 영향 없이 인버터를 정상으로 동작시킬 수 있다. 따라서, 가열 코일 (152m 및 152s) 이 서로 인접하여 배치되는 경우에도, 부하 변동에 의한 영향 없이 유도 가열을 실행할 수 있고 온도 제어를 쉽고 매우 정확하게 수행할 수 있으므로, 가열 코일 (152m 및 152s) 의 경계부에서 가열 온도의 감소 등의 결점을 제거하는 것이 가능하다. 본 실시형태에서, 전력 제어부 (122m 및 122s) 는 주 가열 유닛 (110m) 과 종속 가열 유닛 (110s) 에 각각 제공되어 가열 코일 (152m 및 152s) 에 공급되는 전력의 독립적인 조정이 가능하므로 가열 코일 (152m 및 152s) 간의 가열 온도를 자유로이 서로 다르게 할 수 있고 매우 정확한 온도 제어를 달성할 수 있게 된다.

또한, 상술한 제 1 실시형태에서는 단지 하나의 종속 가열 유닛 (110s) 이 제공되는 경우를 설명하였지만, 복수의 종속 가열 유닛을 제공할 수도 있다. 복수의 가열 유닛이 제공되는 경우, 기준으로 기능하는 주 가열 유닛으로서 가열 유닛 중 임의의 하나를 이용할 수도 있다. 또한, 제 1 실시형태에서는, 전압 (Vs) 과 전류(Is) 가, 종속측의 전류 (Is) 와 전압 (Vs) 의 위상이 서로 일치하게 될 때 위상 제어부 (170) 의 위상차 검출부 (172) 에 입력되는 경우에 관하여 설명하였지만, 전류 (Is) 대신 종속측의 인버터 (120s) 의 트랜지스터에 주어지는 게이트 펄스를 이용할 수도 있다. 또한, 상술한 실시형태에서는 가열 코일 (152m 및 152s) 이 서로 인접하여 배치되는 경우를 설명하였지만, 본 발명은 가열 코일 (152m 및 152s) 이 서로 인접하여 배치되지 않는 경우에도 물론 적용가능하다.

또한, 상술한 제 1 실시형태에서는, 종속측에 제공된 가변 리액터부 (162) 가 가변 용량 리액턴스 (164) 및 가변 유도 리액턴스 (166) 로 구성되는 경우에 관하여 설명하였지만, 가변 리액터부 (162) 는 가변 용량 리액턴스 (164) 또는 가변 유도 리액턴스 (166) 중 어느 하나로 형성될 수도 있다. 또한, 상술한 제 1 실시형태에서는 주측의 인버터 (120m) 와 종속측의 인버터 (120s) 의 가열 코일 전류 (I_{Lm} 및 I_{Ls}) 의 위상이 서로 일치하게 되는 경우를 설명하였지만, 필요에 따라 그들 모두 간에 소정의 위상차로 유지할 수도 있다.

도 6 은 제 2 실시형태의 설명도이다. 제 2 실시형태의 유도 가열 장치 (200) 는 주 가열 유닛 (110m) 및 종속 가열 유닛 (210s) 로 구성된다. 주측의 구동 제어부 (124m) 는 주측의 인버터 (120m) 에만 게이트 펄스를 출력하도록 구성된다. 종속측의 구동 제어부 (212s) 는, 주측의 변압기 (158m) 의 전압 (Vm) 이 입력되고 이 전압 (Vm) 에 기초하여 종속측의 인버터 (120s) 를 구성하는 트랜지스터의 구동 신호 (게이트 펄스) 를 발생시키도록 구성된다. 즉, 제 2 실시형태에서는, 도 3 에 파선으로 도시된 바와 같이, 주측의 인버터 (120m) 의 출력 전압 (Vm) 이 주측의 게이트 펄스 발생기 (140m) 의 출력 펄스 대신 종속측의 구동 제어부 (124s; 212s) 의 위상 조정 회로 (143) 에 입력된다. 다른 구성은 상술한 제 1 실시형태와 유사하다.

이와 같이 구성된 제 2 실시형태에서, 종속측의 구동 제어부 (212s) 는, 주측의 전압 (Vm) 이 입력되는 경우, 주측의 구동 제어부 (124m) 와 유사하게 전압 (Vm) 의 제로 크로스를 검출하고, 이 제로 크로스와 동기하여 A 위상용 트랜지스터 게이트 펄스와 B 위상용 트랜지스터 게이트 펄스를 생성하고, 이를 구동 신호로서 인버터 (120s) 의 각 트랜지스터의 베이스에 부여한다. 이로 인해, 상술한 실시형태에서와 동일한 효과를 얻을 수 있다.

또한, 종속측의 구동 제어부 (212s) 에 주측의 변류기 (160m) 에 의해 출력된 전류 (Im) 를 입력하고, 이 전류 (Im) 에 기초하여 트랜지스터 게이트 펄스를 생성하고, 이를 종속측의 인버터 (120s) 의 트랜지스터에 부여하고, 주측의 전류 (Im) 과 동기하여 종속측의 인버터 (102s) 를 동작시키는 것도 적합하다.

도 14 는 제 3 실시형태의 개략적인 설명도로서, 본 발명이 전압형 인버터에 적용되는 예를 나타낸다. 도 14 에서, 유도 가열 장치 (300) 는, 순변환부 (304) 가 AC 전원 (302) 에 접속되고 이 순변환부 (304) 의 출력측에 평활 콘덴서 (306) 가 제공되도록 구성된다. 또한, 유도 가열 장치 (300) 는, 주측의 가열 유닛 (310m) 과 종속측의 가열 유닛 (310s) 이 평활 콘덴서 (306) 에 병렬로 접속되도록 구성된다.

가열 유닛 (310m 및 310s) 은 DC 전원부 (312m 및 312s), 인버터 (314m 및 314s), 및 부하 코일부 (320m 및 320s) 를 각각 갖는다. DC 전원부 (312m 및 312s) 는 널리 공지되어 있는 초퍼 회로 (316m 및 316s) 및 그 출력측에 제공되는 콘덴서 (318m 및 318s) 로 구성된다. 각 인버터 (314m 및 314s) 의 각각의 암은 트랜지스터 및 이 트랜지스터와 역병렬로 접속되는 다이오드로 구성되는 브리지회로에 의해 구성된다. 부하 코일부 (320m 및 320s) 는 인버터 (314m 및 314s) 의 출력측에 접속된다. 각각의 부하 코일부 (320m 및 320s) 는 직렬 공진형이고, 각각의 가열 코일 (322m 및 322s) 과 콘덴서 (324m 및 324s) 는 직렬로 접속된다. 가변 리액터 (326) 는 종속측의 부하 코일부 (320s) 의 가열 코일 (322s) 에 직렬로 제공된다.

또한, 전력 제어부 (330m, 330s) 는 가열 유닛 (310m 및 310s) 의 초퍼 회로 (316m 및 316s) 에 각각 접속된다. 전력 제어부 (330m 및 330s) 는 촙부 (328m 및 328s) 를 턴온/오프하고, 초퍼 회로 (316m 및 316s) 의 트랜지스터와 다이오드의 역병렬 접속에 의해 형성되며, 초퍼 회로 (316m 및 316s) 의 도전율을 변화시킨다. 따라서, DC 전원부 (312m 및 312s) 에서, 콘덴서 (318m 및 318s) 의 양 단부에서의 전압 크기가 변화하여 인버터 (314m 및 314s) 에 주어지는 전압 크기가 변화하므로 인버터 (314m 및 314s) 의 출력 전압이 변하게 된다. 인버터 (314m 및 314s) 에는, 인버터의 구동을 제어하기 위한 구동 제어부 (332m 및 332s) 가 각각 접속된다. 또한, 부하 코일부 (320s) 에 제공되는 가변 리액터 (326) 를 제어하기 위한 위상 제어부 (334) 는 종속측에 접속된다. 또한, 가열 코일 (322m 및 322s) 의 내부 저항은 도 14 에서 생략되어 있다.

본 제 3 실시형태의 유도 가열 장치 (300) 에서, 인버터 (314m 및 314s) 에 의해 출력되는 전압 (Vm, Vs) 과 전류 (가열 코일 전류; I_{Lm} 및 I_{Ls}) 는 도 14 에 도시되지 않은 변압기와 변류기에 의해 검출되고 전력 제어부 (330m 및 330s) 에 입력된다. 전력 제어부 (330m 및 330s) 는 입력된 전압과 전류로부터 인버터 (314m 및 314s) 의 출력 전력을 얻고, 이를 도 13 에 도시되지 않은 전력 설정기의 설정값과 비교하며, 촙부 (328m 및 328s) 의 구동 펄스 폭을 조정하여 출력 전압이 설정값을 갖도록 한다.

인버터 (314m) 의 출력 전류가 입력되는, 주측의 구동 제어부 (332m) 는, 이 출력 전류의 제로 크로스를 검출하고 인버터 (314m) 의 트랜지스터 각각을 구동하기 위한 구동 신호 (게이트 펄스) 를 생성하여 이를 인버터 (314m) 의 트랜지스터 각각에 부여한다. 그 동안, 도 14 에 도시되지 않은 위상 검출기가 접속되는, 종속측의 구동 제어부 (332s) 에는, 위상 검출기에 의해 출력되는 주측의 가열 코일 전류 (I_{Lm}) 와 종속측의 가열 코일 전류 (I_{Ls}) 간의 위상차 (Φ_{ms}) 가 입력되고 주측의 구동 제어부 (332m) 에 의해 출력되는 게이트 펄스가 입력된다. 그 후, 구동 제어부 (332s) 는 인버터 (314s) 에 주어지는 구동 신호 (게이트 펄스) 를 출력하고, 주측의 구동 제어부 (332m) 로부터 입력되는 게이트 펄스에 기초하여 주측의 가열 코일 전류 (I_{Lm}) 와 종속측의 가열 코일 전류 (I_{Ls}) 간의 위상차 (Φ_{ms}) 에 따라 구동 신호의 위상 (출력 타이밍) 을 조정하여, 위상차 (Φ_{ms}) 를 0 으로 만들거나 위상차 (Φ_{ms}) 를 소정의 위상차 (Φ) 로 만든다. 이로 인해, 인버터 (314m 및 314s) 는, 서로 동기되는 주측과 종속측의 가열 코일 전류 (I_{Lm} 및 I_{Ls}) 의 위상으로 또는 그들간에 유지되는 소정의 위상차 (Φ) 로, 동작될 수 있다. 따라서, 가열 유도 장치 (300) 에서, 부하가 변동하는 경우에도, 가열 코일 전류 (I_{Lm} 및 I_{Ls}) 의 위상이 서로 일치하거나 그들 간에 소정의 위상차 (Φ) 로 유지되므로 가열 코일 (322m 및 322s) 의 경계부에서 온도 감소 등을 방지할 수 있다.

종속측에 제공되는 위상 제어부 (334) 는 인버터 (314s) 에 의해 출력되는 전압과 전류를 판독하고 그들간의 위상차 (Φ) 를 얻는다. 전류와 전압간의 위상차가 존재하는 경우, 위상 제어부 (334) 는 가변 리액터 (326) 를 조정하여 그들 모두의 위상을 서로 일치시킨다. 이로 인해, 인버터 (314s) 의 역율이 개선되어 인버터 (314s) 의 동작 효율이 향상된다.

도 15 는 제 4 실시형태의 개략적인 설명도이다. 본 제 4 실시형태에 따른 유도 가열 장치 (350) 는 주측과 종속측에 전압형 인버터 (314m, 314s) 를 갖는다. 이들 인버터 (314m, 314s) 는, 그 출력 전력이 펄스폭 변조 (PWM) 방식으로 제어되도록 구성된다. 즉, 전력 제어부 (352m, 352s) 는 각각 구동 제어부 (354m, 354s) 를 경유하여 인버터 (314m, 314s) 에 접속된다.

전력 제어부 (352m, 352s) 는 대응하는 인버터 (314m, 314s) 의 출력 전력과 설정값을 비교한다. 전력 제어부 (352m, 352s) 는 인버터 (314m, 314s) 를 구동하기 위한 펄스폭을 얻어 인버터 (314m, 314s) 의 출력 전력을 설정값으로 하고 이를 대응하는 구동 제어부 (354m, 354s) 에 출력한다. 주측의 구동 제어부 (354m) 는 주측의 인버터 (314m) 의 출력 전류의 제로 크로스를 검출하고 전력 제어부 (352m) 에 의해 얻어진 펄스폭을 갖는 게이트 펄스를 인버터 (314m) 에 부여한다. 특히, 인버터 (314m) 의 출력 전력이 설정값보다 작은 경우, 구동 제어부 (354m) 는 더 긴 펄스폭을 갖는 게이트 펄스를 출력하여 인버터 (314m) 를 구성하는 트랜지스터가 턴온되는 시간을 길게 함으로써, 출력 전력을 증가시킨다.

종속측의 구동 제어부 (354s) 는 상기와 유사한 방법으로 주측의 가열 코일 전류 (I_{Lm}) 와 종속측의 가열 코일 전류 (I_{Ls}) 간의 위상차 를 얻고, 이 위상차 (Φ_{ms}) 를 0 으로 만들기 위하여 인버터 (314s) 에 주어지는 구동 신호 (게이트 펄스) 의 위상 (출력 타이밍) 을 조정하고, 게이트 펄스를 출력한다. 이 게이트 펄스는 전력 제어부 (352s) 에 의해 얻어지는 펄스폭을 갖는다. 위상 제어부 (334) 는, 가변 리액터 (326) 를 조정하여 종속측 인버터 (314s) 의 출력 전압과 출력 전류간의 위상차 (Φ) 를 상기와 유사하게 0 으로 만들고 인버터 (314s) 의 역율을 조정한다.

또한, 제 3 실시형태의 이들 유도 가열 장치 (300) 와 제 4 실시형태의 유도 가열 장치에서는, 필요에 따라, 주측의 가열 코일 전류 (I_{Lm}) 와 종속측의 가열 코일 전류 (I_{Ls}) 간에 설정되는 위상차를 유지한 상태로, 인버터 (314m, 314s) 를 동작시킬 수도 있다.

도 16 은 제 5 실시형태의 설명도이다. 도 16 에 도시된 유도 가열 장치는, 복수의 (본 실시형태에서는 4개) 가열 유닛 (310; 310a 내지 310d) 이 순변환부 (304) 의 출력측에 제공되는 평활 콘덴서 (306) 에 병렬로 접속되도록, 구성된다. 전압형 인버터가 제공되는, 이들 가열 유닛 (310) 은, 초퍼 회로 (316; 316a 내지 316d) 및 콘덴서 (318; 318a 내지 318d) 를 경유하여 초퍼 회로 (316) 의 출력측에 접속되는 인버터 (314; 314a 내지 314d) 를 갖는다. 직렬 공진형 인버터인 이들 인버터 (314) 에는, 가열 코일 (322; 322a 내지 322d) 과 콘덴서 (324; 324a 내지 324d) 가 직렬로 접속되는 부하 코일부 (320; 320a 내지 320d) 가 접속된다. 가변 리액터 (326; 326a 내지 326d) 는 부하 코일부 (320) 의 가열 코일 (322) 에 직렬로 접속된다. 또한, 부하 코일부 (320) 에서, 변압기 (158; 158a 내지 158d) 와 변류기 (160; 160a 내지 160d) 는, 인버터 (314) 의 출력 전압과 출력 전류를 검출할 수 있도록 제공된다.

유도 가열 장치 (400) 는 각각의 가열 유닛 (310) 에 대응하여 제공되는 제어 유닛 (420; 420a 내지 420d) 을 갖는다. 제어 유닛 (420; 420a 내지 420d) 은 동일한 구성을 갖는다. 이들 제어 유닛 (420) 의 구체적인 구성은 제어 유닛 (420d) 의 블록도로서 도시되어 있다.

제어 유닛 (420d) 은 전력 제어부 (330d) 를 갖는다. 전력 제어부 (330d) 에는, 전력 설정기 (126d) 로부터 설정값이 입력된다. 부하 코일부 (320d) 에 제공되는 변압기 (158d) 와 변류기 (160d) 가 접속되는, 전력 제어부 (330d) 에는, 그들에 의해 검출되는 인버터 (314d) 의 출력 전압과 출력 전류 (가열 코일 전류; I_{L4}) 도 입력된다. 전력 제어부 (330d) 는 변압기 (158d) 와 변류기 (160d) 로부터 입력되는 전압값과 전류값으로부터 인버터 (314d) 의 출력 전력을 얻고, 이를 전력 설정기 (126d) 에 의해 출력되는 설정값과 비교한다. 그 후, 전력 제어부 (330d) 는 초퍼 회로 (316d) 의 촙부 (328d) 에 주어지는 게이트 펄스의 길이를 조정하여 인버터 (314d) 의 출력 전력을 설정값으로 한다.

제어 유닛 (420d) 은 인버터 (314d) 의 구동을 제어하기 위한 구동 제어부 (422d) 를 더 포함한다. 위상 검출기 (424d) 는 구동 제어부 (422d) 의 입력측에 접속된다. 위상 검출기 (424d) 에는, 변류기 (160d) 의 출력 신호가 입력되고 기준 신호 생성부 (426) 의 출력 신호가 입력된다. 본 실시형태에서, 기준 신호 생성부 (426) 는 가열 코일 (322) 에 공급되는 가열 코일 전류 (I_L; I_{L1} 내지 I_{L4}) 의 파형을 생성한다. 그 후, 기준 신호 생성부 (426) 는 각각의 제어 유닛 (420a 내지 420d) 에 제공되는 위상 검출기 (424a 내지 424d; 위상 검출기 (424a 내지 424c) 는 도시되지 않음) 에 생성된 전류 파형을 기준 신호로서 부여한다. 위상 검출기 (424d) 는 변류기 (160d) 에 의해 검출된 가열 전류 (I_{L4}) 의 위상을 기준 신호 생성부 (426) 에 의해 출력되는 기준 전류 파형의 위상과 비교하고 그들간의 위상차를 얻어 이를 구동 제어부 (422d) 에 입력한다.

구동 제어부 (422d) 는 인버터 (314d) 를 구성하는 트랜지스터 각각에 주어지는 게이트 펄스 (구동 신호) 를 출력하고, 그 위상 (출력 타이밍) 을 조정하여 가열 코일 전류 (I_{L4}) 의 위상을 기준 전류 파형의 위상과 일치시키고, 이를 인버터 (314d) 의 트랜지스터 각각에 부여한다. 각각의 제어 유닛 (420a 내지 420d) 의 구동 제어부도 유사하게 인버터 (314a 내지 314c) 에 주어지는 게이트 펄스의 위상을 조정하여 이들을 기준 신호 생성부 (426) 에 의해 출력되는 기준 전류 파형의 위상과 일치시킨다. 이로 인해, 각각의 가열 코일 (322a 내지 322d) 에 공급되는 가열 코일 전류 (I_{L1} 내지 I_{L4}) 의 위상이 동기되므로 부하 상태가 변화하는 경우에도 가열 코일 (322) 간의 상호 유도 상태의 변화를 방지할 수 있다. 따라서, 가열 코일 (322) 이 서로 인접하여 배치되는 경우에도, 가열 코일 (322) 에 공급되는 가열 코일 전류 (I_L) 가 부하 상태의 변화에 의해 영향을 받지 않으므로 쉽고 확실하게 온도 제어를 수행할 수 있고 가열 코일 (322) 의 경계부에서의 온도 감소를 방지할 수 있다.

또한, 제어 유닛 (420d) 에 제공되는 위상 제어부 (334d) 는, 변압기 (154d) 와 변류기 (160d) 에 의해 검출되는 인버터 (314d) 의 출력 전압과 출력 전류 (가열 코일 전류) 에 기초하여, 그들간의 위상차 (Φ) 를 검출하고 가변 리액터 (326d) 를

조정하여 위상차 (Φ) 를 0 으로 만들고, 즉, 출력 전압과 출력 전류를 동기시킨다. 이로 인해, 인버터 (314d) 의 역율이 개선되어 인버터 (314d) 의 동작 효율을 향상시킬 수 있다. 제어 유닛 (420a 내지 420c) 는 제어 유닛 (420d) 와 유사하게 제어 동작을 수행한다.

또한, 본 실시형태에서는 가열 코일 전류 (I_{L1} 내지 I_{L4}) 의 위상이 동기되는 경우를 설명하였지만, 필요에 따라, 가열 코일 전류간에 설정되는 위상차를 유지한 상태로 인버터 (314) 를 동작시킬 수도 있고, 또는 가열 코일 전류 중 임의의 하나와 다른 가열 코일 전류간에 설정되는 위상차를 유지하는 방법으로 인버터 (314) 를 동작시킬 수도 있다. 또한, 본 실시형태에서는 기준 신호 생성부 (426) 가 기준 신호로서 전류 파형을 출력하는 경우를 설명하였지만, 기준 신호는 인버터 (314) 에 주어지는 게이트 펄스 등일 수도 있다. 또한, 본 실시형태에서는 가열 코일 전류가 기준 신호 생성부 (426) 에 의해 출력된 신호와 동기되는 경우를 설명하였지만, 복수의 인버터 (314) 중 어느 하나를 기준 인버터로서 이용할 수도 있으므로, 그 인버터의 출력을 기준 신호로서 이용하게 된다. 또한, 본 실시형태에서는 기준 신호 생성부 (426) 의 출력 신호와 동기하는 경우를 설명하였지만, 가열 코일 전류 (I_L) 의 위상 평균을 기준 신호로서 이용할 수도 있다. 이와 같은 경우, 가열 코일 전류의 평균 위상은, 가열 유도 장치 (4000 가 그 동작을 개시하는 시점에 얻을 수 있거나, 소정의 간격으로 출력되는 펄스에 기초하여 얻을 수 있다. 본 발명은 상술한 내용에 한정되지는 않는다. 즉, 본 발명은 도 17 및 도 18 에 도시된 기본 회로로 표시되는 인버터 뿐만 아니라 임의의 종류의 공진형 인버터에도 적용가능하다.

도 17 에 도시된 회로는 병렬 공진형 인버터로서, 인버터 (440) 의 각각의 암이 직렬로 접속된 트랜지스터 및 다이오드로 이루어지도록 구성된다. 인버터 (440) 에 접속되는 부하부 (442) 에서, 가열 코일 (부하 코일; 444) 과 콘덴서 (446) 는 병렬로 접속된다. 도 18 에 도시된 회로는 직렬 공진형 인버터로서, 인버터 (450) 의 각각의 암이 트랜지스터와 다이오드의 역병렬 접속에 의해 이루어지도록 구성된다. 인버터 (450) 에 접속되는 부하부 (454) 에서, 가열 코일 (454) 과 콘덴서 (456) 는 직렬로 접속된다.

발명의 효과

상술한 바와 같이, 복수의 가열 코일에 각각 대응하는 공진형 인버터에 의해 복수의 가열 코일에 전기가 공급되는 경우, 각각의 가열 코일에 공급되는 전류의 주파수가 서로 일치될 뿐만 아니라 전류의 위상이 동기되거나 설정되는 위상차로 유지되는 방법으로 본 발명의 동작이 수행되므로, 부하 상태가 변화하는 경우에도 인버터를 정상으로 동작시킬 수 있다. 따라서, 본 발명에 따르면, 부하 변동에 의한 영향 없이 온도 제어를 쉽고 확실하게 수행할 수 있고 복수의 가열 코일의 경계부에서의 온도 감소를 방지할 수 있다. 또한, 인버터의 출력 전류와 출력 전압간의 위상차가 조정되므로, 인버터의 역율이 개선되어 동작 효율에서의 저하를 방지할 수 있다.

복수의 가열 코일을 접속하여 유도 가열을 실행하는 경우, 각 가열 코일의 경계부에서의 온도 감소를 방지할 수 있고 부하 변동에 의한 영향 없이 공진형 인버터를 동작시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

도 1 은 본 발명의 제 1 실시형태에 따른 유도 가열 장치의 설명도이다.

도 2 는 본 발명의 실시형태에 따른 전력 제어부의 상세 설명도이다.

도 3 은 실시형태에 따른 구동 제어부의 상세 설명도이다.

도 4 는 실시형태에 따른 인버터의 동작을 설명하는 타임챠트이다.

도 5 는 실시형태에 따른 위상 제어부의 작용을 설명하는 플로챠트이다.

도 6 은 본 발명의 제 2 실시형태의 설명도이다.

도 7 은 실시형태에 따른 주측의 가열 코일 전류와 종속측의 가열 코일 전류간의 위상차를 조정하는 방법의 설명도이다.

도 8 은 유도 가열에 의해 롤을 경화하는 방법의 설명도이다.

도 9 는 파셜 유도 가열 장치의 개략 설명도이다.

도 10 은 유도 가열에 의한 용기의 가열을 설명하는 도면이다.

도 11 은 소위 바움큐헨형 유도 가열 장치의 개략 설명도이다.

도 12 는 압출 형성을 위한 유도 가열 장치의 개략 설명도이다.

도 13 은 실시형태에 따른 가열 코일 전류의 위상을 조정하는 방법을 설명하는 도면이다.

도 14 는 본 발명에 따른 제 3 실시형태의 개략 설명도이다.

도 15 는 본 발명에 따른 제 4 실시형태의 개략 설명도이다.

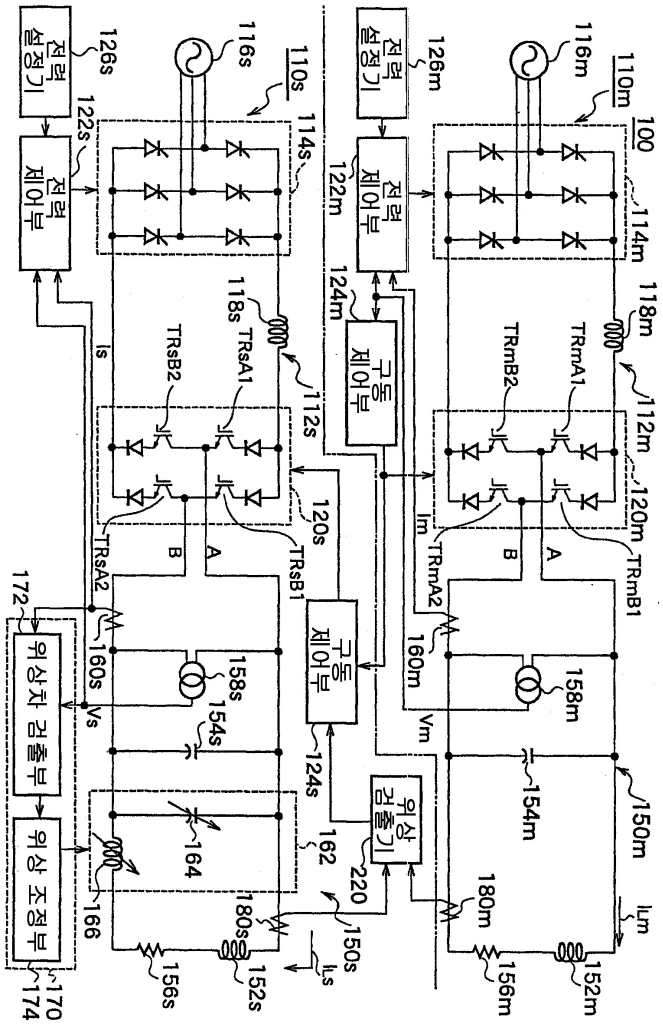
도 16 은 본 발명에 따른 제 5 실시형태의 설명도이다.

도 17 은 병렬 공진형 인버터의 기본 회로도이다.

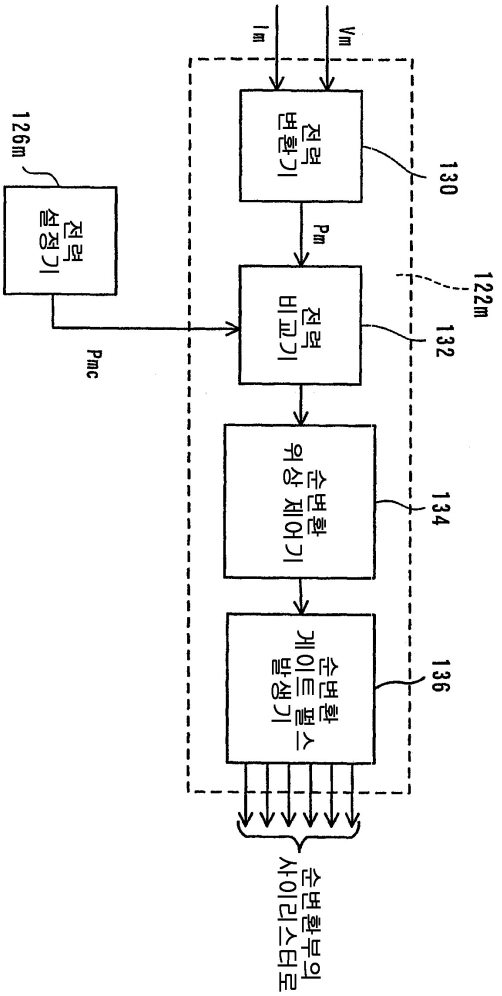
도 18 은 직렬 공진형 인버터의 기본 회로도이다.

도면

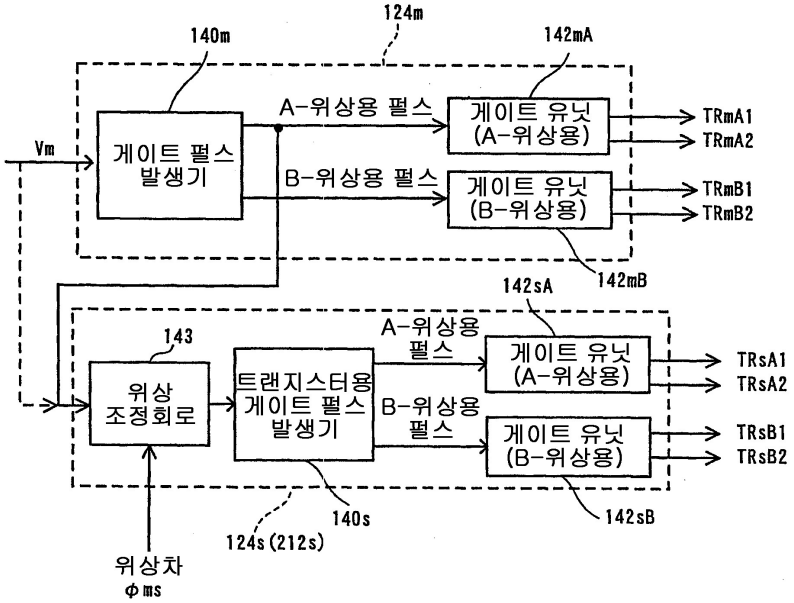
도면1



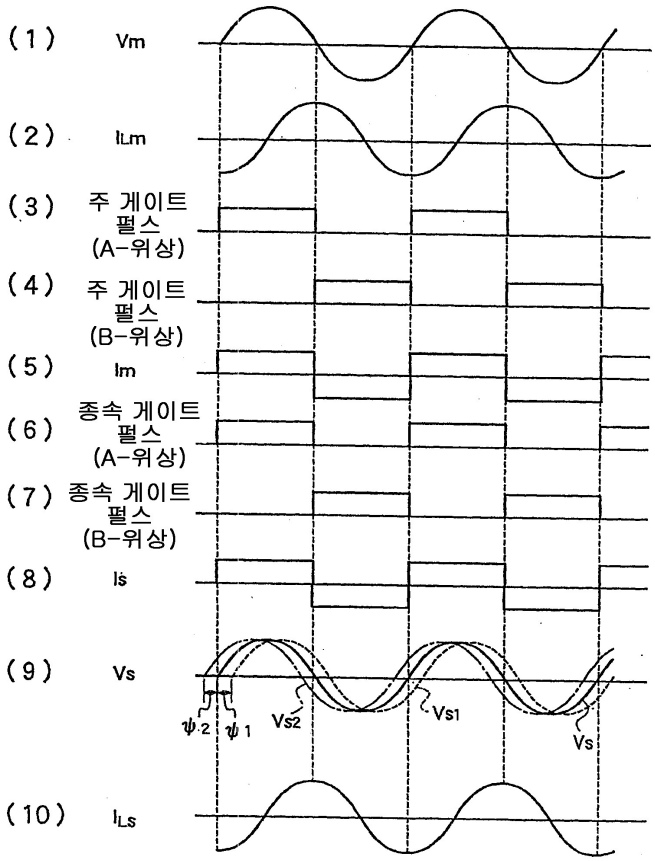
도면2


Im
Vm
전력 변환기
130
Pm
전력 비교기
122m
132
126m
전력 설정기
Pmc
순변환 위상 제어기
134
순변환 게이트펄스 발생기
136
순변환부의 사이리스터로

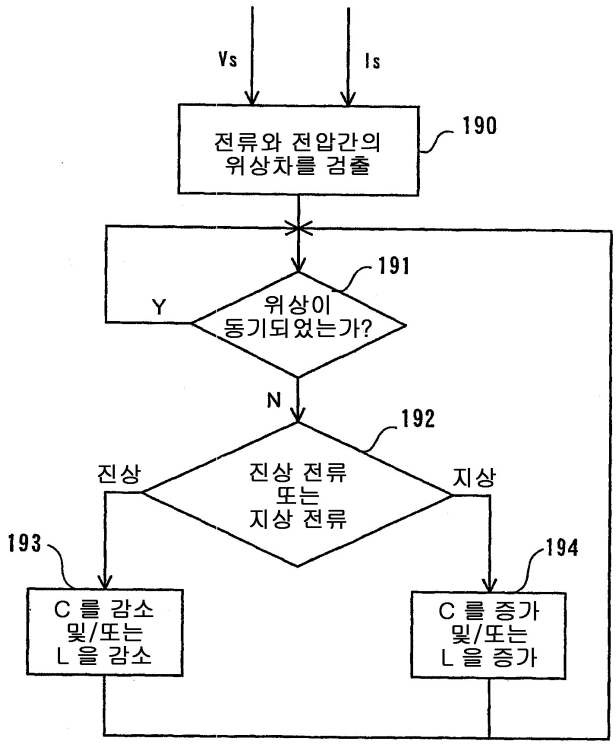
도면3


124m
140m
142mA
A-위상용 펄스
게이트 유닛 (A-위상용)
TRmA1
TRmA2
Vm
게이트 펄스 발생기
B-위상용 펄스
게이트 유닛 (B-위상용)
TRmB1
TRmB2
142mB
142sA
143
A-위상용 펄스
게이트 유닛 (A-위상용)
TRsA1
TRsA2
위상 조정회로
트랜지스터용 게이트 펄스 발생기
B-위상용 펄스
게이트 유닛 (B-위상용)
TRsB1
TRsB2
140s
142sB
124s (212s)
위상차
φms

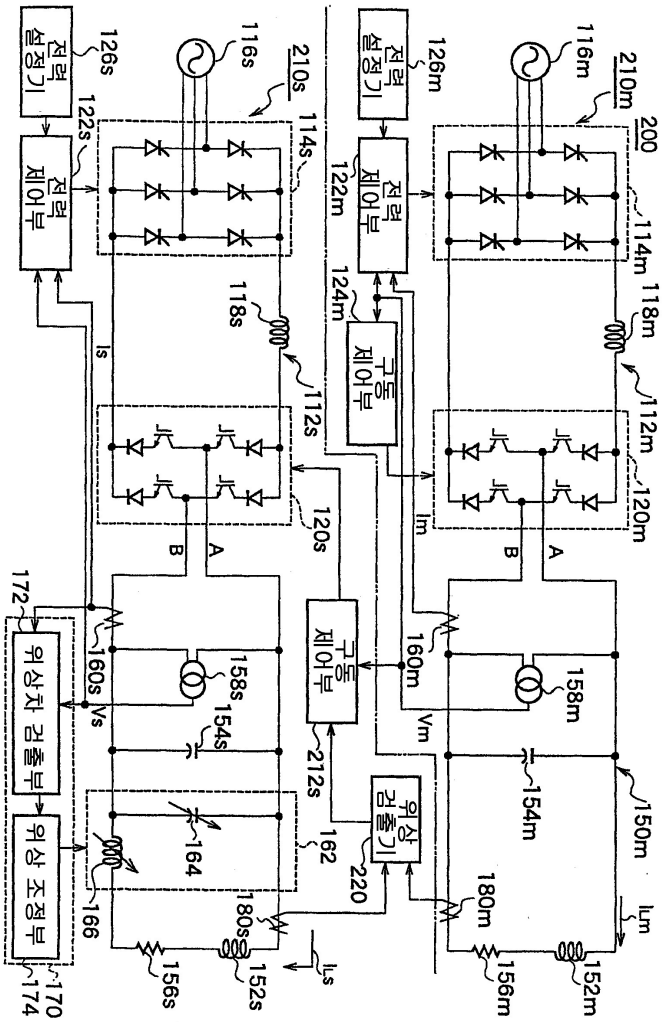
도면4


(1) Vm
(2) ILm
(3) 주 게이트 펄스 (A-위상)
(4) 주 게이트 펄스 (B-위상)
(5) Im
(6) 종속 게이트 펄스 (A-위상)
(7) 종속 게이트 펄스 (B-위상)
(8) Is
(9) Vs
(10) ILs
ψ2
ψ1
Vs2
Vs1
Vs

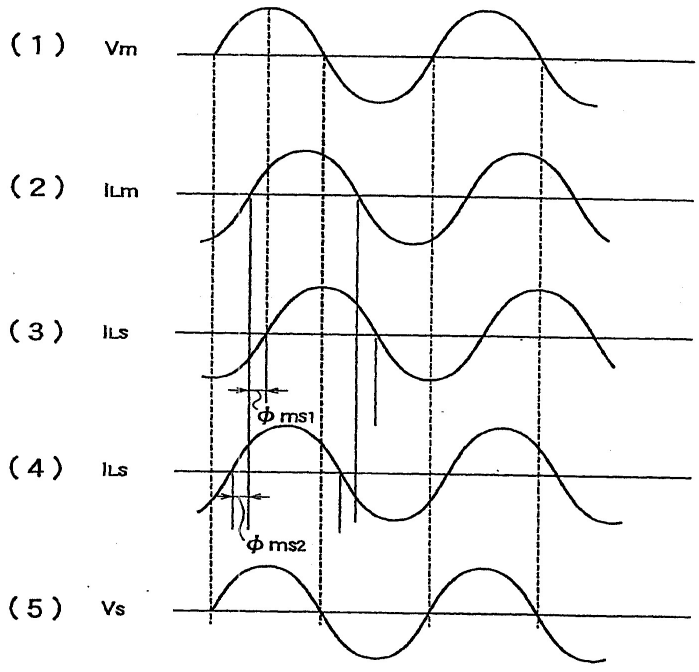
도면5


Vs
Is
전류와 전압간의 위상차를 검출
190
191
Y
위상이 동기되었는가?
N
192
진상
진상 전류 또는 지상 전류
지상
193
C 를 감소 및/또는 L 을 감소
194
C 를 증가 및/또는 L 을 증가

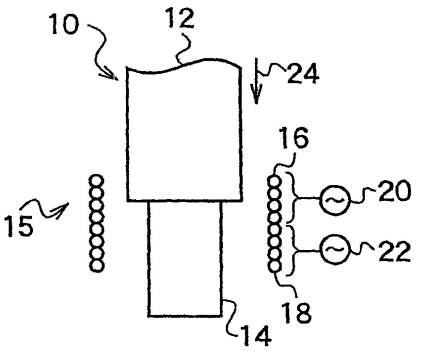
도면6


전력 설정기
126s
전력 제어부
122s
116s
210s
114s
118s
112s
120s
B
A
Is
172
위상차 검출부
위상 조정부
170
174
160s
158s
154s
Vs
164
166
156s
180s
152s
ILs
구동 제어부
212s
162
위상 검출기
220
전력 설정기
126m
전력 제어부
122m
116m
210m
200
114m
118m
112m
120m
124m
구동 제어부
Im
160m
158m
Vm
154m
150m
180m
156m
152m
ILm

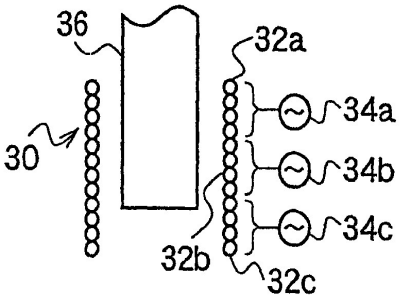
도면7


(1) Vm
(2) ILm
(3) ILs
φ ms1
(4) ILs
φ ms2
(5) Vs

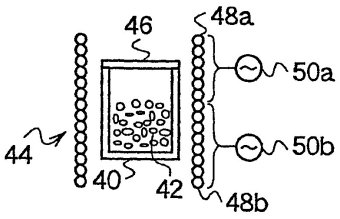
도면8



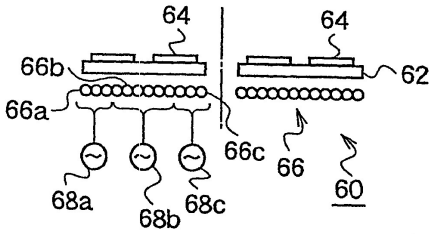
도면9



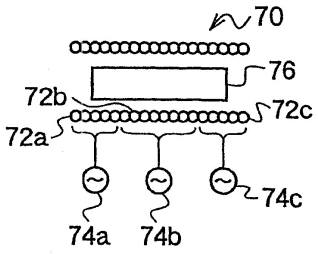
도면10



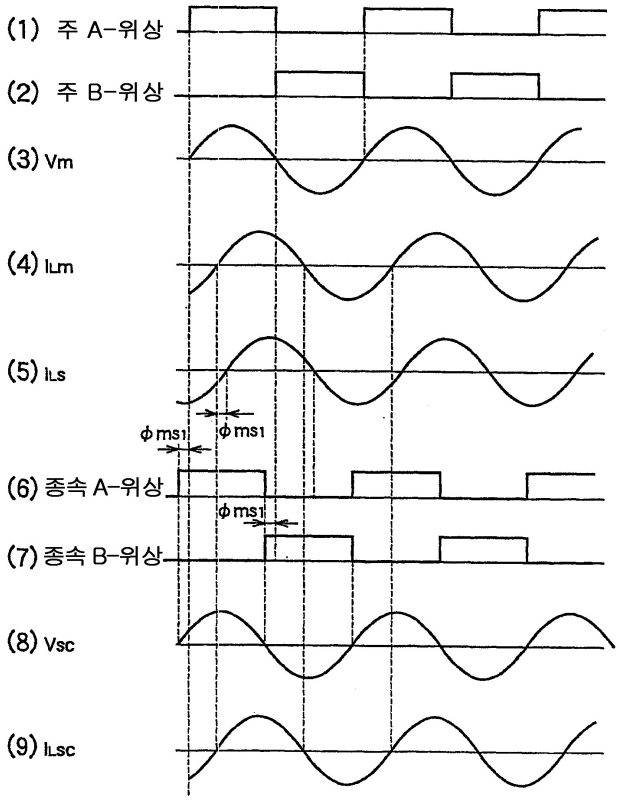
도면11



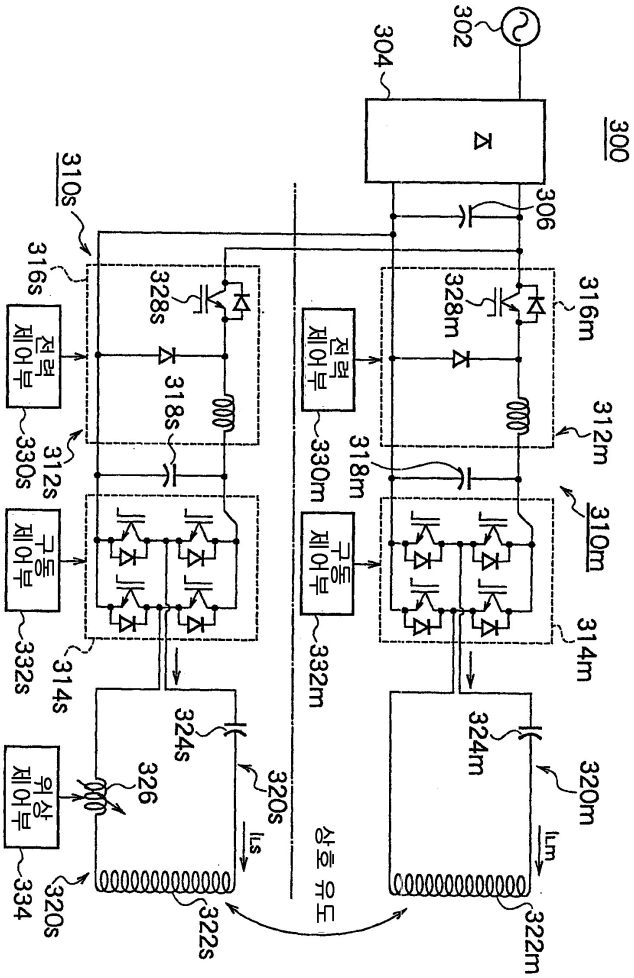
도면12


70
76
72b
72c
72a
74c
74a
74b

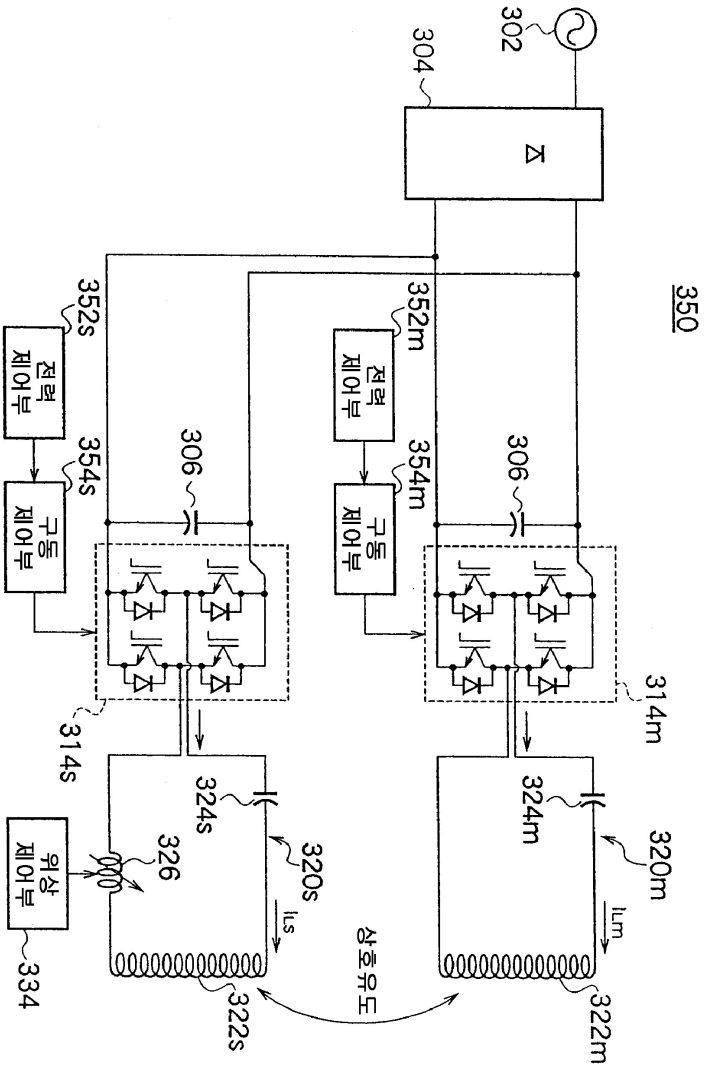
도면13


(1) 주 A-위상
(2) 주 B-위상
(3) Vm
(4) ILm
(5) ILs
φms1
φms1
(6) 종속 A-위상
φms1
(7) 종속 B-위상
(8) Vsc
(9) ILsc

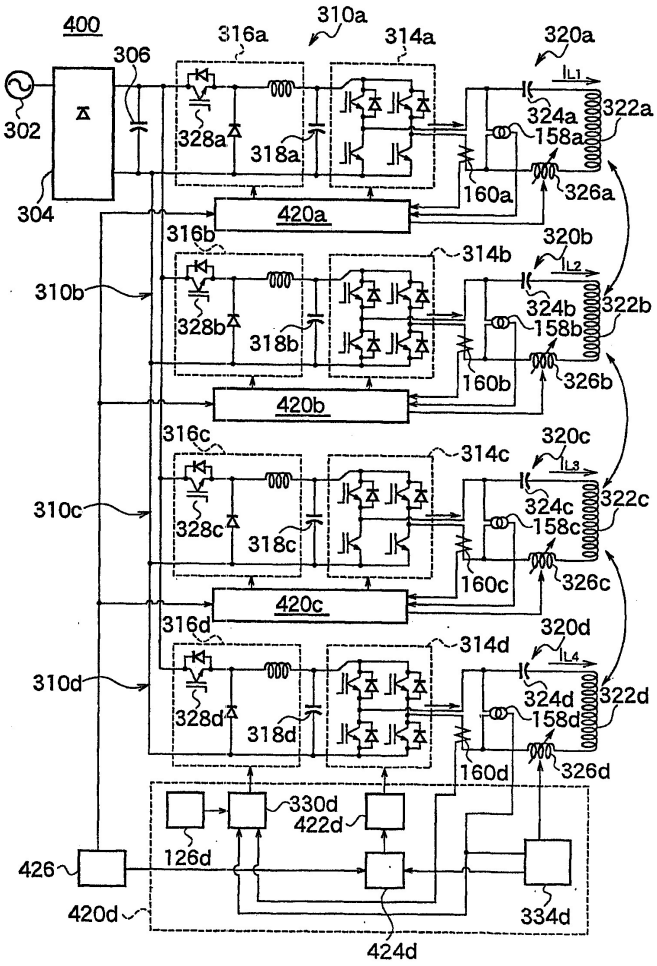
도면14


300
302
304
306
310s
316s
328s
318s
330s
312s
314s
332s
324s
326
320s
334
322s
316m
328m
312m
318m
330m
310m
314m
332m
324m
320m
322m
전력 제어부
구동 제어부
위상 제어부
상호 유도

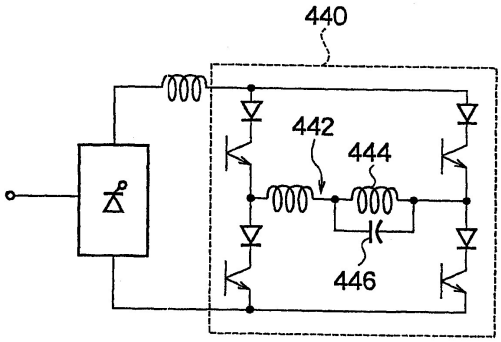
도면15


302
304
350
352s
352m
전력 제어부
354s
354m
구동 제어부
306
314s
314m
324s
324m
320s
320m
326
위상 제어부
334
322s
322m
상호유도
ILs
ILm

도면16


400
306
302
304
316a
310a
314a
320a
328a
318a
322a
324a
158a
160a
326a
420a
316b
314b
320b
310b
328b
318b
322b
324b
158b
160b
326b
420b
316c
314c
320c
310c
328c
318c
322c
324c
158c
160c
326c
420c
316d
314d
320d
310d
328d
318d
322d
324d
158d
160d
326d
330d
422d
126d
426
420d
334d
424d

도면17


440
442
444
446

도면18

