(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0015432
(43) 공개일자 2025년02월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H05B 6/04 (2006.01) *H02M 1/00* (2007.01)
H02M 7/539 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H05B 6/04 (2013.01)
H02M 1/0054 (2021.05)
(21) 출원번호 10-2023-0096837
(22) 출원일자 2023년07월25일
심사청구일자 2023년07월25일

(71) 출원인
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
신성델타테크 주식회사
경상남도 창원시 성산구 공단로271번길 39 (웅남동)
(72) 발명자
정지훈
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
정원식
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인 무한

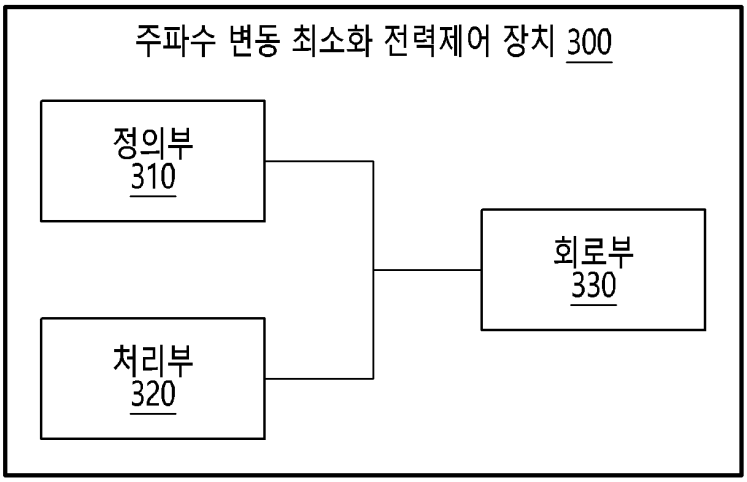
전체 청구항 수 : 총 17 항

(54) 발명의 명칭 **풀-브릿지 유도 가열 인버터의 주파수 변동 최소화 전력제어 방법 및 장치**

(57) 요 약

풀-브릿지 유도 가열 인버터의 주파수 변동 최소화 전력제어 방법 및 장치가 개시된다. 본 발명의 일실시예에 따른, 풀-브릿지 유도 가열 인버터의 주파수 변동 최소화 전력제어 방법은, 풀-브릿지 유도 가열 인버터를 동작시키는 스위칭 주파수가 증가 함에 따라, 상기 풀-브릿지 유도 가열 인버터로부터 출력되는 출력 전력의 구간을, 중전력 구간과 저전력 구간을 적어도 포함하여 정의하는 단계; 및 상기 중전력 구간과 상기 저전력 구간에서, 상기 풀-브릿지 유도 가열 인버터 내 스위치를, 위상천이 변조기법(PSM)으로 전력 제어 함으로써, 상기 스위칭 주파수의 변동폭을 제한하는 단계를 포함 할 수 있다.

대 표 도 - 도3



(52) CPC특허분류
H02M 7/539 (2013.01)
(72) 발명자
이준석
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
김지수
경상남도 창원시 마산합포구 노산남6길 25, 101호 (상남동)
정병조
경상남도 김해시 김해대로 2326, 104동 301호 (부원동, 부원역푸르지오아파트)

명 세 서

청구범위

청구항 1

풀-브릿지 유도 가열 인버터를 동작시키는 스위칭 주파수가 증가 함에 따라, 상기 풀-브릿지 유도 가열 인버터로부터 출력되는 출력 전력의 구간을, 중전력 구간과 저전력 구간을 적어도 포함하여 정의하는 단계; 및

상기 중전력 구간과 상기 저전력 구간에서, 상기 풀-브릿지 유도 가열 인버터 내 스위치를, 위상천이 변조기법(PSM)으로 전력 제어 함으로써, 상기 스위칭 주파수의 변동폭을 제한하는 단계

를 포함하는, 풀-브릿지 유도 가열 인버터의 주파수 변동 최소화 전력제어 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 정의하는 단계는,

상기 풀-브릿지 유도 가열 인버터 내 스위치가, 주파수 변조기법(PFM)으로 전력 제어되어, 상기 스위칭 주파수가 증가함에 따라,

증가하는 상기 스위치 주파수가, 상기 풀-브릿지 유도 가열 인버터의 공진주파수 이상이고, 설정된 제1 주파수 미만일 때의, 상기 출력 전력의 구간을, 고전력 구간으로 정의하는 단계;

증가하는 상기 스위치 주파수가, 상기 제1 주파수 이상이고, 설정된 제2 크기 미만일 때의, 상기 출력 전력의 구간을, 중전력 구간으로 정의하는 단계; 및

증가하는 상기 스위치 주파수가, 상기 제2 주파수 이상일 때의, 상기 출력 전력의 구간을, 저전력 구간으로 정의하는 단계

를 포함하는, 풀-브릿지 유도 가열 인버터의 주파수 변동 최소화 전력제어 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 스위칭 주파수의 변동폭을 제한하는 단계는,

상기 중전력 구간과 상기 저전력 구간에서,

규정된 전력을 출력시키기 위해, 주파수 변조기법(PFM)으로 전력 제어하는 때의 스위칭 주파수를 높이는 폭 보다, 상기 위상천이 변조기법(PSM)으로 전력 제어 하는 때의 스위칭 주파수를 높이는 폭을 상대적으로 적게 하여, 상기 스위칭 주파수의 변동폭을 제한하는 단계

를 포함하는, 풀-브릿지 유도 가열 인버터의 주파수 변동 최소화 전력제어 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 풀-브릿지 유도 가열 인버터의 회로 일단으로 스위치 S1과 S2를 직렬 배치하고, 회로 타단으로 스위치 S3와 S4를 직렬 배치하며, 상기 스위치 S1과 S2, 및 상기 스위치 S3과 S4 사이를 병렬로 연결시키는 단계; 및

상기 스위치 S1과 S2로 구성되는 Leg1과, 상기 스위치 S3와 S4로 구성되는 Leg2 간의 Phase 차이(Φ)를 조정하여, 위상천이 변조기법(PSM)으로 전력 제어를 위한 복수의 모드를 정하는 단계

를 더 포함하는, 풀-브릿지 유도 가열 인버터의 주파수 변동 최소화 전력제어 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 복수의 모드를 정하는 단계는,

상기 Leg1의 스위치 S1과 상기 Leg2의 스위치 S4가 on으로 제어되어, 출력 전압 Vo가 플러스이고 출력 전류 Io가 양극(+)에서 증가하는 mode 1을 정하는 단계;

상기 Leg1의 스위치 S1과 S2가 off로 제어되면서, 상기 Leg2의 스위치 S4가 on으로 제어되어, 출력 전압 Vo가 0이고, 출력 전류 Io가 양극(+)에서 감소하는 mode 2를 정하는 단계;

상기 Leg2의 스위치 S4가 off로 제어되면서, 상기 Leg1의 스위치 S2와 상기 Leg2의 스위치 S3이 on으로 제어되어, 출력 전압 Vo가 마이너스이고, 출력 전류 Io가 0으로 수렴하는 mode 3를 정하는 단계;

상기 Leg1의 스위치 S2와 Leg2의 스위치 S3이 on으로 제어되어, 출력 전압 Vo가 마이너스이고, 출력 전류 Io가 음극(-)에서 증가하는 mode 4를 정하는 단계;

상기 Leg1의 스위치 S2이 off로 제어되면서, 상기 Leg1의 스위치 S1과 상기 Leg2의 스위치 S3이 on으로 제어되어, 출력 전압 Vo가 0이고, 출력 전류 Io가 음극(-)에서 감소하는 mode 5를 정하는 단계; 및

상기 Leg2의 스위치 S3이 off로 제어되면서, 상기 Leg1의 스위치 S1와 상기 Leg2의 스위치 S4가 on으로 제어되어, 출력 전압 Vo가 플러스이고, 출력 전류 Io가 0으로 수렴하는 mode 6을 정하는 단계

를 포함하는, 풀-브릿지 유도 가열 인버터의 주파수 변동 최소화 전력제어 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 스위칭 주파수의 변동폭을 제한하는 단계는,

상기 Mode2와 상기 Mode5에 의한 출력 전압 Vo 0으로 인해, 주파수 변조기법(PFM)에서 동일한 크기의 스위칭 주파수로 상기 풀-브릿지 유도 가열 인버터를 동작 시킬 때 보다 낮은 출력 전력을 출력하여, 상기 스위칭 주파수의 변동폭을 제한하는 단계

를 포함하는, 풀-브릿지 유도 가열 인버터의 주파수 변동 최소화 전력제어 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 저전력 구간에서, 펄스 밀도 변조기법(PDM)을 사용하여, 상기 스위칭 주파수의 스위칭의 간격을 조정 함으로써, 상기 풀-브릿지 유도 가열 인버터의 주파수 변동을 최소화하고, 소음과 진동을 저감시키는 단계

를 더 포함하는, 풀-브릿지 유도 가열 인버터의 주파수 변동 최소화 전력제어 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 소음과 진동을 저감시키는 단계는,

PDM 주기에서 스위칭을 하는 구간의 처음과 끝의 Phase shift angle(Φ1)과, 상기 구간의 중간의 Phase shift angle(Φ2)과의 크기를 다르게 하여, 상기 출력 전력을 유지하면서, 상기 소음과 진동을 저감시키는 단계

를 더 포함하는, 풀-브릿지 유도 가열 인버터의 주파수 변동 최소화 전력제어 방법.

청구항 9

풀-브릿지 유도 가열 인버터를 동작시키는 스위칭 주파수가 증가 함에 따라, 상기 풀-브릿지 유도 가열 인버터로부터 출력되는 출력 전력의 구간을, 중전력 구간과 저전력 구간을 적어도 포함하여 정의하는 정의부; 및

상기 중전력 구간과 상기 저전력 구간에서, 상기 풀-브릿지 유도 가열 인버터 내 스위치를, 위상천이 변조기법(PSM)으로 전력 제어 함으로써, 상기 스위칭 주파수의 변동폭을 제한하는 처리부

를 포함하는, 풀-브릿지 유도 가열 인버터의 주파수 변동 최소화 전력제어 장치.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 정의부는,

상기 풀-브릿지 유도 가열 인버터 내 스위치가, 주파수 변조기법(PFM)으로 전력 제어되어, 상기 스위칭 주파수가 증가함에 따라,

증가하는 상기 스위치 주파수가, 상기 풀-브릿지 유도 가열 인버터의 공진주파수 이상이고, 설정된 제1 주파수 미만일 때의, 상기 출력 전력의 구간을, 고전력 구간으로 정의하고,

증가하는 상기 스위치 주파수가, 상기 제1 주파수 이상이고, 설정된 제2 크기 미만일 때의, 상기 출력 전력의 구간을, 중전력 구간으로 정의하며,

증가하는 상기 스위치 주파수가, 상기 제2 주파수 이상일 때의, 상기 출력 전력의 구간을, 저전력 구간으로 정의하는

풀-브릿지 유도 가열 인버터의 주파수 변동 최소화 전력제어 장치.

청구항 11

제9항에 있어서,

상기 처리부는,

상기 중전력 구간과 상기 저전력 구간에서,

규정된 전력을 출력시키기 위해, 주파수 변조기법(PFM)으로 전력 제어하는 때의 스위칭 주파수를 높이는 폭 보다, 상기 위상천이 변조기법(PSM)으로 전력 제어 하는 때의 스위칭 주파수를 높이는 폭을 상대적으로 적게 하여, 상기 스위칭 주파수의 변동폭을 제한하는

풀-브릿지 유도 가열 인버터의 주파수 변동 최소화 전력제어 장치.

청구항 12

제9항에 있어서,

상기 풀-브릿지 유도 가열 인버터의 회로 일단으로 스위치 S1과 S2를 직렬 배치하고, 회로 타단으로 스위치 S3와 S4를 직렬 배치하며, 상기 스위치 S1과 S2, 및 상기 스위치 S3과 S4 사이를 병렬로 연결시키는 회로부

를 더 포함하고,

상기 처리부는,

상기 스위치 S1과 S2로 구성되는 Leg1과, 상기 스위치 S3와 S4로 구성되는 Leg2 간의 Phase 차이(Φ)를 조정하여, 위상천이 변조기법(PSM)으로 전력 제어를 위한 복수의 모드를 정하는

풀-브릿지 유도 가열 인버터의 주파수 변동 최소화 전력제어 장치.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 처리부는,

상기 Leg1의 스위치 S1과 상기 Leg2의 스위치 S4가 on으로 제어되어, 출력 전압 Vo가 플러스이고 출력 전류 Io가 양극(+)에서 증가하는 mode 1을 정하고,

상기 Leg1의 스위치 S1과 S2가 off로 제어되면서, 상기 Leg2의 스위치 S4가 on으로 제어되어, 출력 전압 Vo가 0이고, 출력 전류 Io가 양극(+)에서 감소하는 mode 2를 정하며,

상기 Leg2의 스위치 S4가 off로 제어되면서, 상기 Leg1의 스위치 S2와 상기 Leg2의 스위치 S3이 on으로 제어되

어, 출력 전압 Vo가 마이너스이고, 출력 전류 Io가 0으로 수렴하는 mode 3를 정하고,

상기 Leg1의 스위치 S2와 Leg2의 스위치 S3이 on으로 제어되어, 출력 전압 Vo가 마이너스이고, 출력 전류 Io가 음극(-)에서 증가하는 mode 4를 정하며,

상기 Leg1의 스위치 S2이 off로 제어되면서, 상기 Leg1의 스위치 S1과 상기 Leg2의 스위치 S3이 on으로 제어되어, 출력 전압 Vo가 0이고, 출력 전류 Io가 음극(-)에서 감소하는 mode 5를 정하고,

상기 Leg2의 스위치 S3이 off로 제어되면서, 상기 Leg1의 스위치 S1와 상기 Leg2의 스위치 S4가 on으로 제어되어, 출력 전압 Vo가 플러스이고, 출력 전류 Io가 0으로 수렴하는 mode 6을 정하는

풀-브릿지 유도 가열 인버터의 주파수 변동 최소화 전력제어 장치.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 처리부는,

상기 Mode2와 상기 Mode5에 의한 출력 전압 Vo 0으로 인해, 주파수 변조기법(PFM)에서 동일한 크기의 스위칭 주파수로 상기 풀-브릿지 유도 가열 인버터를 동작 시킬 때 보다 낮은 출력 전력을 출력하여, 상기 스위칭 주파수의 변동폭을 제한하는

풀-브릿지 유도 가열 인버터의 주파수 변동 최소화 전력제어 장치.

청구항 15

제9항에 있어서,

상기 처리부는,

상기 저전력 구간에서, 펄스 밀도 변조기법(PDM)을 사용하여, 상기 스위칭 주파수의 스위칭의 간격을 조정 함으로써, 상기 풀-브릿지 유도 가열 인버터의 주파수 변동을 최소화하고, 소음과 진동을 저감시키는

풀-브릿지 유도 가열 인버터의 주파수 변동 최소화 전력제어 장치.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 처리부는,

PDM 주기에서 스위칭을 하는 구간의 처음과 끝의 Phase shift angle(Φ1)과, 상기 구간의 중간의 Phase shift angle(Φ2)과의 크기를 다르게 하여, 상기 출력 전력을 유지하면서, 상기 소음과 진동을 저감시키는

풀-브릿지 유도 가열 인버터의 주파수 변동 최소화 전력제어 장치.

청구항 17

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항의 방법을 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터 판독 가능한 기록매체.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명이 속한 기술 분야는, 전력전자(Power Electronics) 기술을 기반으로 하는 유도 가열 분야이다.

[0002] 유도 가열은, 빠른 가열속도, 화석연료를 사용하지 않는 친환경, 직접 가열에 따른 고효율의 이점으로 인해, 가정과 산업에서 널리 사용되고 있다.

[0003] 본 발명은, 풀-브릿지 직렬 공진형 토폴로지를 사용하며, 주파수 변조기법(PFM, Pulse Frequency Modulation)과 위상천이 변조기법(PSM, Phase Shift Modulation), 펄스 밀도 변조기법(PDM, Pulse Density Modulation)을 함께 이용하여 유도 가열하는 전력제어 기술에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0004] - JP 6782429 (2020.10.22), "유도가열용 싱르스테이지 상용 주파-고주파 컨버터 및 그 제어 방법"

[0005] JP 6782429는, 입력이 되는 단상 상용 주파 교류 전원으로부터 고주파 출력까지 1단의 회로 구성으로 직접 전력 변환이 가능하고, 고출력 용도에 적절한 유도가열용 싱르스테이지 상용 주파-고주파 컨버터를 개시하고 있다.

[0006] - 등록번호 10-1480984 (2015.01.05). "자기결합 인덕터를 포함한 디바이스에서 구현되는 유도가열방법"

[0007] 등록번호 10-1480984는, 시트 또는 바(bar)와 같은 금속부를 가열하기 위해 자기결합 인덕터를 포함한 디바이스에서 구현되는 유도가열방법을 개시하고 있다.

[0008] - 등록번호 20-0243877 (2001.08.09), "2단 스위칭 전력 변환 장치"

[0009] 등록번호 20-0243877은, PLL회로에 접속된 발진 캐패시터의 양단에서 발생하는 삼각파를 이용하여 시간적으로 변하는 주파수를 추종하면서 위상전이가 제어되는 시변 주파수추종 위상전이 제어회로를 개시하고 있다.

[0010] 도 1은 기존의 풀-브릿지 직렬 공진형 인버터를 설명하기 위한 도이다.

[0011] 도 1에는, 기존의 풀-브릿지 직렬 공진형 인버터가 예시되고 있다.

[0012] 기존의 풀-브릿지 직렬 공진형 인버터는, 스위치 S1~S4가 도 1과 같은 풀 브릿지 형태로 배치되어 회로 구성되어 있고, 주파수 변조기법(PFM)에 의거하여 스위칭 주파수에 의해 스위치 S1~S4를 스위칭시켜 유도 가열을 위한 전력을 출력 할 수 있다.

[0013] 도 2는 기존의 풀-브릿지 직렬 공진형 인버터에서, 스위칭 주파수에 대한 출력 전력 그래프를 설명하기 위한 도이다.

[0014] 기존의 유도 가열 제어는, 주파수 변조기법(PFM)으로, 풀-브릿지 직렬 공진형 인버터를 동작시키고, 동작 주파수인 스위칭 주파수가 공진주파수에 가까우면 출력 전력이 커지고, 스위칭 주파수가 공진주파수에서 멀어지면 출력 전력이 작아지는 방식으로 수행될 수 있다.

[0015] 도 2에서와 같이, 공진주파수가 $2.8*10^4$HZ일 경우, 기존의 유도 가열 제어에서는, 스위칭 주파수가 공진주파수 $2.8*10^4$HZ 보다 높은 구간을, 전력크기에 따라 고전력/중전력/저전력 구간으로 구분하고, 이들 고전력/중전력/저전력 구간에서, 풀-브릿지 직렬 공진형 인버터를 동작 시킬 수 있다..

[0016] 그런데, 기존의 유도 가열 제어에서는, 주파수 변조기법(PFM) 만을 사용하여 풀-브릿지 직렬 공진형 인버터를 동작시키고 있어, 중저전력 구간에서, 출력 전력의 감소폭에 비해 스위칭 주파수의 증가가 상당하고, 이로 인해 저전력 구동 시 스위칭 주파수가 너무 높아진다는 단점이 있다.

[0017] 기존의 유도 가열 제어에서는, 풀-브릿지 직렬 공진형 인버터를, 주파수 변조기법(PFM)으로 동작 시킬 수 있다. 또한, 기존의 유도 가열 제어에서는, 저전력 구간의 출력 전력에 대해, 펄스 밀도 변조기법(PDM)으로 변환하여 유도 가열할 수 있다.

[0018] 이때, 펄스 밀도 변조기법(PDM)으로 동작하는 저전력 구간은, 반복적인 ON/OFF로 인해 소음이 발생할 수 있다.

[0019] 또한, 저전력 구간은, 앞서 언급한 풀-브릿지 직렬 공진형 인버터의 특징으로, 높은 스위칭 주파수로 동작되기 때문에 스위칭 손실이 크게 증가할 수 있다.

[0020] 따라서, 스위칭 주파수의 주파수 변동폭을 최소화하는 개선된 유도 가열 제어의 등장이 절실히 요구되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0021] 본 발명의 실시예는, 주파수 변동폭을 최소화하기 위해, 전력 구간 별로 스위칭에 차이를 주는, 풀-브릿지 유도가열 인버터의 주파수 변동 최소화 전력제어 방법 및 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0022] 또한, 본 발명의 실시예는, 저전력 구간에서 동작할 때 스위칭 주파수를 줄여 스위칭 손실과 노이즈가 발생하는 주파수 대역을 줄이는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0023] 본 발명의 일실시예에 따른, 풀-브릿지 유도 가열 인버터의 주파수 변동 최소화 전력제어 방법은, 풀-브릿지 유도 가열 인버터를 동작시키는 스위칭 주파수가 증가 함에 따라, 상기 풀-브릿지 유도 가열 인버터로부터 출력되는 출력 전력의 구간을, 중전력 구간과 저전력 구간을 적어도 포함하여 정의하는 단계; 및

[0024] 상기 중전력 구간과 상기 저전력 구간에서, 상기 풀-브릿지 유도 가열 인버터 내 스위치를, 위상천이 변조기법(PSM)으로 전력 제어 함으로써, 상기 스위칭 주파수의 변동폭을 제한하는 단계를 포함 할 수 있다.

[0025] 또한, 본 발명의 실시예에 따른, 풀-브릿지 유도 가열 인버터의 주파수 변동 최소화 전력제어 장치는, 풀-브릿지 유도 가열 인버터를 동작시키는 스위칭 주파수가 증가 함에 따라, 상기 풀-브릿지 유도 가열 인버터로부터 출력되는 출력 전력의 구간을, 중전력 구간과 저전력 구간을 적어도 포함하여 정의하는 정의부; 및 상기 중전력 구간과 상기 저전력 구간에서, 상기 풀-브릿지 유도 가열 인버터 내 스위치를, 위상천이 변조기법(PSM)으로 전력 제어 함으로써, 상기 스위칭 주파수의 변동폭을 제한하는 처리부를 포함하여 구성할 수 있다.

발명의 효과

[0026] 본 발명의 일실시예에 따르면, 주파수 변동폭을 최소화하기 위해, 전력 구간 별로 스위칭에 차이를 주는, 풀-브릿지 유도 가열 인버터의 주파수 변동 최소화 전력제어 방법 및 장치를 제공 할 수 있다.

[0027] 또한, 본 발명의 일실시예에 따르면, 전력 구간을 나눠서 변조 기법을 다르게 사용 함으로써, 중-저전력 구간에서의 동작 주파수의 변동을 최소화하여 스위칭 소자가 감당할 수 있는 범위 내에서 다중화구의 간섭소음을 없애고 고주파 스위칭 손실이 줄어들어 높은 효율로 동작시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0028] 도 1은 기존의 풀-브릿지 직렬 공진형 인버터를 설명하기 위한 도이다.

도 2는 기존의 풀-브릿지 직렬 공진형 인버터에서, 스위칭 주파수에 대한 출력 전력 그래프를 설명하기 위한 도이다.

도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 풀-브릿지 유도 가열 인버터의 주파수 변동 최소화 전력제어 장치의 구성을 도시한 블록도이다.

도 4는 풀-브릿지 직렬 공진형 인버터의 등가회로이다.

도 5는 풀-브릿지 직렬 공진형 인버터의 스위칭 동작을 설명하기 위한 도이다.

도 6은 위상천이 변조기법(PSM)에 따른 동작모드와 출력 전압, 전류 파형을 설명하기 위한 도이다.

도 7은 STS-430용기에서의 전력 구간 별 동작 특징을 설명하기 위한 도이다.

도 8은 STS-304용기에서의 전력 구간 별 동작 특징을 설명하기 위한 도이다.

도 9는 기존의 펄스 밀도 변조기법(PDM)의 출력 전압 파형을 모사한 도이다.

도 10은 개선된 펄스 밀도 변조기법(PDM)의 출력 전압 파형을 모사한 도이다.

도 11은 본 발명의 일실시예에 따른, 풀-브릿지 유도 가열 인버터의 주파수 변동 최소화 전력제어 방법을 도시한 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0029] 이하에서, 첨부된 도면을 참조하여 실시예들을 상세하게 설명한다. 그러나, 실시예들에는 다양한 변경이 가해질 수 있어서 특허출원의 권리 범위가 이러한 실시예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 실시예들에 대한 모든 변경, 균등물 내지 대체물이 권리 범위에 포함되는 것으로 이해되어야 한다.

[0030] 실시예에서 사용한 용어는 단지 설명을 목적으로 사용된 것으로, 한정하려는 의도로 해석되어서는 안된다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는

이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0031] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 실시예가 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0032] 또한, 첨부 도면을 참조하여 설명함에 있어, 도면 부호에 관계없이 동일한 구성 요소는 동일한 참조부호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다. 실시예를 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 실시예의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.

[0033] 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 풀-브릿지 유도 가열 인버터의 주파수 변동 최소화 전력제어 장치의 구성을 도시한 블록도이다.

[0034] 도 3을 참조하면, 본 발명의 일실시예에 따른, 풀-브릿지 유도 가열 인버터의 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(이하, '주파수 변동 최소화 전력제어 장치'라 약칭함)(300)는, 정의부(310) 및 처리부(320)를 포함하여 구성할 수 있다. 또한, 실시예에 따라, 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는, 회로부(330)를 선택적으로 추가하여 구성할 수 있다.

[0035] 우선, 정의부(310)는, 풀-브릿지 유도 가열 인버터를 동작시키는 스위칭 주파수가 증가 함에 따라, 상기 풀-브릿지 유도 가열 인버터로부터 출력되는 출력 전력의 구간을, 중전력 구간과 저전력 구간을 적어도 포함하여 정의한다. 즉, 정의부(310)는, 스위칭 주파수의 크기에 따른, 풀-브릿지 유도 가열 인버터로부터 출력되는 출력 전력의 크기를, 구간 별로 정의하는 역할을 할 수 있다.

[0036] 예컨대, 도 2에서와 같이, 정의부(310)는, 주파수 변조기법(PFM)으로, 풀-브릿지 직렬 공진형 인버터를 동작시키는 데에 있어, 스위칭 주파수가 공진주파수 보다 높은 주파수로 멀어짐에 따라, 작아지는 출력 전력에 대해, 구간 별로, 고전력 구간, 중전력 구간, 저전력 구간을 정의할 수 있다.

[0037] 즉, 정의부(310)는, 상기 풀-브릿지 유도 가열 인버터 내 스위치가, 주파수 변조기법(PFM)으로 전력 제어되어, 상기 스위칭 주파수가 증가함에 따라, 증가하는 상기 스위칭 주파수가, 상기 풀-브릿지 유도 가열 인버터의 공진주파수 이상이고, 설정된 제1 주파수 미만일 때의, 상기 출력 전력의 구간을, 고전력 구간으로 정의할 수 있다.

[0038] 또한, 정의부(310)는, 증가하는 상기 스위칭 주파수가, 상기 제1 주파수 이상이고, 설정된 제2 크기 미만일 때의, 상기 출력 전력의 구간을, 중전력 구간으로 정의할 수 있다.

[0039] 또한, 정의부(310)는, 증가하는 상기 스위칭 주파수가, 상기 제2 주파수 이상일 때의, 상기 출력 전력의 구간을, 저전력 구간으로 정의할 수 있다.

[0040] 이때, 제1 주파수는 공진주파수 보다 크고, 제2 주파수 보다 작은 크기로 설정될 수 있다.

[0041] 도 2를 참조하면, 정의부(310)는 공진주파수 $2.8*10^4$HZ 이상이고, 설정된 제1 주파수 $4.0*10^4$HZ 미만일 때의, 출력 전력의 구간 2400~3200 w를, 고전력 구간으로 정의할 수 있다.

[0042] 또한, 정의부(310)는, 제1 주파수 $4.0*10^4$HZ 이상이고, 설정된 제2 크기 $6.0*10^4$HZ 미만일 때의, 출력 전력의 구간 1200~2400 w를, 중전력 구간으로 정의할 수 있다.

[0043] 또한, 정의부(310)는, 제2 주파수 $6.0*10^4$HZ 이상일 때의, 출력 전력의 구간 ~1200 w를, 저전력 구간으로 정의할 수 있다.

[0044] 처리부(320)는 상기 중전력 구간과 상기 저전력 구간에서, 상기 풀-브릿지 유도 가열 인버터 내 스위치를, 위상천이 변조기법(PSM)으로 전력 제어 함으로써, 상기 스위칭 주파수의 변동폭을 제한한다. 즉, 처리부(320)는 위상천이 변조기법(PSM)으로 스위치 전력 제어하여, 적은 스위칭 주파수의 적은 증가에도, 풀-브릿지 유도 가열 인버터로부터의 출력 전력이 크게 감소되도록 하는 역할을 할 수 있다.

[0045] 다시 말해, 처리부(320)는, 상기 중전력 구간과 상기 저전력 구간에서, 규정된 전력을 출력시키기 위해, 주파수 변조기법(PFM)으로 전력 제어하는 때의 스위칭 주파수를 높이는 폭 보다, 상기 위상천이 변조기법(PSM)으로 전

력 제어 하는 때의 스위칭 주파수를 높이는 폭을 상대적으로 적게 하여, 상기 스위칭 주파수의 변동폭을 제한할 수 있다.

[0046] 도 2를 참조하면, 처리부(320)는, 위상천이 변조기법(PSM)으로, 풀-브릿지 유도 가열 인버터 내 스위치를 전력 제어 함으로써, 중전력 구간과 저전력 구간에서의 도 2의 파형(PFM 기법) 보다 하방으로 더 가파른 파형을 형성할 수 있다.

[0047] 이를 통해, 처리부(320)는, 스위칭 주파수를 증가하는 폭을 적게 하고, 출력 전력의 감소 폭을 크게 하는 것에 의해, 상기 스위칭 주파수의 변동폭을 제한할 수 있다.

[0048] 상기 풀-브릿지 유도 가열 인버터는, 4개의 스위치 S1~S4를 포함할 수 있다.

[0049] 이들 4개의 스위치 S1~S4를 회로 구성하기 위해, 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는, 회로부(330)를 선택적으로 추가 할 수 있다.

[0050] 회로부(330)는, 상기 풀-브릿지 유도 가열 인버터의 회로 일단으로 스위치 S1과 S2를 직렬 배치하고, 회로 타단으로 스위치 S3와 S4를 직렬 배치하며, 상기 스위치 S1과 S2, 및 상기 스위치 S3과 S4 사이를 병렬로 연결시킨다. 즉, 회로부(330)는 스위치 S1/S2과, 스위치 S3/S4 를 병렬로 연결하여, 풀-브릿지 유도 가열 인버터에 관한 회로를 구성하는 역할을 할 수 있다.

[0051] 이후, 처리부(320)는, 상기 스위치 S1과 S2로 구성되는 Leg1과, 상기 스위치 S3와 S4로 구성되는 Leg2 간의 Phase 차이(Φ)를 조정하여, 위상천이 변조기법(PSM)으로 전력 제어를 위한 복수의 모드를 정할 수 있다.

[0052] 처리부(320)는 Leg1 내 스위치 S1와 S2의 On/Off 와, Leg2 내 스위치 S3와 S4의 On/Off를 조합하는 각 경우의 수에 따른 mode 1~6을 정할 수 있다.

[0053] 구체적으로, 처리부(320)는, 상기 Leg1의 스위치 S1과 상기 Leg2의 스위치 S4가 on으로 제어되어, 출력 전압 Vo가 플러스이고 출력 전류 Io가 양극(+)에서 증가하는 mode 1을 정할 수 있다.

[0054] 처리부(320)는, 상기 Leg1의 스위치 S1과 S2가 off로 제어되면서, 상기 Leg2의 스위치 S4가 on으로 제어되어, 출력 전압 Vo가 0이고, 출력 전류 Io가 양극(+)에서 감소하는 mode 2를 정할 수 있다.

[0055] 처리부(320)는, 상기 Leg2의 스위치 S4가 off로 제어되면서, 상기 Leg1의 스위치 S2와 상기 Leg2의 스위치 S3이 on으로 제어되어, 출력 전압 Vo가 마이너스이고, 출력 전류 Io가 0으로 수렴하는 mode 3를 정할 수 있다.

[0056] 처리부(320)는, 상기 Leg1의 스위치 S2와 Leg2의 스위치 S3이 on으로 제어되어, 출력 전압 Vo가 마이너스이고, 출력 전류 Io가 음극(-)에서 증가하는 mode 4를 정할 수 있다.

[0057] 처리부(320)는, 상기 Leg1의 스위치 S2이 off로 제어되면서, 상기 Leg1의 스위치 S1과 상기 Leg2의 스위치 S3이 on으로 제어되어, 출력 전압 Vo가 0이고, 출력 전류 Io가 음극(-)에서 감소하는 mode 5를 정할 수 있다.

[0058] 처리부(320)는, 상기 Leg2의 스위치 S3이 off로 제어되면서, 상기 Leg1의 스위치 S1와 상기 Leg2의 스위치 S4가 on으로 제어되어, 출력 전압 Vo가 플러스이고, 출력 전류 Io가 0으로 수렴하는 mode 6을 정할 수 있다.

[0059] 스위치가 ON으로 동작하는 상황은, Mode 1, 4와 같은 상태로, 전류가 흐르게 된다.

[0060] Mode 2, 3, 5, 6과 같은 스위칭 상황은, 스위칭 소자의 전압이 방전될 때 스위칭 소자에 병렬로 연결되어 있는 다이오드를 통해 전류가 흐르는 동작일 수 있다.

[0061] 또, Mode 2, 5와 같은 스위칭 상황은, 출력 전압이 0이 되는 영전압 스위칭을 하게 되고, 이 때의 전압은 0이지만 전류는 부하에 흐르기 때문에 부하에 전력 공급이 가능할 수 있다.

[0062] 상기 Mode2와 상기 Mode5는 출력 전압 Vo 0을 갖을 수 있다.

[0063] 처리부(320)는, 상기 Mode2와 상기 Mode5에 의한 출력 전압 Vo 0으로 인해, 주파수 변조기법(PFM)에서 동일한 크기의 스위칭 주파수로 상기 풀-브릿지 유도 가열 인버터를 동작 시킬 때 보다 더 낮은 출력 전력을 출력하여, 상기 스위칭 주파수의 변동폭을 제한할 수 있다.

[0064] 즉, 처리부(320)는, 영전압 출력을 통해, 동일한 크기의 스위칭 주파수에 대해, 풀-브릿지 유도 가열 인버터를 주파수 변조기법(PFM)으로 동작할 때 보다 더 낮은 출력 전력을 출력할 수 있다.

[0065] 실시예에 따라, 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는, 펄스 밀도 변조기법(PDM)의 시작과 끝의 스위칭 파

형에 대한 시비율을 조정하는 개선된 펄스 밀도 변조기법(PDM)을 통해, 소음 문제를 완화할 수 있으며, 출력 전력을 최대로 낮출 수 있다.

[0066] 처리부(320)는, 상기 저전력 구간에서, 펄스 밀도 변조기법(PDM)을 사용하여, 상기 스위칭 주파수의 스위칭의 간격을 조정 함으로써, 상기 풀-브릿지 유도 가열 인버터의 주파수 변동을 최소화하고, 소음과 진동을 저감시킬 수 있다.

[0067] 즉, 처리부(320)는, PDM 주기에서 스위칭을 하는 구간의 처음과 끝의 Phase shift angle Φ과, 상기 구간의 중간의 Phase shift angle Φ과의 크기를 다르게 하여, 상기 출력 전력을 유지하면서, 상기 소음과 진동을 저감시킬 수 있다.

[0068] 예컨대 처리부(320)는, 저전력 구간 동안, PDM 주기 동안, 스위칭이 지속되도록, 저전력 구간의 처음과 끝의 Phase shift angle Φ을, 저전력 구간의 중간의 Phase shift angle Φ 보다 크게 하여 소음과 진동을 저감시킬 수 있다.

[0069] 처리부는, 영전압이 발생하는 mode 2, 5의 유지 기간을 유연하게 조정하여, 저전력 구간에서의 소음과 진동을 저감시킬 수 있다.

[0070] 본 발명의 일실시예에 따르면, 주파수 변동폭을 최소화하기 위해, 전력 구간 별로 스위칭에 차이를 주는, 풀-브릿지 유도 가열 인버터의 주파수 변동 최소화 전력제어 방법 및 장치를 제공 할 수 있다.

[0071] 또한, 본 발명의 일실시예에 따르면, 전력 구간을 나눠서 변조 기법을 다르게 사용 함으로써, 중-저전력 구간에서의 동작 주파수의 변동을 최소화하여 스위칭 소자가 감당할 수 있는 범위 내에서 다중화구의 간섭소음을 없애고 고주파 스위칭 손실이 줄어들어 높은 효율로 동작시킬 수 있다.

[0072] 기존의 유도 가열 제어의 단점을 극복하기 위해, 본 발명의 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는, 중,저전력 구간에서 위상천이 변조기법(PSM)으로 동작할 수 있다.

[0073] 여기서, 중저전력 구간은, 스위칭 주파수가 공진주파수 보다 높은 주파수로 멀어지는 구간으로, 앞서의 도 2를 참조하면, 전력이 약 2400 w 이하로 출력되는 전력구간을 지칭할 수 있다.

[0074] 예컨대, 가정용 인덕션 히팅 시스템의 경우, 전력 구간은, 0~9단(1단 : 100, 2단 : 200, 3단 : 400, … 9단 : 2000)으로 구성되어 있고, 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는, 1단~7단의 전력 구간을, 중저전력 구간으로 정의할 수 있다.

[0075] 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는, 풀-브릿지 직렬 공진형 인버터의 출력 전력을, 도 2와 같은 고, 중, 저 전력구간으로 나누고, 중저전력 구간에서, 풀-브릿지 직렬 공진형 인버터를 위상천이 변조기법(PSM)으로 동작 함으로써, 주파수 변동폭을 최소화시킬 수 있다.

[0076] 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는, 고전력 구간에서, 풀-브릿지 직렬 공진형 인버터를 주파수 변조기법(PFM)으로 동작 시킬 수 있다.

[0077] 또한, 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는, 저전력 구간에서, 기존의 펄스 밀도 변조기법(PDM)을 개선하여, 출력 전력이 일정 주기로 지속적으로 발생되어 출력되도록 할 수 있다.

[0078] 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는, 중저전력 구간에 대해, 위상천이 변조기법(PSM)으로 풀-브릿지 직렬 공진형 인버터를 동작 시킴으로써, 스위치 S1과 S4, S2와 S3사이의 위상 차이(Φ)만큼 0전압이 생겨, 기존의 주파수 변조기법(PFM)에 비해, 동일한 스위칭 주파수를 이용하여 더 낮은 출력 전력을 출력할 수 있다. 이를 통해, 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는, 스위칭 주파수의 주파수 변동폭을 줄인 상태에서도, 스위치 간의 위상 차이에 의해 낮은 출력 전력을 생성할 수 있다..

[0079] 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는, 저전력 구간에서, 펄스 밀도 변조기법(PDM)의 시작과 끝의 스위칭 파형에 대한 위상 차이를 조정하는 개선된 펄스 밀도 변조기법(PDM)을 통해, 소음 문제를 완화할 수 있으며 출력 전력을 최대로 낮출 수 있다.

[0080] 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는, 전력구간 별 다른 방식으로 유도 가열을 제어하여, 주파수 변동을 최소화하면서 풀-브릿지 직렬 공진형 인버터를 동작 시킬 수 있다.

[0081] 도 4는 풀-브릿지 직렬 공진형 인버터의 등가회로이다.

[0082] 유도 가열기는 도 4와 같이 공진 회로를 포함하고 있고, 이러한 공진 회로를 공진탱크라 지칭할 수 있다.

[0083] Leq와 Req는, 코일의 등가 인덕턴스와 저항을 표현할 수 있다.

[0084] 도 2의 그래프에서, 전압 이득이 1이 되는 주파수는, 공진주파수고, 일반적인 유도 가열기는, 스위칭 주파수를 공진주파수 보다 크게 하여 동작 시킬 수 있다.

[0085] 그래서 유도 가열기는, 스위칭 주파수가 커질수록 전압이득이 낮아지고 출력 전력이 낮아질 수 있다.

[0086] 또한, 유도 가열기는, 높은 스위칭 주파수로 풀-브릿지 직렬 공진형 인버터를 구동하면, 손실이 늘어나 효율이 떨어지는 문제가 발생할 수 있다.

[0087] 이를 극복하기 위 해, 본 발명의 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는, 고전력 구간에서는 주파수 변조기법(PFM)을 사용하고, 중저전력 구간에서는 위상천이 변조기법(PSM)을 사용하여, 중저전력 구간에서 비교적 낮은 스위칭 주파수로 풀-브릿지 직렬 공진형 인버터를 동작 시킬 수 있다.

[0088] 도 5는 풀-브릿지 직렬 공진형 인버터의 스위칭 동작을 설명하기 위한 도이다.

[0089] 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는, 풀-브릿지 직렬 공진형 인버터 내 스위치를 Leg1(S1/S2)과, Leg2(S3/S4) 구분하여 독립적으로 전력 제어할 수 있다.

[0090] 도 5의 (a)에서와 같이, 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는, Leg1과 Leg2과의 위상 차이를 0.5로 스위칭 하는 경우, Leg1 중 스위치 S1를 on으로 제어하고, Cr, Leq, Req에 의해 브릿지 연결되는 Leg2 중 스위치 S4를 on으로 제어하여 주파수를 변조하며 전력을 전달 할 수 있다(S2, S3은 off 제어).

[0091] 유사하게, 도 5의 (b)에서, 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는, Leg1 중 스위치 S2를 on으로 제어하고, Cr, Leq, Req에 의해 브릿지 연결되는 Leg2 중 스위치 S3을 on으로 제어하여 주파수를 변조하며 전력을 전달 할 수 있다(S1, S4는 off 제어).

[0092] 이 때 Cr은 공진 캐패시터를 나타내고, Leq와 Req는 코일의 등가 인덕턴스와 저항을 나타낸다.

[0093] 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는, 중저전력 구간에서 위상천이 변조기법(PSM)으로 풀-브릿지 직렬 공진형 인버터를 동작 시킴으로써, 도 6과 같은 스위칭 모드를 갖고, 출력 전압과 전류 파형을 얻을 수 있다.

[0094] 도 6은 위상천이 변조기법(PSM)에 따른 동작모드와 출력 전압, 전류 파형을 설명하기 위한 도이다.

[0095] 도 6에서와 같이, 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는, Leg1과 Leg2과의 위상 차이를 적절히 조정하여(예, 0.4) 스위칭 함으로써, 스위치 S1~S4의 On/Off에 따른 mode 1~6을 정할 수 있다.

[0096] 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는, Leg1의 스위치 S1과 Leg2의 스위치 S4가 on으로 제어되는 케이스를 mode 1로 정할 수 있다. 이때의 Vo는 플러스이고, Io는 양극(+)에서 증가한다.

[0097] 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는, Leg1의 스위치 S1과 S2가 off로 제어되면서, Leg2의 스위치 S4가 on으로 제어되는 케이스를 mode 2로 정할 수 있다. 이때의 Vo는 0이고, Io는 양극(+)에서 감소한다.

[0098] 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는, Leg2의 스위치 S4가 off로 제어되면서, Leg1의 스위치 S2와 Leg2의 스위치 S3이 on으로 제어되는 케이스를 mode 3으로 정할 수 있다. 이때의 Vo는 마이너스이고, Io는 0으로 수렴한다.

[0099] 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는, Leg1의 스위치 S2와 Leg2의 스위치 S3이 on으로 제어되는 케이스를 mode 4로 정할 수 있다. 이때의 Vo는 마이너스이고, Io는 음극(-)에서 증가한다.

[0100] 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는, Leg1의 스위치 S2이 off로 제어되면서, Leg1의 스위치 S1과 Leg2의 스위치 S3이 on으로 제어되는 케이스를 mode 5로 정할 수 있다. 이때의 Vo는 0이고, Io는 음극(-)에서 감소한다.

[0101] 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는, Leg2의 스위치 S3이 off로 제어되면서, Leg1의 스위치 S1와 Leg2의 스위치 S4가 on으로 제어되는 케이스를 mode 6으로 정할 수 있다. 이때의 Vo는 플러스이고, Io는 0으로 수렴한다.

[0102] 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는, 풀-브릿지 직렬 공진형 인버터를 위상천이 변조기법(PSM)으로 동작 시킴으로써, Mode2와 Mode5에 의해 출력 전압으로 영전압을 생성할 수 있다. 이러한 영전압으로 인해, 주파수

변동 최소화 전력제어 장치(300)는, 기존 주파수 변조기법(PFM)과 동일한 주파수에서 동작할 때 보다 더 낮은 출력 전력을 얻을 수 있다.

[0103] 이에 따라, 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는, 중저전력 구간에 대해, 위상천이 변조기법(PSM)을 사용하여, 주파수 변동폭을 최소화할 수 있다.

[0104] 위상천이 변조기법(PSM)으로 풀-브릿지 직렬 공진형 인버터를 동작할 때의 출력 전력은, [수식 1]에 의거하여 계산할 수 있다.

[0105] [수식 1]

$$\phi_{max} = 2(\alpha - \beta_{min}) \quad (1)$$

$$\alpha = \tan^{-1}[Q\left(\frac{\omega_s}{\omega_r} - \frac{\omega_r}{\omega_s}\right)] \quad (2)$$

$$\beta_{min} = \cos^{-1}\left(1 - \frac{2\omega_s q_{Coss}}{I_m}\right) \quad (3)$$

$$P_{Transfer} = R_{eq} \frac{\frac{2\sqrt{2A}}{\pi} V_{rect} \times sin(\pi A)}{\sqrt{R_{eq} + \left(\omega L_{eq} - \frac{1}{\omega C_r}\right)^2}} \quad \left(A = D - \left(\frac{\emptyset^\circ}{360^\circ}\right)\right) \quad (4)$$

[0106]

[0107] Φ : 위상천이각 ω_s : 스위칭 각주파수

[0108] ω_r : 공진 각주파수 q_{Coss} : 스위치의 출력 캐패시터 전하량

[0109] I_m : 출력 전류의 최대값 α : 공진 전류의 위상각

[0110] β : 출력 전압과 전류의 위상차 $P_{Transfer}$: 출력 전력

[0111] V_{rect} : 공진 탱크 입력 전압

[0112] 도 7은 STS-430용기에서의 전력 구간 별 동작 특징을 설명하기 위한 도이다.

[0113] 도 7에서는, STS-430용기에서의 전력 구간 별 스위칭 주파수 차이를 보여주고 있다.

[0114] 풀-브릿지 유도 가열 인버터를 공진주파수인 스위칭 주파수 36kHz로 동작 시켰을 때, 출력 전력은, 3.3kW이다.

[0115] 주파수 변조기법(PFM) 만을 사용하여 스위칭 주파수를 올렸을 때, 중저전력 구간인 1kW 구간에서는, 스위칭을 위해 스위칭 주파수 52kHz가 요구된다.

[0116] 반면, 본 발명에 따른 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는, 위상천이 변조기법(PSM)를 사용하여 중저전력 구간인 1kW 구간에서, 스위칭 주파수 44kHz에서 스위칭 할 수 있다.

[0117] 이처럼, 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는, 기존의 주파수 변조기법(PFM) 만을 사용하는 것보다, 중저전력 구간에서, 위상천이 변조기법(PSM) 사용하여, 낮은 전력을 전달할 때도 스위칭 주파수를 낮출 수 있다.

[0118] 도 8은 STS-304용기에서의 전력 구간 별 동작 특징을 설명하기 위한 도이다.

[0119] 도 8에서는, 대표적인 유도 가열 전용 용기 중 하나인 STS-304의 전력 구간 별 특징을 나타내고 있다.

[0120] STS-304용기는, STS-430용기와 저항의 차이가 있어서 최대 전력을 전달할 때의 주파수가 45.4kHz로 높다.

[0121] 이런 이유로, STS-304용기에 대해서는, 도 7에서 설명한 것처럼, 주파수 변조기법(PFM) 만을 사용하여 가열하기 보다, 위상천이 변조기법(PSM)을 사용하여 가열하는 것이 스위칭 주파수를 낮추고 전력 효율을 높이는 데에 효과적일 수 있다.

[0122] STS-304용기로 1kW 출력을 위해서는, 주파수 변조기법(PFM) 만을 사용할 때, 63.5kHz의 스위칭 주파수가 요구되지만, 위상천이 변조기법(PSM)를 함께 사용하면, 10kHz 이상 차이가 나는, 53kHz의 스위칭 주파수 만이 요구될 수 있다.

[0123] 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는, 개선된 펄스 밀도 변조기법(PDM)을 사용하여, 중저전력 구간에서, 소음과 진동없이 풀-브릿지 유도 가열 인버터를 동작 시킬 수 있다.

[0124] 도 9는 기존의 펄스 밀도 변조기법(PDM)의 출력 전압 파형을 모사한 도이다.

[0125] 일반적인 펄스 밀도 변조기법(PDM)은, 일정 주기동안 스위칭을 하고, 나머지 주기에는 스위칭을 하지 않는다.

[0126] 이에 따라, 도 9에서와 같이, 유도 가열기를 펄스 밀도 변조기법(PDM)으로 동작 시킬 경우에는, T_{PDM}에 따라 출력 전력의 크기를 정할 수 있다.

[0127] 하지만, 펄스 밀도 변조기법(PDM)으로 전력제어를 하는 경우에는, 스위칭을 시작하는 순간과 끝나는 순간의 전류의 변화량이 크기 때문에, 소음과 진동이 발생할 수 있다.

[0128] 가정용 유도 가열기를 펄스 밀도 변조기법(PDM)으로 전력 제어하게 되면, 사용자는 소음과 진동에 불편함을 느껴야 하는 단점이 있다.

[0129] 따라서, 본 발명의 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는, 저전력구간에서 소음과 진동을 억제할 수 있는 개선된 펄스 밀도 변조기법(PDM)을 사용할 수 있다.

[0130] 도 10은 개선된 펄스 밀도 변조기법(PDM)의 출력 전압 파형을 모사한 도이다.

[0131] 도 10에서와 같이, 개선된 펄스 밀도 변조기법(PDM)에서는, 스위칭의 간격을 조정하여, 유도 가열기의 주파수 변동을 최소화시키고 저전력구간에서 소음과 진동이 없는 유도 가열기를 동작 시킬 수 있다.

[0132] 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는, PDM 주기에서 스위칭을 하는 구간동안 처음과 끝의 Phase shift angle Φ1과 중간의 Phase shift angle Φ2의 크기를 다르게 동작 시킬 수 있다. 즉, 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는, 의도한 출력 전력을 얻기 위해 PDM으로 동작 중에는 Φ의 크기를 줄이고, 소음과 진동의 감소를 위해 PDM 시작과 끝에는 Φ의 크기를 최대로 하여, Φ의 크기를 선형적으로 변경할 수 있다.

[0133] 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는, 유도 가열기에서 전력 구간별 스위칭을 다르게 함으로써, 사용자가 원하는 출력 전력을 얻으면서 주파수의 변동을 최소화시킬 수 있다.

[0134] 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는, 다중 화구를 사용하는 유도 가열기의 경우 스위치의 부담을 줄이고 스위칭 손실도 줄일 수 있다.

[0135] 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는, 유도 가열기에서 변조 방식을 달리하여 저전력 구간에서의 스위칭 주파수를 저감하여 스위칭 손실과 노이즈 주파수 대역폭을 줄일 수 있다..

[0136] 이하, 도 11에서는 본 발명의 실시예들에 따른 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)의 작업 흐름을 상세히 설명한다.

[0137] 도 11은 본 발명의 일실시예에 따른, 풀-브릿지 유도 가열 인버터의 주파수 변동 최소화 전력제어 방법을 도시한 흐름도이다.

[0138] 본 실시예에 따른 풀-브릿지 유도 가열 인버터의 주파수 변동 최소화 전력제어 방법은, 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)에 의해 수행될 수 있다.

[0139] 우선, 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는, 풀-브릿지 유도 가열 인버터를 동작시키는 스위칭 주파수가 증가 함에 따라, 상기 풀-브릿지 유도 가열 인버터로부터 출력되는 출력 전력의 구간을, 중전력 구간과 저전력 구간을 적어도 포함하여 정의한다(1110). 단계(1110)는 스위칭 주파수의 크기에 따른, 풀-브릿지 유도 가열 인버터로부터 출력되는 출력 전력의 크기를, 구간 별로 정의하는 과정일 수 있다.

[0140] 예컨대, 도 2에서와 같이, 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는, 주파수 변조기법(PFM)으로, 풀-브릿지 직렬 공진형 인버터를 동작시키는 데에 있어, 스위칭 주파수가 공진주파수 보다 높은 주파수로 멀어짐에 따라, 작아지는 출력 전력에 대해, 구간 별로, 고전력 구간, 중전력 구간, 저전력 구간을 정의할 수 있다.

[0141] 즉, 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는, 상기 풀-브릿지 유도 가열 인버터 내 스위치가, 주파수 변조기

법(PFM)으로 전력 제어되어, 상기 스위칭 주파수가 증가함에 따라, 증가하는 상기 스위칭 주파수가, 상기 풀-브릿지 유도 가열 인버터의 공진주파수 이상이고, 설정된 제1 주파수 미만일 때의, 상기 출력 전력의 구간을, 고전력 구간으로 정의할 수 있다.

[0142] 또한, 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는, 증가하는 상기 스위칭 주파수가, 상기 제1 주파수 이상이고, 설정된 제2 크기 미만일 때의, 상기 출력 전력의 구간을, 중전력 구간으로 정의할 수 있다.

[0143] 또한, 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는, 증가하는 상기 스위칭 주파수가, 상기 제2 주파수 이상일 때의, 상기 출력 전력의 구간을, 저전력 구간으로 정의할 수 있다.

[0144] 이때, 제1 주파수는 공진주파수 보다 크고, 제2 주파수 보다 작은 크기로 설정될 수 있다.

[0145] 도 2를 참조하면, 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는 공진주파수 $2.8*10^4$HZ 이상이고, 설정된 제1 주파수 $4.0*10^4$HZ 미만일 때의, 출력 전력의 구간 2400~3200 w를, 고전력 구간으로 정의할 수 있다.

[0146] 또한, 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는, 제1 주파수 $4.0*10^4$HZ 이상이고, 설정된 제2 크기 $6.0*10^4$HZ 미만일 때의, 출력 전력의 구간 1200~2400 w를, 중전력 구간으로 정의할 수 있다.

[0147] 또한, 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는, 제2 주파수 $6.0*10^4$HZ 이상일 때의, 출력 전력의 구간 ~1200 w를, 저전력 구간으로 정의할 수 있다.

[0148] 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는 상기 중전력 구간과 상기 저전력 구간에서, 상기 풀-브릿지 유도 가열 인버터 내 스위치를, 위상천이 변조기법(PSM)으로 전력 제어 함으로써, 상기 스위칭 주파수의 변동폭을 제한한다(1120). 단계(1120)는, 위상천이 변조기법(PSM)으로 스위치 전력 제어하여, 적은 스위칭 주파수의 적은 증가에도, 풀-브릿지 유도 가열 인버터로부터의 출력 전력이 크게 감소되도록 하는 과정일 수 있다.

[0149] 다시 말해, 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는, 상기 중전력 구간과 상기 저전력 구간에서, 규정된 전력을 출력시키기 위해, 주파수 변조기법(PFM)으로 전력 제어하는 때의 스위칭 주파수를 높이는 폭 보다, 상기 위상천이 변조기법(PSM)으로 전력 제어 하는 때의 스위칭 주파수를 높이는 폭을 상대적으로 적게 하여, 상기 스위칭 주파수의 변동폭을 제한할 수 있다.

[0150] 도 2를 참조하면, 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는, 위상천이 변조기법(PSM)으로, 풀-브릿지 유도 가열 인버터 내 스위치를 전력 제어 함으로써, 중전력 구간과 저전력 구간에서의 도 2의 파형(PFM 기법) 보다 하방으로 더 가파른 파형을 형성할 수 있다.

[0151] 이를 통해, 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는, 스위칭 주파수를 증가하는 폭을 적게 하고, 출력 전력의 감소 폭을 크게 하는 것에 의해, 상기 스위칭 주파수의 변동폭을 제한할 수 있다.

[0152] 상기 풀-브릿지 유도 가열 인버터는, 4개의 스위치 S1~S4를 포함할 수 있다.

[0153] 이들 4개의 스위치 S1~S4를 회로 구성하기 위해, 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는, 상기 풀-브릿지 유도 가열 인버터의 회로 일단으로 스위치 S1과 S2를 직렬 배치하고, 회로 타단으로 스위치 S3와 S4를 직렬 배치하며, 상기 스위치 S1과 S2, 및 상기 스위치 S3과 S4 사이를 병렬로 연결시킨다. 즉, 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는 스위치 S1/S2과, 스위치 S3/S4 를 병렬로 연결하여, 풀-브릿지 유도 가열 인버터에 관한 회로를 구성 할 수 있다.

[0154] 이후, 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는, 상기 스위치 S1과 S2로 구성되는 Leg1과, 상기 스위치 S3와 S4로 구성되는 Leg2 간의 Phase 차이(Φ)를 조정하여, 위상천이 변조기법(PSM)으로 전력 제어를 위한 복수의 모드를 정할 수 있다.

[0155] 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는 Leg1 내 스위치 S1와 S2의 On/Off 와, Leg2 내 스위치 S3와 S4의 On/Off를 조합하는 각 경우의 수에 따른 mode 1~6을 정할 수 있다.

[0156] 구체적으로, 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는, 상기 Leg1의 스위치 S1과 상기 Leg2의 스위치 S4가 on으로 제어되어, 출력 전압 Vo가 플러스이고 출력 전류 Io가 양극(+)에서 증가하는 mode 1을 정할 수 있다.

[0157] 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는, 상기 Leg1의 스위치 S1과 S2가 off로 제어되면서, 상기 Leg2의 스위치 S4가 on으로 제어되어, 출력 전압 Vo가 0이고, 출력 전류 Io가 양극(+)에서 감소하는 mode 2를 정할 수

있다.

[0158] 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는, 상기 Leg2의 스위치 S4가 off로 제어되면서, 상기 Leg1의 스위치 S2와 상기 Leg2의 스위치 S3이 on으로 제어되어, 출력 전압 Vo가 마이너스이고, 출력 전류 Io가 0으로 수렴하는 mode 3를 정할 수 있다.

[0159] 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는, 상기 Leg1의 스위치 S2와 Leg2의 스위치 S3이 on으로 제어되어, 출력 전압 Vo가 마이너스이고, 출력 전류 Io가 음극(-)에서 증가하는 mode 4를 정할 수 있다.

[0160] 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는, 상기 Leg1의 스위치 S2이 off로 제어되면서, 상기 Leg1의 스위치 S1과 상기 Leg2의 스위치 S3이 on으로 제어되어, 출력 전압 Vo가 0이고, 출력 전류 Io가 음극(-)에서 감소하는 mode 5를 정할 수 있다.

[0161] 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는, 상기 Leg2의 스위치 S3이 off로 제어되면서, 상기 Leg1의 스위치 S1와 상기 Leg2의 스위치 S4가 on으로 제어되어, 출력 전압 Vo가 플러스이고, 출력 전류 Io가 0으로 수렴하는 mode 6을 정할 수 있다.

[0162] 상기 Mode2와 상기 Mode5는 출력 전압 Vo 0을 갖을 수 있다.

[0163] 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는, 상기 Mode2와 상기 Mode5에 의한 출력 전압 Vo 0으로 인해, 주파수 변조기법(PFM)에서 동일한 크기의 스위칭 주파수로 상기 풀-브릿지 유도 가열 인버터를 동작 시킬 때 보다 더 낮은 출력 전력을 출력하여, 상기 스위칭 주파수의 변동폭을 제한할 수 있다.

[0164] 즉, 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는, 영전압 출력을 통해, 동일한 크기의 스위칭 주파수에 대해, 풀-브릿지 유도 가열 인버터를 주파수 변조기법(PFM)으로 동작할 때 보다 더 낮은 출력 전력을 출력할 수 있다.

[0165] 실시예에 따라, 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는, 펄스 밀도 변조기법(PDM)의 시작과 끝의 스위칭 파형에 대한 시비율을 조정하는 개선된 펄스 밀도 변조기법(PDM)을 통해, 소음 문제를 완화할 수 있으며, 출력 전력을 최대로 낮출 수 있다.

[0166] 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는, 상기 저전력 구간에서, 펄스 밀도 변조기법(PDM)을 사용하여, 상기 스위칭 주파수의 스위칭의 간격을 조정 함으로써, 상기 풀-브릿지 유도 가열 인버터의 주파수 변동을 최소화하고, 소음과 진동을 저감시킬 수 있다.

[0167] 즉, 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는, PDM 주기에서 스위칭을 하는 구간의 처음과 끝의 Phase shift angle Φ과, 상기 구간의 중간의 Phase shift angle Φ과의 크기를 다르게 하여, 상기 출력 전력을 유지하면서, 상기 소음과 진동을 저감시킬 수 있다.

[0168] 예컨대 주파수 변동 최소화 전력제어 장치(300)는, 저전력 구간 동안, PDM 주기 동안, 스위칭이 지속되도록, 저전력 구간의 처음과 끝의 Phase shift angle Φ을, 저전력 구간의 중간의 Phase shift angle Φ 보다 크게 하여 소음과 진동을 저감시킬 수 있다.

[0169] 처리부는, 영전압이 발생하는 mode 2, 5의 유지 기간을 유연하게 조정하여, 저전력 구간에서의 소음과 진동을 저감시킬 수 있다.

[0170] 본 발명의 일실시예에 따르면, 주파수 변동폭을 최소화하기 위해, 전력 구간 별로 스위칭에 차이를 주는, 풀-브릿지 유도 가열 인버터의 주파수 변동 최소화 전력제어 방법 및 장치를 제공 할 수 있다.

[0171] 또한, 본 발명의 일실시예에 따르면, 전력 구간을 나눠서 변조 기법을 다르게 사용 함으로써, 중-저전력 구간에서의 동작 주파수의 변동을 최소화하여 스위칭 소자가 감당할 수 있는 범위 내에서 다중화구의 간섭소음을 없애고 고주파 스위칭 손실이 줄어들어 높은 효율로 동작시킬 수 있다.

[0172] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도

록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0173] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상 장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치에 저장될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.

[0174] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기를 기초로 다양한 기술적 수정 및 변형을 적용할 수 있다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

[0175] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 청구범위의 범위에 속한다.

부호의 설명

[0176] 300 : 주파수 변동 최소화 전력제어 장치

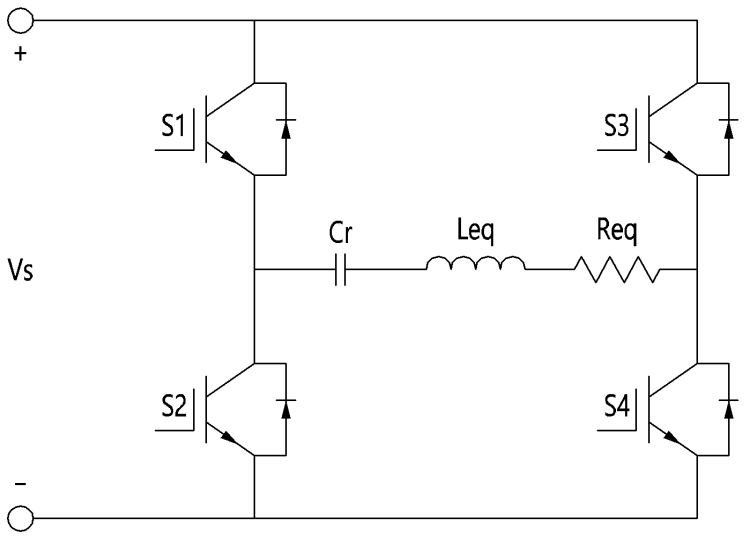
310 : 정의부

320 : 처리부

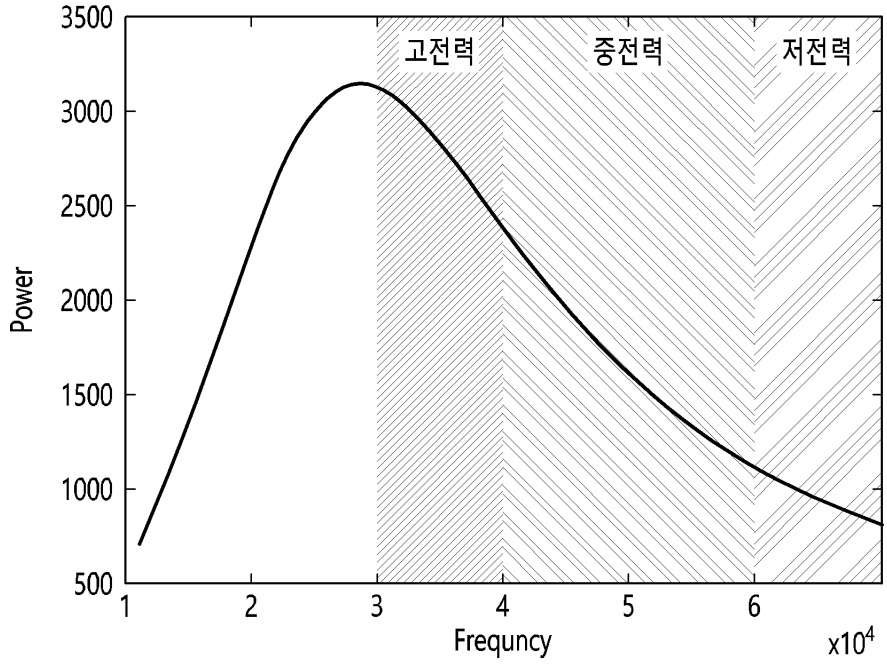
330 : 회로부

도면

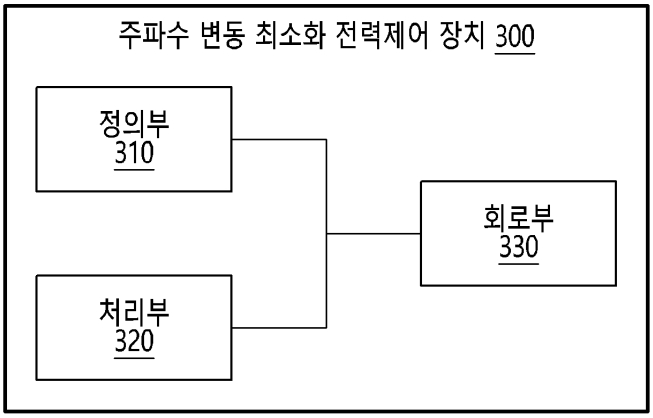
도면1



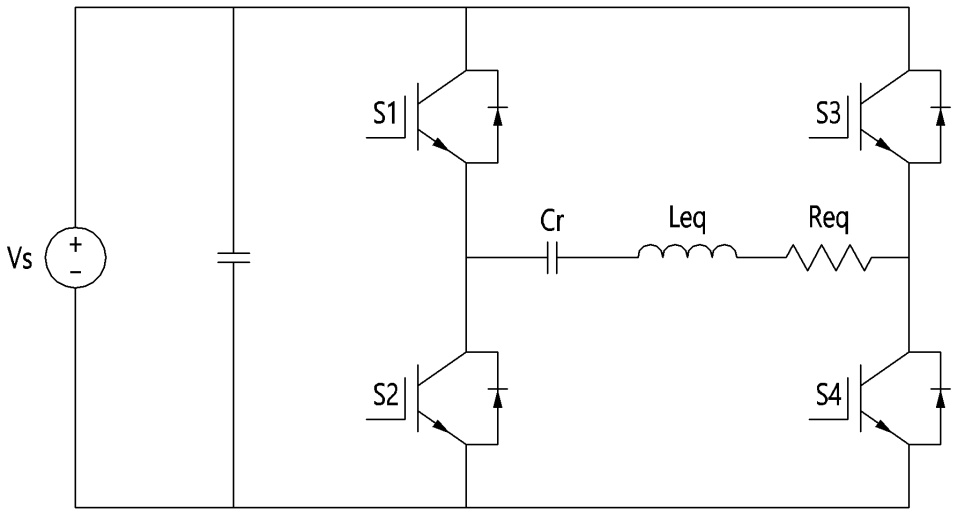
도면2


3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
Power
고전력
중전력
저전력
1
2
3
4
5
6
Frequncy
x10^4

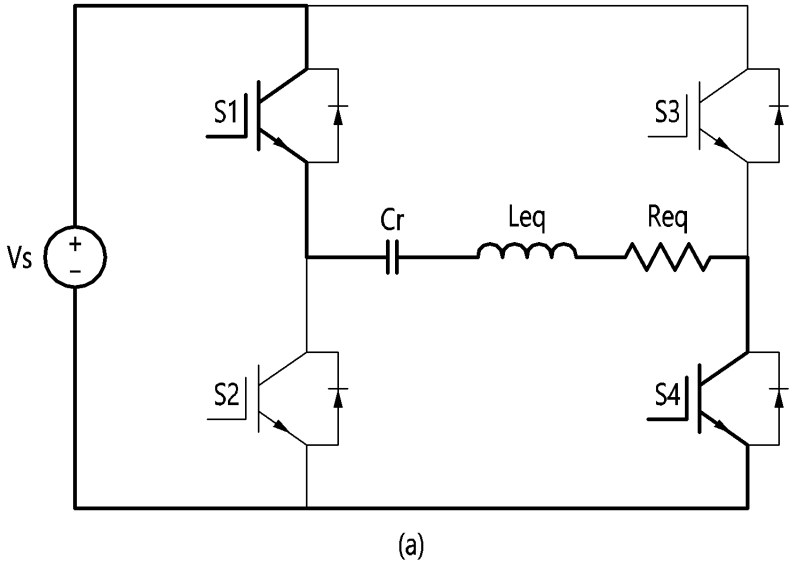
도면3


주파수 변동 최소화 전력제어 장치 300
정의부
310
처리부
320
회로부
330

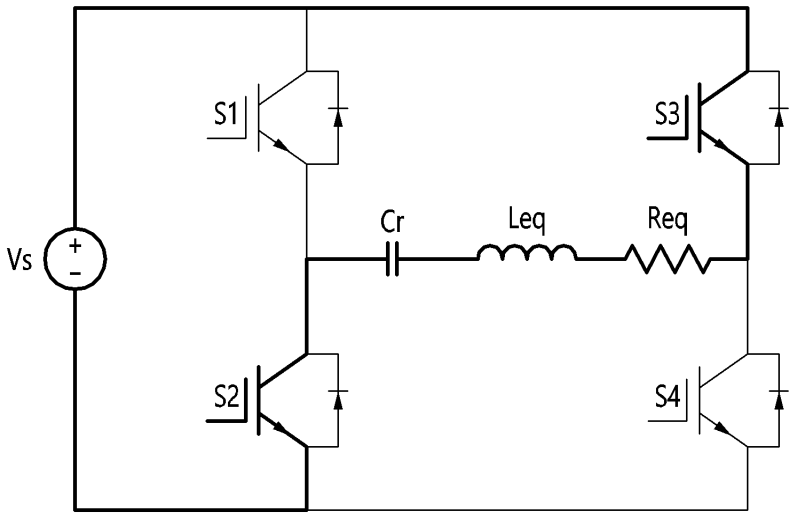
도면4



도면5

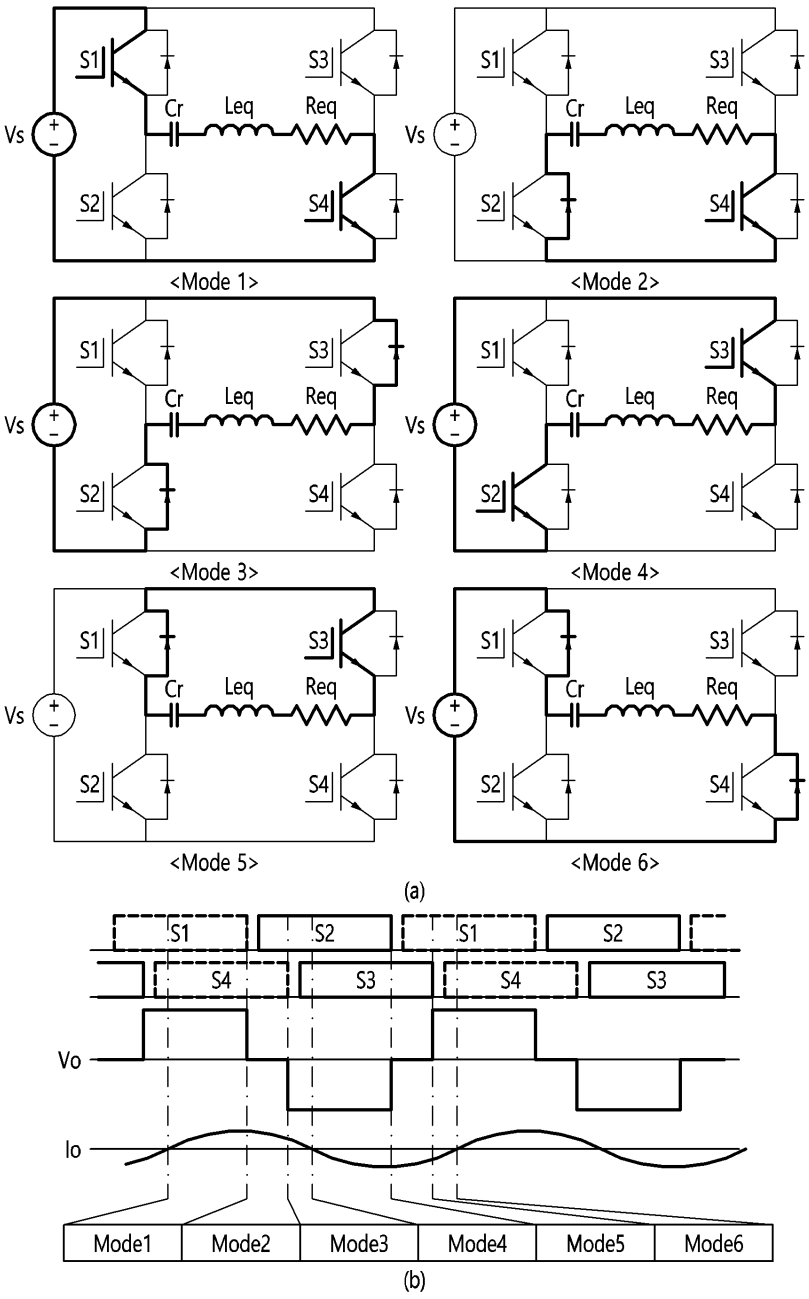


(a)

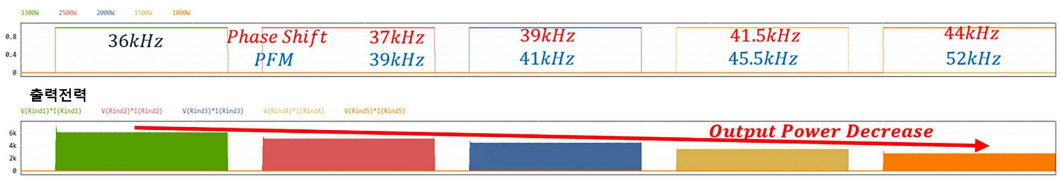


(b)

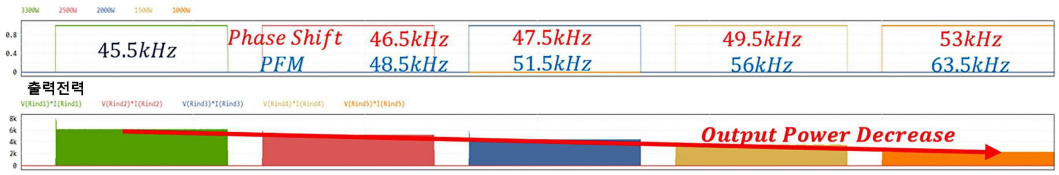
도면6


S1
S3
Cr
Leq
Req
Vs
S2
S4
<Mode 1>
<Mode 2>
<Mode 3>
<Mode 4>
<Mode 5>
<Mode 6>
(a)
S1
S2
S1
S2
S4
S3
S4
S3
Vo
Io
Mode1
Mode2
Mode3
Mode4
Mode5
Mode6
(b)

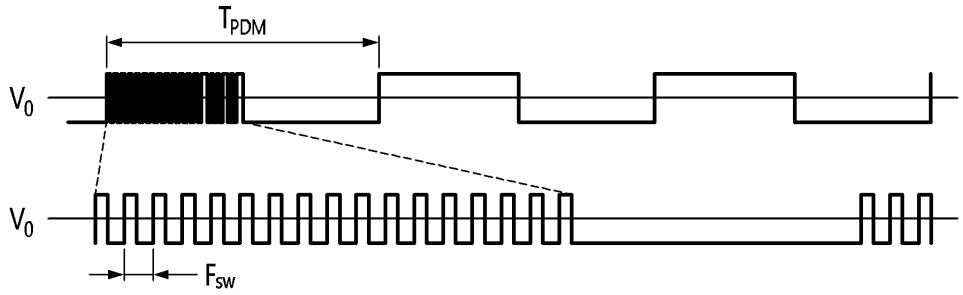
도면7


36kHz
Phase Shift
PFM
37kHz
39kHz
39kHz
41kHz
41.5kHz
45.5kHz
44kHz
52kHz
출력전력
Output Power Decrease

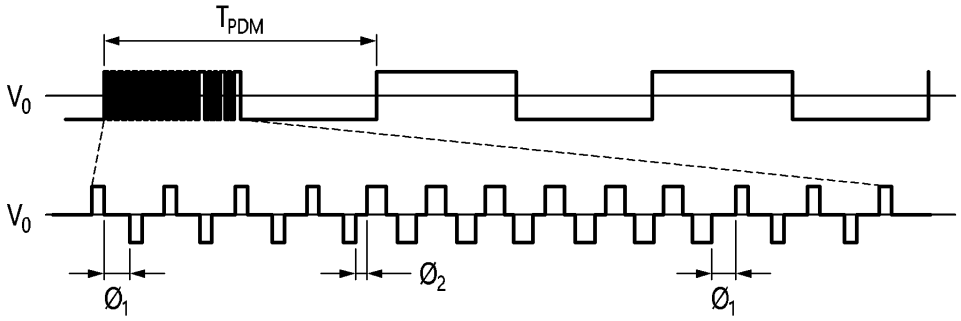
도면8



도면9



도면10



도면11

