

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0178473

(43) 공개일자 2024년12월31일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H05B 6/06 (2006.01) H02M 1/12 (2006.01)

H02M 1/38 (2007.01) H02M 7/48 (2007.01)

H05B 1/02 (2006.01)

(52) CPC특허분류

H05B 6/06 (2013.01)

H02M 1/12 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2023-0080362

(22) 출원일자 2023년06월22일

심사청구일자 2023년06월22일

(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

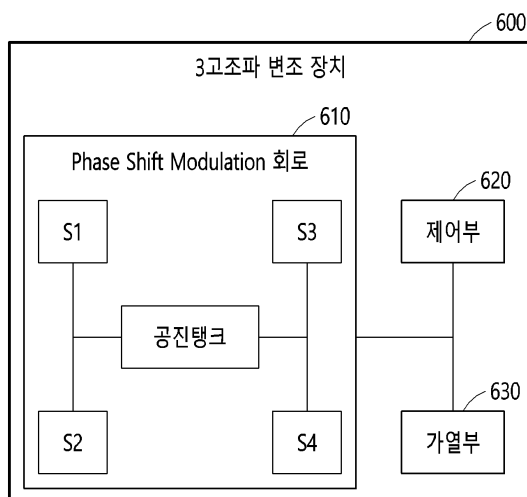
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 유도 가열 인버터의 비자성체 용기의 효과적인 가열을 위한 최적화된 3고조파 변조 장치 및 3고조파 변조 방법

(57) 요약

유도 가열 인버터의 비자성체 용기의 효과적인 가열을 위한 최적화된 3고조파 변조 장치 및 3고조파 변조 방법이 개시된다. 본 발명의 일실시예에 따른, 유도 가열 인버터의 비자성체 용기의 효과적인 가열을 위한 최적화된 3고조파 변조 장치는, 회로 일단으로 직렬 배치된 스위치 S1과 S2, 및 회로 타단으로 직렬 배치된 스위치 S3과 S4 사이를 Full-Bridge 연결시켜 작성되는, Phase Shift Modulation 회로; 및 상기 스위치 S1과 S2와, 상기 스위치 S3과 S4 사이에 배치되는 공진탱크의 전압 시비율(Duty Ratio)을 1/6으로 조정하는 제어부를 포함 할 수 있다.

대표도 - 도6



(52) CPC특허분류

H02M 1/38 (2013.01)

H02M 7/48 (2013.01)

H05B 1/0252 (2013.01)

(72) 발명자

김지수

경상남도 창원시 마산합포구 노산남6길 25, 101호
(상남동)

정병조

경상남도 김해시 김해대로 2326, 104동 301호 (부원동, 부원역 푸르지오아파트)

명세서

청구범위

청구항 1

회로 일단으로 직렬 배치된 스위치 S1과 S2, 및 회로 타단으로 직렬 배치된 스위치 S3와 S4 사이를 Full-Bridge 연결시켜 작성되는, Phase Shift Modulation 회로; 및

상기 스위치 S1와 S2와, 상기 스위치 S3와 S4 사이에 배치되는 공진탱크의 전압 시비율(Duty Ratio)을 1/6으로 조정하는 제어부

를 포함하는, 유도 가열 인버터의 비자성체 용기의 효과적인 가열을 위한 최적화된 3고조파 변조 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 스위치 S1과 S2로 구성되는 Leg1과, 상기 스위치 S3와 S4로 구성되는 Leg2 간의 Phase 차이를, 120도를 적어도 포함하는 범위 이내로 결정하는,

유도 가열 인버터의 비자성체 용기의 효과적인 가열을 위한 최적화된 3고조파 변조 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 공진탱크의 전압을, 대칭적인 시비율로 조절 함으로써, 짝수 고조파의 발생을 억제하는,

유도 가열 인버터의 비자성체 용기의 효과적인 가열을 위한 최적화된 3고조파 변조 장치.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 대칭적인 시비율로서, 상기 스위치 S1과 S4, 및 상기 스위치 S2와 S3가 동시에 On/Off 되지 않도록, 상기 공진탱크의 전압을 조절하는,

유도 가열 인버터의 비자성체 용기의 효과적인 가열을 위한 최적화된 3고조파 변조 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 전압 시비율이 1/6로 조정 됨에 따라, 상기 공진탱크의 전압 내 1고조파의 크기를 줄이고, 크기가 유지되는 3고조파를 이용하여, 3고조파 변조 기법(Third Harmonic Modulation(THM))에 의한 비자성 용기의 유도 가열을 수행하는 가열부

를 더 포함하는, 유도 가열 인버터의 비자성체 용기의 효과적인 가열을 위한 최적화된 3고조파 변조 장치.

청구항 6

회로 일단으로 스위치 S1과 S2를 직렬 배치하고, 회로 타단으로 스위치 S3와 S4를 직렬 배치하며, 상기 스위치 S1과 S2, 및 상기 스위치 S3와 S4 사이를 Full-Bridge 연결시켜 Phase Shift Modulation 회로를 작성하는 단계; 및

상기 스위치 S1과 S2와, 상기 스위치 S3와 S4 사이에 배치되는 공진탱크의 전압 시비율(Duty Ratio)을 1/6으로 조정하는 단계

를 포함하는, 유도 가열 인버터의 비자성체 용기의 효과적인 가열을 위한 최적화된 3고조파 변조 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 스위치 S1과 S2로 구성되는 Leg1과, 상기 스위치 S3와 S4로 구성되는 Leg2 간의 Phase 차이를, 120도를 적어도 포함하는 범위 이내로 결정하는 단계

를 더 포함하는, 유도 가열 인버터의 비자성체 용기의 효과적인 가열을 위한 최적화된 3고조파 변조 방법.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 공진탱크의 전압을, 대칭적인 시비율로 조절 함으로써, 짝수 고조파의 발생을 억제하는 단계

를 더 포함하는, 유도 가열 인버터의 비자성체 용기의 효과적인 가열을 위한 최적화된 3고조파 변조 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 대칭적인 시비율로서, 상기 스위치 S1과 S4, 및 상기 스위치 S2와 S3가 동시에 On/Off 되지 않도록, 상기 공진탱크의 전압을 조절하는 단계

를 더 포함하는, 유도 가열 인버터의 비자성체 용기의 효과적인 가열을 위한 최적화된 3고조파 변조 방법.

청구항 10

제6항에 있어서,

상기 전압 시비율이 1/6로 조정 됨에 따라, 상기 공진탱크의 전압 내 1고조파의 크기를 줄이고, 크기가 유지되는 3고조파를 이용하여, 3고조파 변조 기법(Third Harmonic Modulation(THM))에 의한 비자성 용기의 유도 가열을 수행하는 단계

를 더 포함하는, 유도 가열 인버터의 비자성체 용기의 효과적인 가열을 위한 최적화된 3고조파 변조 방법.

청구항 11

제6항 내지 제10항 중 어느 한 항의 방법을 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터 판독 가능한 기록매체.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 3고조파 변조 기법(Third Harmonic Modulation(THM)) 시에 스위치 On/Off에 따른 공진탱크의 전압 시비율을, 0.5가 아닌 1/6으로 조정하여 1고조파(기본파)의 크기를 줄이고 전류의 왜곡을 낮추어 유도가열에서 유효 출력을 높이는, 유도 가열 인버터의 비자성체 용기의 효과적인 가열을 위한 최적화된 3고조파 변조 장치 및 3고조파 변조 방법에 관한 것이다.

[0002] 본 발명은, 전력전자(Power Electronics) 기술을 기반으로 하는 유도가열 인버터에 관한 기술에 속한다.

배경 기술

[0003] - Millan, I.; Burdío, J.M.; Acero, J.; Lucia, O.; Llorente, S.: 'Series resonant inverter with selective harmonic operation applied to all-metal domestic induction heating', IET Power Electronics, 2011, 4, (5), p. 587-592, 2010.01.07

- [0004] 상기 논문에서는, 3고조파 변조 기법이 제안되고 있다.
- [0005] - 공개번호 특2001-0060202(2001.07.06), "2단 스위칭 전력 변환 장치"
- [0006] 공개번호 특2001-0060202는, 변압기의 1차측에 연결된 반도체 스위치의 전압 시비율(Duty)은 고정하고, 그 1차측에 인가되는 직류 전압의 레벨을 조절하여 안정된 2차측의 출력전압을 구현하도록 하는 2단 스위칭 전력 변환 장치를 개시하고 있다.
- [0007] 가정용 유도 가열 기술은, 높은 안전성과 높은 효율 및 고속 가열의 이점이 있어, 기존의 가열 방식을 대체하고 있다.
- [0008] 그러나, 가정용 유도 가열 기술은, 낮은 저항을 갖는 용기를 가열 시, 스위치에 높은 전류를 유도하기 때문에, 스위치가 소손(燒損) 될 수 있다.
- [0009] 스위치의 소손을 방지할 목적으로, 현재에는, 3고조파 변조 기법(Third Harmonic Modulation(THM))이 고안되어 활용되고 있다.
- [0010] 도 1은 Third Harmonic Modulation(THM)의 파형을 보여주기 위한 도이다.
- [0011] 도 1에서의 위 파형은, 기존의 THM의 공진탱크의 전압 파형이고, 도 1에서의 아래 파형은, 기존의 THM의 공진탱크 전류 파형이다.
- [0012] 도 1에서와 같이, THM에서는, 공진탱크의 전압 파형의, 한번의 스위칭 주기에 3고조파의 전류 파형을 생성할 수 있다.
- [0013] 또한, THM에서는, 1고조파의 영향을 받아, 3고조파의 전류 파형이 일정하지 않을 수 있다.
- [0014] THM에서의, 전류 파형의 왜곡 원인은, 1고조파(기본파)의 성분이 영향을 주기 때문이다.
- [0015] 특히, THM은, 1고조파의 성분이 전류의 위상을 앞서게 하기 때문에 소프트 스위칭을 어렵게 하는 부효과를 갖는다.
- [0016] 이러한 부효과를 줄이기 위해, 도 2와 같이, Phase Shift Modulation 기법에서는, 대칭적인 시비율 조절을 이용함으로써, 짝수 고조파의 발생을 막고 고조파의 크기를 조절할 수 있다.
- [0017] 도 2는 Phase Shift Modulation 기법을 설명하기 위한 도이다.
- [0018] 도 2의 (a)는, Phase Shift Modulation의 회로도이고, 도 2의 (b)는, Phase Shift Modulation의 파형을 보여준다.
- [0019] 도 2의 (a)에서와 같이, Phase Shift Modulation은, 직렬 배치된 스위치 S1와 S2, 및 직렬 배치된 스위치 S3와 S4 사이를 Full-Bridge 시켜 연결하는 회로에서의 변조 방식일 수 있다.
- [0020] 스위치 S1와 S2와, 스위치 S3와 S4 사이의 전압은, 공진탱크의 전압 V_r 이다.
- [0021] 도 2의 (b)에서와 같이, Phase Shift Modulation은, 각 스위치의 gate source 전압(V_{gs1} , V_{gs2} , V_{gs3} , V_{gs4})의 시비율을 0.5로 유지하지만 Leg간의 위상차를 이용하여 공진탱크의 전압 시비율을 0.5이하(0.5 포함)로 조절함으로써 공진탱크 전압의 짝수 고조파의 발생을 막을 수 있다.
- [0022] 기존 Induction Heating은, 공진탱크의 전압 시비율(Duty Ratio)을 0.5로 하여 스위치를 동작시킬 수 있다.
- [0023] 시비율이 0.5일 경우, Phase Shift Modulation에서는, S1과 S4가 동시에 On되고, S2와 S3가 동시에 On되며, 각각 한 주기에서 On되는 비율이 0.5, 0.5로, 같은 비율로 동작할 수 있다.
- [0024] 시비율 0.5에서, 공진탱크의 전압 V_r 은, +입력전압과 -입력전압을 반복할 수 있다.
- [0025] 즉, 공진탱크의 전압 V_r 은, 구형파의 형태를 띄게 된다.
- [0026] 해당 구형파는, 푸리에 급수를 통해서 분석 함에 따라, 스위칭 주파수의 1배, 3배, 5배, 7배, ... 의 배율을 갖는 성분들을 포함할 수 있다.
- [0027] 이들 배율을 갖는 성분들은, 1고조파(기본파), 3고조파, 5고조파, 7고조파, ... 라고 지칭할 수 있다.
- [0028] 이에 따라, Phase Shift Modulation은, 스위치의 대칭적인 시비율 조절을 통해, 짝수 고조파의 발생을 막고 고

조파의 크기를 조절할 수 있다.

[0029] 대칭적인 시비율은, 공진탱크의 전압 시비율을 의미할 수 있다. 대칭적인 시비율에 따라, 기본적인 구형파(Duty = 0.5)를 포함하여 "반파대칭"의 파형의 경우에는, "홀수 차수"의 고조파만 존재하고, "짝수 차수"의 고조파는 존재하지 않는다.

[0030] 수식 1에서는, Full-Bridge 인버터를 기준으로 사각파의 고조파 성분 크기를 표현한다.

수학식 1

$$Amp_h = \frac{1}{h\pi} [2 \sin(h\pi D)]$$

[0031]

[0032] 여기서, h는, '고조파 차수'이고, D는, '유효 시비율'이다.

[0033] 수식 1은, 도 3과 같이, 그래프로 표현될 수 있다.

[0034] 도 3은, Phase Shift를 통한 유효 시비율에 따른 고조파 성분을 보여주기 위한 도이다.

[0035] 도 3에 도시한 바와 같이, Phase Shift Modulation 기법에서는, 유효 시비율을 감소시킬수록, 1고조파 성분의 크기가 감소하는 것을 확인할 수 있다.

[0036] 기존의 3고조파 변조 기법은, 스위칭을 통해 발생하는 사각파의 홀수 고조파 중 1고조파를 제외하고 가장 높은 전압 이득을 얻을 수 있는 3고조파를 이용하여 낮은 저항의 용기(비자성체 용기)를 가열하는 기술일 수 있다.

[0037] 낮은 저항을 갖는 용기를, 일반적인 주파수 변조 방식을 통해, 1고조파를 이용하여 가열할 경우에는, 높은 공진 전류가 유도되기 때문에, 스위치가 소손 될 수 있다.

[0038] 이에 따라, 기존의 3고조파 변조 기법은, 유도되는 전류를 낮추기 위한 방안으로, 3고조파를 이용하여 전압 이득을 낮추고, 용기의 등가저항을 높이는 방식을 택하였다.

[0039] 도 4는 Third Harmonic Modulation의 고조파 성분을 보여주기 위한 도이다.

[0040] 도 4에는 고조파 성분들을 예시하여 보여준다.

[0041] Ir은 공진탱크 전류이며 Vr은 공진탱크 전압이다.

[0042] Ir2와 Vr2는 종래의 THM 방식의 공진탱크 전류 및 전압을 나타낸다.

[0043] 도 4에서와 같이, 1고조파는 가장 높은 전압 이득을 얻을 수 있으나, 일반적인 주파수 제어 방식을 통해 1 고조파를 필터링하는 경우, 또는 낮은 저항을 갖는 용기의 경우, 높은 공진 전류가 유도 될 수 있다.

[0044] 3고조파는, 1고조파 다음으로 높은 전압 이득을 얻을 수 있고, 1고조파에 비해, 유도되는 전류를 낮춰 스위치의 소손 없이 용기의 등가저항을 높일 수 있다.

[0045] 도 5는 Third Harmonic Modulation의 하드 스위칭 파형을 보여주기 위한 도이다.

[0046] 도 5는 공진탱크의 전압 Vr(Vr2)이 Hard switching 하는 모습을 보여주는 예시 파형이다.

[0047] 도 5에는, 3고조파 변조 기법을 사용하는 데에 있어, 인접한 1고조파의 영향으로, 전류의 왜곡이 발생하는 것이 보여지고 있다. 이러한, 전류의 왜곡은, 하드 스위칭의 가능성을 높일 수 있다.

[0048] 따라서, 3고조파 변조 기법(THM) 시에 스위치 On/Off에 따른 공진탱크의 전압 시비율을, 최적하게 조정 함으로써, 1고조파의 크기를 줄이면서 유도가열에서 유효 출력을 높이는, 개선된 모델의 등장이 절실히 요구되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0049] 본 발명의 실시예는, 유도 가열 시스템의 3고조파 변조 기법에서 1고조파의 영향을 줄여 유도 가열 성능을 향상

시키는, 유도 가열 인버터의 비자성체 용기의 효과적인 가열을 위한 최적화된 3고조파 변조 방법 및 3고조파 변조 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0050] 또한, 본 발명의 실시예는, 기존의 3고조파 변조 방식에서 공진탱크 전류의 1고조파 성분을 감소시켜 전류의 왜곡을 줄이는 것을 목적으로 한다.

[0051] 또한, 본 발명의 실시예는, 1고조파의 성분을 감소시켜 소프트 스위칭 범위 내에서 3고조파의 전압이득을 더 크게 하여 가열 성능을 향상시키는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0052] 본 발명의 일실시예에 따른, 유도 가열 인버터의 비자성체 용기의 효과적인 가열을 위한 최적화된 3고조파 변조 장치는, 회로 일단으로 직렬 배치된 스위치 S1과 S2, 및 회로 타단으로 직렬 배치된 스위치 S3와 S4 사이를 Full-Bridge 연결시켜 작성되는, Phase Shift Modulation 회로; 및 상기 스위치 S1과 S2와, 상기 스위치 S3와 S4 사이에 배치되는 공진탱크의 전압 시비율(Duty Ratio)을 1/6으로 조정하는 제어부를 포함 할 수 있다.

[0053] 또한, 본 발명의 실시예에 따른, 유도 가열 인버터의 비자성체 용기의 효과적인 가열을 위한 최적화된 3고조파 변조 방법은, 회로 일단으로 스위치 S1과 S2를 직렬 배치하고, 회로 타단으로 스위치 S3와 S4를 직렬 배치하며, 상기 스위치 S1과 S2, 및 상기 스위치 S3와 S4 사이를 Full-Bridge 연결시켜 Phase Shift Modulation 회로를 작성하는 단계; 및 상기 스위치 S1과 S2와, 상기 스위치 S3와 S4 사이에 배치되는 공진탱크의 전압 시비율(Duty Ratio)을 1/6으로 조정하는 단계를 포함하여 구성할 수 있다.

발명의 효과

[0054] 본 발명의 일실시예에 따르면, 유도 가열 시스템의 3고조파 변조 기법에서 1고조파의 영향을 줄여 유도 가열 성능을 향상시키는, 유도 가열 인버터의 비자성체 용기의 효과적인 가열을 위한 최적화된 3고조파 변조 방법 및 3고조파 변조 장치를 제공 할 수 있다.

[0055] 또한, 본 발명의 일실시예에 따르면, 기존의 3고조파 변조 방식에서 공진탱크 전류의 1고조파 성분을 감소시켜 전류의 왜곡을 줄일 수 있다.

[0056] 또한, 본 발명의 일실시예에 따르면, 1고조파의 성분을 감소시켜 소프트 스위칭 범위 내에서 3고조파의 전압이득을 더 크게 하여 가열 성능을 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0057] 도 1은 Third Harmonic Modulation(THM)의 파형을 보여주기 위한 도이다.

도 2는 Phase Shift Modulation 기법을 설명하기 위한 도이다.

도 3은, Phase Shift를 통한 유효 시비율에 따른 고조파 성분을 보여주기 위한 도이다.

도 4는 Third Harmonic Modulation의 고조파 성분을 보여주기 위한 도이다.

도 5는 Third Harmonic Modulation의 하드 스위칭 파형을 보여주기 위한 도이다.

도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 유도 가열 인버터의 비자성체 용기의 효과적인 가열을 위한 최적화된 3고조파 변조 장치의 구성을 도시한 블록도이다.

도 7은, 본 발명에 따른 최적의 전압 시비율을 결정하는 과정을 설명하기 위한 도이다.

도 8은 본 발명에 따른, Phase Shift Third Harmonic Modulation의 파형을 도시한 도이다.

도 9는, Third Harmonic Modulation의 전류 고조파 성분을 보여주는 도이다.

도 10은 Third Harmonic Modulation 공진탱크의 전압 & 전류 파형(40 kHz 동작)을 보여주는 도이다.

도 11은 ZVS 가능 주파수 시뮬레이션 파형을 보여주는 도이다.

도 12는 본 발명의 일실시예에 따른, 유도 가열 인버터의 비자성체 용기의 효과적인 가열을 위한 최적화된 3고조파 변조 방법을 도시한 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0058] 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.
- [0059] 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.
- [0060] 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.
- [0061] 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.
- [0062] 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 유도 가열 인버터의 비자성체 용기의 효과적인 가열을 위한 최적화된 3고조파 변조 장치의 구성을 도시한 블록도이다.
- [0063] 도 6을 참조하면, 본 발명의 일실시예에 따른, 유도 가열 인버터의 비자성체 용기의 효과적인 가열을 위한 최적화된 3고조파 변조 장치(이하, '3고조파 변조 장치'라 약칭함)(600)는, Phase Shift Modulation 회로(610) 및 제어부(620)를 포함하여 구성할 수 있다. 또한, 실시예에 따라, 3고조파 변조 장치(600)는, 가열부(630)를 선택적으로 추가하여 구성할 수 있다.
- [0064] 우선, Phase Shift Modulation 회로(610)는, 회로 일단으로 직렬 배치된 스위치 S1과 S2, 및 회로 타단으로 직렬 배치된 스위치 S3과 S4 사이를 Full-Bridge 연결시켜 작성될 수 있다. 즉, Phase Shift Modulation 회로(610)는, Phase Shift Modulation 기법을 구현하기 위한 회로로서, 스위치 간의 대칭적인 시비율 조절에 따라, 짝수 고조파의 발생을 막고 고조파의 크기가 조절되도록 하는 역할을 할 수 있다.
- [0065] Phase Shift Modulation 회로(610)에서는, 4개의 스위치에 대한 On/Off 동작으로 공진탱크의 전압이 제어될 수 있다. 대칭적인 시비율 조절에 따라, 스위치 S1/S4와 스위치 S2/S3은, 동시에 On 또는 Off 되지 않는다. 예컨대, 스위치 S1/S4가 On으로 동작하는 경우, 스위치 S2/S3은 Off로 동작하여, 대칭적인 시비율이 이루어지도록 할 수 있다.
- [0066] 제어부(620)는, 상기 스위치 S1과 S2와, 상기 스위치 S3과 S4 사이에 배치되는 공진탱크의 전압 시비율(Duty Ratio)을 1/6으로 조정한다. 즉, 제어부(620)는 스위치 S1과 스위치 S3(또는, 스위치 S2와 스위치 S4) 사이의 동작 간격을 1/6(≈1.666)으로 조정하는 역할을 할 수 있다.
- [0067] 예컨대, 제어부(620)는, 스위치 S1이 On으로 동작하는 시점과, 스위치 S3이 On으로 동작하는 시점 사이의 간격을, 즉 공진탱크의 전압 시비율을 1/6으로 조정할 수 있다.
- [0068] 구체적으로, 제어부(620)는, 상기 스위치 S1과 S2로 구성되는 Leg1과, 상기 스위치 S3과 S4로 구성되는 Leg2 간의 Phase 차이를, 120도를 적어도 포함하는 범위 이내로 결정할 수 있다. 즉, 제어부(620)는, Leg1(스위치 S1/S2)의 Phase와, Leg2(스위치 S3/S4)의 Phase 간의 차이가, 공진탱크의 전압 시비율 1/6에 해당하는 120도가 포함되도록 규정되는 범위(예, 115도~125도, 또는 100도~140도) 내에 속하도록 할 수 있다.
- [0069] 또한, 제어부(620)는, 상기 공진탱크의 전압을, 대칭적인 시비율로 조절 함으로써, 짝수 고조파의 발생을 억제할 수 있다.
- [0070] 즉, 제어부(620)는, 상기 대칭적인 시비율로서, 상기 스위치 S1과 S4, 및 상기 스위치 S2와 S3가 동시에 On/Off 되지 않도록, 상기 공진탱크의 전압을 조절할 수 있다.

- [0071] 정리하면, 제어부(620)는 스위치 S1/S4, 및 스위치 S2/S3가 동시에 On/Off 되지 않도록 하는 대칭적인 시비율로 홀수 고조파 만이 발생되도록 하고, 공진탱크의 전압 시비율을 1/6으로 조정하여, 기존의 전압 시비율 0.5에 비해, 홀수 고조파 중, 1고조파의 크기를 줄이고, 3 고조파의 크기를 유지시킬 수 있다.
- [0072] 실시예에 따라, 3고조파 변조 장치(600)는, 공진탱크의 전압 시비율을 1/6으로 조정하여, 1고조파에 의한 부효과를 줄인 3 고조파를 이용하여 비자성체 용기를 가열할 수 있다.
- [0073] 이를 위해, 3고조파 변조 장치(600)는, 가열부(630)를 선택적으로 포함하여 구성할 수 있다.
- [0074] 즉, 가열부(630)는, 상기 전압 시비율이 1/6로 조정 됨에 따라, 상기 공진탱크의 전압 내 1고조파의 크기를 줄이고, 크기가 유지되는 3고조파를 이용하여, 3고조파 변조 기법(Third Harmonic Modulation(THM))에 의한 비자성 용기의 유도 가열을 수행할 수 있다. 즉, 가열부(630)는 공진탱크의 전압 시비율이 1/6으로 조정되어 1고조파(기본파)의 크기가 줄어들에 따라, 낮은 전류 왜곡과 높은 유효 출력의 3고조파를 이용하여, 비자성 용기에 대해 유도가열하는 역할을 할 수 있다.
- [0075] 본 발명의 일실시예에 따르면, 유도 가열 시스템의 3고조파 변조 기법에서 1고조파의 영향을 줄여 유도 가열 성능을 향상시키는, 유도 가열 인버터의 비자성체 용기의 효과적인 가열을 위한 최적화된 3고조파 변조 방법 및 3 고조파 변조 장치를 제공 할 수 있다.
- [0076] 또한, 본 발명의 일실시예에 따르면, 기존의 3고조파 변조 방식에서 공진탱크 전류의 1고조파 성분을 감소시켜 전류의 왜곡을 줄일 수 있다.
- [0077] 또한, 본 발명의 일실시예에 따르면, 1고조파의 성분을 감소시켜 소프트 스위칭 범위 내에서 3고조파의 전압이득을 더 크게 하여 가열 성능을 향상시킬 수 있다.
- [0078] 3고조파 변조 장치(600)는, THM 시에 스위치 On/Off에 따른 공진탱크의 전압 시비율을 기존의 0.5가 아닌 1/6으로 조정하여, 1고조파(기본파)의 크기를 줄이고 전류의 왜곡을 낮추어 유도가열에서 유효 출력을 높일 수 있다.
- [0079] 3고조파 변조 장치(600)는, 3고조파 변조 기법에서 공진탱크에 흐르는 전류의 1고조파 성분을 저감 시킬 수 있다.
- [0080] 3고조파 변조 장치(600)는, 공진탱크의 전압 시비율을 1/6으로 설정 함으로써, 기존의 3고조파 변조 기법과 동일한 3고조파의 크기를 얻고, 전류의 왜곡을 주는 1고조파의 크기를 절반으로 저감 시킬 수 있다.
- [0081] 도 7은, 본 발명에 따른 최적의 전압 시비율을 결정하는 과정을 설명하기 위한 도이다.
- [0082] 도 7은 앞서의 도 3을 참조하여, 3고조파의 크기는 유지하되, 1고조파의 크기는 절반으로 저감시키는 전압 시비율을 결정하는 것을 보여준다.
- [0083] 도 7에서와 같이, 1고조파는, 전압 시비율을 감소 시킬수록, 성분의 크기가 감소할 수 있다.
- [0084] 또한, 3고조파는, 시비율 '0.16'(=1/6) 근처에서, 성분의 크기가 최대가 될 수 있다.
- [0085] 즉, 3고조파 변조 장치(600)는, 스위치 On/Off에 따른 공진탱크의 전압 시비율을 '0.16(=1/6)'으로 결정 함으로써, 1고조파의 크기는 절반, 3고조파의 크기는 그대로 유지할 수 있다.
- [0086] 1고조파와 2고조파는, 3고조파 변조방식에서 공진탱크 기준 Capacitive 영역에 존재하기 때문에, 전류를 Leading 시키고 Hard Switching의 가능성을 높일 수 있다.
- [0087] 따라서, 본 발명의 3고조파 변조 장치(600)는, 2고조파를 발생시키지 않고 1고조파의 성분을 감소시킬 수 있어, 더 높은 출력 전력에도 Soft switching을 가능하게 할 수 있다.
- [0088] 도 8은 본 발명에 따른, Phase Shift Third Harmonic Modulation의 파형을 도시한 도이다.
- [0089] 도 8에서는, 본 발명에 따른 Phase-Shift Third Harmonic Modulation(이하, 'PS-THM')의 파형을 보여준다.
- [0090] 도 8에서, Vgs는 각 스위치(S1~S4)의 Gate Source 전압을 의미 할 수 있다.
- [0091] Ir1과 Vr1은 본 발명에 따라 제안된 방식 PS-THM의 공진탱크 전류 및 전압을 지칭할 수 있다.
- [0092] 각 스위치(S1~S4)는, 1(On)과 0(Off)을 반복하며 스위칭 할 수 있다.
- [0093] Leg1은 S1과 S2가 동일 Leg에 존재하는 것을 의미하고, Leg2는 S3과 S4가 동일 Leg에 존재하는 것을 의미할 수

있다.

- [0094] 도 8에서는, S1과 S4(S2와 S3)가 동시에 On/Off 되지 않고 Leg1과 Leg2 간의 Phase를 120도 차이를 두게 하여, 공진탱크에 걸리는 전압 Duty를 1/6으로 만드는 것을 보여준다.
- [0095] 3고조파 변조 장치(600)는, 스위치 Leg간의 위상 차이를 통해 영전압 벡터를 인가하여 반파 대칭의 형태를 보이고, 기존의 파형과 달리 공진탱크의 전압 듀티 비를 위 아래 각각 1/6으로 감소시킬 수 있다.
- [0096] 이하의 실시예에서는, 본 발명의 3고조파 변조 장치(600)에 의한 PS-THM이, 기존 THM에 비해 가열 성능을 향상시키고 있음을 설명한다.
- [0097] 실시예는, Full-Bridge 인버터, 입력전압 220 V, 28 Turn 코일 및 알루미늄 재료의 용기 측정값을 기준으로 모의 시험되었다.
- [0098] 40 kHz 스위칭 기준으로 3고조파인 120 kHz에서 인덕턴스는 45.2 μH , 등가저항은 1.41 Ω 으로 측정되었고, 캐패시터는 43 nF으로 설정하였다.
- [0099] 해당 주파수에서 동작 시뮬레이션의 결과는, 도 9와 도 10에서 확인할 수 있다.
- [0100] 도 9는, Third Harmonic Modulation의 전류 고조파 성분을 보여주는 도이다.
- [0101] 도 9의 기존 THM의 전류 고조파 성분과 PS-THM의 전류 고조파 성분을 확인하면, 제안된 방식의 3고조파 전류 성분은, 기존의 THM과 동일하지만 1고조파(기본파) 전류 성분이 기존 THM 대비 절반으로 감소한 것을 확인할 수 있다.
- [0102] 도 10은 Third Harmonic Modulation 공진탱크의 전압 & 전류 파형(40 kHz 동작)을 보여주는 도이다.
- [0103] 도 10에서는, 40 kHz에서 기존의 THM(아래)과, 제안하는 PS-THM(위)의 공진탱크의 전압 및 전류의 비교 파형을 표시하고 있다.
- [0104] 기존 THM의 경우에는, 공진탱크에 걸리는 전압 시비율을 0.5로 설정하였고 제안하는 PS-THM의 경우에는 스위치 Leg간 Phase-Shift를 이용하여 영전압 벡터를 통해 공진탱크의 전압 시비율을 1/6으로 설정하였다.
- [0105] 도 11은 ZVS 가능 주파수 시뮬레이션 파형을 보여주는 도이다.
- [0106] 도 11에서 확인되는 바와 같이 기존의 3고조파 변조 기법의 경우에는, 39.9 kHz까지 소프트 스위칭이 가능하였고, 제안한 3고조파 변조 기법의 경우에는 39.5 kHz까지 소프트 스위칭이 가능하다.
- [0107] 출력 전력은 775 W (제안한 3고조파 변조 기법)과 543 W (기존 3고조파 변조 기법)으로, 제안하는 PS-THM이 기존의 THM에 대해 ZVS 조건에서 1.5배 정도 더 출력을 낼 수 있었다.
- [0108] 결과적으로 제안한 방식의 경우에는, 1고조파 성분을 저감하여 소프트 스위칭 범위 내에서 3고조파의 전압 이득을 크게 가져갈 수 있어 더 높은 출력 성능을 보일 수 있다.
- [0109] 3고조파 변조 장치(600)는, THM 시에 스위치 On/Off에 따른 공진탱크의 전압 시비율을 0.5가 아닌 1/6으로 조정하여 1고조파(기본파)의 크기를 줄이고 전류의 왜곡을 낮추어 유도가열에서 유효 출력을 높일 수 있다.
- [0110] 이하, 도 12에서는 본 발명의 실시예들에 따른 3고조파 변조 장치(600)의 작업 흐름을 상세히 설명한다.
- [0111] 도 12는 본 발명의 일실시예에 따른, 유도 가열 인버터의 비자성체 용기의 효과적인 가열을 위한 최적화된 3고조파 변조 방법을 도시한 흐름도이다.
- [0112] 본 실시예에 따른 유도 가열 인버터의 비자성체 용기의 효과적인 가열을 위한 최적화된 3고조파 변조 방법은, 3고조파 변조 장치(600)에 의해 수행될 수 있다.
- [0113] 우선, 3고조파 변조 장치(600)는, 회로 일단으로 스위치 S1과 S2를 직렬 배치하고, 회로 타단으로 스위치 S3와 S4를 직렬 배치하며, 상기 스위치 S1과 S2, 및 상기 스위치 S3과 S4 사이를 Full-Bridge 연결시켜 Phase Shift Modulation 회로를 작성할 수 있다(1210). 단계(1210)는, Phase Shift Modulation 기법을 구현하기 위한 회로로서의, Phase Shift Modulation 회로를 작성하는 과정일 수 있다.
- [0114] Phase Shift Modulation 회로는, 스위치 간의 대칭적인 시비율 조절에 따라, 짝수 고조파의 발생을 막고 고조파의 크기가 조절되도록 할 수 있다.
- [0115] Phase Shift Modulation 회로에서는, 4개의 스위치에 대한 On/Off 동작으로 공진탱크의 전압이 제어 될 수

있다. 대칭적인 시비율 조절에 따라, 스위치 S1/S4와 스위치 S2/S3은, 동시에 On 또는 Off 되지 않는다. 예컨대, 스위치 S1/S4가 On으로 동작하는 경우, 스위치 S2/S3는 Off로 동작하여, 대칭적인 시비율이 이루어지도록 할 수 있다.

- [0116] 또한, 3고조파 변조 장치(600)는, 상기 스위치 S1와 S2와, 상기 스위치 S3와 S4 사이에 배치되는 공진탱크의 전압 시비율(Duty Ratio)을 1/6으로 조정한다(1220). 단계(1220)는 스위치 S1와 스위치 S3(또는, 스위치 S2와 스위치 S4) 사이의 동작 간격을 1/6(≈ 1.666)으로 조정하는 과정일 수 있다.
- [0117] 예컨대, 3고조파 변조 장치(600)는, 스위치 S1가 On으로 동작하는 시점과, 스위치 S3이 On으로 동작하는 시점 사이의 간격을, 즉 공진탱크의 전압 시비율을 1/6으로 조정할 수 있다.
- [0118] 구체적으로, 3고조파 변조 장치(600)는, 상기 스위치 S1과 S2로 구성되는 Leg1과, 상기 스위치 S3와 S4로 구성되는 Leg2 간의 Phase 차이를, 120도를 적어도 포함하는 범위 이내로 결정할 수 있다. 즉, 3고조파 변조 장치(600)는, Leg1(스위치 S1/S2)의 Phase와, Leg2(스위치 S3/S4)의 Phase 간의 차이가, 공진탱크의 전압 시비율 1/6에 해당하는 120도가 포함되도록 규정되는 범위(예, 115도~125도 또는 100도~140도) 내에 속하도록 할 수 있다.
- [0119] 또한, 3고조파 변조 장치(600)는, 상기 공진탱크의 전압을, 대칭적인 시비율로 조절 함으로써, 짝수 고조파의 발생을 억제할 수 있다.
- [0120] 즉, 3고조파 변조 장치(600)는, 상기 대칭적인 시비율로서, 상기 스위치 S1과 S4, 및 상기 스위치 S2와 S3가 동시에 On/Off 되지 않도록, 상기 공진탱크의 전압을 조절할 수 있다.
- [0121] 정리하면, 3고조파 변조 장치(600)는, 스위치 S1/S4, 및 스위치 S2/S3가 동시에 On/Off 되지 않도록 하는 대칭적인 시비율로 홀수 고조파 만이 발생되도록 하고, 공진탱크의 전압 시비율을 1/6으로 조정하여, 기존의 전압 시비율 0.5에 비해, 홀수 고조파 중, 1고조파의 크기를 줄이고, 3 고조파의 크기를 유지시킬 수 있다.
- [0122] 실시예에 따라, 3고조파 변조 장치(600)는, 공진탱크의 전압 시비율을 1/6으로 조정하여, 1고조파에 의한 부효과를 줄인 3 고조파를 이용하여 비자성체 용기를 가열할 수 있다.
- [0123] 이를 위해, 3고조파 변조 장치(600)는, 상기 전압 시비율이 1/6로 조정 됨에 따라, 상기 공진탱크의 전압 내 1 고조파의 크기를 줄이고, 크기가 유지되는 3고조파를 이용하여, 3고조파 변조 기법(Third Harmonic Modulation(THM))에 의한 비자성 용기의 유도 가열을 수행할 수 있다. 즉, 3고조파 변조 장치(600)는, 공진탱크의 전압 시비율이 1/6으로 조정되어 1고조파(기본파)의 크기가 줄어들음에 따라, 낮은 전류 왜곡과 높은 유효 출력의 3고조파를 이용하여, 비자성 용기에 대해 유도가열 할 수 있다.
- [0124] 본 발명의 일실시예에 따르면, 유도 가열 시스템의 3고조파 변조 기법에서 1고조파의 영향을 줄여 유도 가열 성능을 향상시키는, 유도 가열 인버터의 비자성체 용기의 효과적인 가열을 위한 최적화된 3고조파 변조 방법 및 3고조파 변조 장치를 제공 할 수 있다.
- [0125] 또한, 본 발명의 일실시예에 따르면, 기존의 3고조파 변조 방식에서 공진탱크 전류의 1고조파 성분을 감소시켜 전류의 왜곡을 줄일 수 있다.
- [0126] 또한, 본 발명의 일실시예에 따르면, 1고조파의 성분을 감소시켜 소프트 스위칭 범위 내에서 3고조파의 전압이득을 더 크게 하여 가열 성능을 향상시킬 수 있다.
- [0127] 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 수행하도록 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.

[0128] 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, 가상장치(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.

[0129] 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.

[0130] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 청구범위의 범위에 속한다.

부호의 설명

[0131] 600 : 3고조파 변조 장치

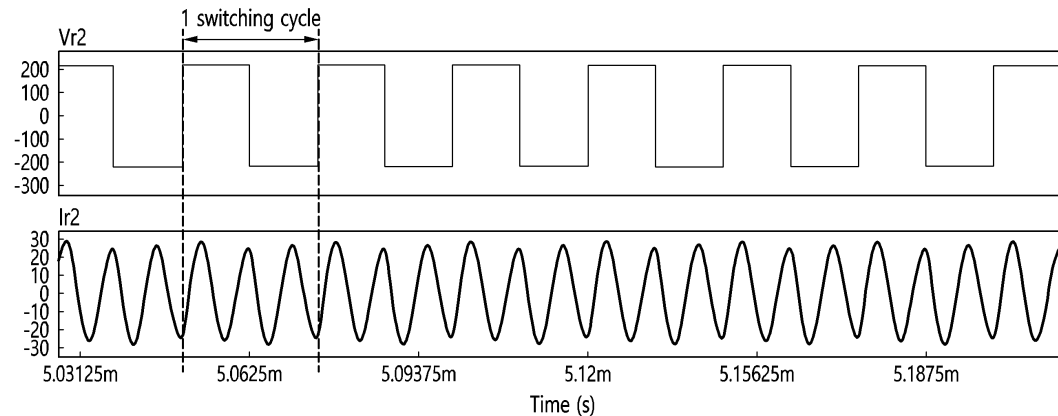
610 : Phase Shift Modulation 회로

620 : 제어부

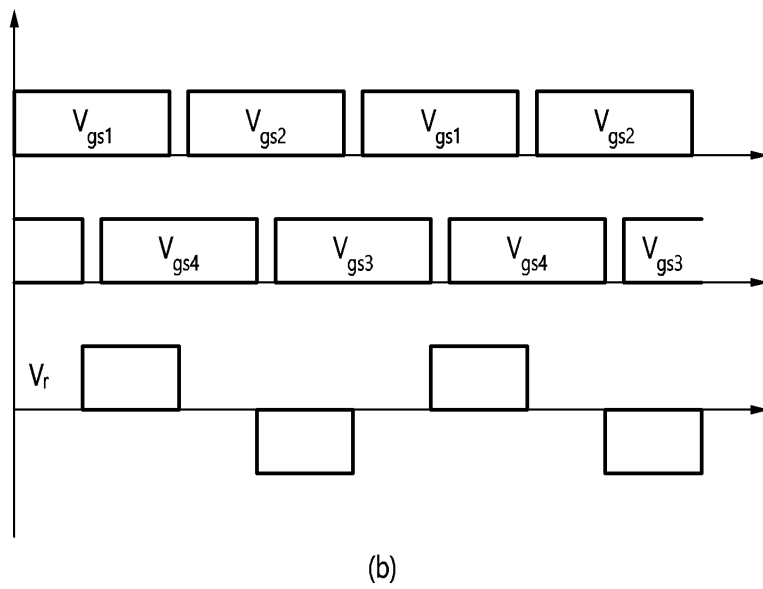
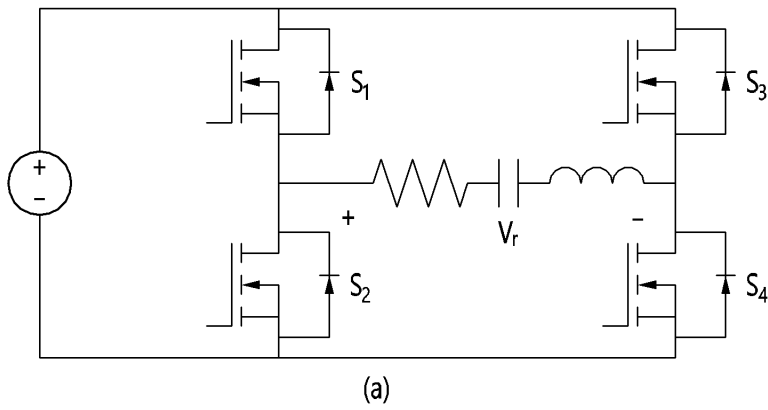
630 : 가열부

도면

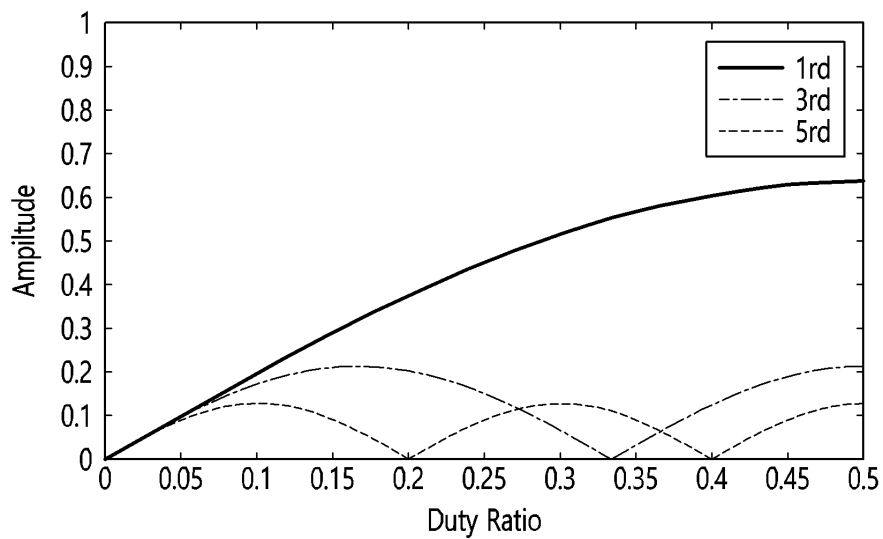
도면1



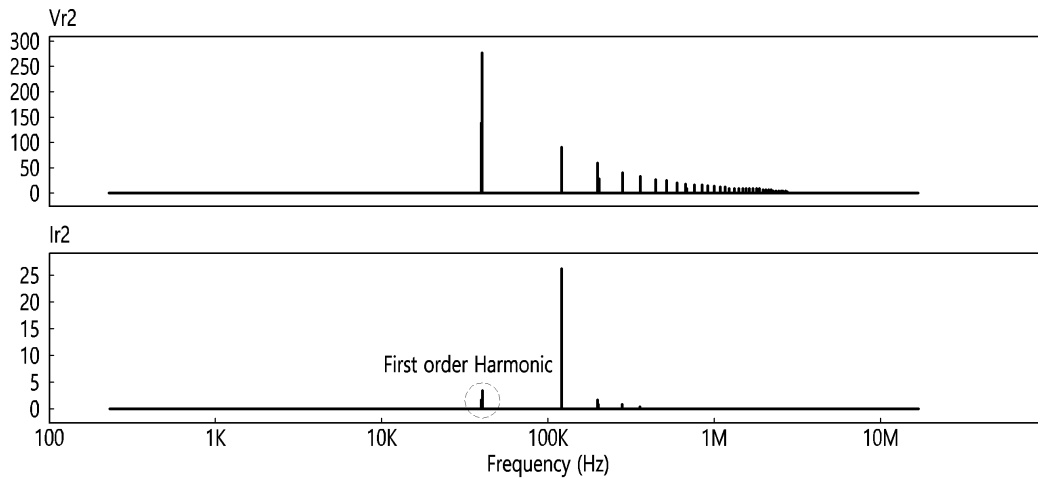
도면2



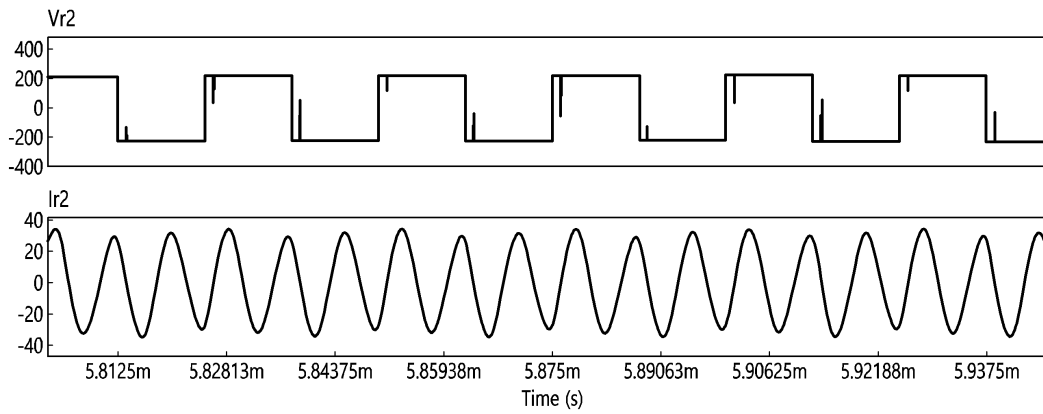
도면3



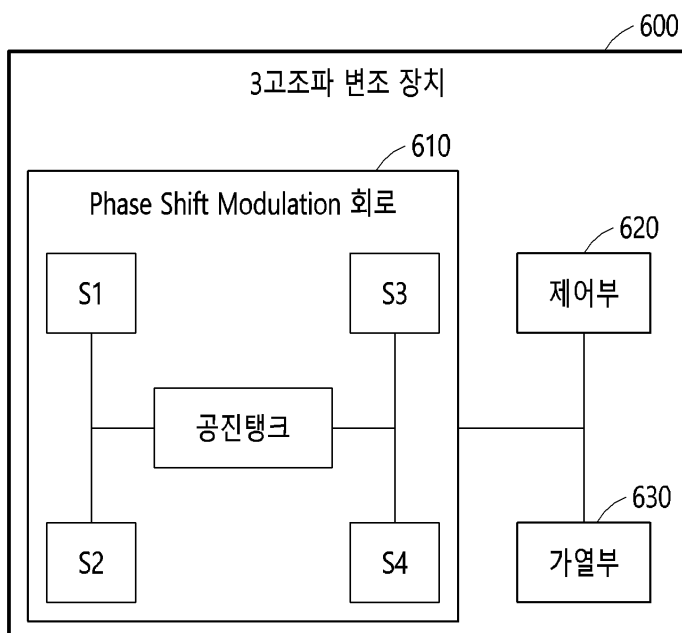
도면4



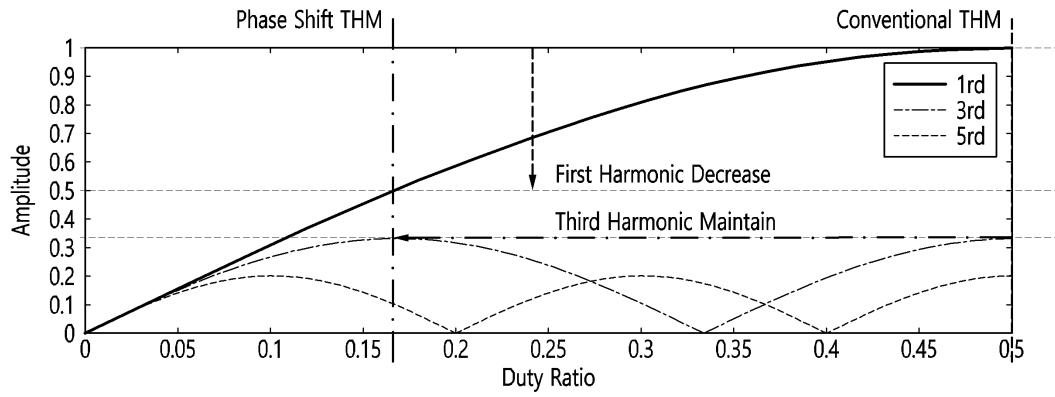
도면5



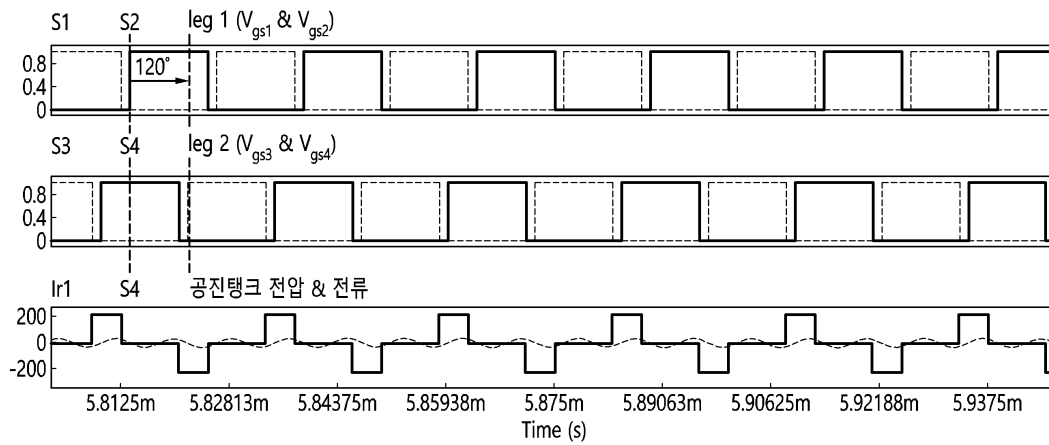
도면6



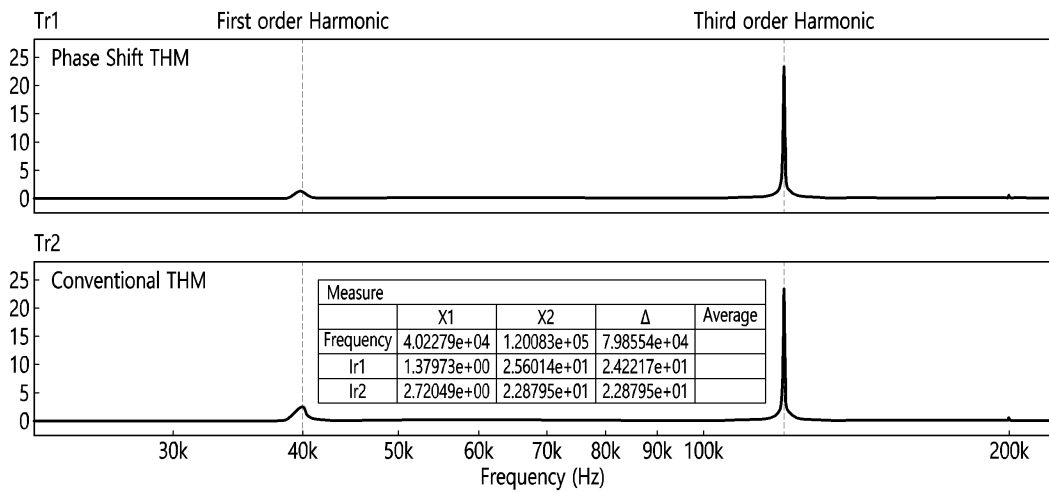
도면7



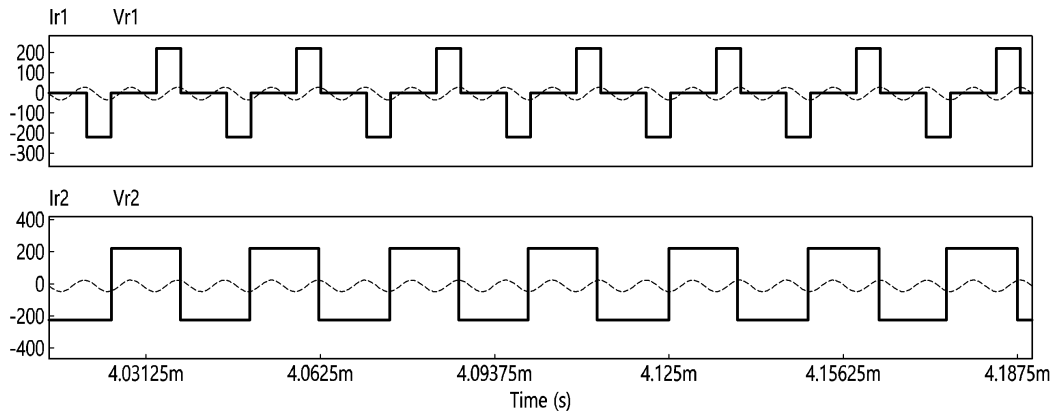
도면8



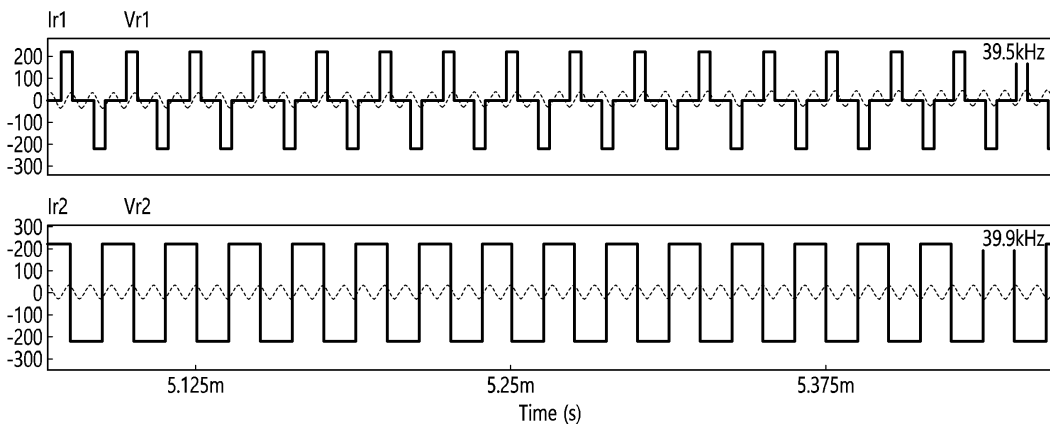
도면9



도면10



도면11



도면12

