



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년02월18일
(11) 등록번호 10-1949615
(24) 등록일자 2019년02월12일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02M 3/335 (2006.01) H02M 1/08 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
H02M 3/33584 (2013.01)
H02M 1/083 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2017-0155646
(22) 출원일자 2017년11월21일
심사청구일자 2017년11월21일
- (56) 선행기술조사문헌
B. Zhao et al. "Extended-Phase-Shift Control of Isolated Bidirectional DC-DC Converter for Power Distribution in Microgrid". IEEE. 2012.
S. Hu et al. "A comparative study of phase-shift control schemes in a bidirectional series resonant converter". IEEE. 2017.
M. Tumay et al. "Comparison of Different Phase-Shift Control Methods at Isolated Bidirectional DC-DC Converter". 2013.

- (73) 특허권자
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
- (72) 발명자
정지훈
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
박화평
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
- (74) 대리인
특허법인 무한

전체 청구항 수 : 총 19 항

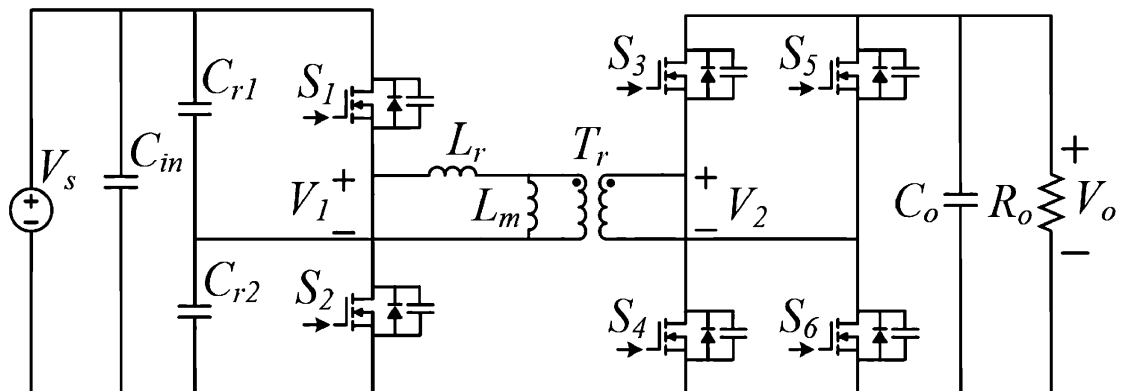
심사관 : 남배인

(54) 발명의 명칭 양방향 직렬 공진형 컨버터 및 그 제어 방법

(57) 요약

일 실시예에서, 1차 측 회로는 하프 브릿지를 포함하고 2차 측 회로는 풀 브릿지를 포함하는 양방향 직렬 공진형 컨버터를 스위칭하는 방법은 전압의 페이즈 및 전압의 펄스 폭을 변경시키는 익스텐디드 페이즈 시프트 모드로 상기 1차 측 회로에서 상기 2차 측 회로로 전력을 전송하는 단계 및 전압의 페이즈를 변경시키는 싱글 페이즈 시프트 모드로 상기 2차 측 회로에서 상기 1차 측 회로로 전력을 전송하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

Y02B 70/1433 (2013.01)

Y02B 70/1491 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2016R1A2B4011934

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 개인연구지원

연구과제명 자율 운전이 가능한 Autonomous DC Microgrid 시스템 개발과 Virtual Test-bed 구축

기 여 율 1/1

주관기관 울산과학기술원

연구기간 2016.06.01 ~ 2017.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

1차 측 회로는 하프 브릿지를 포함하고 2차 측 회로는 풀 브릿지를 포함하는 양방향 직렬 공진형 컨버터를 스위칭하는 방법에 있어서,

전압의 페이즈(ϕ) 및 전압의 펄스 폭(α)을 변경시키는 익스텐디드 페이즈 시프트(Extended Phase Shift; EPS) 모드로 상기 1차 측 회로에서 상기 2차 측 회로로 전력을 전송하는 단계; 및

전압의 페이즈(ϕ)를 변경시키는 싱글 페이즈 시프트(Single Phase Shift; SPS) 모드로 상기 2차 측 회로에서 상기 1차 측 회로로 전력을 전송하는 단계

를 포함하는, 양방향 직렬 공진형 컨버터를 스위칭하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 1차 측 회로에서 상기 2차 측 회로로 전력을 전송하는 단계는,

상기 1차 측 회로의 스위치 및 상기 2차 측 회로의 스위치 각각을 상기 페이즈(ϕ) 및 상기 펄스 폭(α)이 상기 EPS 모드의 제로 전압 스위칭(Zero Voltage Switching; ZVS) 조건을 만족할 때에 턴온되도록 제어하는,

양방향 직렬 공진형 컨버터를 스위칭하는 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 EPS 모드의 ZVS 조건은,

$$i_{p,f}(-90^\circ) = -1 + M \cos(\phi) \sin(\alpha/2) \quad \text{이고,}$$

여기서, $i_{p,f}$ 는 1차 측 전압을 나타내고, M은 입력 전압 대 출력 전압의 비를 나타내는,

양방향 직렬 공진형 컨버터를 스위칭하는 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 2차 측 회로에서 상기 1차 측 회로로 전력을 전송하는 단계는,

상기 1차 측 회로의 스위치 및 상기 2차 측 회로의 스위치 각각을 상기 페이즈(ϕ)가 상기 SPS 모드의 ZVS 조건을 만족할 때 턴온되도록 제어하는,

양방향 직렬 공진형 컨버터를 스위칭하는 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 SPS 모드의 ZVS 조건은,

$$1 \geq M \cos(\phi) + \frac{1 - \omega^2 L_r C_r}{\omega^2 C_r L_m} \quad \text{이고,}$$

여기서, M 은 입력 전압 대 출력 전압의 비를 나타내고, L_r 은 공진 탱크의 인덕턴스를 나타내고, C_r 은 공진 탱크의 캐패시턴스를 나타내고, L_m 은 자화 인덕턴스를 나타내는,

양방향 직렬 공진형 컨버터를 스위칭하는 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 1차 측 회로는 제1 스위치(S1) 및 제2 스위치(S2)를 포함하는,

양방향 직렬 공진형 컨버터를 스위칭하는 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 2차 측 회로는 제1 레그(leg) 및 제2 레그를 포함하고,

상기 제1 레그는 제3 스위치(S3), 및 제4 스위치(S4)를 포함하고,

상기 제2 레그는 제5 스위치(S5), 및 제6 스위치(S6)를 포함하는,

양방향 직렬 공진형 컨버터를 스위칭하는 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 펄스 폭(α)의 변경은 상기 제1 레그의 스위치와 상기 제2 레그의 스위치를 서로 상이한 시점에 턴온 및 턴오프하는 방식으로 제어되는,

양방향 직렬 공진형 컨버터를 스위칭하는 방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 전압의 페이즈(ϕ)의 변경은 상기 1차 측 회로의 스위치와 상기 2차 측 회로의 스위치를 서로 상이한 시점에 턴온 및 턴오프하는 방식으로 제어되는,

양방향 직렬 공진형 컨버터를 스위칭하는 방법.

청구항 10

제1항에 있어서,

전력 전송의 방향 전환 시, 전력 조류(Power Flow)가 제1 기준치일 때 상기 EPS 모드에서 상기 SPS 모드로 전환되고, 전력 조류가 상기 제1 기준치와 상이한 제2 기준치일 때 상기 SPS 모드에서 상기 EPS 모드로 전환되는,

양방향 직렬 공진형 컨버터를 스위칭하는 방법.

청구항 11

1차 측 회로는 하프 브릿지를 포함하고 2차 측 회로는 풀 브릿지를 포함하는 양방향 직렬 공진형 컨버터를 스위칭하는 방법을 실행하는 프로그램을 수록한 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체에 있어서, 상기 프로그램은:

전압의 페이즈(ϕ) 및 전압의 펄스 폭(α)을 변경시키는 익스텐디드 페이즈 시프트(Extended Phase Shift; EPS) 모드로 상기 1차 측 회로에서 상기 2차 측 회로로 전력을 전송하는 단계; 및

전압의 페이즈(ϕ)를 변경시키는 싱글 페이즈 시프트(Single Phase Shift; SPS) 모드로 상기 2차 측 회로에서 상기 1차 측 회로로 전력을 전송하는 단계

를 포함하는,

컴퓨터 판독 가능한 기록매체.

청구항 12

양방향 직렬 공진형 컨버터에 있어서,

하프 브릿지를 포함하는 1차 측 회로; 및

풀 브릿지를 포함하는 2차 측 회로

를 포함하고,

상기 1차 측 회로에서 상기 2차 측 회로로 전력을 전송하는 경우 전압의 페이즈(ϕ) 및 전압의 펄스 폭(α)을 변경시키는 익스텐디드 페이즈 시프트(Extended Phase Shift; EPS) 모드로 동작하고,

상기 2차 측 회로에서 상기 1차 측 회로로 전력을 전송하는 경우 전압의 페이즈(ϕ)를 변경시키는 싱글 페이즈 시프트(Single Phase Shift; SPS) 모드로 동작하는,

양방향 직렬 공진형 컨버터.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 1차 측 회로에서 상기 2차 측 회로로 전력을 전송하는 경우,

상기 1차 측 회로의 스위치 및 상기 2차 측 회로의 스위치 각각은 상기 페이즈(ϕ) 및 상기 펄스 폭(α)이 상기 EPS 모드의 제로 전압 스위칭(Zero Voltage Switching; ZVS) 조건을 만족할 때에 턴온되도록 제어되는,

양방향 직렬 공진형 컨버터.

청구항 14

제12항에 있어서,

상기 2차 측 회로에서 상기 1차 측 회로로 전력을 전송하는 경우,

상기 1차 측 회로의 스위치 및 상기 2차 측 회로의 스위치 각각은 상기 페이즈(ϕ)가 상기 SPS 모드의 ZVS 조건을 만족할 때 턴온되도록 제어되는,

양방향 직렬 공진형 컨버터.

청구항 15

제12항에 있어서,

상기 1차 측 회로는 제1 스위치(S1) 및 제2 스위치(S2)를 포함하는,

양방향 직렬 공진형 컨버터.

청구항 16

제12항에 있어서,

상기 2차 측 회로는 제1 레그(leg) 및 제2 레그를 포함하고,

상기 제1 레그는 제3 스위치(S3), 및 제4 스위치(S4)를 포함하고,

상기 제2 레그는 제5 스위치(S5), 및 제6 스위치(S6)를 포함하는,

양방향 직렬 공진형 컨버터.

청구항 17

제16항에 있어서,

상기 펄스 폭(α)의 변경은 상기 제1 레그의 스위치와 상기 제2 레그의 스위치를 서로 상이한 시점에 턴온 및

턴오프하는 방식으로 제어되는,
양방향 직렬 공진형 컨버터.

청구항 18

제12항에 있어서,

상기 전압의 페이즈(ϕ)의 변경은 상기 1차 측 회로의 스위치와 상기 2차 측 회로의 스위치를 서로 상이한 시점에 턴온 및 턴오프하는 방식으로 제어되는,

양방향 직렬 공진형 컨버터.

청구항 19

제12항에 있어서,

전력 전송의 방향 전환 시, 전력 조류(Power Flow)가 제1 기준치일 때 상기 EPS 모드에서 상기 SPS 모드로 전환되고, 전력 조류가 상기 제1 기준치와 상이한 제2 기준치일 때 상기 SPS 모드에서 상기 EPS 모드로 전환되는,

양방향 직렬 공진형 컨버터.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 양방향 직렬 공진형 컨버터 및 그 제어 방법에 연관되며, 보다 구체적으로는 1차 측은 하프 브릿지로 구성되고 2차 측은 풀 브릿지로 구성된 양방향 직렬 공진형 컨버터의 전력 전송을 위한 스위칭 방법에 연관된다.

배경 기술

[0003] 전력전자(Power Electronics) 기술을 기반으로 하는 공진형 DC-DC 컨버터의 스위칭 제어 기법에 있어서, 스위칭 손실을 줄이기 위한 제로 전압 스위칭(Zero Voltage Switching; ZVS) 기법이 알려져 있다.

[0004] 다만, 종래의 싱글 페이즈 시프트(Single Phase Shift; SPS) 방식을 이용하여 양방향 전력 제어를 구현하는 직렬 공진형 컨버터의 경우 입력 전압 대 출력 전압 이득이 1보다 높은 경우 1차 측 회로의 스위치에 ZVS를 구현할 수 없으며, ZVS가 적용되지 못하는 스위칭은 컨버터의 전력 전달 감소로 이어진다.

[0005] 이를 해결하기 위한 시도로서, 트리플 페이즈 시프트(Triple Phase Shift) 방식을 이용하여 양방향 전력 제어를 구현하는 방법이 존재한다. 이 경우 전압 이득이 1보다 높은 경우에도 모든 스위치에 ZVS를 구현할 수 있지만, 이와 같이 트리플 페이즈 시프트 방식을 이용하기 위해서는 1차 측 회로 및 2차 측 회로가 모두 풀 브릿지로 구성되어야 하므로 복잡도 및 구현 비용 면에서 불리하고 설계 자유도 또한 낮아지게 된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

과제의 해결 수단

[0007] 일측에 따르면, 1차 측 회로는 하프 브릿지를 포함하고 2차 측 회로는 풀 브릿지를 포함하는 양방향 직렬 공진형 컨버터를 스위칭하는 방법은, 전압의 페이즈(ϕ) 및 전압의 펄스 폭(α)을 변경시키는 익스텐디드 페이즈 시프트(Extended Phase Shift; EPS) 모드로 상기 1차 측 회로에서 상기 2차 측 회로로 전력을 전송하는 단계, 및 전압의 페이즈(ϕ)를 변경시키는 싱글 페이즈 시프트(Single Phase Shift; SPS) 모드로 상기 2차 측 회로에서 상기 1차 측 회로로 전력을 전송하는 단계를 포함한다.

[0008] 일실시예에서, 상기 1차 측 회로에서 상기 2차 측 회로로 전력을 전송하는 단계는, 상기 1차 측 회로의 스위치 및 상기 2차 측 회로의 스위치 각각을 상기 페이즈(ϕ) 및 상기 펄스 폭(α)이 상기 EPS 모드의 제로 전압 스위칭(Zero Voltage Switching; ZVS) 조건을 만족할 때에 턴온되도록 제어한다.

[0009] 일실시예에서, 상기 EPS 모드 ZVS 조건은,

$$i_{p,f}(-90^\circ) = -1 + M \cos(\phi) \sin(\alpha/2)$$

[0010] 이고, 여기서, $i_{p,f}$ 는 1차 측 전압을 나타내고, M은 입력 전압 대 출력 전압의 비를 나타낸다.

[0011] 일실시예에서, 상기 2차 측 회로에서 상기 1차 측 회로로 전력을 전송하는 단계는, 상기 1차 측 회로의 스위치 및 상기 2차 측 회로의 스위치 각각을 상기 페이즈(ϕ)가 상기 SPS 모드의 ZVS 조건을 만족할 때 턴온되도록 제어한다.

[0012] 일실시예에서, 상기 SPS 모드의 ZVS 조건은,

$$1 \geq M \cos(\phi) + \frac{1 - \omega^2 L_r C_r}{\omega^2 C_r L_m}$$

[0013] 이고, 여기서, M은 입력 전압 대 출력 전압의 비를 나타내고, L_r 은 공진 탱크의 인덕턴스를 나타내고, C_r 은 공진 탱크의 캐패시턴스를 나타내고, L_m 은 자화 인덕턴스를 나타낸다.

[0014] 일실시예에서, 상기 1차 측 회로는 제1 스위치(S1) 및 제2 스위치(S2)를 포함한다.

[0015] 일실시예에서, 상기 2차 측 회로는 제1 레그(leg) 및 제2 레그를 포함하고, 상기 제1 레그는 제3 스위치(S3), 및 제4 스위치(S4)를 포함하고, 상기 제2 레그는 제5 스위치(S5), 및 제6 스위치(S6)를 포함한다.

[0016] 일실시예에서, 상기 펄스 폭(α)의 변경은 상기 제1 레그의 스위치와 상기 제2 레그의 스위치를 서로 상이한 시점에 턴온 및 턴오프하는 방식으로 제어된다.

[0017] 일실시예에서, 상기 전압의 페이즈(ϕ)의 변경은 상기 1차 측 회로의 스위치와 상기 2차 측 회로의 스위치를 서로 상이한 시점에 턴온 및 턴오프하는 방식으로 제어된다.

[0018] 일실시예에서, 전력 전송의 방향 전환 시, 전력 조류(Power Flow)가 제1 기준치일 때 상기 EPS 모드에서 상기 SPS 모드로 전환되고, 전력 조류가 상기 제1 기준치와 상이한 제2 기준치일 때 상기 SPS 모드에서 상기 EPS 모드로 전환된다.

[0019] 다른 일측에 따르면, 양방향 직렬 공진형 컨버터는 하프 브릿지를 포함하는 1차 측 회로, 및 풀 브릿지를 포함하는 2차 측 회로를 포함하고, 상기 1차 측 회로에서 상기 2차 측 회로로 전력을 전송하는 경우 전압의 페이즈(ϕ) 및 전압의 펄스 폭(α)을 변경시키는 익스텐디드 페이즈 시프트(Extended Phase Shift; EPS) 모드로 동작하고, 상기 2차 측 회로에서 상기 1차 측 회로로 전력을 전송하는 경우 전압의 페이즈(ϕ)를 변경시키는 싱글 페이즈 시프트(Single Phase Shift; SPS) 모드로 동작한다.

[0020] 일실시예에서, 상기 1차 측 회로에서 상기 2차 측 회로로 전력을 전송하는 경우, 상기 1차 측 회로의 스위치 및 상기 2차 측 회로의 스위치 각각은 상기 페이즈(ϕ) 및 상기 펄스 폭(α)이 상기 EPS 모드의 제로 전압 스위칭(Zero Voltage Switching; ZVS) 조건을 만족할 때에 턴온되도록 제어된다.

[0021] 일실시예에서, 상기 2차 측 회로에서 상기 1차 측 회로로 전력을 전송하는 경우, 상기 1차 측 회로의 스위치 및 상기 2차 측 회로의 스위치 각각은 상기 페이즈(ϕ)가 상기 SPS 모드의 ZVS 조건을 만족할 때 턴온되도록 제어된다.

[0022] 일실시예에서, 상기 1차 측 회로는 제1 스위치(S1) 및 제2 스위치(S2)를 포함한다.

[0023] 일실시예에서, 상기 2차 측 회로는 제1 레그(leg) 및 제2 레그를 포함하고, 상기 제1 레그는 제3 스위치(S3), 및 제4 스위치(S4)를 포함하고, 상기 제2 레그는 제5 스위치(S5), 및 제6 스위치(S6)를 포함한다.

[0024] 일실시예에서, 상기 펄스 폭(α)의 변경은 상기 제1 레그의 스위치와 상기 제2 레그의 스위치를 서로 상이한 시점에 턴온 및 턴오프하는 방식으로 제어된다.

[0025] 일실시예에서, 상기 전압의 페이즈(ϕ)의 변경은 상기 1차 측 회로의 스위치와 상기 2차 측 회로의 스위치를 서로 상이한 시점에 턴온 및 턴오프하는 방식으로 제어된다.

[0026] 일실시예에서, 전력 전송의 방향 전환 시, 전력 조류(Power Flow)가 제1 기준치일 때 상기 EPS 모드에서 상기 SPS 모드로 전환되고, 전력 조류가 상기 제1 기준치와 상이한 제2 기준치일 때 상기 SPS 모드에서 상기 EPS 모

드로 전환된다.

도면의 간단한 설명

- [0028] 도 1은 일실시예에 따른 양방향 직렬 공진형 컨버터의 일부를 예시적으로 보여주는 도면이다.
- 도 2는 일실시예에 따른 양방향 직렬 공진형 컨버터의 스위칭 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 3은 일실시예에 따른 양방향 직렬 공진형 컨버터의 스위칭 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 4는 일실시예에 따른 양방향 직렬 공진형 컨버터의 등가 회로 모델을 예시적으로 보여주는 도면이다.
- 도 5는 일실시예에 따른 양방향 직렬 공진형 컨버터의 스위칭 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 6은 일실시예에 따른 양방향 직렬 공진형 컨버터의 스위칭 방법에 따르는 경우의 제로 전압 스위칭 영역을 보여주는 그래프이다.
- 도 7은 일실시예에 따른 양방향 직렬 공진형 컨버터의 스위칭 방법에 따르는 경우의 제로 전압 스위칭 영역을 보여주는 그래프이다.
- 도 8은 일실시예에 따른 양방향 직렬 공진형 컨버터의 스위칭 방법에 따르는 경우의 제로 전압 스위칭 영역을 보여주는 그래프이다.
- 도 9는 일실시예에 따른 양방향 직렬 공진형 컨버터의 스위칭 방법에 따라 전력 전송 방향을 전환하는 방식을 설명하기 위한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0029] 실시예들에 대한 특정한 구조적 또는 기능적 설명들은 단지 예시를 위한 목적으로 개시된 것으로서, 다양한 형태로 변경되어 실시될 수 있다. 따라서, 실시예들은 특정한 개시형태로 한정되는 것이 아니며, 본 명세서의 범위는 기술적 사상에 포함되는 변경, 균등물, 또는 대체물을 포함한다.
- [0030] 제1 또는 제2 등의 용어를 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 이런 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 해석되어야 한다. 예를 들어, 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소는 제1 구성요소로도 명명될 수 있다.
- [0031] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다.
- [0032] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 설명된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함으로써 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0033] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 갖는 것으로 해석되어야 하며, 본 명세서에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0034] 이하에서, 실시예들을 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 그러나, 권리범위는 이러한 실시예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 각 도면에 제시된 동일한 참조 부호는 동일한 부재를 나타낸다.
- [0036] 도 1은 일실시예에 따른 양방향 직렬 공진형 컨버터의 일부를 예시적으로 보여주는 도면이다. 도 1에 도시된 바와 같이, 일실시예에 따른 양방향 직렬 공진형 컨버터의 1차 측 회로는 하프 브릿지, 2차 측 회로는 풀 브릿지를 각각 구비하고 있다.
- [0037] 일실시예에서, 1차 측 회로의 하프 브릿지는 2개의 스위치(S_1 , S_2)를 포함할 수 있다. 또한, 1차 측 회로는 공진 탱크로서 L_r 및 C_r 을 포함할 수 있으며, L_m 은 자화 인덕턴스를 나타낸다. 한편, 2차 측 회로의 풀 브릿지는 제1 레그(leg)의 2개의 스위치(S_3 , S_4) 및 제2 레그의 2개의 스위치(S_5 , S_6)를 포함할 수 있다.

- [0038] 도 1과 같이 1차 측 회로가 풀 브릿지 구조를 포함하지 않는 컨버터의 경우, 일반적으로 입력 전압(V_p) 대 출력 전압(V_s)의 전압 이득이 1보다 높은 경우 1차 측 스위치의 제로 전압 스위칭(ZVS)을 구현할 수 없다.
- [0039] 이러한 문제를 해결하기 위하여, 제안되는 양방향 직렬 공진형 컨버터의 제어 방법은 전력 전송 방향에 따라 익스텐디드 페이즈 시프트(Extended Phase Shift; EPS) 모드와 싱글 페이즈 시프트(Single Phase Shift; SPS) 모드를 복합적으로 사용하여 풀 브릿지 구조 없이도 양방향 전력 전송 시 모두 ZVS를 구현할 수 있도록 한다.
- [0040] 구체적으로, 1차 측 회로에서 2차 측 회로로 전력을 전송하는 것을 정방향 전송이라 하고, 2차 측 회로에서 1차 측 회로로 전력을 전송하는 것을 역방향 전송이라 할 때, 정방향 전송 시에는 EPS 모드를 이용하여 스위칭을 하고 역방향 전송 시에는 SPS 모드를 이용하여 스위칭을 함으로써 모든 스위치에 ZVS가 구현되도록 할 수 있다. 구체적인 스위칭 방식은 이하에서 도면을 참조하여 더 자세하게 설명된다.
- [0042] 도 2는 일실시예에 따른 양방향 직렬 공진형 컨버터의 스위칭 방법을 설명하기 위한 도면이다. 도 2에는 일실시예에 따라 EPS 모드를 이용하여 양방향 직렬 공진형 컨버터를 스위칭하는 방법이 도시된다. S_1 내지 S_6 는 각 스위치의 턴온 또는 턴오프 상태를 나타내며, V_1 은 1차 측 전압을 나타내고 V_2 는 2차 측 전압을 나타낸다.
- [0043] EPS 모드로 전력을 전송하는 경우, 출력 전압의 페이즈(ϕ) 및 펄스 폭(α)이 변경될 수 있다. 도 2에서 확인할 수 있는 바와 같이, 전압의 페이즈(ϕ)의 변경은 1차 측 회로의 스위치와 2차 측 회로의 스위치를 서로 상이한 시점에 턴온 및 턴오프하는 방식으로 제어될 수 있으며, 전압의 펄스 폭(α)의 변경은 예컨대 제1 레그의 스위치(S_3, S_4)와 제2 레그의 스위치(S_5, S_6)를 서로 상이한 시점에 턴온 및 턴오프하는 방식으로 제어할 수 있다.
- [0045] 도 3은 일실시예에 따른 양방향 직렬 공진형 컨버터의 스위칭 방법을 설명하기 위한 도면이다. 도 3에는 일실시예에 따라 SPS 모드를 이용하여 양방향 직렬 공진형 컨버터를 스위칭하는 방법이 도시된다. S_1 내지 S_6 는 각 스위치의 턴온 또는 턴오프 상태를 나타내며, V_1 은 1차 측 전압을 나타내고 V_2 는 2차 측 전압을 나타낸다.
- [0046] SPS 모드로 전력을 전송하는 경우, 출력 전압의 페이즈(ϕ)가 변경될 수 있다. 도 3에서 확인할 수 있는 바와 같이, 전압의 페이즈(ϕ)의 변경은 1차 측 회로의 스위치와 2차 측 회로의 스위치를 서로 상이한 시점에 턴온 및 턴오프하는 방식으로 제어될 수 있다.
- [0048] 도 4는 일실시예에 따른 양방향 직렬 공진형 컨버터의 등가 회로 모델을 예시적으로 보여주는 도면이다. 1차 측 회로에서 2차 측 회로로 전력을 전송하는 것을 정방향 전송이라 정의하고, 2차 측 회로에서 1차 측 회로로 전력을 전송하는 것을 역방향 전송이라 정의할 때, 정방향 전송 시 도 2에 도시된 것과 같은 EPS 모드로 전력을 전송하고 역방향 전송 시 도 3에 도시된 것과 같은 SPS 모드로 전력을 전송하면 정방향 전송과 역방향 전송 모두 ZVS 조건을 만족하도록 제어가 가능하다.
- [0049] ZVS란 스위치가 턴온 되는 순간 전압과 전류의 극성(polarity)이 서로 반대이거나 전류가 0이 되도록 하여 전력 손실을 최소화하는 기법이다. 제안되는 제어 방법에서 정방향으로 전력이 전송되는 동안의 EPS 모드의 ZVS 조건은 다음의 수학적 식 1과 같다.

수학적 식 1

$$i_{p,f}(-90^\circ) = -1 + M \cos(\phi) \sin(\alpha/2)$$

[0050]

- [0052] 여기서, M 은 입력 전압 대 출력 전압의 비를 나타낸다. 수학적 식 1에 나타난 EPS 모드의 ZVS 조건을 살펴보면, 기존의 정방향 SPS 모드의 ZVS 조건에 비하여 자유도가 높다는 것을 알 수 있다. 예컨대, 기존의 정방향 SPS 모드의 ZVS 조건은 다음의 수학적 식 2와 같다.

수학식 2

$$i_{p,f}(-90^\circ) = -1 + M \cos(\phi)$$

[0054]

[0056]

이와 같은 수학식 1 및 2의 ZVS 조건을 각각 그래프로 나타낸 것이 도 5 및 도 7이다. 도 5에서는 전압 이득이 1 이상이어도 ZVS 조건을 만족시킬 수 있지만, 도 7에서는 전압 이득이 1 이상인 경우 경부하(Light Load)에서 ZVS 조건을 만족시킬 수 없어 하드 스위칭(Hard switching)이 발생한다.

[0057]

한편, 역방향 전력 전송 시의 SPS 모드의 ZVS 조건은 다음의 수학식 3과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 3

$$1 \geq M \cos(\phi) + \frac{1 - \omega^2 L_r C_r}{\omega^2 C_r L_m}$$

[0059]

[0061]

역방향 SPS 모드의 ZVS 조건을 나타낸 수학식 3은 정방향 SPS 모드의 ZVS 조건을 나타낸 수학식 2와 상이하다. 이는 역방향으로 전력을 전송하는 경우에 고려되는 자화 인덕턴스가 상이하기 때문이다. 위 수학식 3의 ZVS 조건을 그래프로 나타낸 것이 도 6이다. 도 6에서 확인할 수 있는 바와 같이 전압 이득이 1 이상이어도 ZVS 조건을 만족시킬 수 있다.

[0062]

따라서, 정방향 전력 전송 시 EPS 모드를 이용하고 역방향 전력 전송 시 SPS 모드를 이용하여, 전압 이득이 1 이상인 경우에도 도 5 및 도 6에 도시된 바와 같이 ZVS 조건을 만족시킬 수 있으므로, 정방향 전송 및 역방향 전송 모두에서 ZVS 구현이 가능하다.

[0064]

도 9는 일실시예에 따른 양방향 직렬 공진형 컨버터의 스위칭 방법에 따라 전력 전송 방향을 전환하는 방식을 설명하기 위한 그래프이다.

[0065]

정방향 전력 전송 시에 EPS 모드를 이용하고 역방향 전력 전송 시에 SPS 모드를 이용하기 위해서는, 전력 조류(Power Flow)가 0이 되는 지점 부근에서 EPS 모드와 SPS 모드 간의 전환이 이루어져야 한다.

[0066]

이 때, EPS 모드에서 SPS 모드로 전환되는 기준점과 SPS 모드에서 EPS 모드로 전환되는 기준점이 동일하거나 너무 근접하게 지정되는 경우, 해당 지점에서 두 모드 간의 전환이 반복적으로 발생하는 문제가 발생할 수 있다. 이러한 문제를 방지하기 위하여, 제안되는 제어 방법에서는 모드의 전환에 히스테리시스(Hysteresis) 제어를 적용한다.

[0067]

예를 들어, 도 9에 도시된 것처럼 전력 조류가 제1 기준치일 때 EPS 모드에서 SPS 모드로 전환되고, 전력 조류가 제2 기준치일 때 SPS 모드에서 EPS 모드로 전환되도록 하여 서로 상이한 지점에서 모드 전환이 진행되도록 할 수 있다.

[0068]

보다 구체적인 예로서, 정방향으로 전달되는 전력의 양을 양(+)의 부호로 표현하고, 역방향으로 전달되는 전력의 양을 음(-)의 부호로 표현할 때, 전력 조류가 0보다 작은 값을 가지는 제1 기준치에서 EPS 모드에서 SPS 모드로 전환되도록 제어하고, 전력 조류가 0보다 큰 값을 가지는 제2 기준치에서 SPS 모드에서 EPS 모드로 전환되도록 제어할 수 있다.

[0069]

이상에서 설명된 바와 같이, 제안되는 실시예에 따라 양방향 직렬 공진형 컨버터를 스위칭하는 경우 1차 측과 2차 측이 모두 폴 브릿지를 구비하지 않더라도 양방향 전력 제어 시 모두 ZVS가 구현되도록 할 수 있다는 이점이 있다. 본 명세서에서는 1차 측이 하프 브릿지로 구성된 실시예를 중심으로 설명되었으나, 1차 측이 풀 브릿지 등으로 구성된 경우에도 제안되는 제어 기법의 응용이 가능하다.

[0070]

나아가, EPS 모드와 SPS 모드의 복합적 사용시 발생할 수 있는 문제를 방지하기 위하여 히스테리시스 제어 기법을 이용함으로써 안정적으로 전력 전송 방향을 전환할 수 있다.

[0072] 이상에서 설명된 실시예들은 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치, 방법 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 콘트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPGA(field programmable gate array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 콘트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.

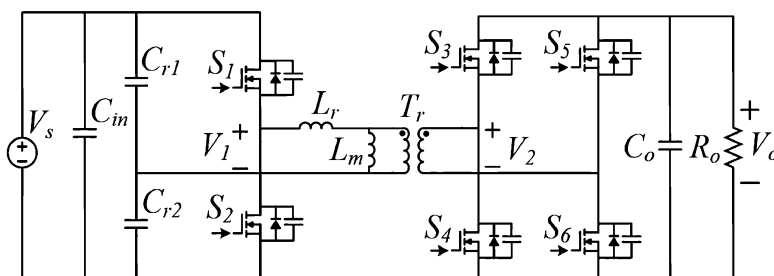
[0073] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상 장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치에 영구적으로, 또는 일시적으로 구체화(embodiment)될 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.

[0074] 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.

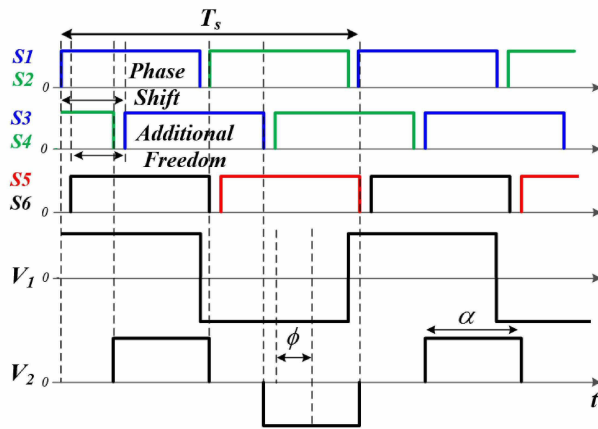
[0075] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다. 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

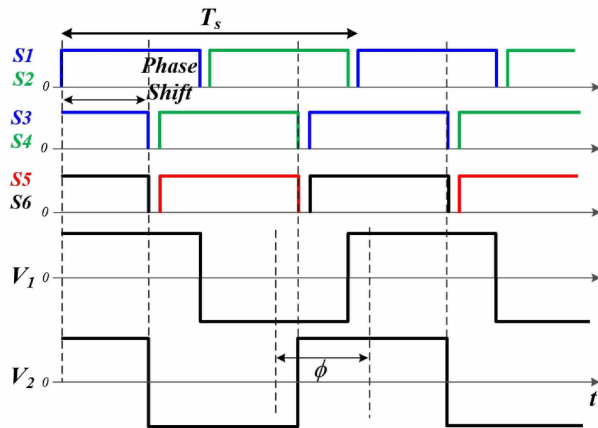
도면1



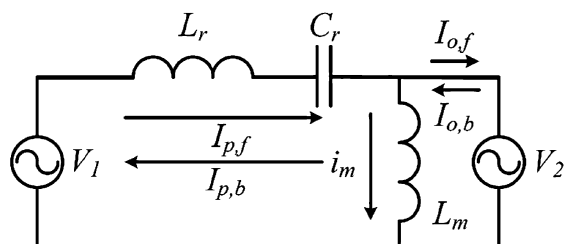
도면2



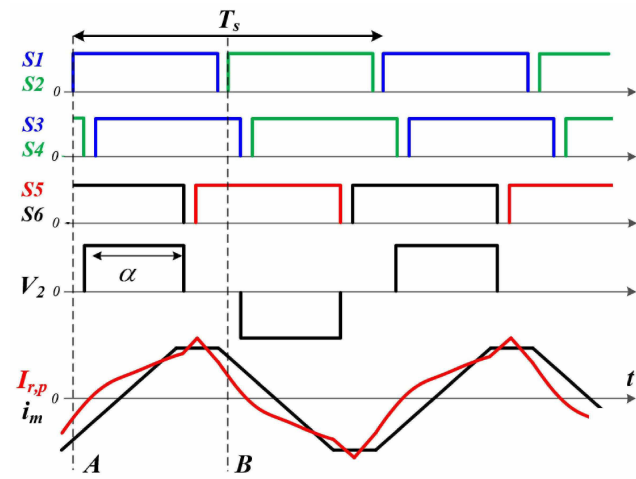
도면3



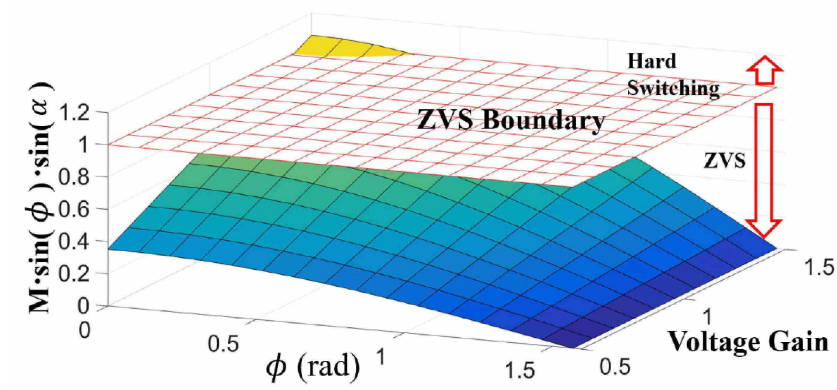
도면4



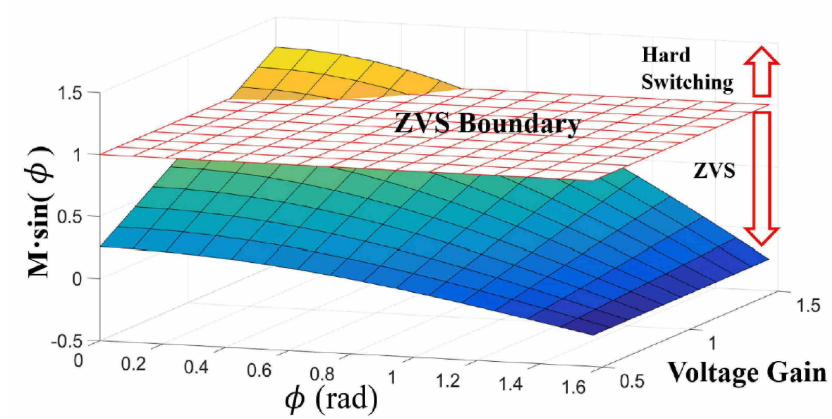
도면5



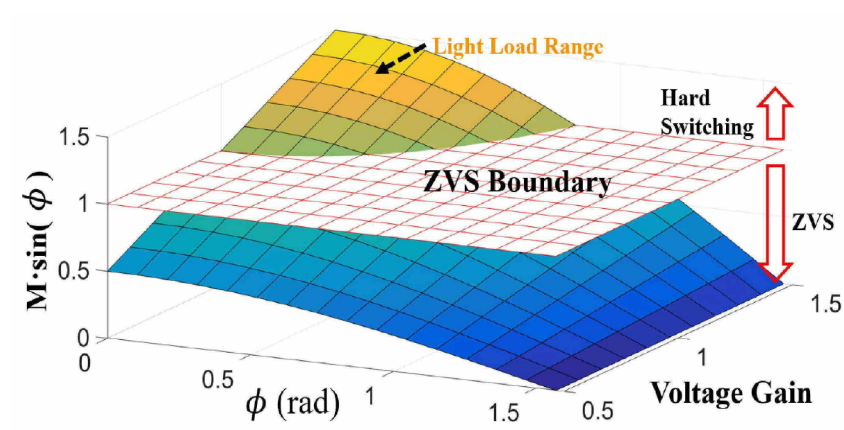
도면6



도면7



도면8



도면9

