(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0131010
(43) 공개일자 2024년08월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B60L 53/24 (2019.01) *B60L 15/20* (2006.01)
B60L 50/51 (2019.01) *H02P 27/08* (2006.01)
(52) CPC특허분류
B60L 53/24 (2019.02)
B60L 15/20 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0024177
(22) 출원일자 2023년02월23일
심사청구일자 2023년04월03일

(71) 출원인
한국전력공사
전라남도 나주시 전력로 55(빛가람동)
인천대학교 산학협력단
인천광역시 연수구 갯벌로 27, 인천대학교 이노베이션센터(송도동)
(72) 발명자
윤한신
인천광역시 연수구 아카데미로 119
정성욱
인천광역시 연수구 아카데미로 119
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
(유)한양특허법인

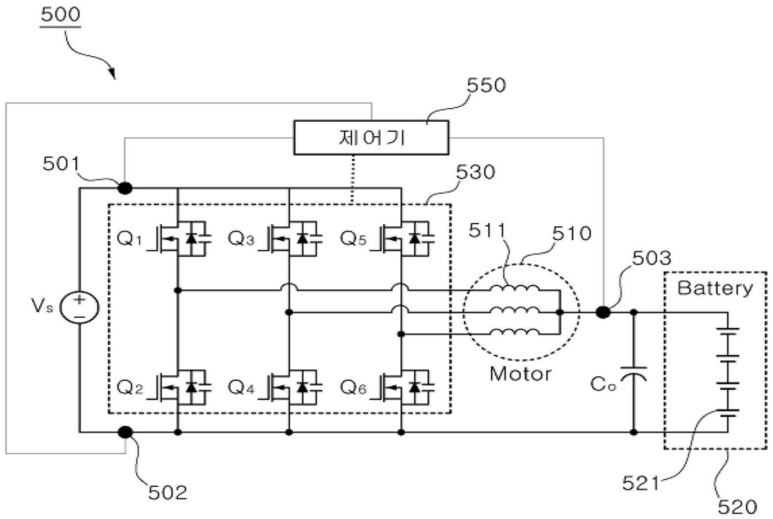
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 **배터리 최대 전력 변동 방지를 위한 결선 변경 충전 장치**

(57) 요 약

배터리 전압에 따라 최대 충전 전력이 변동되는 문제점을 개선할 수 있는 결선 변경 충전 장치가 제공된다. 상기 결선 변경 충전 장치는, 공급 전원과 직렬 연결되는 인버터, 상기 인버터에 직렬 연결되는 모터, 상기 인버터와 상기 공급 전원 사이에 설치되어 상기 인버터와 상기 모터를 벅 컨버터 모드로 동작시키기 위한 제 1 스위칭 소자, 상기 모터와 상기 모터에 직렬 연결되는 배터리 사이에 설치되어 상기 벅 컨버터 모드를 실행하기 위한 제 2 스위칭 소자, 및 상기 인버터와 상기 제 1 및 제 2 스위칭 소자에 연결되어 온오프를 제어하는 제어기를 포함하는 것을 특징으로 한다.

대 표 도 - 도5



(52) CPC특허분류
B60L 50/51 (2019.02)
H02P 27/08 (2013.01)
B60L 2210/12 (2013.01)
B60Y 2200/91 (2013.01)
H02J 2207/20 (2023.08)
Y02T 10/70 (2020.08)
(72) 발명자
임지훈
인천광역시 연수구 아카데미로 119
이동인
인천광역시 연수구 아카데미로 119
현예지
인천광역시 연수구 아카데미로 119
김민재
인천광역시 연수구 아카데미로 119
이준형
인천광역시 연수구 아카데미로 119

명 세 서

청구범위

청구항 1

공급 전원(Vs)과 직렬 연결되는 인버터(530);

상기 인버터(530)에 직렬 연결되는 모터(510);

상기 인버터(530)와 상기 공급 전원(Vs) 사이에 설치되어 상기 인버터(530)와 상기 모터(510)를 벅 컨버터 모드로 동작시키기 위한 제 1 스위칭 소자(501,502);

상기 모터(510)와 상기 모터(510)에 직렬 연결되는 배터리(520) 사이에 설치되어 상기 벅 컨버터 모드를 실행하기 위한 제 2 스위칭 소자(503); 및

상기 인버터(530)와 상기 제 1 및 제 2 스위칭 소자(501,502,503)에 연결되어 온오프를 제어하는 제어기(550);

를 포함하는 것을 특징으로 하는 배터리 최대 전력 변동 방지를 위한 결선 변경 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 스위칭 소자(501,502)는 상기 공급 전원(Vs)이 800V인 경우에는 항상 온인 것을 특징으로 하는 배터리 최대 전력 변동 방지를 위한 결선 변경 장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 인버터(530)는 제 1 내지 제 6 전력 반도체(Q_1,Q_2, Q_3,Q_4,Q_5,Q_6)로 구성되며, 상기 제 1 내지 제 6 전력 반도체(Q_1,Q_2, Q_3,Q_4,Q_5,Q_6) 중 제 1, 제 3, 및 제 5 전력 반도체(Q_1,Q_3,Q_5)는 스위치(S)로 등가되고, 상기 제 1 내지 제 6 전력 반도체 (Q_1,Q_2, Q_3,Q_4,Q_5,Q_6) 중 제 2, 제 4, 및 제 6 전력 반도체(Q_2,Q_4,Q_6)는 다이오드(D)로 등가되며, 상기 모터(510)는 인덕터(L)로 등가되는 것을 특징으로 하는 배터리 최대 전력 변동 방지를 위한 결선 변경 장치.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 제 1 내지 제 6 전력 반도체(Q_1,Q_2, Q_3,Q_4,Q_5,Q_6)의 듀티비는 상기 벅 컨버터 모드에서의 입출력 전압 전달비를 활용하여 설정되는 것을 특징으로 하는 배터리 최대 전력 변동 방지를 위한 결선 변경 장치.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 입출력 전압 전달비(Vo/Vi)는 수학식 $(V_i - V_o)DT_s = V_o(1-D)T_s$(여기서, V_i는 입력 전압으로 공급 전원(V_s)의 등가이고, V_o은 출력 전압이고, D는 듀티비이고, T_s는 한주기 시간을 나타낸다)을 이용하여 산

출되는 것을 특징으로 하는 배터리 최대 전력 변동 방지를 위한 결선 변경 장치.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 제 1, 제 3, 및 제 5 전력 반도체(Q_1,Q_3,Q_5)의 듀티비는 제 2, 제 4, 및 제 6 전력 반도체(Q_2,Q_4,Q_6)의 듀티비보다 큰 값을 갖는 것을 특징으로 하는 배터리 최대 전력 변동 방지를 위한 결선 변경 장치.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 제 1, 제 3, 및 제 5 전력 반도체(Q_1,Q_3,Q_5)의 듀티비는 0.875이고, 상기 제 2, 제 4, 및 제 6 전력 반도체(Q_2,Q_4,Q_6)의 듀티비는 0.125이면, 상기 출력 전압(V_o)은 700V인 것을 특징으로 하는 배터리 최대 전력 변동 방지를 위한 결선 변경 장치.

청구항 8

제 6 항에 있어서,

상기 제 1, 제 3, 및 제 5 전력 반도체(Q_1,Q_3,Q_5)의 듀티비는 0.750이고, 상기 제 2, 제 4, 및 제 6 전력 반도체(Q_2,Q_4,Q_6)의 듀티비는 0.250이면, 상기 출력 전압(V_o)은 600V인 것을 특징으로 하는 배터리 최대 전력 변동 방지를 위한 결선 변경 장치.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 제 2 스위칭 소자(503)는 상기 모터(510)와 상기 배터리(520)에 병렬 연결되는 정류 커패시터(Co) 사이에 배치되는 것을 특징으로 하는 배터리 최대 전력 변동 방지를 위한 결선 변경 장치.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 및 제 2 스위칭 소자(501,502,503)는 파워 릴레이인 것을 특징으로 하는 배터리 최대 전력 변동 방지를 위한 결선 변경 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 충전 기술에 관한 것으로서, 더 상세하게는 결선 변경을 통한 벅컨버터 동작방식의 배터리 최대 전력 변동을 방지하는 장치에 대한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 내연 기관차는 주유를 통한 빠른 연료공급이 가능하지만, 전기 차량은 충전하는데 오랜 시간이 소요된다. 기존 400V 급속 충전기는 80% 충전하는데 32분 가량 소요됐다면, 800V 초급속 충전기는 18분으로 단축시킬 수 있다.

[0003] 800V 초급속 충전기는 현재 인프라가 충분히 구축되어있지 않기 때문에 400V,800V 멀티 충전 기능 탑재가 필요

하다. 멀티충전을 하려면 입력 400V를 800V로 승압시키는 별도의 컨버터가 필요했다. 그러나 이 컨버터는 공간을 차지하고 가격이 비싸며 차체의 중량을 늘어나게하는 단점이 있었다.

[0004] 별도의 컨버터없이 차량 구동용 모터와 인버터만으로 400V를 800V로 부스트(Boost) 컨버터 동작을 통해 승압시켜 공급하는 기술이 개발되었다. 400V 급속 충전기의 회로도를 보여주는 도면이 도 1에 도시되어 있다.

[0005] 도 1을 참조하면, 공급 전원(v_s)를 모터(110), 전력 스위칭 소자(Q_1 내지 Q_6), 커패시터(c_0)를 이용하여 승압시켜 다수의 배터리 셀(121)로 구성되는 배터리(120)를 충전시킨다. 즉, 모터(110)와 전력 스위칭 소자(Q1 내지 Q6)를 부스터로 이용한 것이다. 이를 등가회로로 표현하면 도 2와 같다. 공급 전원(Vs), 인덕터(L), 다이오드(D), 스위칭 소자(S), 커패시터(C_0), 출력 전압(V_0), 출력 저항(R_0)으로 구성된다.

[0006] 한편, 800V 초급속 충전기의 동작 회로를 보인 것이 도 3이고, 이러한 동작 회로의 등가 회로가 도 4이다.

[0007] 400V 급속 충전기의 경우, 400V/300A 출력 전력을 최대용량으로 항상 충전한다. 800V 초급속 충전기의 경우, 상단 스위칭 소자를 ON시켜 입력 전압과 출력 전압이 같은 값을 갖게 된다. 배터리 전압이 600V라면 초급속 충전기의 입력전압이 600V가 되어 300A로 충전할 경우, 180kW가 충전된다. 마찬가지로 배터리 전압이 700V라면 700V/300A, 210kW가 충전된다.

[0008] 따라서, 기존 800V 초급속 충전기의 경우, 상단 스위칭 소자를 상시 ON시켜 입력전압과 출력전압, 즉 배터리 전압을 동일하게 하는 방식이다. 그러나, 배터리전압에 따라 최대충전전력이 변동하는 문제가 발생한다.

[0009] 따라서, 배터리 전압에 따라 최대 충전 전력이 변동되는 문제점을 개선할 필요가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0010] (특허문헌 0001) 1. 대한민국등록특허번호 제10-1684064호(등록일자: 2016년12월01일)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 본 발명은 위 배경기술에 따른 문제점을 해소하기 위해 제안된 것으로서, 배터리 전압에 따라 최대 충전 전력이 변동되는 문제점을 개선할 수 있는 결선 변경 충전 장치를 제공하는데 그 목적이 있다.

[0012] 또한, 본 발명은 입력전압이 항상 유지(예를 들면, 800V)되고 배터리의 전압과 상관없이 항상 일정 충전(예를 들면, 800V/300A)이 가능한 결선 변경 충전 장치를 제공하는데 다른 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0013] 본 발명은 위에서 제시된 과제를 달성하기 위해, 배터리 전압에 따라 최대 충전 전력이 변동되는 문제점을 개선할 수 있는 결선 변경 충전 장치를 제공한다.

[0014] 상기 결선 변경 충전 장치는,

[0015] 공급 전원과 직렬 연결되는 인버터;

[0016] 상기 인버터에 직렬 연결되는 모터;

[0017] 상기 인버터와 상기 공급 전원 사이에 설치되어 상기 인버터와 상기 모터를 벅 컨버터 모드로 동작시키기 위한 제 1 스위칭 소자;

[0018] 상기 모터와 상기 모터에 직렬 연결되는 배터리 사이에 설치되어 상기 벅 컨버터 모드를 실행하기 위한 제 2 스위칭 소자; 및

[0019] 상기 인버터와 상기 제 1 및 제 2 스위칭 소자에 연결되어 온오프를 제어하는 제어기;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0020] 또한, 상기 제 1 스위칭 소자는 상기 공급 전원이 800V인 경우에는 항상 온인 것을 특징으로 한다.

[0021] 또한, 상기 인버터는 제 1 내지 제 6 전력 반도체로 구성되며, 상기 제 1 내지 제 6 전력 반도체 중 제 1, 제 3, 및 제 5 전력 반도체는 스위치로 등가되고, 상기 제 1 내지 제 6 전력 반도체 중 제 2, 제 4, 및 제 6 전력 반도체는 다이오드로 등가되며, 상기 모터는 인덕터로 등가되는 것을 특징으로 한다.

[0022] 또한, 상기 제 1 내지 제 6 전력 반도체의 듀티비는 상기 벅 컨버터 모드에서의 입출력 전압 전달비를 활용하여 설정되는 것을 특징으로 한다.

[0023] 또한, 상기 입출력 전압 전달비(Vo/Vi)는 수학식 $(V_i - V_o)DT_s = V_o(1-D)T_s$(여기서, V_i는 입력 전압으로 공급 전원(V_s)의 등가이고, V_o은 출력 전압이고, D는 듀티비이고, T_s는 한주기 시간을 나타낸다)을 이용하여 산출되는 것을 특징으로 한다.

[0024] 이때, 상기 제 1, 제 3, 및 제 5 전력 반도체의 듀티비는 제 2, 제 4, 및 제 6 전력 반도체의 듀티비보다 큰 값을 갖는 것을 특징으로 한다.

[0025] 이때, 상기 제 1, 제 3, 및 제 5 전력 반도체의 듀티비는 0.875이고, 상기 제 2, 제 4, 및 제 6 전력 반도체의 듀티비는 0.125이면, 상기 출력 전압(V_o)은 700V인 것을 특징으로 한다.

[0026] 또한, 상기 제 1, 제 3, 및 제 5 전력 반도체의 듀티비는 0.750이고, 상기 제 2, 제 4, 및 제 6 전력 반도체의 듀티비는 0.250이면, 상기 출력 전압(V_o)은 600V인 것을 특징으로 한다.

[0027] 또한, 상기 제 2 스위칭 소자는 상기 모터와 상기 배터리에 병렬 연결되는 정류 커패시터(Co) 사이에 배치되는 것을 특징으로 한다.

[0028] 또한, 상기 제 1 및 제 2 스위칭 소자는 파워 릴레이인 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0029] 본 발명에 따르면, 일반적인 800V 멀티 급속충전기에서 릴레이를 통해 벅(Buck) 컨버터 형태로 결선을 전환하여 듀티 설정함으로써 배터리 전압과 상관없이 240kW를 배터리에 공급할 수 있다.

[0030] 또한, 본 발명의 다른 효과로서는 배터리 전압에 따라 최대충전전력이 변동하는 것이 아닌 듀티설정을 통해 배터리 전압과 상관없이 안정적으로 240kW를 배터리에 공급을 보장할 수 있다는 점을 들 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0031] 도 1은 일반적인 400V 급속 충전기의 회로도이다.

도 2는 도 1에 도시된 400V 급속 충전기의 등가 회로도이다.

도 3은 일반적인 800V 초급속 충전기의 동작 회로도이다.

도 4는 도 3에 도시된 800V 초급속 충전기의 등가 회로도이다.

도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 결선 변경 충전 장치의 회로도이다.

도 6은 도 5에 도시된 결선 변경 충전 장치의 등가 회로도이다.

도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 배터리 전압이 700V일때의 전압, 전류, 전력 파형을 나타내는 그래프이다.

도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 배터리 전압이 600V일때의 전압, 전류, 전력 파형을 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0032] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 구체적으로 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야한다.

[0033] 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용한다.

[0034] 제 1, 제 2등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.

[0035] 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제 1 구성요소는 제 2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제 2 구성요소도 제 1 구성요소로 명명될 수 있다. "및/또는" 이라는 용어는 복수의 관련된 기재된 항목들의 조합 또는 복수의 관련된 기재된 항목들 중의 어느 항목을 포함한다.

[0036] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미가 있다.

[0037] 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않아야 한다.

[0038] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 일실시예에 따른 배터리 최대 전력 변동 방지를 위한 결선 변경 충전 장치를 상세하게 설명하기로 한다.

[0040] 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 결선 변경 충전 장치(500)의 회로도이다. 도 5를 참조하면, 공급 전원(Vs)과 연결되는 인버터(530), 인버터(530)에 연결되는 모터(510), 모터(510)에 연결되는 배터리(520), 인버터(530)와 공급 전원(Vs)사이에 설치되는 제 1 스위칭 소자(501,502), 모터(510)와 배터리(520) 사이에 설치되는 제 2 스위칭 소자(503), 인버터(530)와 제 1 및 제 2 스위칭 소자(501,502,503)에 연결되어 온오프를 제어하는 제어기(550) 등을 포함하여 구성될 수 있다.

[0041] 공급 전원(Vs)은 외부 전원으로서 배터리(520)에 전력을 공급한다. 공급 전원(Vs)은 직류 전원이며, 항시 약 800V이다. 이를 위해, 인버터(530)와 공급 전원(Vs)사이에 제 1 스위칭 소자(501,502)가 설치된다. 또한, 모터(510)와 배터리(520) 사이에도 제 2 스위칭 소자(503)가 설치된다. 이들 스위칭 소자(501,502,503)는 인버터(530)와 모터(510)를 벅 컨버터 모드로 동작하기 위해서도 사용될 수 있다.

[0042] 스위칭 소자(501,502,503)는 주로 파워 릴레이 소자가 사용되나, 이에 한정되는 것은 아니며, 도통 및 도통 해제가 가능한 소자면 사용될 수 있다. 예를 들면, FET(Field Effect Transistor), MOSFET(Metal Oxide Semiconductor FET), IGBT(Insulated Gate Bipolar Mode Transistor), 파워 정류 다이오드 등과 같은 반도체 스위칭 소자, 사이리스터, GTO(Gate Turn-Off) 사이리스터, TRIAC(Triode for alternating current), SCR(Silicon Controlled Rectifier), I.C(Integrated Circuit) 회로 등이 사용될 수 있다.

[0043] 특히, 반도체 소자의 경우 바이폴라, 전력 MOSFET(Metal Oxide Silicon Field Effect Transistor) 소자 등이 사용될 수 있다. 전력 MOSFET 소자는 고전압 고전류 동작으로 일반 MOSFET와 달리 DMOS(Double-Diffused Metal Oxide Semiconductor) 구조를 갖는다.

[0044] 인버터(530)는 공급 전원(Vs)과 직렬 연결되어, 이를 배터리(520)에 공급하는 기능을 수행한다. 인버터(530)는 직류 전원을 교류 전원으로 변환하는 기능을 수행한다. 이를 위해, 3상으로 구성되고, 각 상마다 전력 반도체 소자(Q_1 내지 Q_6)가 구성된다. 부연하면, A상에 제 1 및 제 2 전력 반도체 소자(Q_1,Q_2), B상에 제 3 및 제 4 전력 반도체(Q_3,Q_4), C상에 제 5 및 제 6 전력 반도체(Q_5,Q_6)가 배치된다. 물론, 제 1 및 제 2 전력 반도체 소자(Q_1,Q_2)사이의 중성점, 제 3 및 제 4 전력 반도체(Q_3,Q_4)사이의 중성점, 제 5 및 제 6 전력 반도체(Q_5,Q_6)의 중성점이 모터(510)에 연결된다.

[0045] 전력 반도체(Q_1 내지 Q_6)은 IGBT(Insulated Gate Bipolar Mode Transistor)가 주로 사용되나, 이에 한정되지는 않으며, FET(Field Effect Transistor), MOSFET(Metal Oxide Semiconductor FET) 등이 사용될 수도 있다.

[0046] 모터(510)는 3상 모터가 주로 사용되나, 이에 한정되지는 않으며, 3상 BLDC(Brushless Direct Current) 모터, 단상 모터, IPM(Interior Permanent Magnet) 모터 등이 사용될 수 있다. 또한, 모터(510)는 고정자와 이 고정자에 의해 회전하는 회전자 등으로 구성될 수 있다. 회전자에는 각 상마다 코일(511)이 권선된다. 이 코일(511)은 각 상마다 인버터(530)의 중성점에 연결될 수 있다. 또한, 코일(511)으 에너지를 저장하는 인덕터(L)로 이용될 수 있다.

[0047] 배터리(520)는 모터(510)에 직렬 연결되어 모터(510)에 충전된 전원을 공급하거나, 모터(510)를 통해 충전 전원을 공급받는다.

[0048] 또한, 배터리(520)에 병렬로 정류 커패시터(C_o)가 연결된다. 정류 커패시터(C_o)는 전력 반도체(Q_1,Q_3,Q_5)가 특정 듀티(예를 들면, 50%)로 스위칭을 하게 되면, 구형파를 평평하게 만드는 역할을 수행하여, 출력에 직류 전압을 공급하는 기능을 수행한다.

[0049] 배터리(520)는 다수의 배터리 셀(521)이 직렬로 연결되어 구성된다. 물론, 도 5에서는 배터리 셀(521)이 직렬로만 구성되는 것으로 도시하였으나, 이에 한정되는 것은 아니며 직렬 및/또는 병렬로 연결될 수 있다. 또한, 배터리 셀(521)은 니켈 메탈 배터리, 리튬 이온 배터리, 리튬 폴리머 배터리, 리튬황, 플로우 배터리, 전고체 등의 전기 차량용 고전압 배터리가 될 수 있다.

[0050] 제어기(550)는 제 1 스위칭 소자(501,502), 제 2 스위칭 소자(503), 전력 반도체(Q_1,Q_2, Q_3,Q_4,Q_5,Q_6)의 온오프를 제어하는 기능을 수행한다. 물론, 이를 위해 반도체 소자의 경우, 온오프를 위한 고정된 주파수를 갖는 구동 신호를 생성하기 위해 PWM(Pulse Width Modulation) 회로를 포함하여 구성될 수 있다.

[0051] 또한, 제어기(550)는 마이크로프로세서, 마이컴, 프로그램, 데이터 등을 저장하는 메모리 등을 포함하여 구성될 수 있다. 메모리는 플래시 메모리, EEPROM(Electrically erasable programmable read-only memory), SRAM(Static RAM), FRAM (Ferro-electric RAM), PRAM (Phase-change RAM), MRAM(Magnetic RAM) 등과 같은 비휘발성 메모리 및/또는 DRAM(Dynamic Random Access Memory), SDRAM(Synchronous Dynamic Random Access Memory), DDR-SDRAM(Double Data Rate-SDRAM) 등과 같은 휘발성 메모리의 조합으로 구성될 수 있다.

[0052] 물론, 400V 급속 충전기 연결시 여전히 부스트(Boost) 컨버터로 동작한다.부스트(Boost) 컨버터를 동작하기 위해서는 모터(510)가 공급 전원(V_s)과 연결되어야 하므로, 400V 급속 충전기 연결시에는 도 5의 회로 구조에서 제 1 스위칭 소자(501)와 제 2 스위칭 소자(503)의 동작 상태가 반전되어 도 1과 같은 회로 구조로 변경된다.

[0053] 부연하면, 도 5에서 제 1 스위칭 소자(501)는 기존에 공급 전원(V_s)과 인버터(530)를 직렬로 연결하고 있으나 부스트 컨버터 회로를 구성하기 위해 동작 상태가 반전되어 인버터(530)와 배터리(520)를 직렬로 연결한다. 제 2 스위칭 소자(503)는 기존에 모터(510)와 배터리(520)를 직렬로 연결하고 있으나 부스트 컨버터 회로를 구성하기 위해 동작 상태가 반전되어 모터(510)와 공급 전원(V_s)을 직렬로 연결한다. 이로써, 도 1과 같은 회로 구조로 변경되며 부스트 컨버터 모드로 동작할 수 있다.

[0054] 인버터(530)에 입력되는 입력 전압은 배터리(520)의 전압 변도과 상관없이 800V로 고정된다. 즉, 배터리 전압과 상관없이 항상 800V/300A의 전력(240kW)으로 충전이 진행된다.

[0055] 도 6은 도 5에 도시된 결선 변경 충전 장치(500)의 등가 회로도이다. 도 6을 참조하면, 공급 전원(V_s)는 입력 전압(V_i)으로 등가되고, 제 1, 제 3, 및 제 5 전력 반도체(Q_1,Q_3,Q_5)는 스위치(S)로 등가되고, 제 2, 제 4, 및 제 6 전력 반도체(Q_2,Q_4,Q_6)는 다이오드(D)로 등가되며, 모터(510)는 인덕터(L)로 등가된다. 또한, 배터리(520)는 출력 전압(V_0)과 출력 저항(R_0)으로 등가된다.

[0056] 따라서, 제 1, 제 3, 및 제 5 전력 반도체(Q_1,Q_3,Q_5)는 벅 컨버터 모드에서는 스위치 역할을 수행하게 되고, 제 2, 제 4, 및 제 6 전력 반도체(Q_2,Q_4,Q_6)는 벅 컨버터 모드에서는 다이오드 역할을 수행하게 된다.

[0057] 벅 컨버터 모드에서의 입출력 전압 전달비를 활용하여 듀티비를 설정할 수 있다. 입출력 전압 전달비는 다음식과 같다.

수학식 1

[0058] $$(V_i - V_o)DT_s = V_o(1 - D)T_s$$

수학식 2

[0059] $$\frac{V_o}{V_i} = D$$

[0060] 여기서, V_i는 입력 전압으로 공급 전원(V_s)를 등가한 것이고, V_o은 출력 전압이고, D는 듀티비(즉, 시비율)이고, T_s는 한주기 시간을 나타낸다.

[0061] 듀티비는 하이(HIGH) 신호와 로우(LOW) 신호의 비율을 의미한다. 따라서, 50%가 넘는 듀티비이면 하나의 주기에서 HIGH인 신호가 LOW인 신호보다 더 많은 비율을 차지하고 있는것이고 50%이하면 HIGH가 LOW보다 더 적은 비율을 차지하게 되다는 의미이다. 따라서, 제 1, 제 3, 및 제 5 전력 반도체(Q_1,Q_3,Q_5)의 듀티비는 제 2, 제 4, 및 제 6 전력 반도체(Q_2,Q_4,Q_6)의 듀티비보다 큰 값을 갖는다.

[0062] 예를 들어, 입력 전압(V_i)를 800V, Q_1,Q_3,Q_5의 듀티비를 0.875, Q_2,Q_4,Q_6의 듀티비를 0.125로 설정했을 때 출력 전압(V_o)은 다음과 같이 계산될 수 있다.

[0063] 수학식 2을 변형하면 $V_0 = DV_i$이므로, 따라서, Vo = (0.875)×(800) = 700V이다.

[0064] 부연하면, 입력 전압(V_i)이 800V인 경우, 배터리(520)에 공급되는 전압은 700V로 강압된다. 이를 결과 그래프로 보여주는 도면이 도 7이다. 도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 배터리 전압이 700V일때의 전압, 전류, 전력 파형을 나타내는 그래프이다.

[0065] 도 7을 참조하면, 출력전압(Vo)인 배터리 전압($V_{Battery}$)은 700V ~ 699.996V 사이에서 움직이고, 인버터(530)에 입력되는 전류(I_{Source})는 400A ~ 0A 사이에서 움직이고, 배터리(520)에 입력되는 출력전류인 배터리 전류($i_{Battery}$)는 343A ~ 342.7A 사이에서 움직이고, 배터리(520)의 전력($P_{Battery}$)은 240.kW ~ 239.95kW 사이에서 움직인다.

[0066] 입력 800V/300A 240kW를 공급하였을 때 벅 컨버터 모드의 동작을 통해 출력전압(배터리 전압)을 700V로 강압시킴에 따라 출력전류(배터리 전류)가 342.85A, 전력 240kW을 입력으로부터 공급받아 배터리 전압의 변동에도 최대 충전 전력은 240kW로 같은 것을 확인할 수 있다.

[0067] 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 배터리 전압이 600V일때의 전압, 전류, 전력 파형을 나타내는 그래프이다. 도 8을 참조하면, 배터리 전압($V_{Battery}$)이 600V일때, Q_1,Q_3,Q_5의 듀티비를 0.750, Q_2,Q_4,Q_6의 듀티비를 0.250로 설정했을 때 출력 전압(V_o)은 다음과 같이 계산될 수 있다.

[0068] 수학식 2을 변형하면 $V_0 = DV_i$이므로, 따라서, Vo = (0.750)×(800) = 600V이다.

[0069] 부연하면, 출력전압(Vo)인 배터리 전압($V_{Battery}$)은 600V ~ 599.996V 사이에서 움직이고, 인버터(530)에 입력되는 전류(I_{Source})는 400A ~ 0A 사이에서 움직이고, 배터리(520)에 입력되는 출력전류인 배터리 전류($i_{Battery}$)는 400.2A ~ 399.8A 사이에서 움직이고, 배터리(520)의 전력($P_{Battery}$)은 240.1kW ~ 239.9kW 사이에서 움직인다.

부호의 설명

[0070] 110,510: 모터

120,520: 배터리 121,521: 배터리 셀

500: 결선 변경 장치

501,502: 제 1 스위치 503: 제 2 스위치

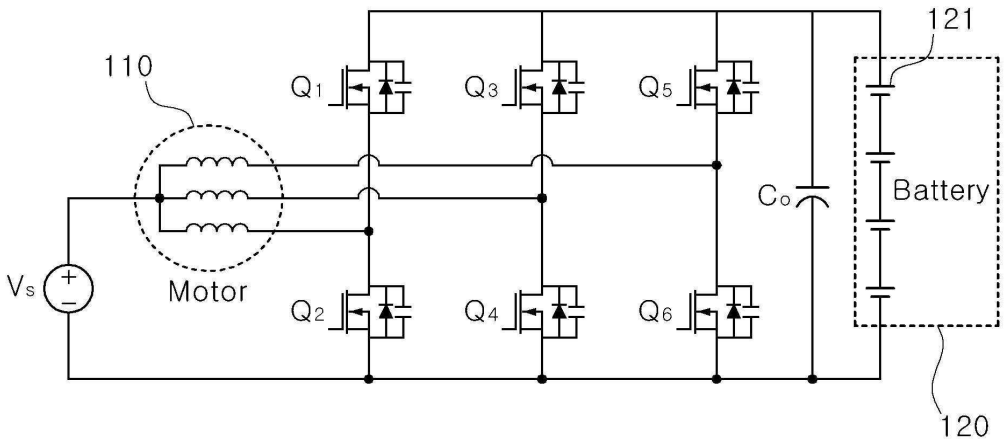
530: 인버터 550: 제어기

Q_1,Q_2, Q_3,Q_4,Q_5,Q_6: 제 1 내지 제 6 전력 반도체

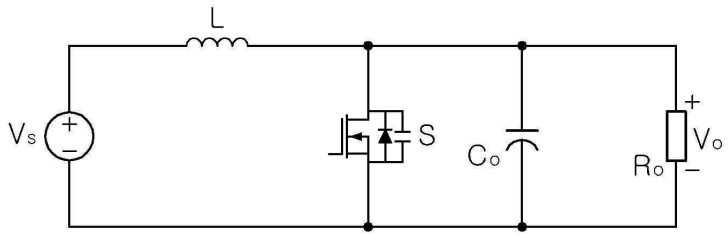
C_o: 정류 커패시터

도면

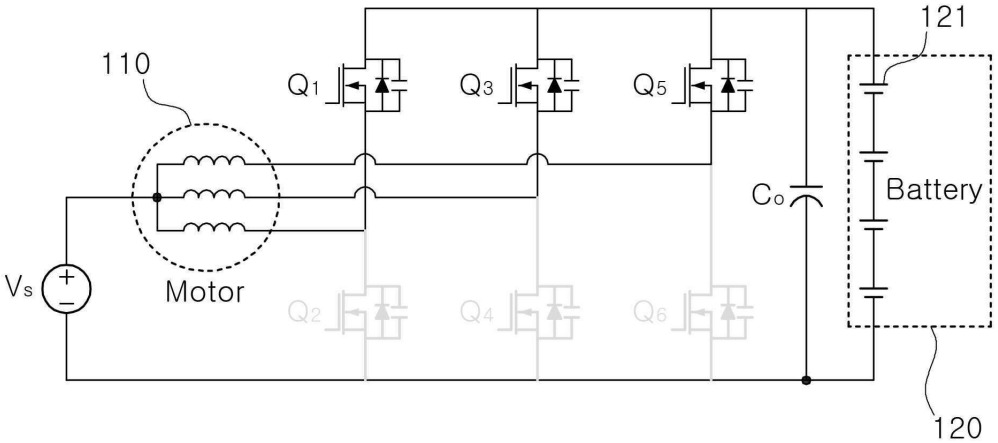
도면1



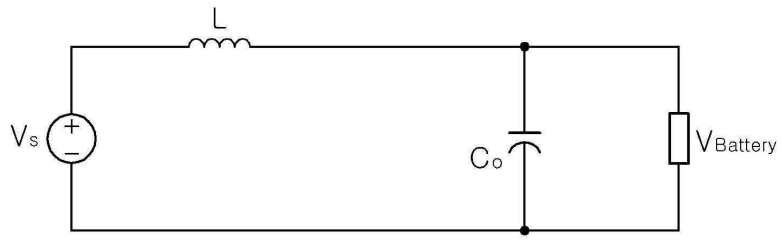
도면2



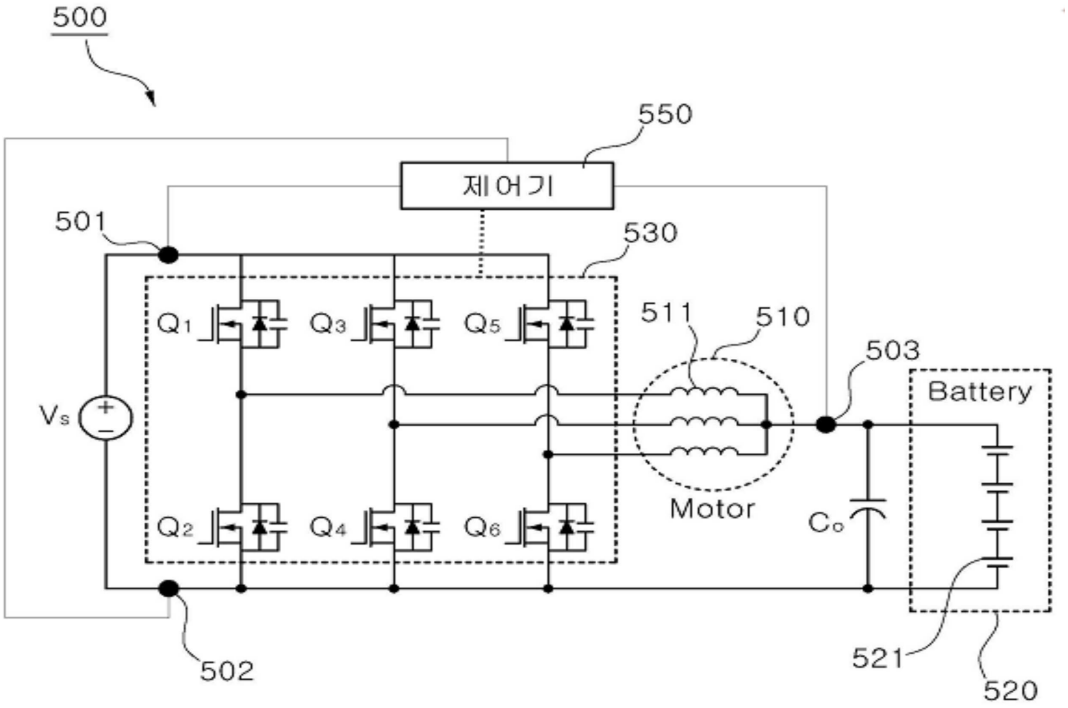
도면3



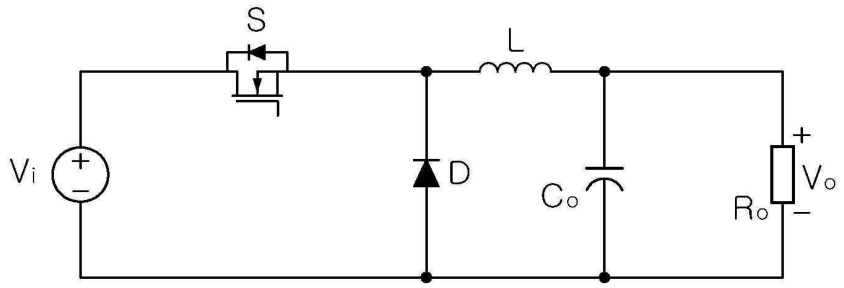
도면4


L
Vs
Co
VBattery

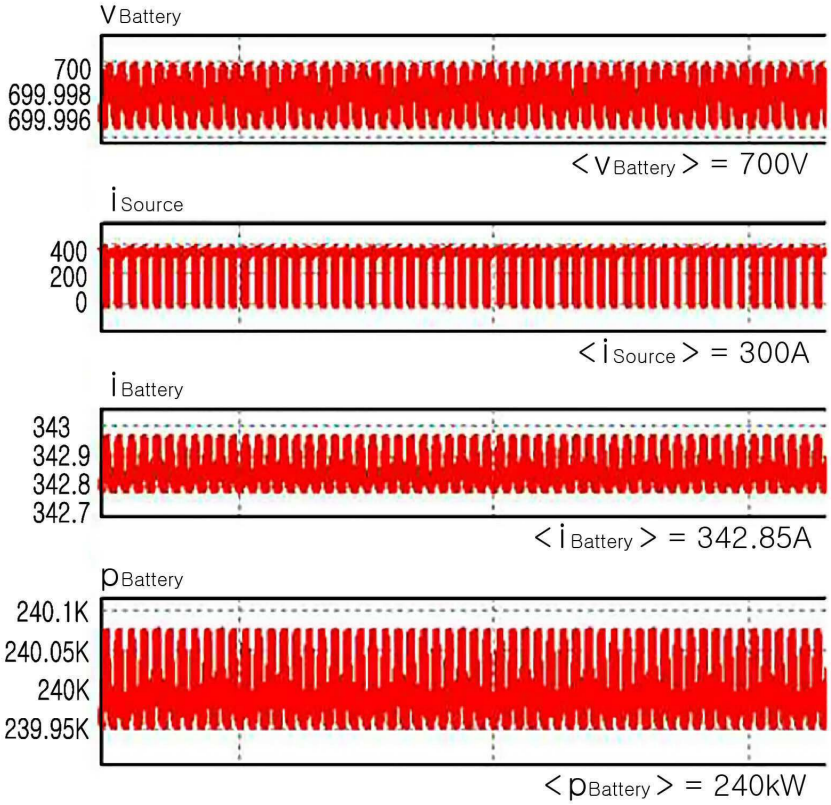
도면5


500
550
제어기
501
530
Q1
Q3
Q5
511
510
503
Battery
Vs
Motor
Co
Q2
Q4
Q6
502
521
520

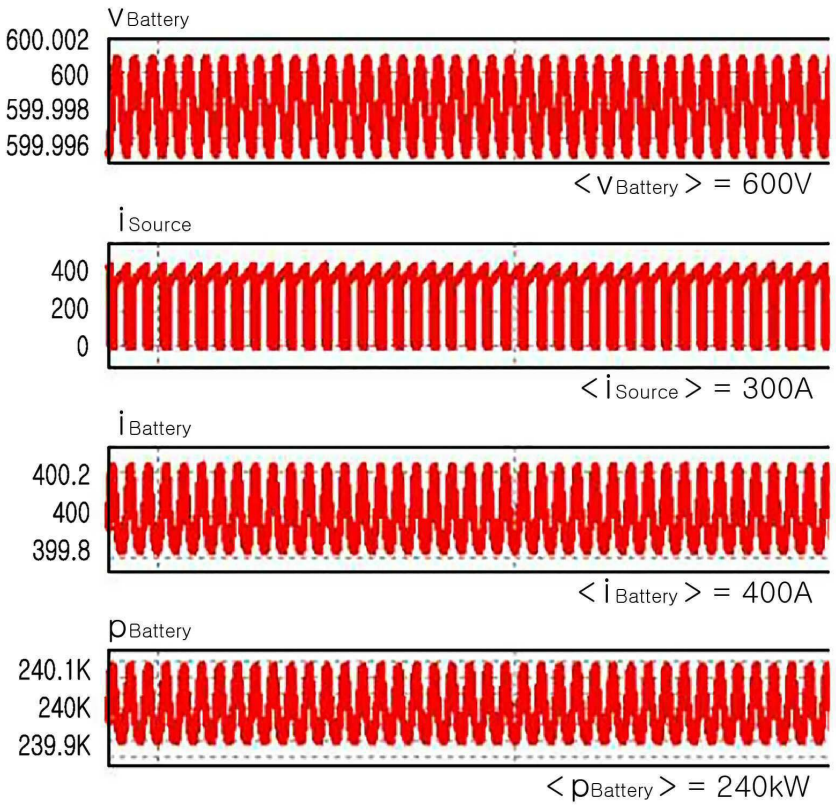
도면6


S
L
Vi
D
Co
Ro
Vo

도면7


VBattery
700
699.998
699.996
<VBattery> = 700V
iSource
400
200
0
<iSource> = 300A
iBattery
343
342.9
342.8
342.7
<iBattery> = 342.85A
pBattery
240.1K
240.05K
240K
239.95K
<pBattery> = 240kW

도면8


VBattery
600.002
600
599.998
599.996
<VBattery> = 600V
iSource
400
200
0
<iSource> = 300A
iBattery
400.2
400
399.8
<iBattery> = 400A
pBattery
240.1K
240K
239.9K
<pBattery> = 240kW