



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2011년01월26일
(11) 등록번호 10-1011235
(24) 등록일자 2011년01월20일

(51) Int. Cl.
H02J 7/14 (2006.01) H01M 2/10 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2008-0105387
(22) 출원일자 2008년10월27일
심사청구일자 2008년10월27일
(65) 공개번호 10-2010-0046522
(43) 공개일자 2010년05월07일
(56) 선행기술조사문헌
JP03858893 B2*
KR1020060085463 A*
KR1020060109458 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
킴스텍날리지 주식회사
대전 유성구 장동 한국에너지기술연구원 중앙연
구동 305호
(72) 발명자
김성민
대전광역시 유성구 궁동 490-6 513호
(74) 대리인
특허법인지명

전체 청구항 수 : 총 18 항

심사관 : 추형석

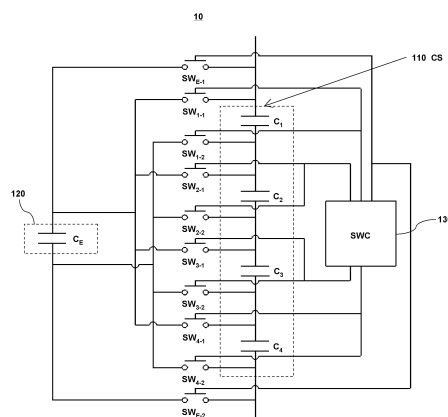
(54) 전기에너지 저장장치의 전압균등회로

(57) 요약

본 발명은 전지나 캐패시터 같은 전기에너지저장셀이 직렬로 연결되어 있는 전기에너지 저장장치에서 전기에너지 저장셀 사이의 전압균등화를 위한 단순하고 저렴한 수단을 제공하는 것에 대한 것으로, 한 개 이상의 전압균등화 셀을 매개체로 전압이 높은 전기에너지저장셀의 전기에너지는 전압이 낮은 전기에너지저장셀로 전달되어 전기에너지저장셀 사이의 전압균등화가 이루어질 수 있는 전압균등화 장치를 제공한다.

본 발명에 따른 전압균등회로는, 복수의 전기에너지저장셀이 직렬로 연결되어 있는 전기에너지저장셀 직렬스트링; 적어도 하나의 전압균등화셀을 포함하는 적어도 하나의 전압균등화셀 스트링; 상기 전기에너지저장셀과 상기 전압균등화셀을 병렬로 연결시키는 복수 개의 제1 스위칭 수단; 상기 전기에너지저장셀 직렬스트링과 상기 전압균등화셀 스트링을 병렬로 연결시키는 적어도 하나의 제2 스위칭 수단; 및 상기 제1 스위칭 수단 및 상기 제2 스위칭 수단을 제어하며, 상기 제1 스위칭 수단과 상기 제2 스위칭 수단이 동시에 ON 상태로 되지 않도록 제어하는 제어기;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

복수의 전기에너지저장셀이 직렬로 연결되어 있는 전기에너지저장셀 직렬스트링;

적어도 하나의 전압균등화셀을 포함하는 적어도 하나의 전압균등화셀 스트링;

상기 전기에너지저장셀과 상기 전압균등화셀을 병렬로 연결시키는 복수 개의 제1 스위칭 수단;

상기 전기에너지저장셀 직렬스트링과 상기 전압균등화셀 스트링을 병렬로 연결시키는 적어도 하나의 제2 스위칭 수단; 및

상기 제1 스위칭 수단 및 상기 제2 스위칭 수단을 제어하며, 상기 제1 스위칭 수단과 상기 제2 스위칭 수단이 동시에 ON 상태로 되지 않도록 제어하는 제어기;를 포함하는 전압균등화회로.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 제어기는

상기 제1 스위칭 수단과 상기 제2 스위칭 수단을 서로 번갈아 ON 상태가 되도록 제어하는 것을 특징으로 하는 전압균등화회로.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 전압균등화셀 스트링은

상기 복수 개의 전기에너지저장셀에 각각 대응하도록 상기 전압균등화셀을 복수 개 구비한 것을 특징으로 하는 전압균등화회로.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 복수 개의 전압균등화셀을 직렬로 연결하는 제3 스위칭 수단;

을 더 포함하며, 상기 제3 스위칭 수단은 상기 제어기에 의하여 제어되는 것

을 특징으로 하는 전압균등화회로.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 제3 스위칭 수단은

상기 제2 스위칭 수단이 ON 상태일 때 ON 상태가 되는 것

을 특징으로 하는 전압균등화회로.

청구항 6

제3항에 있어서,

상기 전기에너지저장셀과 그에 대응되는 상기 전압균등화셀 사이에 직렬로 연결되는 전류방향설정수단;

을 더 포함하는 전압균등화회로.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 전류방향설정수단은

상기 전기에너지저장셀과 상기 전압균등화셀 사이의 전위차를 측정하는 전압검출기를 더 포함하는 것

을 특징으로 하는 전압균등화회로.

청구항 8

제3항에 있어서,
 상기 복수 개의 전압균등화셀 각각에 저항이 병렬로 연결된 것
 을 특징으로 하는 전압균등화회로.

청구항 9

제1항에 있어서,
 상기 전압균등화셀에 연결된, 상기 전기에너지저장셀의 전압을 측정하는 전압검출기;
 를 더 포함하는 전압균등화회로.

청구항 10

제1항에 있어서,
 상기 전압균등화셀에 연결된, 상기 전기에너지저장셀의 전압이 설정값을 초과할 경우 상기 전기에너지저장셀을
 방전시키는 방전수단;
 을 더 포함하는 전압균등화회로.

청구항 11

제1항에 있어서, 상기 전압균등화셀 스트링은
 전압균등화셀과 직렬로 연결된 전압버퍼셀을 적어도 하나 포함하는 것
 을 특징으로 하는 전압균등화회로.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 전압균등화셀 스트링은
 상기 전압버퍼셀에 연결된 역전압 방지수단을 더 포함하는 것
 을 특징으로 하는 전압균등화회로.

청구항 13

제1항에 있어서, 상기 제어기는
 상기 전기에너지저장셀 직렬스트링의 전압에 따라 제1 스위칭 수단 또는 제2 스위칭 수단의 단위시간당 스위
 칭 횟수를 가변시키는 것
 을 특징으로 하는 전압균등화회로.

청구항 14

제1항에 있어서,
 상기 전기에너지 저장장치 및 상기 전압균등화회로가 복수개의 모듈로 분할되는 경우, 분할된 상기 전압균등화
 회로는 상기 제어기를 각각 포함하는 것
 을 특징으로 하는 전압균등화회로.

청구항 15

제14항에 있어서,
 분할된 상기 각 전압균등화회로의 상기 각 제어기는 동기화되어 동작하는 것을 특징으로 하는 전압균등화회로.

청구항 16

제14항에 있어서,

분할된 상기 각 전압균등화회로의 상기 각 제어기는 비동기로 동작하는 것을 특징으로 하는 전압균등화회로.

청구항 17

제14항에 있어서,

분할된 상기 각 전압균등화회로는 상기 모듈에 포함되는 분할된 전기에너지저장셀 직렬스트링에 대해 전압균등화동작이 가능하도록 상기 분할된 전기에너지저장셀 직렬스트링과의 연결 스위치수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 전압균등화회로.

청구항 18

제1항에 있어서,

상기 전압균등화셀 스트링은 전기이중층 캐패시터, 알루미늄 전해 콘덴서, 탄탈 전해콘덴서 중에서 한 가지 이상을 포함하는 것

을 특징으로 하는 전압균등화회로.

명세서

발명의 상세한 설명

기술분야

[0001] 본 발명은 전기에너지 저장장치의 전압균등화 장치에 관한 것으로서, 구체적으로는 전기에너지 저장셀이 직렬로 연결되어 구성된 전기에너지 저장장치에서 전기에너지 저장셀 간에 신속하게 전압균등화를 수행할 수 있는 전압균등화 장치에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 일반적으로 전지(Battery)나 울트라캐패시터(Ultracapacitor) 같은 전기에너지 저장셀(Electric Energy Storage Cell)은 전압이 수 볼트에 불과하지만 대부분의 응용분야에서는 수십 내지 수백 볼트의 전압이 요구된다. 이러한 상황에 따라 전지나 울트라캐패시터 같은 전기에너지 저장셀은 수백 개까지도 직렬로 연결되어 전기에너지 저장장치(Electric Energy Storage Device)를 구성한다.

[0003] 그러나 전지나 울트라캐패시터 같은 전기에너지 저장셀이 정상적으로 동작하기 위해서는 정상동작 전압영역 내에서 충전과 방전이 이루어져야한다. 정상동작 전압영역을 벗어난 영역에서 전기에너지 저장셀이 동작할 경우, 예컨대 저전압(Under-Voltage) 또는 과전압(Over-Voltage) 상태에서 동작하는 경우에는 전기에너지 저장셀의 수명이 급격하게 단축될 수 있으며 또는 폭발이나 화재 같은 사고가 발생할 수 있다.

[0004] 따라서 전기에너지 저장셀을 직렬로 연결하기 위해서는 각각의 전기에너지 저장셀이 동일한 특성을 지녀야 한다. 즉 제조회사, 모델, 용량, 누설전류 등이 동일해야하며 심지어는 동일한 제조일자 및 동일한 로트번호가 요구되기도 한다.

[0005] 그러나 전지나 울트라캐패시터 같은 전기에너지 저장셀은 온도에 따라 특성이 변할 수 있으며, 또한 전기에너지 저장셀이 직렬로 연결된 전기에너지 저장장치는 전기에너지 저장셀의 위치에 따라 온도편차 또는 전기에너지 저장셀 사이의 에이징 편차가 존재할 수 있으므로 전기에너지 저장셀 자체만으로 전기에너지 저장셀 사이의 전압균등화를 지속적으로 유지하는 것은 매우 어렵다.

[0006] 이러한 현실적인 어려움 때문에 전기에너지 저장셀 사이의 전압균등화(Voltage Equalization)를 위한 장치들이 개발되었다. 간단하게는 각 전기에너지 저장셀에 제너다이오드 같은 기능을 하는 소자를 병렬로 연결하여 가장 큰 위험요소중의 하나인 과전압을 방지하는 방법이 있으나, 이는 엄밀한 의미에서 전압균등화장치가 아닌 과전압방지 수단일 뿐이다. 특히 전지나 울트라캐패시터 같은 전기에너지 저장셀은 전압에 따라 에이징 편차가 발생되기 때문에 장시간동안 안정된 특성을 유지하기 위해서는 정밀한 전압균등화회로가 필요하다.

[0007] 종래기술로서 캐패시터를 스위치를 통해 각 전지 또는 전지그룹에 병렬로 연결하고 스위치를 절환(cutting)하여 인접 전지에 병렬로 연결하는 동작을 반복함으로써 전압이 높은 전지의 전기에너지를 전압이 낮은 전지로 전달시켜 전체적으로 전지 사이의 전압을 균등하게 유지하고 전기에너지 손실 또한 감소시키는 방법이 있었으나, 이러한 방법은 부품수가 많아 가격상승을 유발시키는 단점을 지니고 있다. 특히 용량이 작은 전지로 전기에너지 저장장치가 구성되는 경우 전압균등화회로의 가격이 전체 가격에서 큰 비중을 차지하는 단점을 지닌다.

[0008] 또다른 종래기술로서 직렬로 연결된 각 전지에 전압보정용 전지를 정해진 시간동안 병렬로 연결하고 다시 이를 다른 전지에 병렬로 연결시키는 동작을 반복함으로써, 직렬로 연결된 전지 중에서 전압이 높은 전지의 전기에너지를 전압이 낮은 전지로 전달하여 전체적으로 전압균등화와 전기에너지 손실을 감소시키는 방법이 있다. 그러나 이러한 방법은 비교적 단순한 구조를 갖지만 각 전지와 전지 사이에서 전기에너지가 전달되어 전압균등화가 이루어지는 속도가 낮은 단점을 지닌다.

[0009] 또 다른 종래기술로서 캐패시터와 같은 에너지저장수단을 포함하는 에너지 저장회로를 직렬로 연결된 전지에 각각 정해진 시간 동안 병렬로 연결하고 다시 에너지 저장회로를 구성하는 에너지저장수단들을 병렬로 연결하는 동작을 반복함으로써 직렬로 연결된 전지 사이의 전기에너지 전달로 전압균등화를 행하는 종래의 기술이 있었으나, 이는 구조적으로 전압균등화 속도를 증가시킬 수 있지만 복잡한 구조를 가져야 하며 따라서 높은 생산단가를 유발하는 문제점이 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0010] 본 발명은 전술한 문제점을 해결하기 위한 것으로, 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 전기에너지 저장장치의 단위셀에 대하여 빠르고 효율적으로 전압균등화를 수행할 수 있는 전압균등화 회로를 제공하는 것이다.

과제 해결수단

[0011] 전술한 과제를 해결하기 위하여, 본 발명의 일면에 따른 전압균등화회로는, 복수의 전기에너지저장셀이 직렬로 연결되어 있는 전기에너지저장셀 직렬스트링; 적어도 하나의 전압균등화셀을 포함하는 적어도 하나의 전압균등화셀 스트링; 상기 전기에너지저장셀과 상기 전압균등화셀을 병렬로 연결시키는 복수 개의 제1 스위칭 수단; 상기 전기에너지저장셀 직렬스트링과 상기 전압균등화셀 스트링을 병렬로 연결시키는 적어도 하나의 제2 스위칭 수단; 및 상기 제1 스위칭 수단 및 상기 제2 스위칭 수단을 제어하며, 상기 제1 스위칭 수단과 상기 제2 스위칭 수단이 동시에 ON 상태로 되지 않도록 제어하는 제어기;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

효과

[0012] 본 발명은, 전압균등화셀은 제어기에 의해 정해진 시간동안 스위칭 수단에 의해 전기에너지저장셀에 병렬로 연결되고 다시 전압균등화셀 스트링은 제어기에 의해 정해진 시간동안 직렬스트링에 병렬로 연결되는 동작을 반복하여 전기에너지저장셀 사이에서 전기에너지가 전달되도록 함으로써 전기에너지저장셀 사이의 전압을 균등화시키고 전압균등화동작 과정에 있어서 종래기술에 비해 전기에너지 손실을 감소시키고 전압균등화 속도를 증가시킬 수 있는 장점이 있다.

[0013] 또한 본 발명은 단순한 구조를 가지므로 생산비용을 절감할 수 있는 장점이 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0014] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세하게 설명한다.

[0015] 도 1은 본 발명에 따른 전기에너지 저장장치의 전압균등화회로의 제1 실시예를 도시한 회로도이다.

[0016] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 제1 실시예에 따른 전압균등화회로(10)는 4개의 전기에너지저장셀(이하, '단위셀'이라 칭함) (C₁, C₂, C₃, C₄)이 직렬로 연결되어 있는 전기에너지저장셀 직렬스트링(이하, '단위셀 직렬스트링'이라 칭함) CS(110), 한 개의 전압균등화셀 C_E(120), 전압균등화셀(120)과 단위셀(C₁, C₂, C₃, C₄)을 병렬로 연결하는 스위치(SW₁₋₁, SW₁₋₂, SW₂₋₁, SW₂₋₂, SW₃₋₁, SW₃₋₂, SW₄₋₁, SW₄₋₂), 직렬스트링(110)과 전압균등화셀(120)을 병렬로 연결하는 스위치(SW_{E-1}, SW_{E-2}), 스위치를 제어하기 위한 제어기 SWC(130)를 포함하여 구성된다.

- [0017] 이하에서는 도 1에 도시된 전압균등화회로(10)의 동작에 대하여 상세히 설명한다.
- [0018] 일정 시간동안 전압균등화셀(120)이 제1 단위셀(C_1)과 병렬로 연결되도록 하기 위하여, 제어기(130)의 제어에 따라 제1 단위셀과 연관된 스위치(SW_{1-1} , SW_{1-2})가 ON 상태를 유지한다. 그 후, 제어기(130)에 의해 스위치(SW_{1-1} , SW_{1-2})가 OFF 상태가 되고, 전압균등화셀(120)과 직렬스트링(110)이 일정시간동안 병렬로 연결되도록 제어기(130)에 의해 스위치(SW_{E-1} , SW_{E-2})가 ON된다. 다시 제어기(130)에 의해 스위치(SW_{E-1} , SW_{E-2})가 OFF된 후 일정시간동안 전압균등화셀(120)이 제2 단위셀(C_2)과 병렬로 연결되도록 제어기(130)에 의해 스위치(SW_{2-1} , SW_{2-2})가 ON된다. 다시 제어기(130)에 의해 스위치(SW_{2-1} , SW_{2-2})가 OFF된 후 전압균등화셀(120)과 직렬스트링(110)이 일정 시간동안 병렬로 연결되도록 제어기(130)에 의해 스위치(SW_{E-1} , SW_{E-2})가 ON된다. 이후, 3번 단위셀 및 4번 단위셀에 대해서도 전술하여 설명한 단위셀과 직렬스트링을 순차적으로 병렬 연결하는 동작을 순차적으로 반복한다.
- [0019] 이러한 순차 반복적인 전압균등화셀(120)과 각 단위셀 또는 전압균등화셀(120)과 직렬스트링(100)을 병렬연결함으로써, 전압균등화셀(120)을 이용하여 직렬스트링(110)의 전기에너지를 직렬스트링의 각 단위셀(C_1 , C_2 , C_3 , C_4)로 전달하도록 할 수 있다. 이때, 직렬스트링(110)의 전압균등화가 이루어져있지 않을 경우 단위셀의 전압이 낮을수록 직렬스트링(110)과의 전압차가 증가하므로 전압이 낮은 단위셀로 더 많은 전기에너지가 전달되며 전압균등화가 이루어진다.
- [0020] 예컨대 도 1의 직렬스트링의 단위셀(C_1 , C_2 , C_3 , C_4)로서 용량이 100F인 전기이중층 캐패시터 단위셀을 사용하고 전압균등화셀로서 용량이 0.1F 인 알루미늄 전해콘덴서를 사용하여 직렬스트링(110)의 충전전압은 10V, 직렬스트링을 이루는 전기이중층 캐패시터 단위셀의 충전전압이 각각 2.4V, 2.4V, 2.8V, 2.4V인 경우를 가정하여 이하에서 설명한다.
- [0021] 직렬스트링(110)과 전압균등화셀(120) 사이의 병렬연결을 해제한 후 전압균등화셀(120)과 전압이 2.4V인 단위셀을 병렬로 연결하면, 전압균등화셀(120)과 단위셀의 전압은 2.40759V가 되지만, 전압균등화셀(120)과 전압이 2.8V인 단위셀을 병렬로 연결하면 전압균등화셀(120)과 단위셀의 전압은 2.80719V가 된다. 즉, 전압균등화셀(120)을 2.4V의 전압을 갖는 단위셀에 병렬 연결을 한 경우에는 2.8V의 전압을 갖는 단위셀에 병렬 연결을 한 경우에 비해 전압 증가량이 0.0004V 크다. 이러한 경우 전압균등화셀(120)의 용량을 증가시키면 전압증가량도 증가한다.
- [0022] 전술한 전압균등화 과정에서 보듯이, 전압균등화셀(120)에 의해 직렬스트링의 각 단위셀(C_1 , C_2 , C_3 , C_4)의 전압은 전체적으로 증가하지만, 전압균등화셀(120)이 하나의 단위셀과 병렬로 연결되어 방전된 후 다시 직렬스트링(110)에 병렬로 연결되면 직렬스트링(110)의 전기에너지에 의해 전압균등화셀(120)이 충전되는 과정을 거치게 되므로써 직렬스트링(110)은 방전된다. 이러한 직렬스트링(110)의 방전과정에서 직렬스트링(110)을 구성하는 단위셀들의 전압 강하량은 단위셀의 전압과 관계없이 동일하다.
- [0023] 즉, 전압균등화셀(120)이 직렬스트링(110)과 직렬스트링의 단위셀(C_1 , C_2 , C_3 , C_4) 사이에서 충전과 방전을 반복하는 과정에서, 전압균등화셀(120)과 전압이 낮은 단위셀을 병렬로 연결하는 과정에서 전압이 낮은 단위셀이 더 큰 전압증가량을 가지는데 반하여, 전압균등화셀(120)이 직렬스트링(110)에 병렬로 연결되어 전압균등화셀이 충전되는 과정에는 직렬스트링(110)을 이루는 각 단위셀들은 그 단위셀의 전압에 관계없이 동일한 크기로 전압이 강해진다. 따라서 이러한 반복적인 과정을 거치게 되면서, 직렬스트링(110)의 전압이 낮은 단위셀은 전압이 높은 단위셀보다 더 높은 전압증가 과정과 동일한 전압강하 과정을 반복적으로 수행하게 되므로, 직렬스트링(110)의 각 단위셀들은 전압균등화를 이룰 수 있다.
- [0024] 종래 기술의 경우에는, 전압균등화를 위해 전압보정 캐패시터를 매개체로 한 번의 동작에서 단위셀과 단위셀 사이에서 전기에너지가 전달되어 그 전압균등화의 속도가 느린 문제점이 존재하였으나, 본 발명은 전압균등화셀을 사용하여 한 번의 동작에서 단위셀과 직렬스트링 사이에서 전기에너지가 전달되므로 전압균등화 속도를 증가시킬 수 있게 된다.
- [0025] 또한 본 발명은 전압균등화 속도를 증가시키기 위하여, 복수 개의 전압균등화셀을 사용할 수 있다. 이하에서는 도 2를 참조하여 복수 개의 전압균등화셀을 구비한 실시예에 대하여 상세히 설명한다.
- [0026] 도 2는 본 발명에 따른 복수 개의 전압균등화셀을 사용하는 전압균등화회로의 일실시예를 도시한 회로도이다.

- [0027] 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 전압균등화 회로(20)는, 4개의 전기이중층 캐패시터 단위셀(C_1 , C_2 , C_3 , C_4)이 직렬로 연결되어 있는 직렬스트링 CS(210), 직렬스트링과 각각 병렬로 연결되는 2개의 전압균등화셀 C_{E1} (221) 및 C_{E2} (222), 전압균등화셀(221,222)과 직렬스트링의 각 단위셀(C_1 , C_2 , C_3 , C_4)을 병렬로 연결하는 스위치(SW_{1-1} , SW_{1-2} , SW_{2-1} , SW_{2-2} , SW_{3-1} , SW_{3-2} , SW_{4-1} , SW_{4-2}), 직렬스트링(210)과 전압균등화셀(221,222)을 병렬로 연결하는 스위치(SW_{E1-1} , SW_{E1-2} , SW_{E2-1} , SW_{E2-2}) 및 스위치를 제어하기 위한 제어기 SWC(130)로 구성된다.
- [0028] 이때, 제1 전압균등화셀 C_{E1} (221)은 직렬스트링의 제1 단위셀(C_1) 또는 제2 단위셀(C_2)에 병렬로 연결되며, 제2 전압균등화셀 C_{E2} (222)은 직렬스트링의 3번 단위셀(C_3) 또는 4번 단위셀(C_4)에 병렬로 연결될 수 있다.
- [0029] 이하에서는 도 2에 도시된 전압균등화회로(20)의 동작에 대하여 상세히 설명한다.
- [0030] 제어기(230)는 전압균등화셀 C_{E1} (221) 및 C_{E2} (221)와 직렬스트링(210)을 병렬로 연결하는 스위치(SW_{E1-1} , SW_{E1-2} , SW_{E2-1} , SW_{E2-2})가 OFF 되도록 제어한 후, 일정시간동안 제1 전압균등화셀 C_{E1} (221)이 제1 단위셀(C_1) 또는 제2 단위셀(C_2)과 병렬로 연결 되도록, 제2 전압균등화셀 C_{E2} (222)이 3번 단위셀(C_3) 또는 4번 단위셀(C_4)과 병렬로 연결되도록 각 스위치들(SW_{1-1} , SW_{1-2} , SW_{2-1} , SW_{2-2} , SW_{3-1} , SW_{3-2} , SW_{4-1} , SW_{4-2})을 제어한다. 그 후, 제어기(230)는 전압균등화셀(221,222)과 단위셀들의 병렬연결을 해제하기 위해 스위치(SW_{1-1} , SW_{1-2} , SW_{2-1} , SW_{2-2} , SW_{3-1} , SW_{3-2} , SW_{4-1} , SW_{4-2})를 OFF 상태로 되도록 제어한 후, 일정시간 동안 전압균등화셀(221,222)과 직렬스트링(210)을 병렬로 연결하기 위하여 스위치(SW_{E1-1} ~ SW_{E2-2})를 ON 상태가 되도록 제어한다.
- [0031] 이렇게 전압균등화셀(221,222)과 단위셀(C_1 , C_2 , C_3 , C_4)을 병렬로 연결시킨 후, 다시 일정시간동안 전압균등화셀(221,222)과 직렬스트링(210)을 병렬로 연결시키는 과정을 반복함으로써 직렬스트링 내의 단위셀(C_1 , C_2 , C_3 , C_4) 간에 전압균등화를 이룰수 있다.
- [0032] 이때, 전압균등화셀(221,222)과 단위셀(C_1 , C_2 , C_3 , C_4)의 병렬연결은 순차적으로 이루어질 수 있으며, 또는 단위셀(C_1 , C_2 , C_3 , C_4)에 대하여 전압검출이 가능한 경우에는 각 단위셀들(C_1 , C_2 , C_3 , C_4)의 전압검출 결과에 따라 특정 단위셀에 대해 집중적으로 병렬연결을 수행할 수도 있다.
- [0033] 전술한 설명에서는 전압균등화 동작에 대한 이해를 돕기 위해 제1 전압균등화 셀에 연결된 스위치(SW_{E1-1} , SW_{E1-2})와 제2 전압균등화셀에 연결된 스위치(SW_{E2-1} , SW_{E2-2})를 동기화하여 설명하였지만, 제1 전압균등화셀의 스위칭 동작과 제2 전압균등화셀의 스위칭 동작을 동기화시키지 않고 상호 독립적으로 동작시킬 수도 있다.
- [0034] 또한 전술한 실시예에서는 전압균등화셀을 2개(221,222)로 하여 실시하였지만, 이는 설명의 편의를 위한 것일 뿐 본 발명을 한정하기 위한 것은 아니다. 따라서, 전압균등화셀의 숫자를 증가시켜 실시예를 구성할 수 있음은 물론이며, 이러한 경우에는 단위셀과 전압균등화셀 사이의 시간당 병렬연결 횟수가 증가될 수 있으므로 전압균등화의 속도를 증가시킬수 있다. 이와같이 전압균등화셀의 숫자를 증가시키는 것은, 직렬스트링의 직렬연결된 단위셀의 수가 증가하는 경우에도 전압균등화 속도의 감소를 방지할 수 있는 효과적인 방법이다.
- [0035] 전기이중층 캐패시터나 이차전지를 단위셀로 하여 직렬연결하여 전기에너지 저장장치를 구성하는 경우에는, 직렬연결된 단위셀의 수가 증가함에 따라 전기에너지 저장장치의 중량과 부피가 증가하게 된다. 따라서 직렬연결된 단위셀의 수가 많은 경우 전기에너지 저장장치를 여러 개의 모듈로 분할하는 것이 바람직하다. 이와같이 전기에너지 저장장치가 여러 개의 모듈이 다시 직렬로 연결되어 구성되는 경우에도 전술한 바와 같이 복수 개의 전압균등화셀을 사용하는 것이 효과적이다.
- [0036] 이하에서는 도 3를 참조하여 복수 개의 모듈로 분할구성된 전기에너지 저장장치에 대한 전압균등화회로의 실시예에 대하여 상세히 설명한다.
- [0037] 도 3은 전기에너지 저장장치가 2개의 모듈로 분할된 경우 본 발명에 따른 모듈로 분할된 전압균등화회로의 회로도이다.
- [0038] 도 3에 도시된 바와 같이, 8개의 전기이중층 캐패시터 단위셀(C_1 내지 C_8)이 직렬로 연결되어 전체 직렬 스트링 CS(310)를 구성한다.

- [0039] 제1 모듈 $M_1(301)$ 은 4개의 전기이중층 캐패시터 단위셀(C_1, C_2, C_3, C_4)이 직렬로 연결된 제1 직렬스트링 $CS_{M1}(311)$, 전체 직렬스트링 $CS(310)$ 와 병렬로 연결되는 제1 전압균등화셀 $C_{E1}(321)$, 전체 직렬스트링 $CS(310)$ 와 제1 전압균등화셀 $C_{E1}(321)$ 사이의 병렬연결을 ON/OFF 시키는 스위치(SW_{E1-1}, SW_{E1-2}), 제1 전압균등화셀 $C_{E1}(321)$ 과 제1 직렬스트링 $CS_{M1}(311)$ 의 단위셀(C_1, C_2, C_3, C_4) 사이의 병렬연결을 ON/OFF 시키는 스위치(SW_{1-1} 내지 SW_{4-2}), 제1 모듈 $M_1(301)$ 에 포함되는 스위치들을 제어하는 제1 모듈 스위치 제어기 $SWC_{M1}(331)$ 및 제1 모듈 백업스위치(SW_{M1})로 구성된다.
- [0040] 제2 모듈 $M_2(302)$ 는 4개의 전기이중층 캐패시터 단위셀(C_5, C_6, C_7, C_8)가 직렬로 연결된 제2 직렬스트링 $CS_{M2}(312)$, 전체 직렬스트링 $CS(310)$ 와 병렬로 연결되는 제2 전압균등화셀 $C_{E2}(322)$, 전체 직렬스트링 $CS(310)$ 와 제2 전압균등화셀 $C_{E2}(322)$ 사이의 병렬연결을 ON/OFF 시키는 스위치(SW_{E2-1}, SW_{E2-2}), 제2 전압균등화셀 $C_{E2}(321)$ 과 제2 직렬스트링 $CS_{M2}(312)$ 의 단위셀(C_5, C_6, C_7, C_8) 사이의 병렬연결을 ON/OFF 시키는 스위치(SW_{5-1} 내지 SW_{8-2}), 제2 모듈 $M_2(302)$ 에 포함되는 스위치들을 제어하는 제2 모듈 스위치 제어기 $SWC_{M2}(332)$ 및 제2 모듈 백업스위치(SW_{M2})로 구성된다.
- [0041] 제1 모듈 $M_1(301)$ 과 제2 모듈 $M_2(302)$ 는 직렬로 연결되어 전기에너지 저장장치를 구성하며 제1 직렬스트링 $CS_{M1}(311)$ 과 제2 직렬스트링 $CS_{M2}(312)$ 이 직렬로 연결되어 전체 직렬스트링(CS)을 구성한다.
- [0042] 도 3에 도시된 전압균등화회로(30)의 동작은 도 2를 참조하여 전술한 전압균등화회로(20)의 동작과 균등한 원리로 동작하나, 도 2의 전압균등화회로(20)에서는 1개의 제어기를 사용하여 모든 스위치를 동작시킨 것에 반해 도 3의 전압균등화회로(30)는 각 모듈별로 독립된 스위치 제어기 $SWC_{M1}(331)$ 및 $SWC_{M2}(332)$ 를 가지는 차이점이 있다. 또한 도 3에서 도시된 전압균등화회로(30)는 모든 스위치의 스위칭 동작을 동기화시키지 않고 전압균등화셀 별로 독립적으로 스위칭 동작을 수행하여도 무방한 것은 전술한 바와 같다.
- [0043] 또한 도 3을 참조하여 전술한 바와 같이, 전압균등화회로(30)는 모든 모듈에서 사용되는 스위치(SW_{E1-1} 내지 SW_{E2-2})를 동기화하여 동작시킬 수 있도록 각 모듈간의 동기화 신호를 공유하도록 동기신호선을 연결하여 사용하도록 실시예를 구성할 수도 있다.
- [0044] 제1 모듈 백업스위치(SW_{M1})와 제2 모듈 백업스위치(SW_{M2})는, 각 모듈의 전압균등화셀(321, 322)과 전체 직렬스트링(310)과의 병렬연결에 문제가 발생되어 정상적인 전압균등화동작이 이루어지지 않는 경우에 ON되어 각 모듈의 직렬스트링 $CS_{M1}(311)$ 및 $CS_{M2}(312)$ 에 대해 전압균등화를 행하게 된다. 이러한 경우에 경보신호를 발생시키면 더욱 효과적이다. 따라서 정상적으로 전압균등화가 수행되는 동안, 제1 모듈 백업스위치(SW_{M1})와 제2 모듈 백업스위치(SW_{M2})는 OFF 상태이다.
- [0045] 전술한 바와 같이, 전기에너지 저장장치에서 직렬스트링의 직렬수가 증가하더라도 직렬스트링을 여러 개의 모듈로 분할하여 각 모듈을 구성하고, 각 모듈에 대하여 도 3을 참조하여 전술한 전압균등화회로(30)를 사용함으로써 손쉽게 전압균등화를 행할 수 있다.
- [0046] 전술한 전압균등화회로에서는 전압균등화셀이 직렬스트링과 직접 병렬로 연결되어 동작하는 전압균등화 동작을 설명하였다. 그러나 전압균등화셀과 병렬로 연결되는 직렬스트링의 직렬수가 증가하면 직렬스트링의 단위셀과 직렬스트링과의 전압차이가 증가할 수 있으며, 이에 따라 단위셀과 직렬스트링 사이를 번갈아가며 병렬로 연결되는 전압균등화셀과 스위치에는 큰 전압차에 의한 순간적인 대전류가 반복적으로 흐를 수 있다. 이러한 대전류는 열을 발생시켜 온도상승을 유발하고 소자의 수명을 단축시키며 스위치의 가격상승을 초래하고 전압균등화회로의 에너지효율을 감소시킬 수 있으므로, 이하에서는 이러한 대전류를 방지하기 위한 전압균등화셀을 직렬로 연결하여 구성된 전압균등화회로에 대하여 설명한다.
- [0047] 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 전압균등화셀과 직렬로 연결된 전압버퍼셀(Voltage Buffer Cell)을 사용하는 전압균등화회로의 회로도이다.
- [0048] 도 4에 도시된 바와 같이, 전압균등화회로(40)는 4개의 전기이중층 캐패시터 단위셀(C_1, C_2, C_3, C_4)이 직렬로 연결되어 있는 단위셀 직렬스트링 $CS(410)$, 전압균등화셀 $C_E(421)$, 전압버퍼셀 $C_{VP}(422)$, 전압균등화셀(421)과

전압버퍼셀(422)이 직렬로 연결되어 구성되는 전압균등화셀 직렬스트링 $CS_E(420)$, 전압균등화셀 $C_E(421)$ 과 직렬 스트링의 단위셀(C_1, C_2, C_3, C_4) 사이의 병렬연결을 ON/OFF 시키는 스위치(SW_{1-1} 내지 SW_{4-2}), 직렬스트링(410)과 전압균등화셀 직렬스트링(420) 사이의 병렬연결을 ON/OFF 시키는 스위치(SW_{E-1} , SW_{E-2}) 및 스위치(SW_{1-1} 내지 SW_{4-2} , SW_{E-1} , SW_{E-2})를 제어하기 위한 제어기 SWC(430)로 구성된다.

[0049] 도 4에 도시된 전압균등화회로(40)는 도 1을 참조하여 전술한 전압균등화회로(10)의 전압균등화셀 C_E 에 전압버퍼셀 C_{VP} 을 더 포함하여 직렬로 연결한 것이다. 즉, 도 4에 도시된 전압균등화회로(40)의 기본 동작은 도 1에 도시된 전압균등화회로(10)의 동작과 동일성이 있다.

[0050] 이하에서는 도 4를 참조하여, 전압균등화회로(40)의 동작에 대하여 상세히 설명한다.

[0051] 제어기 SWC(430)는 스위치(SW_{1-1} 내지 SW_{4-2})를 제어하여 정해진 순서에 따라 일정시간동안 전압균등화셀 $C_E(421)$ 과 단위셀을 병렬로 연결시킨 후, 다시 스위치(SW_{1-1} 내지 SW_{4-2})를 OFF상태가 되도록 제어한다. 그 후, 제어기 SWC(430)는 스위치(SW_{E-1} , SW_{E-2})를 제어하여 전압균등화셀 직렬스트링 $CS_E(420)$ 과 단위셀 직렬스트링 CS(410)을 병렬로 연결시킨다. 이와같이 전압균등화셀 $C_E(421)$ 이 단위셀에 병렬로 연결되면, 전압균등화 직렬스트링 $CS_E(420)$ 의 전압은 병렬로 연결되기 전 전압균등화셀 $C_E(421)$ 의 전압과 단위셀의 전압 간의 전압차이 만큼 변하게 된다. 이때, 이러한 전압차이는 직렬스트링 CS(410)을 구성하는 각 단위셀(C_1, C_2, C_3, C_4)의 전압분포 편차에 해당되는 것이다. 따라서 그 후 제어기 SWC(430)에 의해 전압균등화셀 $C_E(421)$ 과 단위셀 사이의 병렬연결 스위치(SW_{1-1} 내지 SW_{4-2})가 OFF 상태로 된 후, 전압균등화셀 직렬스트링 $CS_E(420)$ 과 단위셀 직렬스트링 CS(410) 사이의 병렬연결 스위치(SW_{E-1} , SW_{E-2})가 ON 상태로 되면 2개의 직렬스트링 사이의 전압차이가 크지 않으므로 2개의 직렬스트링(410 및 420)을 병렬로 연결하는 과정에서 흐르는 전류를 대폭 감소시킬 수 있다. 만약 직렬스트링 CS(410)이 전압균등화가 이루어졌을 경우에는, 전압균등화셀 $C_E(421)$ 이 정해진 순서에 따라 단위셀과 병렬로 연결되어도 전압변화가 없으므로 전압균등화셀 직렬스트링 $CS_E(420)$ 의 전압도 변하지 않는다. 따라서 전압균등화셀 직렬스트링 $CS_E(420)$ 과 단위셀 직렬스트링 CS(410)의 전압이 동일하므로 2개의 직렬스트링(410 및 420)이 병렬로 연결되더라도 전류는 흐르지 않게 된다. 이러한 전압균등화 과정에서 전압버퍼셀 $C_{VP}(422)$ 은 직렬스트링 CS(410)의 전압과 단위셀의 전압 차이만큼을 유지하는 것이다.

[0052] 이러한 전압균등화회로(40)에 있어서, 전압균등화셀 직렬스트링 $CS_E(420)$ 의 전압균등화셀 $C_E(421)$ 과 전압버퍼셀 $C_{VP}(422)$ 의 용량비는 다양하게 설정될 수 있지만, 전압균등화셀 $C_E(421)$ 의 용량이 전압버퍼셀 $C_{VP}(422)$ 의 용량에 비해 크도록 설정하는 것이 더욱 바람직하다.

[0053] 예컨대, 도 4의 전압균등화회로(40)에 있어서, 각 단위셀(C_1, C_2, C_3, C_4)로서 정전용량이 100F인 전기이중층 캐패시터를 사용하여 직렬스트링 CS(410)의 정격전압이 10V이고, 전압균등화셀 $C_E(421)$ 로서 정전용량이 2200 μF , 정격전압이 6.3V인 알루미늄 전해콘덴서를 사용하고, 전압버퍼셀 $C_{VP}(422)$ 로서 정전용량이 680 μF , 정격전압이 16V인 알루미늄 전해콘덴서를 사용하는 경우에 대하여 살펴보면, 직렬스트링 CS(410)의 전압균등화가 이루어지면 단위셀(C_1, C_2, C_3, C_4)의 전압은 2.5V가 되고 전압균등화셀 $C_E(421)$ 의 전압도 단위셀(C_1, C_2, C_3, C_4)의 전압과 같은 2.5V가 되며 전압버퍼셀 $C_{VP}(422)$ 의 전압은 7.5V가 된다.

[0054] 일반적으로 알루미늄 전해콘덴서와 탄탈 전해콘덴서에서 부피가 일정할 경우 정격전압을 증가시키면 정전용량이 작아진다. 따라서 전압버퍼셀 $C_{VP}(422)$ 과 전압균등화셀 $C_E(421)$ 의 용량을 동일하게 설정할 경우, 전압버퍼셀 $C_{VP}(422)$ 의 부피 및 가격이 증가하게 되므로 전압버퍼셀 $C_{VP}(422)$ 이 전압균등화셀 $C_E(421)$ 에 비해 작은 정전용량을 갖도록 설정하는 것이 바람직하다.

[0055] 이렇게 용량차이가 큰 셀들을 직렬로 연결하여 전압균등화셀 직렬스트링 $CS_E(420)$ 을 구성함에 있어서 정전용량이 작은 셀에 역전압(Reverse Voltage)이 인가될 가능성이 존재하며, 이러한 역전압을 방지하기 위하여 정전용량이 작은 셀에 다이오드 또는 다이오드와 같은 역할을 하는 소자를 병렬로 연결함으로써 셀에 역전압이 인가되는 경우에도 전류를 바이패스(Bypass)시킬 수 있도록 실시예를 구성할 수 있다.

- [0056] 또한 기술한 설명에서는 전압균등화셀 직렬스트링 CS_E(420)에 1개의 전압버퍼셀 C_{VP}(422)을 사용한 경우를 예시 하였지만, 복수 개의 전압버퍼셀을 직렬로 연결하여 사용하더라도 무방하다.
- [0057] 또한 서로 다른 종류의 셀을 이용하여 전압균등화셀 C_E(421)과 전압버퍼셀 C_{VP}(422)을 사용할 수도 있다. 예를 들어 전압버퍼셀 C_{VP}(422)로 알루미늄 전해콘덴서를 사용하고 전압균등화셀 C_E(421)로 전기이중층 캐패시터나 탄 탈 전해콘덴서를 사용할 수도 있다.
- [0058] 한편 직렬스트링 CS의 단위셀 용량이 증가할수록, 전압균등화회로의 전기에너지 전달속도를 증가시킬 필요가 있다. 따라서 이하에서는 도 5를 참조하여 전기에너지 전달속도를 증가시킬 수 있는 전압균등화회로에 대하여 설명한다.
- [0059] 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 전기에너지 전달속도를 증가시킨 전압균등화회로의 회로도이다.
- [0060] 도 5에 도시된 바와 같이, 전압균등화회로(50)는 4개의 전기이중층 캐패시터 단위셀(C₁, C₂, C₃, C₄)이 직렬로 연결되어 있는 단위셀 직렬스트링 CS(510), 단위셀 직렬스트링의 각 단위셀(C₁, C₂, C₃, C₄)에 대응되는 정전용량이 동일한 전압균등화셀(C_{E1}, C_{E2}, C_{E3}, C_{E4}), 전압균등화셀이 직렬로 연결되어 구성되는 전압균등화셀 직렬스트링 CS_E(520), 각 전압균등화셀(C_{E1}, C_{E2}, C_{E3}, C_{E4})과 각 단위셀(C₁, C₂, C₃, C₄) 사이의 병렬연결을 ON/OFF 시키는 스위치 (SW₁₋₁~SW₄₋₂), 전압균등화셀(C_{E1}, C_{E2}, C_{E3}, C_{E4})과 단위셀(C₁, C₂, C₃, C₄) 사이에서 스위치(SW₁₋₁, SW₂₋₁, SW₃₋₁, SW₄₋₁)와 직렬로 연결되는 다이오드(D₁, D₂, D₃, D₄), 단위셀 직렬스트링(CS)과 전압균등화셀 직렬스트링(CS_E)사이의 병렬연결을 ON/OFF 시키는 스위치(SW_{E1} 내지 SW_{E5}) 및 스위치(SW₁₋₁ 내지 SW₄₋₂, SW_{E1} 내지 SW_{E5})를 제어하기 위한 제어기 SWC(530)로 구성된다.
- [0061] 다이오드(D₁, D₂, D₃, D₄)는 전류가 단위셀에서 전압균등화셀 방향으로 흐르지만 반대방향으로 흐르지 못하도록 한다. 즉 단위셀이 전압균등화셀로 방전은 이루어지지만 전압균등화셀에 의해 충전되지는 않도록 한다. 즉, 다이오드는 전류방향설정수단으로 사용된다.
- [0062] 이하에서는 도 5를 참조하여 전압균등화회로(50)의 동작에 대하여 설명한다.
- [0063] 제어기(530)에 의해 일정시간 동안 스위치(SW_{E1} 내지 SW_{E5})가 ON 되어 전압균등화셀 직렬스트링(520)의 전압균등화셀(C_{E1}, C_{E2}, C_{E3}, C_{E4})이 상호 직렬로 연결되고 또한 전압균등화셀 직렬스트링(520)과 단위셀 직렬스트링(510)이 병렬로 연결된다. 이후 제어기(530)에 의해 스위치(SW_{E1} 내지 SW_{E5})가 OFF 됨으로써 전압균등화셀 직렬스트링(520)내의 전압균등화셀(C_{E1}, C_{E2}, C_{E3}, C_{E4}) 간의 직렬연결과, 전압균등화셀 직렬스트링(520)과 단위셀 직렬스트링(510)의 병렬연결이 해제된다. 다시 제어기(530)에 의해 일정시간 동안 스위치(SW₁₋₁ 내지 SW₄₋₂)가 ON 되어 각 전압균등화셀(C_{E1}, C_{E2}, C_{E3}, C_{E4})과 그에 대응되는 단위셀(C₁, C₂, C₃, C₄)이 병렬로 연결된다. 병렬로 연결되어 있는 동안 다이오드(D₁, D₂, D₃, D₄)에 의해 단위셀(C₁, C₂, C₃, C₄)의 전압이 전압균등화셀(C_{E1}, C_{E2}, C_{E3}, C_{E4})의 전압보다 높으면 전류가 흐르므로 전압균등화셀로 방전이 이루어지지만, 단위셀(C₁, C₂, C₃, C₄)의 전압이 전압균등화셀(C_{E1}, C_{E2}, C_{E3}, C_{E4})의 전압보다 낮으면 전류가 흐르지 않는다. 이후 제어기(530)에 의해 스위치(SW₁₋₁ 내지 SW₄₋₂)가 OFF 되어 각 전압균등화셀(C_{E1}, C_{E2}, C_{E3}, C_{E4})이 대응되는 단위셀(C₁, C₂, C₃, C₄)과 병렬연결이 해제된 후, 다시 제어기(530)에 의해 일정시간 동안 스위치(SW_{E1} 내지 SW_{E5})가 ON 되어 전압균등화셀 직렬스트링(520)의 전압균등화셀(C_{E1}, C_{E2}, C_{E3}, C_{E4})이 직렬로 연결되고 전압균등화셀 직렬스트링(520)이 단위셀 직렬스트링(510)과 병렬로 연결된다. 이 과정에서 만약 단위셀 직렬스트링(510)의 전압균등화가 이루어지지 않은 상태이면, 단위셀 중에서 전압이 높은 단위셀은 전압균등화셀과의 병렬연결 과정에서 대응되는 전압균등화셀로 방전이 이루어진다. 따라서 단위셀 직렬스트링(510)의 전압균등화가 이루어지지 않은 경우, 각 전압균등화셀(C_{E1}, C_{E2}, C_{E3}, C_{E4})에 대응되는 각 단위셀(C₁, C₂, C₃, C₄)을 병렬로 연결하면 전압균등화셀 직렬스트링(520)의 전압은 상승하고 단위셀 직렬스트링(510)의 전압은 강하하기 때문에 전압균등화셀 직렬스트링(520)에서 단위셀 직렬스트링(510)으로 전류가 흐른다. 이 과정에서 단위셀 직렬스트링(510)을 구성하는 단위셀(C₁, C₂, C₃, C₄)의 전압증가량은 전압에 관계없이 동일하다. 따라서 전압이 높은 단위셀의 전기에너지를 단위셀 직렬스트링(510)의 단위셀(C₁, C₂, C₃, C₄)에 전기에

너지를 균일하게 분배하는 것이다. 이러한 반복적인 동작에 의해 단위셀 직렬스트링(510)의 전압균등화가 이루어진다.

[0064] 전술한 전압균등화회로(50)에서 다이오드(D₁, D₂, D₃, D₄)는 단위셀(C₁, C₂, C₃, C₄)에서 전압균등화셀(C_{E1}, C_{E2}, C_{E3}, C_{E4}) 방향으로만 흐르도록 설치되었지만, 다이오드(D₁, D₂, D₃, D₄)의 방향을 반대로 바꾸어도 무방하다. 이 경우, 다이오드(D₁, D₂, D₃, D₄)의 방향을 반대로 바꾸면 각 전압균등화셀에서 대응되는 단위셀 방향으로만 전류가 흐를 수 있으므로 전압균등화셀의 전압이 대응되는 단위셀의 전압보다 높은 경우에는 전압균등화셀에서 단위셀로 전류가 흐르게 된다. 따라서 단위셀 직렬스트링(510)의 전압균등화가 이루어지지 않았을 경우, 각 전압균등화셀(C_{E1}, C_{E2}, C_{E3}, C_{E4})에 대응되는 단위셀(C₁, C₂, C₃, C₄)과 병렬연결을 수행하는 동안, 각 단위셀의 전압이 대응되는 전압균등화셀의 전압보다 낮으면 단위셀은 전압균등화셀에 의해 충전되며 이러한 동작에 의해 전압균등화셀 직렬스트링(520)의 전압은 낮아지고 단위셀 직렬스트링(510)의 전압은 상승하므로, 단위셀 직렬스트링(510)이 전압균등화 직렬스트링(520)을 충전하게 된다. 이러한 충전과정에서 단위셀 직렬스트링(510)을 구성하는 각 단위셀(C₁, C₂, C₃, C₄)은 전압에 관계없이 동일한 양만큼 방전된다. 따라서 전압균등화셀(C_{E1}, C_{E2}, C_{E3}, C_{E4})을 매개체로 단위셀 직렬스트링(510)의 전기에너지를 단위셀 직렬스트링(510)에서 전압이 낮은 단위셀에 전달함으로써 전압균등화가 이루어지는 것이다.

[0065] 도 5의 전압균등화회로에서 전압균등화셀(C_{E1}, C_{E2}, C_{E3}, C_{E4})과 단위셀(C₁, C₂, C₃, C₄) 사이에서 전류가 흐르는 방향을 설정하기 위하여 스위치에 다이오드(D₁, D₂, D₃, D₄)를 직렬로 연결하였지만 이러한 역할을 위해 다른 전류방향 설정 수단을 사용할 수도 있다.

[0066] 도 6은 본 발명에 따른 전류방향을 설정하는 회로의 회로도이다.

[0067] 도 6은 도 5의 제1 전압균등화셀(C_{E1})과 제1 단위셀(C₁) 사이의 병렬연결 스위치(SW₁₋₁, SW₁₋₂)에 직렬로 연결된 다이오드(D₁) 기능을 하는 전류방향제어 회로(60)를 도시한다.

[0068] 전류방향제어 회로(60)는 전기에너지가 저장되는 단위셀(C₁), 전압균등화셀(C_{E1}), 단위셀(C₁)과 전압균등화셀(C_{E1})을 병렬로 연결하는 스위치(SW₁₋₁, SW₁₋₂), 단위셀(C₁)과 전압균등화셀(C_{E1}) 사이의 전위차를 측정하는 전압비교기(VC) 및 스위치(SW₁₋₁, SW₁₋₂)를 제어하는 제어기(SWC)로 구성된다.

[0069] 전류방향제어 회로(60)의 동작에 대하여 설명하면, 전압균등화 동작 중에 전압균등화셀(C_{E1})과 단위셀(C₁) 사이의 전위차를 전압비교기(VC)로 측정하여 제어기(SWC)에 의해 스위치(SW₁₋₁, SW₁₋₂)를 제어함으로써 전류방향을 제어할 수 있다.

[0070] 더 상세히 설명하면, 전압균등화셀(C_{E1})과 단위셀(C₁)을 병렬로 연결시키는 동작에 있어서, 제어기(SWC)는 전압비교기(VC)에 의하여 측정된 전압균등화셀(C_{E1})과 단위셀(C₁) 사이의 전위차를 기초로 단위셀(C₁)의 전압이 전압균등화셀(C_{E1})의 전압보다 낮은 경우 스위치(SW₁₋₁, SW₁₋₂)를 ON 시키지 않도록 제어하고, 반대로 단위셀(C₁)의 전압이 전압균등화셀(C_{E1})의 전압보다 높으면 스위치(SW₁₋₁, SW₁₋₂)를 ON 시키도록 제어할 수 있다. 이러한 방법으로 전압균등화셀(C_{E1})과 단위셀(C₁) 사이에서 한쪽 방향으로만 전류가 흐르도록 설정할 수 있다.

[0071] 이러한 전류방향제어 회로(60)를 전술한 전압균등화회로에서 다이오드를 대신하여 사용할 수 있다.

[0072] 한편, 전술한 전압균등화 직렬스트링을 구비한 전압균등화회로의 전압균등화 과정에 있어서, 전압균등화셀 직렬스트링과 단위셀 직렬스트링이 서로에 대해 전압균등화 동작을 하게 되므로 전압균등화셀 사이에서도 전압균등화가 이루어진다.

[0073] 그러나 매우 낮은 확률이지만 만약 단위셀 직렬스트링에서 단위셀의 전압이 균일하지 않고 각 단위셀과 병렬로 연결되는 전압균등화셀의 전압과 단위셀의 전압이 같게 되면 전압균등화의 과정이 지연될 수 있다. 따라서 이하에서는 도 7을 참조하여 전압균등화 과정의 지연을 방지할 수 있는 전압균등화회로에 대하여 설명한다.

[0074] 도 7-a에 도시된 회로는, 도 5에서 도시된 전압균등화회로(50)에 있어서 전압균등화셀(C_{E1}, C_{E2}, C_{E3}, C_{E4})에 일정한 저항값을 갖는 저항(R_{E1}, R_{E2}, R_{E3}, R_{E4})을 각각 병렬로 연결한 회로이다.

- [0075] 도 7-a의 회로에 따른 전압균등화는 전압균등화 방법 중에서 가장 간단한 방법 중의 하나이지만 전압균등화 속도를 증가시킬수록 자가방전(Self Discharge)이 발생할 수 있다. 일반적으로 저항값은 병렬로 연결되는 셀의 용량에 따라 셀의 용량이 커질수록 저항값이 작아진다. 전압균등화셀은 단위셀에 비해 작은 용량을 갖기 때문에 저항값이 큰 저항을 사용할 수 있으므로 전압균등화셀에 병렬로 연결되는 저항($R_{E1}, R_{E2}, R_{E3}, R_{E4}$)에 의해 단위셀 직렬스트링의 단위셀이 방전되는 양은 크지 않다.
- [0076] 도 7-b에 도시된 회로는 도 5에 도시된 전압균등화회로(50)에 있어서 전압균등화셀($C_{E1}, C_{E2}, C_{E3}, C_{E4}$) 중 하나의 전압균등화셀(C_{E4})에 스위치(SW_{E6})를 병렬로 연결한 회로를 도시하고 있다.
- [0077] 도 7-b의 회로에 따른 전압균등화는 제어기에 의해 스위치(SW_{E6})를 ON시켜 하나의 전압균등화셀만을 방전시킴으로써, 단위셀 직렬스트링과 전압균등화 직렬스트링이 서로 전압이 동일하여 전압균등화 동작이 이루어지지 않는 지연 상황을 해결할 수 있다.
- [0078] 전압균등화회로의 전압균등화 속도는 전압균등화셀 숫자, 전압균등화셀의 용량, 전압균등화회로에서 전압균등화셀과 단위셀 사이의 시간당 병렬연결횟수 등에 의해 영향을 받지만, 이외에 전압균등화가 필요한 단위셀에 전압균등화를 집중함으로써 실제적인 전압균등화속도를 증가시킬 수 있다. 이하에서는 도 8을 참조하여 전압균등화가 필요한 단위셀에 전압균등화를 집중하여 전압균등화 속도를 증가시킨 전압균등화 회로에 대하여 설명한다.
- [0079] 도 8은 본 발명에 따른 단위셀 별 전압균등화를 차등하여 전압균등화속도를 증가시키는 전압균등화회로의 회로도이다.
- [0080] 도 8에 도시된 바와 같이, 전압균등화회로(80)는 4개의 전기이중층 캐패시터 단위셀(C_1, C_2, C_3, C_4)이 직렬로 연결되어 있는 직렬스트링 CS(810), 1개의 전압균등화셀 C_E (820), 전압균등화셀(820)과 직렬스트링의 단위셀(C_1, C_2, C_3, C_4)을 병렬로 연결하는 스위치(SW_1 내지 SW_5), 직렬스트링(810)과 전압균등화셀(820)을 병렬로 연결하는 스위치(SW_{E1-1}, SW_{E1-2}), 전압균등화셀(820)과 단위셀의 병렬연결에 사용되는 극성반전회로 PIC(850)의 스위치($SW_{P1-1}, SW_{P1-2}, SW_{P2-1}, SW_{P2-2}$), 이러한 스위치를 제어하기 위한 제어기 SWC(830) 및 각 단위셀의 전압을 검출할 수 있는 단위셀 전압검출기 VM(840)로 구성된다.
- [0081] 도 8에 도시된 전압균등화 회로(80)는 도 1에 도시된 전압균등화회로(10)의 구성에 전압검출기(540)를 더 포함하여 구성되며, 또한 직렬스트링의 직렬연결된 단위셀의 수가 증가하면 극성반전회로(850)를 사용함으로써 스위치 숫자를 대폭 감소시킬 수 있다.
- [0082] 도 8에 도시된 전압균등화회로(80)는, 기본적으로 도 1에 도시된 전압균등화회로(10)와 동일한 전압균등화 동작을 수행할 수 있으며, 또한 추가된 전압검출기(840)를 이용하여 각 단위셀의 평균전압을 산출할 수 있고 단위셀 중에서 최대 전압과 최저 전압을 가지는 단위셀을 검출할 수 있다. 따라서 전압균등화회로(80)는 전압균등화셀(820)과 단위셀(C_1, C_2, C_3, C_4)간의 병렬연결 또는 전압균등화셀(820)과 직렬스트링(810)간의 병렬연결을 수행하는 과정에서, 순차적이고 반복적인 병렬연결을 반복하지 않고 필요한 단위셀에 대하여 병렬연결을 수행할 수 있다.
- [0083] 더 상세히 설명하면, 전압균등화회로(80)는 병렬연결과 과정에서 전압검출기(840)에 의해 산출된 단위셀 평균전압보다 높은 전압을 가지는 단위셀에 대하여 전압균등화셀(820)과 그 단위셀 사이의 병렬연결 단계를 생략할 수 있다. 이를 통하여 단위셀의 전압변화량을 증가시킬 수 있고 전압균등화셀(820)과 각 단위셀(C_1, C_2, C_3, C_4) 사이의 시간당 병렬연결회수를 증가시킬 수 있어 전압균등화속도를 증가시킬 수 있다.
- [0084] 또한 최저 전압을 가지는 단위셀과 전압균등화셀(820) 사이의 병렬연결 및 전압균등화셀(820)과 직렬스트링(810) 사이의 병렬연결만 반복적이고 집중적으로 수행하는 것도 가능하다.
- [0085] 종래 기술의 경우, 이와 같은 상황에서 전압균등화를 위해 전압이 낮은 단위셀을 제외한 나머지 3개의 단위셀로부터 각각 전기에너지를 전달받아야하므로 전압균등화 캐패시터가 전압이 낮은 단위셀과 나머지 3개의 단위셀 사이에서 병렬연결동작을 반복해야 한다.
- [0086] 이에 비해 본 발명은 동일한 상황에서 전압균등화셀(820)과 전압이 낮은 단위셀 사이 및 전압균등화셀(820)과 직렬스트링(810) 사이에 대하여 반복적인 병렬연결동작을 수행할 수 있으므로, 보다 더 집중적인 전압균등화에 따라 각 단위셀의 전압균등화 속도를 증가시킬 수 있다.
- [0087] 또한 전압균등화회로(80)는 전압검출과정에서 직렬 스트링(810)에 역전압이 인가될 경우, 이를 감지하여 전압균

등화셀(820)과 직렬스트링(810)을 병렬로 연결하는 스위치를 OFF시킴으로서 전압균등화셀(820)에 역전압이 인가되는 것을 방지할 수 있으며 이에 대해 경보신호 내지는 전기에너지 저장장치 동작중지 신호를 발생시켜 알릴 수 있도록 실시예를 구성할 수 있다. 즉, 전기에너지 저장장치를 설치하는 과정에서 극성(Polarity)이 바뀌는 경우에(특히 이차전지의 경우 충전된 상태에서 유통 및 설치되므로), 역극성 인가로 인한 사고(특히 전압균등화셀로 알루미늄 전해콘덴서나 탄탈 전해콘덴서 등을 사용하는 경우)를 방지할 수 있으므로 매우 효과적이다.

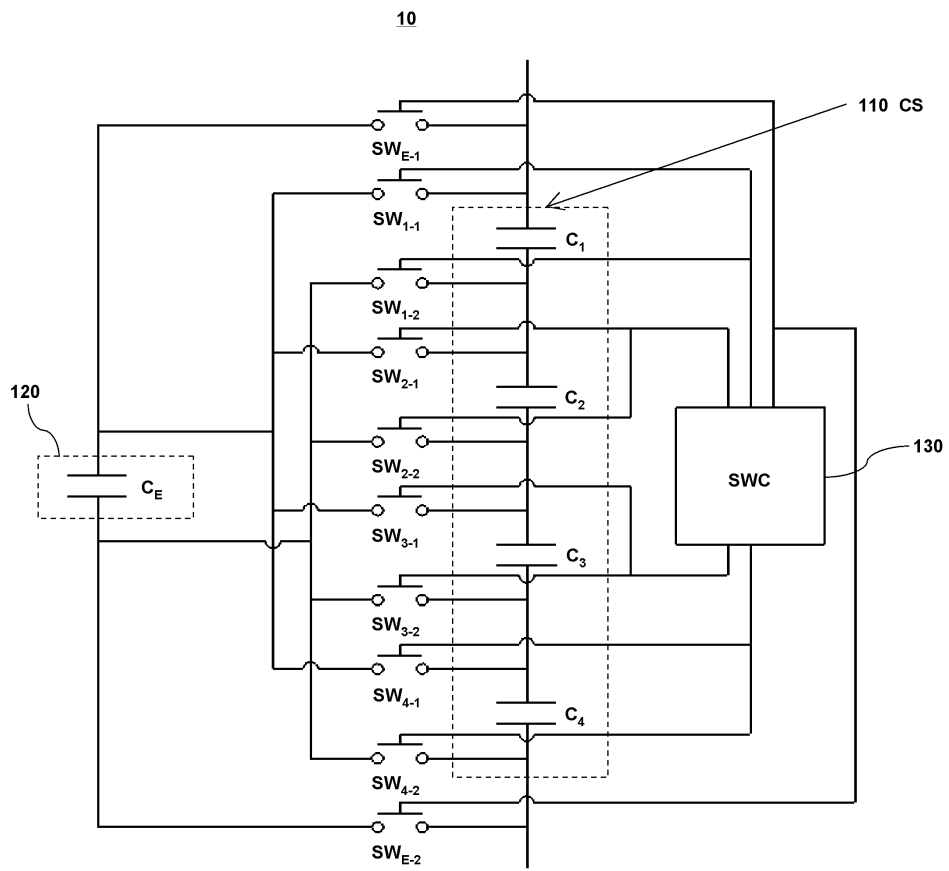
- [0088] 또한 도8의 전압균등화회로(80)에서, 전압검출기(840) 또는 제어기(830)에 직렬스트링(810)의 단위셀 전압이 설정된 상한치보다 높거나 설정된 하한치보다 낮은 경우 논리신호 같은 경보신호를 발생시키는 부가적인 기능을 추가할 수도 있다.
- [0089] 한편 직렬스트링을 구성하기 위해 단위셀로 전기이중층 캐패시터 같은 울트라캐패시터나 이차전지를 사용하는 경우, 제작시점에서는 단위셀 용량편차는 작게 유지하는 것이 가능하지만 단위셀의 노후에 따른 에이징 편차가 불가피하게 발생할 수 있다. 즉, 사용에 따른 직렬스트링의 단위셀 간의 어느 정도의 용량편차가 존재할 수 있다. 이러한 경우, 직렬스트링의 전압균등화 방법에 따라 충전/방전 거동이 달라질 수 있다.
- [0090] 도 9는 직렬로 연결된 용량이 다른 단위셀의 충전/방전과정에서 전위차 그래프이다.
- [0091] 도 9-a는 직렬스트링을 충전전압에서 전압을 균등화시킨 경우이며 도 9-b는 직렬스트링을 방전전압에서 전압을 균등화시킨 경우이고 도 9-c는 직렬 스트링을 전 전압영역에서 전압균등화 동작을 시킨 경우이다.
- [0092] 도 9-a에 도시된 바와 같이 직렬스트링을 충전전압에서 전압균등화 동작을 시킨 경우 단위셀 사이에 용량편차가 존재하더라도 충전전압에서 직렬스트링의 단위셀의 전압은 일정하지만, 직렬스트링을 방전시킬 경우 단위셀의 방전전압은 단위셀의 용량편차에 따라 달라진다.
- [0093] 또한 도 9-b에 도시된 바와 같이 직렬스트링을 방전전압에서 전압균등화 동작을 시킨 경우 단위셀 사이에 용량 편차가 존재하더라도 단위셀의 방전전압은 일정하지만 충전전압이 단위셀의 용량편차에 따라 달라짐을 알 수 있다.
- [0094] 그리고 도 9-c에 도시된 바와 같이 직렬스트링을 전 전압영역에서 전압균등화 동작을 시킨 경우 단위셀 사이의 용량편차에 의한 전압편차가 충전전압과 방전전압으로 분산됨을 알 수 있다.
- [0095] 전기이중층 캐패시터의 경우 정격전압을 초과한 과전압은 셀의 수명에 치명적인 영향을 미치지만 과도한 역전압이 인가되지 않는 한 저전압은 셀의 수명에 큰 영향을 미치지 않는다. 따라서 전압이 높은 영역인 충전전압 영역에서 전압균등화 동작을 강화하는 것이 더욱 효과적이다. 이를 위해 직렬스트링의 전압이 높을 경우, 즉 단위셀의 인가전압이 높을수록 전압균등화회로에서 병렬연결 스위칭 주파수를 증가시키고, 직렬스트링의 전압이 낮을 경우 전압균등화회로에서 병렬연결 스위칭 주파수를 감소시켜 시간당 병렬연결회수를 가감시켜 직렬스트링의 전압별로 전압균등화 속도를 가감시키는 것이 더욱 효과적이다.
- [0096] 진술한 설명에서는 전압균등화셀을 매개체로 전기에너지를 전달하는 방법에 의한 전압균등화회로를 예시하였지만 직렬스트링의 단위셀에 과전압이 인가되는 상황을 감안한 부가적인 기능도 필요하다.
- [0097] 도 10은 본 발명에 따른 과전압방지 기능을 부가한 전압균등화회로의 회로도이다.
- [0098] 도 10-a에 도시된 전압균등화회로는 도 1에 도시된 전압균등화회로(10)에 있어서 전압균등화셀 $C_E(120)$ 에 스위치(SW_S)를 병렬로 연결하고, 전류를 제한하기 위해 저항(R_S)을 스위치에 직렬로 연결한 것이다. 전압균등화셀(C_E)이 단위셀에 병렬로 연결되었을 때 단위셀의 전압이 설정치를 초과하면 스위치(SW_S)가 ON되어 단위셀이 방전되도록 동작하는 것이다.
- [0099] 도 10-b에 도시된 전압균등화회로는 도 1에 도시된 전압균등화회로(10)에 있어서 전압균등화셀 $C_E(120)$ 에 스위치(SW_S)를 병렬로 연결하고 전류를 제한하기 위해 저항(R_S)과 제너다이오드(D_Z)가 스위치에 직렬로 연결된 것이다. 전압균등화셀(C_E)이 단위셀에 병렬로 연결될 때 스위치(SW_S)는 ON 되며, 단위셀의 전압이 제너다이오드(D_Z)의 설정된 항복전압을 초과하면 제너다이오드(D_Z)에 의해 단위셀이 방전되도록 동작하는 것이다.
- [0100] 도 10-c에 도시된 전압균등화회로는 도 4에 도시된 전압균등화회로(40)에 있어서 전압균등화셀 $C_E(421)$ 에 제너다이오드(D_Z)를 병렬로 연결한 것이다. 전압균등화셀(C_E)이 단위셀에 병렬로 연결되었을 때 단위셀의 전압이 제

너다이오드(D₂)의 설정된 항복전압을 초과하면 제너다이오드(D₂)에 의해 단위셀이 방전되도록 동작하는 것이다.

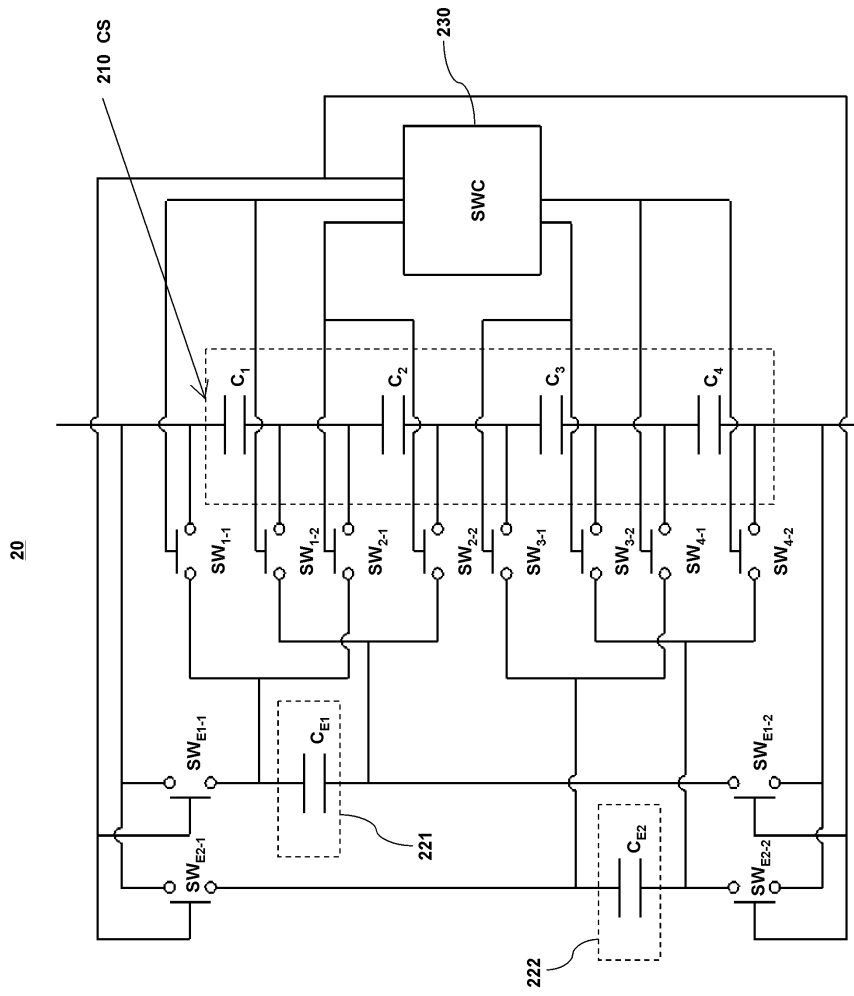
- [0101] 도 10-d에 도시된 전압균등화회로는 도 5에 도시된 전압균등화회로(50)에 있어서 전압균등화셀(C_{E1}, C_{E2}, C_{E3}, C_{E4})에 제너다이오드(D_{Z1}, D_{Z2}, D_{Z3}, D_{Z4})를 각각 병렬로 연결한 것이다. 전압균등화셀이 단위셀에 병렬로 연결되었을 때 단위셀의 전압이 제너다이오드의 설정된 항복전압을 초과하면 제너다이오드에 의해 단위셀이 방전되도록 동작하는 것이다.
 - [0102] 또한 도 10-a 내지 도 10-d에 도시된 전압균등화회로에 있어서, 제너다이오드를 대체하여 제너다이오드와 같이 정해진 전압을 초과하면 전류가 흐르도록 하는 션트레지스터(Shunt Resistor)같은 스위칭소자를 사용할 수도 있다.
 - [0103] 도 1 내지 도 10을 참조하여 전술한 본 발명에 따른 전압균등화회로에 있어서, 전압균등화 셀은 우수한 내구성과 비교적 큰 정전용량을 가지는 것이 바람직하다. 따라서 이러한 요구조건에 따라 전압균등화 셀로 전기이중층 캐패시터, 알루미늄 전해콘덴서, 탄탈 전해콘덴서 등을 사용할 수 있다.
 - [0104] 전술한 본 발명의 실시예의 설명에 있어서는 전기에너지저장셀로써 전기이중층 캐패시터인 경우에 대하여 설명하였으나, 이는 설명의 편의를 위한 것일 뿐 본 발명은 전기에너지저장셀의 대상을 전기이중층 캐패시터로 한정하지는 않는다. 또한 본 발명은 전기이중층 캐패시터와 같은 울트라캐패시터 이외에 이차전지나 전해콘덴서 같은 전기에너지저장셀이 직렬로 연결된 경우에도 사용할 수 있다. 그리고 본 발명의 실시예에서는 4개의 단위셀이 직렬로 연결된 경우를 사용하였지만 본 발명은 특별히 직렬수를 한정하지 않는다.
 - [0105] 전술한 바와 같은 본 발명은 전기에너지저장셀이 직렬로 연결된 전기에너지 저장장치에서 전기에너지저장셀 사이의 전압균등화 방법을 제공하는 것으로, 전기에너지저장셀로 전기이중층 캐패시터(Electric Double Layer Capacitor)와 같은 울트라캐패시터(Ultracapacitor) 뿐만 아니라 납축전지(Lead Acid Battery), 니켈수소전지(NiMH Battery), 니켈카드뮴전지(NiCd Battery), 리튬이온전지(Lithium Ion Battery), 알루미늄 전해캐패시터(Aluminum Electrolytic Capacitor) 등이 사용될 수 있다.
 - [0106] 이상, 본 발명에 대하여 첨부 도면을 참조하여 상세히 설명하였으나, 이는 예시에 불과한 것으로서 본 발명의 기술적 사상의 범위 내에서 다양한 변형과 변경이 가능함은 자명하다. 따라서 본 발명의 보호 범위는, 전술한 실시예에 국한되지는 아니되며 이하의 특허청구범위의 기재에 의한 범위 및 그와 균등한 범위를 포함하여 정하여져야 할 것이다.
- 도면의 간단한 설명**
- [0107] 도 1은 본 발명에 따른 전기에너지 저장장치의 전압균등화회로의 제1 실시예를 도시한 회로도.
 - [0108] 도 2는 본 발명에 따른 복수 개의 전압균등화셀을 사용하는 전압균등화회로의 일실시예를 도시한 회로도.
 - [0109] 도 3은 전기에너지 저장장치가 2개의 모듈로 분할된 경우 본 발명에 따른 모듈로 분할된 전압균등화회로의 회로도.
 - [0110] 도 4는 전압버퍼셀(Voltage Buffer Cell)을 사용하는 본 발명에 따른 전압균등화회로의 회로도.
 - [0111] 도 5는 본 발명에 따른 전기에너지 전달속도를 증가시킨 전압균등화회로의 회로도.
 - [0112] 도 6은 도 5에 있어서 전류방향을 설정하는 회로의 회로도.
 - [0113] 도 7을 전압균등화 과정의 지연을 방지할 수 있는 전압균등화회로의 회로도.
 - [0114] 도 8은 본 발명에 따른 단위셀 별 전압균등화를 차등하여 전압균등화속도를 증가시킬 수 있는 전압균등화회로의 회로도.
 - [0115] 도 9는 직렬로 연결된 용량이 다른 단위셀의 충전/방전과정에서 전위차 그래프.
 - [0116] 도 10은 본 발명에 따른 과전압방지 기능을 부가한 전압균등화회로의 회로도.

도면

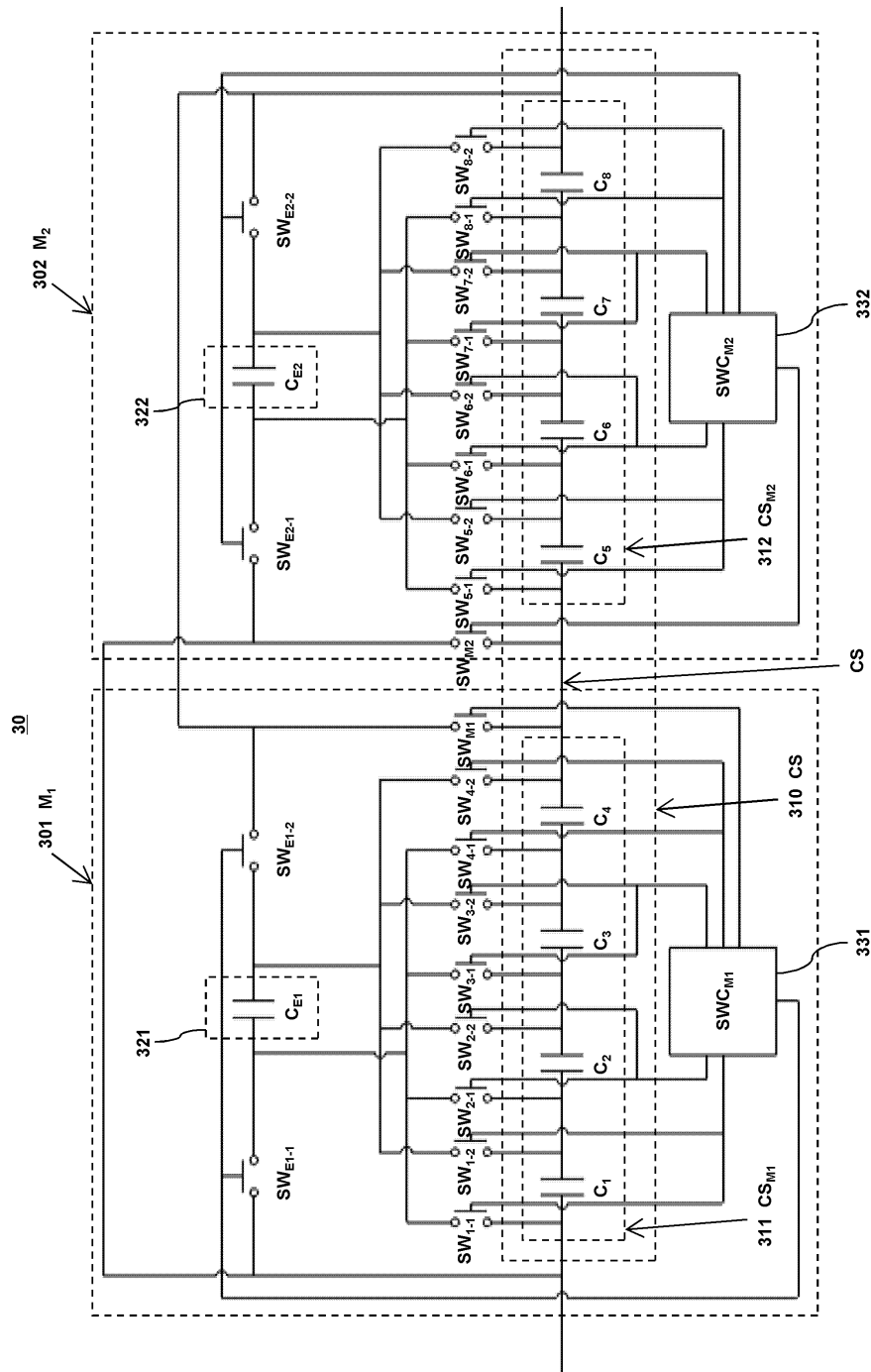
도면1



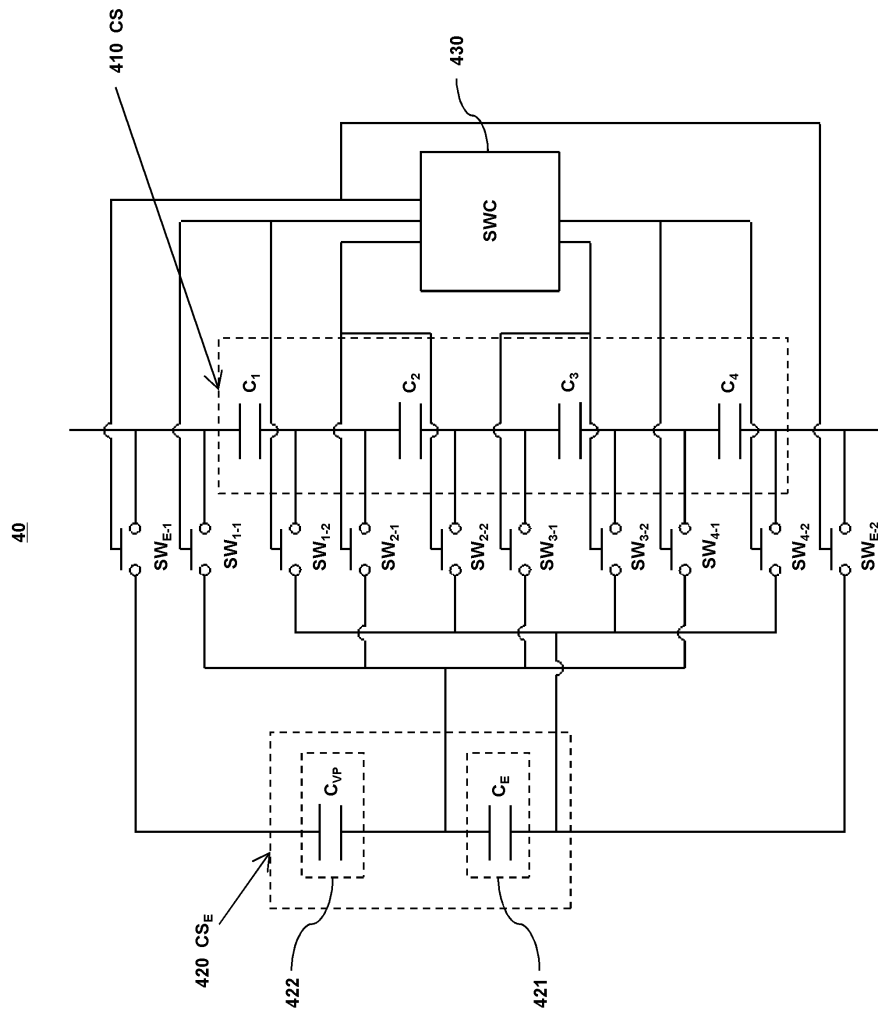
도면2



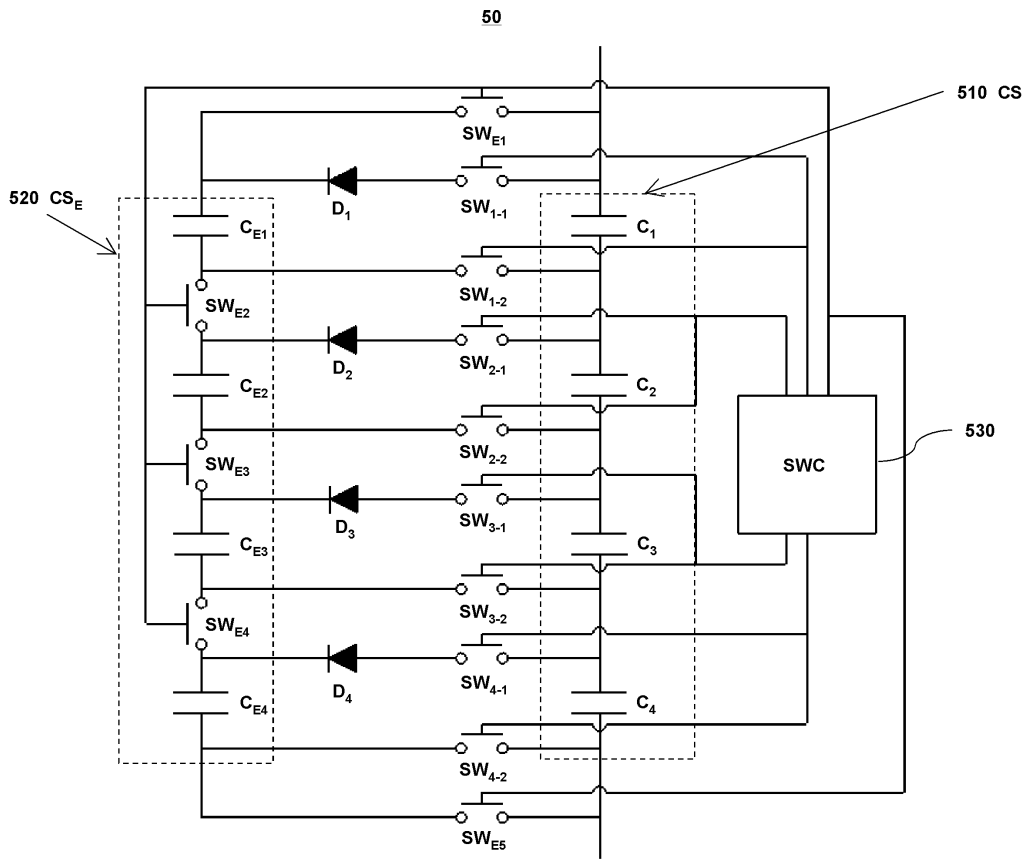
도면3



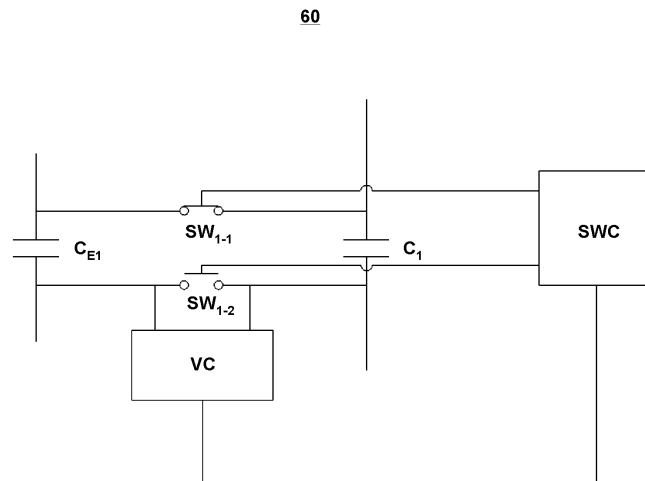
도면4



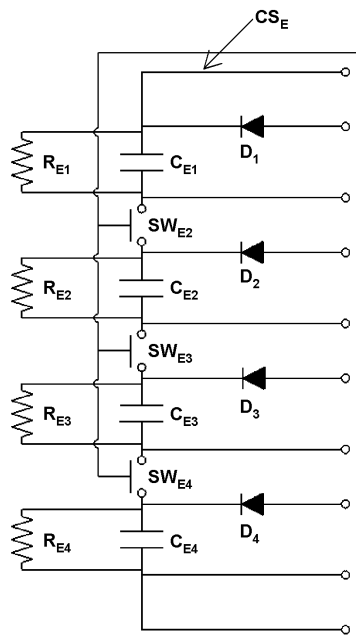
도면5



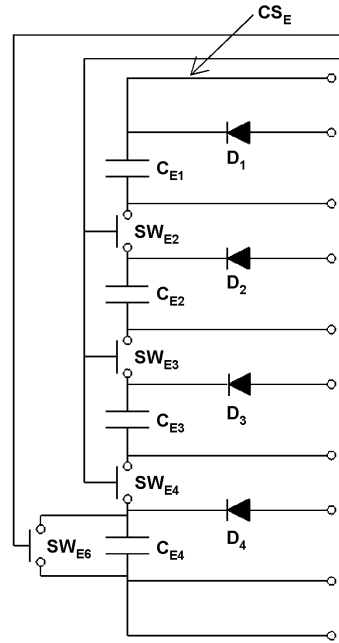
도면6



도면7

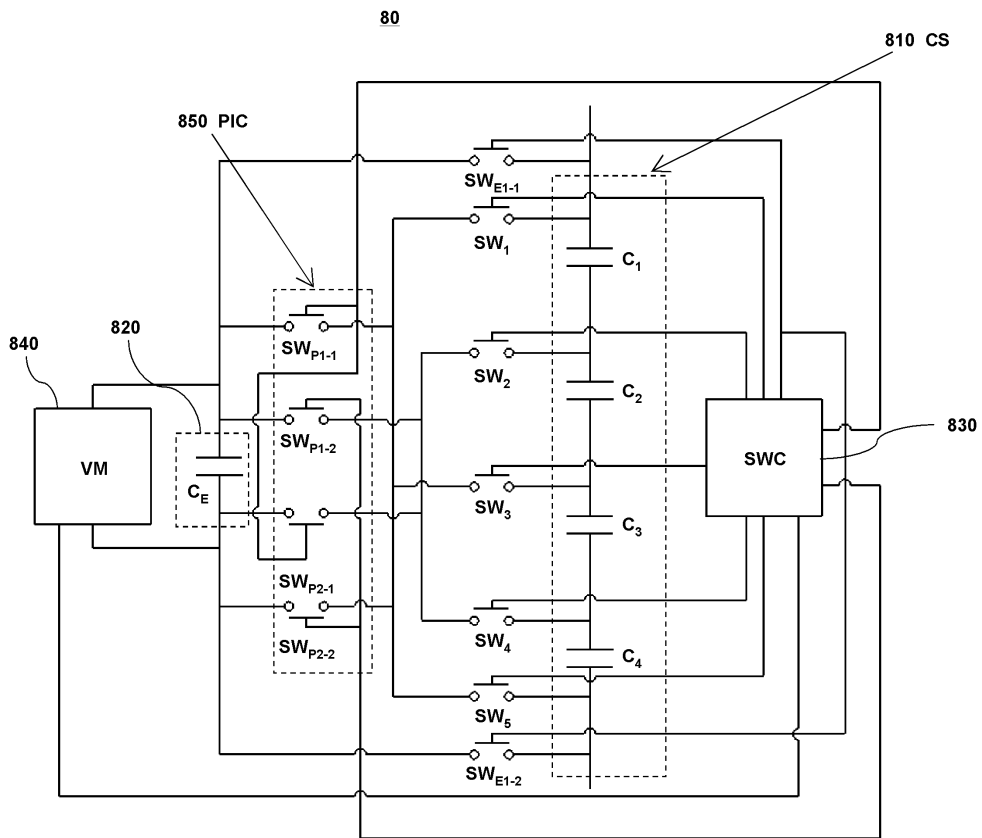


a)

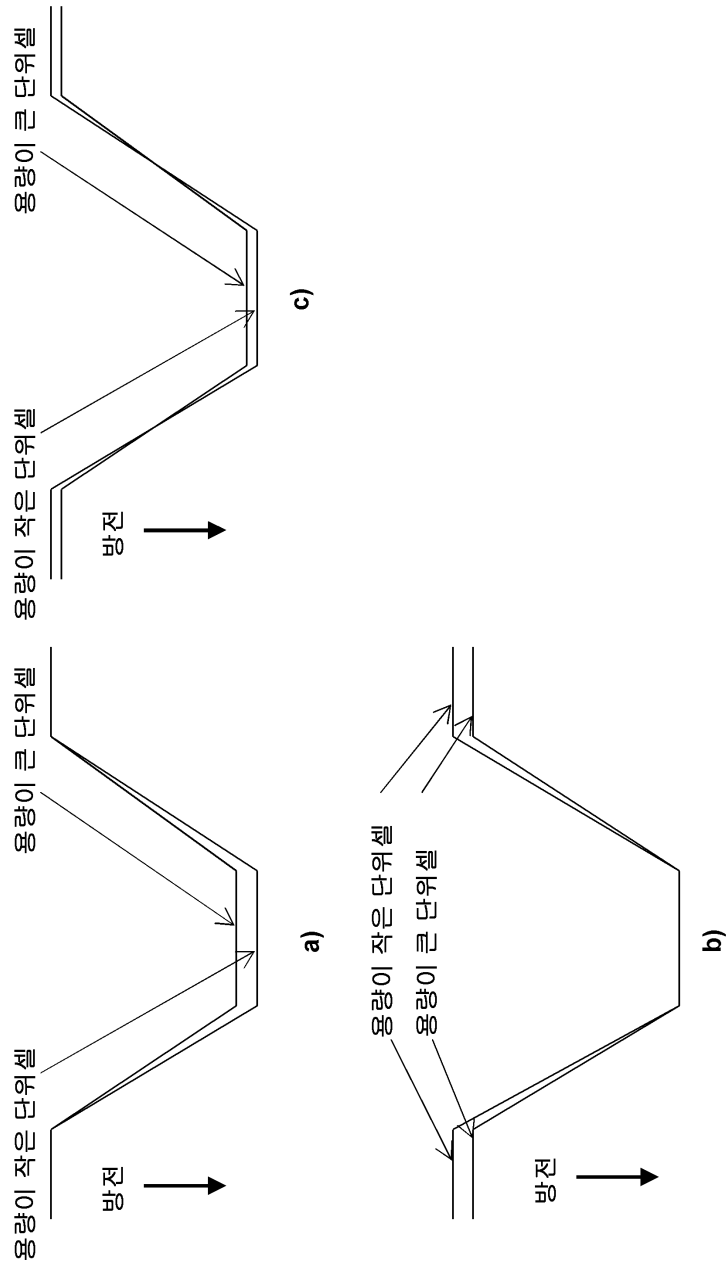


b)

도면8



도면9



도면10

