



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2007년10월26일  
(11) 등록번호 10-0770791  
(24) 등록일자 2007년10월22일

(51) Int. Cl.

H02J 7/35 (2006.01) H02M 3/155 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2006-0023824  
(22) 출원일자 2006년03월15일  
심사청구일자 2006년03월15일  
(65) 공개번호 10-2007-0093678  
공개일자 2007년09월19일  
(56) 선행기술조사문헌  
JP06266457 A  
JP10031525 A

(73) 특허권자

한국전기연구원  
경남 창원시 성주동 28-1  
주식회사 맥스컴  
경기 남양주시 오남읍 양지리 799-1

(72) 발명자

민병덕  
경남 창원시 성주동 유니온 빌리지 110동 1004호  
유동욱  
경남 창원시 가음동 13-7 전기연구원아파트 나동 101호  
(뒷면에 계속)

(74) 대리인

김인한, 김희곤

전체 청구항 수 : 총 7 항

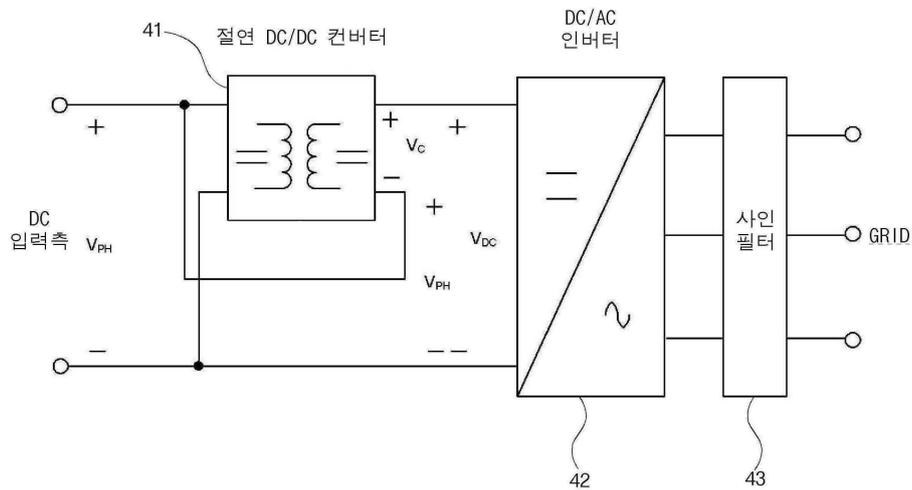
심사관 : 박태식

(54) 태양광 발전용 전력변환 장치 및 그 방법

(57) 요약

본 발명은 태양광 발전용 전력변환 장치 및 그 방법을 제공하기 위한 것으로, 태양광 셀로부터 DC 전압을 병렬연결 방식으로 입력받아 DC 전압으로 변환시킨 다음 입력전압을 직렬연결 방식으로 출력하는 절연 DC/DC 컨버터와; 상기 절연 DC/DC 컨버터에서 출력된 DC 전압을 AC 전압으로 인버팅하는 DC/AC 인버터와; 상기 DC/AC 인버터의 출력을 사인 필터링하여 출력하는 사인 필터;를 포함하여 구성함으로써, 태양광 발전용 전력변환 장치에서 출력 용량의 일부만 분담하는 구조에 의해 용량을 최대한 감소시키고 시스템 효율을 증대시켜 소용량 및 대용량 태양광 발전에 적용할 수 있게 되는 것이다.

대표도 - 도5



(72) 발명자

**백주원**

경남 창원시 상남동 대동아파트 120-2204

**김태진**

부산 금정구 구서2동 구서롯데캐슬 아파트 304동  
1701호

**김중현**

경남 창원시 대방동 371 대동디지털 황토방 아파트  
207-1204

**류명효**

경남 창원시 가음동 13-7 6/2 전기연구소아파트 나  
동 201호

**이중필**

경남 김해시 장유면 관동리 팔판마을 대우푸르지오  
5단지 504동502호

**특허청구의 범위**

**청구항 1**

태양광 셀로부터 DC 전압을 병렬연결 방식으로 입력받아 DC 전압으로 변환시킨 다음 입력전압을 직렬연결 방식으로 출력하는 절연 DC/DC 컨버터와;

상기 절연 DC/DC 컨버터에서 출력된 DC 전압을 AC 전압으로 인버팅하는 DC/AC 인버터와;

상기 DC/AC 인버터의 출력을 사인 필터링하여 출력하는 사인 필터;를 포함하여 구성된 것을 특징으로 하는 태양광 발전용 전력변환 장치.

**청구항 2**

청구항 1에 있어서, 상기 병렬연결 방식은,

DC 입력측의 + 측 입력이 상기 절연 DC/DC 컨버터로 연결되고, DC 입력측의 - 측 입력이 상기 절연 DC/AC 컨버터로 연결되도록 구성된 것을 특징으로 하는 태양광 발전용 전력변환 장치.

**청구항 3**

청구항 1에 있어서, 상기 직렬연결 방식은,

DC 입력측의 + 측 입력과 상기 절연 DC/DC 컨버터의 - 단자 출력을 합하여 상기 절연 DC/DC 컨버터의 + 단자 출력으로 하여 상기 DC/AC 인버터의 + 단자에 연결하고, DC 입력측의 - 측 입력을 상기 DC/AC 인버터의 - 단자에 연결하도록 구성된 것을 특징으로 하는 태양광 발전용 전력변환 장치.

**청구항 4**

청구항 1에 있어서, 상기 절연 DC/DC 컨버터는,

DC 입력측의 + 측과 - 측 입력을 입력받고, 상기 절연 DC/DC 컨버터의 - 단자 출력을 DC 입력측의 + 측 입력과 합하여 + 단자로 출력하는 것을 특징으로 하는 태양광 발전용 전력변환 장치.

**청구항 5**

청구항 1 내지 청구항 4중 어느 한 항에 있어서, 상기 절연 DC/DC 컨버터는,

입출력이 분리된 구조를 갖는 컨버터를 사용하여 구성된 것을 특징으로 하는 태양광 발전용 전력변환 장치.

**청구항 6**

청구항 5에 있어서, 상기 절연 DC/DC 컨버터는,

최대 동작온도와 최대 광량의 조건에서 전압과 전력을 추출하여 용량이 산정되는 것을 특징으로 하는 태양광 발전용 전력변환 장치.

**청구항 7**

삭제

**청구항 8**

삭제

**청구항 9**

절연 DC/DC 컨버터에서 태양광 셀로부터 DC 전압을 병렬연결 방식으로 입력받아 DC 전압으로 변환시킨 다음 입력전압을 직렬연결 방식으로 출력하는 제 1 단계와;

상기 제 1 단계 후 DC/AC 인버팅을 수행하는 제 2 단계와;

상기 제 2 단계 후 사인 필터링을 수행하여 부하로 출력하는 제 3 단계;를 포함하여 수행하는 것을 특징으로 하

는 태양광 발전용 전력변환 방법.

**명세서**

**발명의 상세한 설명**

**발명의 목적**

**발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술**

- <16> 본 발명은 태양광 발전용 전력변환(Power conditioning system, PCS)에 관한 것으로, 특히 태양광 발전용 전력 변환 장치에서 출력 용량의 일부만 분담하는 구조에 의해 용량을 최대한 감소시키고 시스템 효율을 증대시켜 소용량 및 대용량 태양광 발전에 적용하기에 적당하도록 한 태양광 발전용 전력변환 장치 및 그 방법에 관한 것이다.
- <17> 일반적으로 태양광 발전(solar photovoltaic)이란 태양 에너지에 의한 발전 기술의 하나이다. 즉, 태양의 빛 에너지를 태양 전지라는 광전 변환기를 써서 직접 전기 에너지로 변환시켜 이용하는 것이다. 이는 부분적으로 빛을 이용하는 것이기 때문에 흐린 날에도 이용이 가능하여 태양 에너지의 이용 효율이 열발전보다 높다.
- <18> 그리고 태양전지를 이용한 발전을 위한 전력변환 장치에서는 용량을 최대한 감소시키고 시스템 효율을 향상시키기 위하여 여러 가지 방법이 사용되고 있다. 지금까지 제안된 방법은 전력회로에서 소자의 개수를 줄인다거나 하는 방식 등이 있다.
- <19> 도 1은 태양전지 발전을 위한 PCS의 대표적인 토폴로지(topology)를 보여주고 있다. 토폴로지(Topology)는 크게 도 2와 같은 절연형(Isolated) PCS와 도 3과 같은 비절연형(Non-isolated) PCS로 나눌 수 있다. 이는 태양전지판과 PCS의 출력 사이에 트랜스포머 등에 의한 전기적 절연이 있는지 여부로 구분된다.
- <20> 도 1은 종래 태양광 발전용 전력변환 장치의 블록구성도로서, 현재 사용되고 있는 대표적인 토폴로지이다.
- <21> 이는 기본적으로 DC/AC(Direct Current/Alternating Current, 직류/교류) 인버터(11)와 사인필터(12)와 저주파 변환기(Low frequency transformer)(13)로 구성되어 있다. 이때 DC/AC 인버터(11)는 태양광 셀로부터 DC 전압을 입력받아 AC 전압으로 인버팅하여 출력하고, 사인필터(12)는 DC/AC 인버터(11)에서 출력된 AC 전압에 대해 사인 필터링(Sine filtering)을 수행하며, 저주파 변환기(13)는 사인 필터(12)에서 사인 필터링된 AC 전압을 저주파로 변환시켜 일반 부하(Load) 등으로 출력하게 된다.
- <22> 태양전지의 특성상 온도와 광량에 따라 태양전지의 전압이 최대 값에서 반값정도까지 변동하게 된다. 태양광 발전 시스템은 일반 부하에 직접 교류전압을 공급하는 독립형과 계통연계되어 일반 부하에 교류전압을 공급하는 계통연계형이 있는데, 예를 들면 단상 220V용 계통연계형 PCS의 경우에 태양전지의 출력전압은 150~400V 정도 값에서 설계를 하게 된다. 넓은 범위의 입력전압에 대해 출력 220V 교류를 제공하게 위해서는 DC/AC 인버터(11)에서 최저전압으로 발생 가능한 전압으로 출력전압을 설정하게 되고, 이를 최종 출력전압 220V 교류전압을 맞추기 위해서 계통주파수의 저주파 변환기(13)를 사용하여 승압을 하게 된다.
- <23> 이러한 도 1과 같은 토폴로지의 장점은 단순하다는 것이다.
- <24> 그렇지만 단점으로는 저주파 변환기(13)를 이용하기 때문에 크기가 크고 무게가 무겁다는 점이 있으며, DC/AC 인버터(11)의 출력전압을 입력 직류전압의 최저전압을 기준으로 교류전압을 발생시키기 때문에 전압이 낮아 같은 출력(power)에 대해 전류가 증가하게 되는 문제점이 있었다. 따라서 DC/AC 인버터(11)에 사용되는 소자에 대한 전류용량이 증대하게 된다. 또한 저주파 변환기(13)의 1차측에 흐르는 전류도 더불어 증가하는 문제가 발생하게 된다. 이는 소자의 비용을 증대시키고, 시스템 효율을 감소시키는 문제점을 유발시키게 된다.
- <25> 도 2는 종래 태양광 발전용 절연형 전력변환 장치의 블록구성도이다. 이러한 도 2에서와 같은 토폴로지는 고주파 변환기를 갖는 절연 DC/DC 컨버터(21)를 이용하여 도 1과 같은 토폴로지의 단점을 극복하고 있다.
- <26> 그래서 도2에서 고주파 변환기를 갖는 절연 DC/DC 컨버터(21)는 태양광 셀로부터 DC 전압을 입력받아 DC 전압으로 변환시키고 고주파 변환을 수행한다. DC/AC 인버터(22)는 고주파 변환기를 갖는 절연 DC/DC 컨버터(21)에서 출력된 DC 전압을 AC 전압으로 인버팅한다. 사인 필터(23)는 DC/AC 인버터(22)에서 출력된 AC 전압을 사인 필터링하여 일반 부하 등으로 출력하게 된다.
- <27> 따라서 고주파 변환기를 적용함으로써 인해 저주파 변환기 보다 비용, 크기 및 무게에서 유리하다. 또한 DC/AC 인

버터(22)의 입력 전압을 원하는 높은 값 만큼 일정하게 유지할 수 있게 되어 출력 교류전압을 직접 발생시킬 수 있기 때문에 전력소자의 전류용량을 낮출 수 있는 장점이 있다.

- <28> 그러나 이러한 도 2와 같은 토폴로지의 단점으로는 다음과 같은 점이 있다. 즉, 시스템 효율이 앞단의 컨버터 효율과 뒷단의 인버터 효율의 곱으로 표시되게 되는데, 도 1과 비교해서 공통인 인버터 효율을 제외하면 컨버터 효율이 저주파 변환기의 효율과 최소한 같아야 시스템 전체의 효율에서 동등하거나 우월할 수 있다. 그러나 일반적으로 컨버터의 효율이 낮기 때문에 도 1과 비교해서 시스템 효율이 낮게 되는 단점이 있게 된다.
- <29> 도 3은 종래 태양광 발전용 비절연형 전력변환 장치의 블록구성도이다.
- <30> 그래서 비절연 DC/DC 컨버터(31)는 태양광 셀로부터 DC 전압을 입력받아 DC 전압으로 변환시킨다. DC/AC 인버터(32)는 비절연 DC/DC 컨버터(31)에서 출력된 DC 전압을 AC 전압으로 인버팅한다. 사인 필터(33)는 DC/AC 인버터(32)에서 출력된 AC 전압을 사인 필터링하여 일반 부하 등으로 출력하게 된다.
- <31> 이러한 도 3과 같은 토폴로지는 비절연형 컨버터를 사용한 PCS를 보여주고 있다. 비절연형 컨버터가 절연형 컨버터보다 회로가 단순하므로 단가 측면에서 유리하여 최근에는 이런 형태의 비절연형 PCS가 각광받고 있다.
- <32> 그러나 도 3과 같은 토폴로지의 단점은 도 2의 토폴로지의 단점과 동일하다. 위에서 설명된 토폴로지의 공통점은 시스템에서 요구하는 컨버터의 용량이 전체 시스템의 용량과 동일하다는 것이다. 이 때문에 컨버터를 사용할 경우 장점이 많음에도 불구하고 대용량의 시스템에는 적용되지 못하고 소용량의 시스템에서만 적용되고 있는 결정적 이유라고 할 수 있다.
- <33> 그리고 도 1에서 설명한 대표적 토폴로지는 태양전지의 출력특성을 최대한 이용하지 못하고 있어 컨버터의 용량이 시스템의 용량과 동일해야하고, 이로 인해 시스템 효율도 줄어드는 결정적 단점을 가지고 있다.
- <34> 본 발명에서는 이러한 단점을 극복하기 위한 새로운 PCS 토폴로지를 제안한다. 새로이 제안하는 토폴로지는 태양전지의 발전 특성을 이용하여 컨버터의 용량을 대폭 줄일 수 있고, 시스템의 효율 또한 증대시킬 수 있으며 대용량화에 유리하다는 장점을 가지고 있다.

**발명이 이루고자 하는 기술적 과제**

- <35> 이에 본 발명은 상기와 같은 종래의 제반 문제점을 해결하기 위해 제안된 것으로, 본 발명의 목적은 태양광 발전용 전력변환 장치에서 출력 용량의 일부만 분담하는 구조에 의해 용량을 최대한 감소시키고 시스템 효율을 증대시켜 소용량 및 대용량 태양광 발전에 적용할 수 있는 태양광 발전용 전력변환 장치 및 그 방법을 제공하는데 있다.
- <36> 상기와 같은 목적을 달성하기 위하여 본 발명의 일실시예에 의한 태양광 발전용 전력변환 장치는,
- <37> 태양광 셀로부터 DC 전압을 병렬연결 방식으로 입력받아 DC 전압으로 변환시킨 다음 입력전압을 직렬연결 방식으로 출력하는 절연 DC/DC 컨버터와; 상기 절연 DC/DC 컨버터에서 출력된 DC 전압을 AC 전압으로 인버팅하는 DC/AC 인버터와; 상기 DC/AC 인버터의 출력을 사인 필터링하여 출력하는 사인 필터;를 포함하여 이루어짐을 그 기술적 구성상의 특징으로 한다.
- <38> 상기와 같은 목적을 달성하기 위하여 본 발명의 일실시예에 의한 태양광 발전용 전력변환 방법은,
- <39> 절연 DC/DC 컨버터에서 태양광 셀로부터 DC 전압을 병렬연결 방식으로 입력받아 DC 전압으로 변환시킨 다음 입력전압을 직렬연결 방식으로 출력하는 제 1 단계와; 상기 제 1 단계 후 DC/AC 인버팅을 수행하는 제 2 단계와; 상기 제 2 단계 후 사인 필터링을 수행하여 부하로 출력하는 제 3 단계;를 포함하여 수행함을 그 기술적 구성상의 특징으로 한다.

**발명의 구성 및 작용**

- <40> 이하, 상기와 같은 본 발명, 태양광 발전용 전력변환 장치 및 그 방법의 기술적 사상에 따른 일실시예를 도면을 참조하여 설명하면 다음과 같다.
- <41> 먼저 본 발명은 태양광 발전용 전력변환 장치에서 출력 용량의 일부만 분담하는 구조에 의해 용량을 최대한 감소시키고 시스템 효율을 증대시켜 소용량 및 대용량 태양광 발전에 적용하고자 한 것이다.
- <42> 도 4는 일반적인 온도와 광량에 따른 태양전지의 특성곡선을 보인 그래프이다.

<43> 그래서 태양전지의 모델링 수식은 다음의 수학적 1 내지 수학적 3과 같다.

수학적 1

<44> 
$$I = I_{LG} - I_{os} \left\{ \exp \left[ \frac{q}{AkT_K} (V + IR_s) \right] - 1 \right\} - \frac{V + IR_s}{R_{sh}}$$

수학적 2

<45> 
$$I_{os} = I_{or} \left( \frac{T_K}{T_r} \right)^3 \exp \left[ \frac{qE_{GO}}{Bk} \left( \frac{1}{T_r} - \frac{1}{T_K} \right) \right]$$

수학적 3

<46> 
$$I_{LG} = [I_{SC} - K_I(T - 25)] \frac{\lambda}{1000}$$

<47> 여기서 각 부호의 의미는 다음과 같다.

<48>  $I_{os}$  : Cell Reverse Saturation Current

<49> T : Cell Temperature in °C

<50>  $T_K$  : Cell Temperature in °K (= T + 273.12)

<51> k : Boltzmann's constant

<52> q : Electronic charge

<53>  $K_I$  : Short circuit current temperature coefficient at  $I_{sc}$ (A/°C)

<54>  $\lambda$  : Solar irradiation in  $W/m^2$

<55>  $I_{sc}$  : Short circuit current at 25°C and  $1000W/m^2$

<56>  $I_{LG}$  : Light generated current

<57>  $E_{GO}$  : Band gap for silicon

<58> B=A : Ideality factor(1.92)

<59>  $T_r$  : Reference temperature(273.12 +  $T_{rc}$ , °K)

<60>  $T_K$  : Operating Cell temperature(273.12 + T, °K)

<61>  $I_{or}$  : Cell saturation current at  $T_r$

<62>  $R_{sh}$  : Shunt Resistance

<63>  $R_s$  : Series resistance

<64> V : 태양전지 출력 전압

- <65> I : 태양전지 출력 전류
- <66> 그리고 그래프에서 가는 실선은 광량에 따른 전력-전압 곡선이고, 굵은 실선은 MPPT(Maximum Power Point Tracking, 최대출력점제어) 전력이며, 점선은 필요한 컨버터 출력용량이다.
- <67> 태양전지에서 입력은 태양광 조사량, 동작온도, 그리고 태양전지 출력단 전압이 된다. 태양전지의 출력은 태양광의 빛에너지량인 조사량과 태양전지 셀의 동작온도에 따라 출력 특성이 달라진다.
- <68> 태양전지 모델링 수식을 온도와 광량에 따라 출력특성을 그려보면 도 4와 같다. 온도를 80도, 25도 영하 20도에 대해서 각각 조사량  $1000W/m^2 \sim 100W/m^2$ 까지 10 단계로 나누어 그린 것으로, 모듈의 최대 전력을 200kW, 25도의 동작온도에서 최대전압을 750V 설계한 경우의 도면이다.
- <69> 태양전지의 특성은 같은 온도에서 조사량이 많을수록 태양전지의 출력이 많이 나오게 되면 태양전지의 단자 전압이 올라가게 된다. 태양전지의 동작온도가 올라가게 되면 태양전지의 출력은 줄어들게 되고 태양전지의 양단에 걸린 전압은 내려가게 된다. 또한 같은 조건이라도 단자전압이 얼마냐에 따라 출력특성이 도 4에서 보는 바와 같이 출력의 변화가 크기 때문에 같은 조건에서 최대 출력을 얻기 위해서는 최대출력점의 단자전압으로 유지를 해주어야 하는 특성이 있는데, 이런 제어를 최대출력점제어(Maximum Power Point Tracking, MPPT)라고 한다.
- <70> 그래서 태양광 인버터의 출력전압이 결정되면 인버터에서 요구하는 직류전압이 결정된다. 일반적으로 인버터의 출력에 스위칭 주파수를 제거하고 전류의 THD(Total Harmonic Distortion, 고조파 총합왜형율) 조건을 만족하기 위한 필터가 장착되는데, 이로 인하여 전압 강하분이 존재하게 되고, 인버터에서의 안정한 동작을 위해 데드타임(dead-time)을 부과하게 되므로 일정부분의 전압이 또 강하된다고 볼수 있다. 이러한 부분과 일정한 여유분을 감안하여 직류전압이 결정되게 된다.
- <71> 이러한 과정을 통해 결정된 직류전압은 인버터에서 교류출력전압을 얻기 위한 최소한의 전압이 되며 이 이상의 전압이 직류입력에 가해지더라도 인버터에서 적절한 PWM(Pulse Width Modulation, 펄스 폭 변조) 제어를 통하여 인버터 출력에는 일정한 교류전압을 발생시킬 수 있다. 도 4의 태양전지 특성곡선에서 보듯이 태양전지는 일정한 전압을 항상 발생시킬 수 없기 때문에 인버터에서 요구하는 일정 직류전압 요건을 충족시킬 수 없으며, 인버터 직류전압과 태양전지 출력전압에는 항상 차이가 있게 된다. 다른 관점에서 이야기하자면, 일정한 인버터 입력 직류전압을 얻기 위해서 태양전지의 출력전압과의 차전압만 발생시켜 태양전지의 출력전압에 더해주면 된다.
- <72> 이를 위해 도 5에서와 같은 태양광 발전용 PCS의 새로운 토폴로지를 제안한다. 제안된 구조는 태양전지 입력 측에서는 컨버터가 병렬로 연결되어 있고, 출력은 태양전지와 컨버터가 직렬로 연결된 구조이다. 이렇게 하면 차전압만 발생시키는 컨버터는 직류전압 전체를 부담하지 않기 때문에 용량이 훨씬 줄어들게 된다. 여기서 사용된 직류변환장치(small isolated DC/DC converter)는 입출력이 변압기(Transformer, 트랜스포머)로 절연된 어떠한 형태의 컨버터를 이용해도 상관없다.
- <73> 도 5는 본 발명의 일실시예에 의한 태양광 발전용 전력변환 장치의 블록구성도이다.
- <74> 이에 도시된 바와 같이, 태양광 셀로부터 DC 전압을 병렬연결 방식으로 입력받아 DC 전압으로 변환시킨 다음 입력전압을 직렬연결 방식으로 출력하는 절연 DC/DC 컨버터(41)와; 상기 절연 DC/DC 컨버터(41)에서 출력된 DC 전압을 AC 전압으로 인버팅하는 DC/AC 인버터(42)와; 상기 DC/AC 인버터(42)의 출력을 사인 필터링하여 출력하는 사인 필터(43);를 포함하여 구성된 것을 특징으로 한다.
- <75> 상기 병렬연결 방식은, DC 입력측의 + 측 입력이 상기 절연 DC/DC 컨버터(41)로 연결되고, DC 입력측의 - 측 입력이 상기 절연 DC/AC 컨버터(41)로 연결되도록 구성한 것을 특징으로 한다.
- <76> 상기 직렬연결 방식은, DC 입력측의 + 측 입력과 상기 절연 DC/DC 컨버터(41)의 - 단자 출력을 합하여 상기 절연 DC/DC 컨버터(41)의 + 단자 출력으로 하여 상기 DC/AC 인버터(42)의 + 단자에 연결하고, DC 입력측의 - 측 입력을 상기 DC/AC 인버터(42)의 - 단자에 연결하도록 구성한 것을 특징으로 한다.
- <77> 상기 절연 DC/DC 컨버터(41)는, DC 입력측의 + 측과 - 측 입력을 입력받고, 상기 절연 DC/DC 컨버터(41)의 - 단자 출력을 DC 입력측의 + 측 입력과 합하여 + 단자로 출력하는 것을 특징으로 한다.
- <78> 상기 절연 DC/DC 컨버터(41)는, 입출력이 분리된 구조를 갖는 컨버터를 사용하여 구성된 것을 특징으로 한다. 이러한 입출력이 분리된 구조를 갖는 컨버터에는 하프 브리지 컨버터(half bridge converter), 풀 브리지 컨버터(Full bridge converter), 푸시-풀 컨버터(push-pull converter) 등이 있다.

<79> 상기 DC/AC 인버터(42)는, 상기 절연 DC/DC 컨버터(41)의 + 단자의 출력을 + 단자로 입력받고, DC 입력측의 - 측 입력을 - 단자로 입력받는 것을 특징으로 한다.

<80> 그래서 출력측이 직렬로 연결되어져 있기 때문에 전류( $I_{DC}$ )는 동등하게 흐르고 있으므로 다음의 수학적 식 4와 같이 나타낼 수 있다.

**수학적 식 4**

$$P_{DC} = V_{DC} \cdot I_{DC} = V_C \cdot I_{DC} + V_{PH} \cdot I_{DC}$$

$$= V_{PH} \cdot I_{DC} \cdot \left( 1 + \frac{V_C}{V_{PH}} \right)$$

<81>

<82> 즉, 컨버터(41)가 부담하는 전력은 전압의 분담비와 같은 값을 가진다. 이는 태양전지 전압과 인버터(42)의 입력전압의 차이가 많이 날수록 컨버터(41)에서 요구하는 전력은 증대된다는 의미이며 태양전지의 전압이 직류전압에 가까울수록 컨버터(41)의 전력분담 비는 급격하게 감소한다.

<83> 태양전지용 인버터와 일반적인 인버터의 동작은 차이점이 있다. 일반적인 인버터는 부하가 요구하는 전력을 항상 공급할 수 있어야 하는 반면에, 태양전지용 인버터는 입력측의 태양전지에서 발생하는 전력내에서 공급이 이루어진다는 것이다.

<84> 도 4의 태양전지 특성곡선에서 온도와 광량에 따른 직류전압과 발생가능한 전력으로부터 필요한 컨버터(41)의 용량을 계산해 볼 수 있다. 도 4의 점선 곡선이 컨버터(41)의 필요용량을 계산한 값으로 최대동작온도에서 최대 광량이 조사되고 있을 때 컨버터의 최대 용량이 필요함을 알 수 있다. 최대 동작 온도 보다 낮은 경우에는 태양전지의 전압이 증가함으로 인해 컨버터(41)에서 증대시켜줘야 할 전압이 줄어들게 되어 컨버터(41)의 용량이 줄어들게 된다. 제안된 구조로 컨버터(41)를 설계하면 도 4에서 보는 바와 같이 정격 출력용량의 20% 정도의 용량만 필요하여 컨버터(41)의 용량을 획기적으로 줄일 수가 있다. 도 4에서 설계된 시스템 사양은 다음과 같다.

<85> 태양전지 최대전압 : 750V

<86> 태양전지 최대동작온도 : 80℃

<87> 인버터 직류전압 : 650V

<88> 인버터 출력전압 : 380V<sub>AC</sub>

<89> 인버터 출력 : 200kW

<90> 필요한 출력 : 40kW

<91> 인버터 출력 대 컨버터 출력비 1 : 0.2

<92> 최대 동작온도가 내려가면 내려갈수록 직류전압의 감소가 줄어들게 되므로 요구되는 컨버터(41)의 용량도 더불어 감소하게 된다.

<93> 그리고 도 6은 도 5에서 절연 DC/DC 컨버터의 입출력 신호를 상세히 보인 블록구성도이고, 도 7은 도 6에서 절연 DC/DC 컨버터의 입력측과 출력측을 간략화한 블록구성도이며, 도 8은 도 6에서 절연 DC/DC 컨버터의 출력측 신호연결을 보인 개념도이다.

<94> 그래서 DC/DC 부분을 따로 보면 도 6과 같다. 이는 본 발명의 가장 핵심적인 부분으로써, 입력전압보다 출력전압이 높은 것을 요구하는 모든 응용분야에 적용될 수 있다.

<95> 도 6에서 각각의 입출력 단자인 동그라미를 숫자로 표현하면 다음과 같다.

<96> 즉, 1번 단자와 2번 단자는 입력되는 직류전압의 + 와 - 부분을 의미한다. 이를 입력부라고 칭할 수 있다. 그리고 3번과 4번은 절연 DC/DC 컨버터(41)의 입력 두 단자를 의미하고, 절연 DC/DC 컨버터(41)의 출력은 5번과 6번으로 표현된다. 그리고 7번과 8번은 이 시스템의 출력부의 + 와 - 단자를 의미한다.

- <97>     입출력만 다시 그려보면 도 7과 같다. 도 7에서 내부의 연결을 보면, DC 입력단 1번이 절연 DC/DC 컨버터(41)의 입력 3번으로 연결되고, DC 입력단의 2번은 절연 DC/DC 컨버터(41)의 입력 4번으로 연결된다. 입력부만 보면 입력이 그대로 절연 DC/DC 컨버터(41)의 입력으로 연결되는 형태이다. 이런 의미에서 병렬입력이라고 한다. 절연 DC/DC 컨버터(41)를 병렬로 여러 개를 연결하기를 원할 때 위와 같은 형태로 입력단자를 따서 연결하게 된다.
- <98>     출력부를 보면 시스템 전체 출력은 7번과 8번으로 표현된다. 절연 DC/DC 컨버터(41)의 출력부 연결에서 5번과 7번은 동일하게 연결된다. 그러나 절연 DC/DC 컨버터(41)의 출력부 6번은 입력부 1번과 3번에 연결되게 되어 있다. 그리고 입력부 2번과 출력부 8번은 그대로 같이 연결된다. 이를 입력 7번과 8번 측에서 보면 절연 DC/DC 컨버터(41)의 출력 5번과 6번이 입력부 1번과 2번을 직렬연결한 형태가 된다. 즉, DC 입력측 +의 전압 1번과 절연 DC/DC 컨버터(41)의 - 단자 출력 6번의 전압이 더해져서 3번으로 입력되어 절연 DC/DC 컨버터(41)의 + 단자 출력 5번을 통해 출력부인 7번으로 연결되는 구조를 가지고 있다. 그래서 출력은 직렬연결된 구조란 표현을 사용하였다.
- <99>     도 8에서 출력부의 연결부만 그려보면, 출력이 입력전압에 절연 DC/DC 컨버터(41)의 출력이 더해져 있는 것을 확실하게 알 수 있다.
- <100>    이런 구조를 가짐으로 인해 출력전압에서 절연 DC/DC 컨버터(41)가 담당하는 부분이 출력전압 전체가 아닌 일부만을 담당하게 되어 절연 DC/DC 컨버터(41)의 용량이 감소하는 효과를 얻을 수 있게 된다.
- <101>    예를 들어 좀더 상세히 설명하면, 출력이 직렬로 연결되어 있기 때문에 전류는 동일하다. 출력전력을 수식으로 표현해 보면 다음의 수학식 5 내지 수학식 7과 같다.

**수학식 5**

$$I_{PH} = I_{C\_IN} + I_{PH1}$$

<102>

**수학식 6**

$$I_{DC} = I_{PH1} = I_{C\_OUT}$$

<103>

**수학식 7**

$$\begin{aligned} P_{OUT} &= I_{C\_OUT}V_C + I_{PH1}V_{PH} \\ &= I_{DC}V_C + I_{DC}V_{PH} \\ &= P_C + P_{PH} \end{aligned}$$

<104>

<105>     여기서 각 부호의 의미는 다음과 같다.

<106>      $I_{PH}$  : 입력 전류

<107>      $I_{C\_IN}$  : 절연 DC/DC 컨버터의 입력전류

<108>      $I_{PH1}$  : 입력측 전류에서 절연 DC/DC 컨버터의 입력전류를 뺀 전류, 출력측으로 직접 흐르는 전류

<109>      $I_{C\_OUT}$  : 절연 DC/DC 컨버터의 출력전류

<110>      $I_{DC}$  : 출력전류

<111>      $V_{PH}$  : 입력전압

<112>      $V_C$  : 절연 DC/DC 컨버터의 출력전압

<113> P<sub>OUT</sub> : 출력전력

<114> P<sub>C</sub> : 절연 DC/DC 컨버터의 출력전력

<115> P<sub>PH</sub> : 입력전력

<116> 한편 절연 DC/DC 컨버터(41)는 half bridge converter, Full bridge converter, push-pull converter 등 어떤 형태의 컨버터라도 사용가능하다. 즉, 절연 DC/DC 컨버터(41)의 내부에 어떤 형태의 세부 회로로 구성하더라도 도 5에서와 같은 형태로 연결하면 제안하는 방식의 특징을 얻을 수 있다.

<117> 한편 컨버터의 용량 산정은 다음과 같이 수행한다.

<118> 먼저 도 4에서의 시뮬레이션 결과에서 보면 최대 동작온도와 최대 광량의 조건에서 요구되는 컨버터의 용량이 최대임을 알 수가 있다. 따라서 이때의 전압과 전력을 추출하여 컨버터 용량을 산정할 수 있다.

**수학식 8**

$$I_{DC_{TM}} = \frac{P_{PH_{TM}}}{V_{DC}}$$

<119>

**수학식 9**

$$P_C = I_{DC_{TM}} \cdot (V_{DC} - V_{PH_{TM}}) = P_{PH_{TM}} \frac{V_{DC} - V_{PH_{TM}}}{V_{DC}}$$

<120>

<121> 여기서  $V_{PH_{TM}}$  는 최대동작온도에서 태양전지 출력전압이고,  $P_{PH_{TM}}$  는 최대동작온도에서 태양전지 출력전력이다.

<122> 도 4에서의 태양전지 특성곡선과 시스템 설계사양을 이용하여 컨버터 용량을 산정해 보면 다음의 수학식 10 내지 수학식 12와 같다.

**수학식 10**

$$V_{PH_{TM}} = 470V$$

<123>

**수학식 11**

$$P_{PH_{TM}} = 145kW$$

<124>

**수학식 12**

$$P_C = 145kW \cdot \frac{650V - 470V}{650V} = 40.15kW$$

<125>

<126> 따라서 본 발명은 종래기술인 도 1 내지 도 3에서와 같은 토폴로지에서 보다 80% 이상 적은 용량으로 컨버터를 구성해도 같은 특성을 낼 수 있기 때문에 컨버터 구성에 대한 부담을 획기적으로 줄일 수 있어 대용량화에도 컨

버터를 사용한 시스템을 용이하게 구성할 수 있게 된다. 위의 결과는 태양전지 셀 동작온도가 80℃로 가정했을 경우이지만, 일반적으로 이보다 낮은 동작온도에서는 훨씬 적은 용량의 컨버터가 필요함을 알 수 있다.

<127> 한편 시스템 효율은 다음과 같다.

<128> 도 9는 도 5에서 각 블록의 효율 흐름을 보인 블록구성도이다.

<129> 먼저 도 1 내지 도 3에서 컨버터를 사용하는 시스템의 경우 전체 시스템 효율은 다음의 수학적 식 13과 같이 표현된다.

**수학적 식 13**

$$\eta_s = \eta_c \cdot \eta_i$$

<130>

<131> 여기서 각 부호는 다음과 같다.

$\eta_s$  : 시스템 효율

<132>

$\eta_c$  : 컨버터 효율

<133>

$\eta_i$  : 인버터 효율

<134>

<135> 전체 시스템 효율은 컨버터 효율과 인버터 효율의 곱으로 나타난다. 따라서 인버터가 공통으로 들어가기 때문에 컨버터 부분의 효율에 의해 전체 시스템 효율은 현격한 차이가 나타나게 된다.

<136> 본 발명에서 효율은 일부분의 전력만 컨버터에서 담당하기 때문에 컨버터에서 담당하지 않는 전력은 아무런 전력변환 장치 없이 공급되므로 100% 효율로 넘어가게 된다. 본 발명에서의 컨버터 효율은 다음의 수학적 식 14 및 수학적 식 15와 같다.

**수학적 식 14**

$$\eta_t = p + (1-p) \cdot \eta_c$$

<137>

**수학적 식 15**

$$p = \frac{P_s - P_c}{P_s}$$

<138>

<139> 여기서 각 부호는 다음과 같다.

$\eta_t$  : 인버터 앞단의 전체효율

<140>

<141> p : 태양전지에서 직접 공급되는 전력의 비율

<142>  $P_s$  : 시스템의 전체 전력

<143>  $P_c$  : 컨버터에서 공급되는 전력

<144> 이때 시스템 효율은 다음의 수학적 식 16과 같이 표현할 수 있다.

**수학식 16**

$$\eta_s = \eta_f \cdot \eta_i$$

- <145>
- <146> 컨버터의 전압이 필요 없는 영역에서는 효율의 손실이 없기 때문에 인버터만의 효율만 고려하면 된다. 따라서 고효율을 얻을 수 있으며 컨버터 부분의 전압 분담이 일어나는 영역에서도 일부분만 전력을 공급함에 따라 효율의 상당한 증대가 이루어 질 수 있다.
- <147> 도 10은 종래기술과 본 발명의 효율을 비교한 비교표이다.
- <148> 그래서 예를 들어보면 명확하게 이런 사실을 확인할 수 있다. 인버터의 효율을 98%, 컨버터의 효율을 92%로 가정하여 각각의 시스템에서 효율을 구해보면 도 10의 비교표와 같다. 여기서 컨버터의 전력분담율의 최대는 50%까지이다.
- <149> 도 10의 효율 비교표에서 알 수 있듯이 최대 효율의 값은 100% 전체 전력을 태양전지에서 직접 얻을 수 있을 만큼 직류전압이 높을 때는 인버터 효율만 고려하므로 인해 시스템 효율이 획기적으로 높음을 알 수 있다. 전력분담율에 상관없이 일반적인 컨버터를 사용하는 방식 보다는 월등히 높은 효율을 얻을 수 있다.
- <150> 도 11은 본 발명의 일실시예에 의한 태양광 발전용 전력변환 방법을 보인 흐름도이다.
- <151> 이에 도시된 바와 같이, 절연 DC/DC 컨버터(41)에서 태양광 셀로부터 DC 전압을 병렬연결 방식으로 입력받아 DC 전압으로 변환시킨 다음 입력전압을 직렬연결 방식으로 출력하는 제 1 단계(ST1 ~ ST3)와; 상기 제 1 단계 후 DC/AC 인버팅을 수행하는 제 2 단계(ST2)와; 상기 제 2 단계 후 사인 필터링을 수행하여 부하로 출력하는 제 3 단계(ST3);를 포함하여 수행하는 것을 특징으로 한다.
- <152> 이처럼 본 발명은 태양광 발전용 전력변환 장치에서 출력 용량의 일부만 분담하는 구조에 의해 용량을 최대한 감소시키고 시스템 효율을 증대시켜 소용량 및 대용량 태양광 발전에 적용하게 되는 것이다.

**발명의 효과**

- <153> 이상에서 살펴본 바와 같이, 본 발명에 의한 태양광 발전용 전력변환 장치 및 그 방법은 첫째, 입력은 병렬로 출력은 입력부와 직렬로 연결한 새로운 구조의 직렬변환 방법을 이용하여 같은 전력변환 장치가 담당해야 할 전력 용량을 획기적으로 줄일 수 있는 효과가 있다.
- <154> 둘째, 태양전지의 발전 특성을 최대한 이용하고 새로운 직류변환 방법을 적용하여 시스템을 설계하면 컨버터의 용량을 시스템 정격 용량의 20% 이하로 획기적으로 줄일 수 있다.
- <155> 셋째, 직류전압을 높임으로 인해 계통전압과 동일한 출력전압을 전압을 공급할 수 있어 인버터의 정격전류를 반으로 줄여 인버터 소자 가격을 줄일 수 있고 인버터 자체의 효율을 증대시킬 수 있다.
- <156> 넷째, 새로운 직류변환 방법과 태양전지의 발전 특성을 이용하면 시스템 최대효율을 획기적으로 증대시킬 수 있다.
- <157> 다섯째, 사용되는 직류변환장치의 용량이 획기적으로 감소되기 때문에 소용량 시스템뿐만 아니라 대용량 시스템에도 적용될 수 있는 장점이 있다.
- <158> 이상에서 본 발명의 바람직한 실시예에 한정하여 설명하였으나, 본 발명은 이에 한정되지 않고 다양한 변화와 변경 및 균등물을 사용할 수 있다. 따라서 본 발명은 상기 실시예를 적절히 변형하여 응용할 수 있고, 이러한 응용도 하기 특허청구범위에 기재된 기술적 사상을 바탕으로 하는 한 본 발명의 권리범위에 속하게 됨은 당연하다 할 것이다.

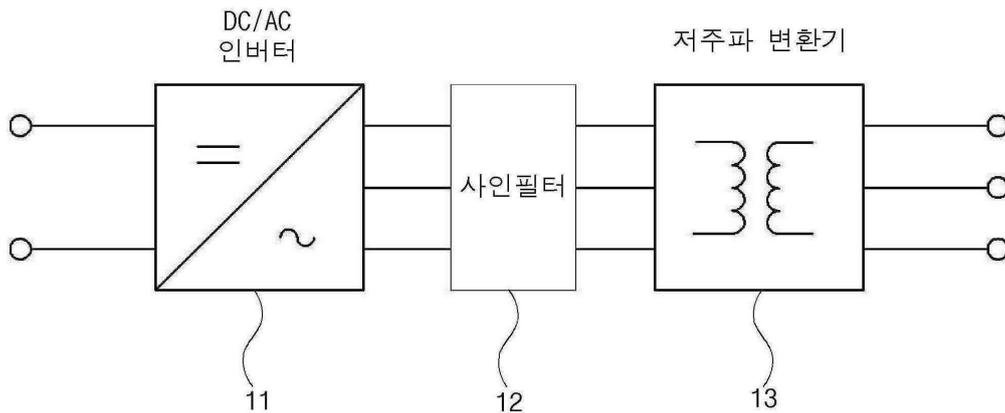
**도면의 간단한 설명**

- <1> 도 1은 종래 태양광 발전용 전력변환 장치의 블록구성도이다.
- <2> 도 2는 종래 태양광 발전용 절연형 전력변환 장치의 블록구성도이다.
- <3> 도 3은 종래 태양광 발전용 비절연형 전력변환 장치의 블록구성도이다.

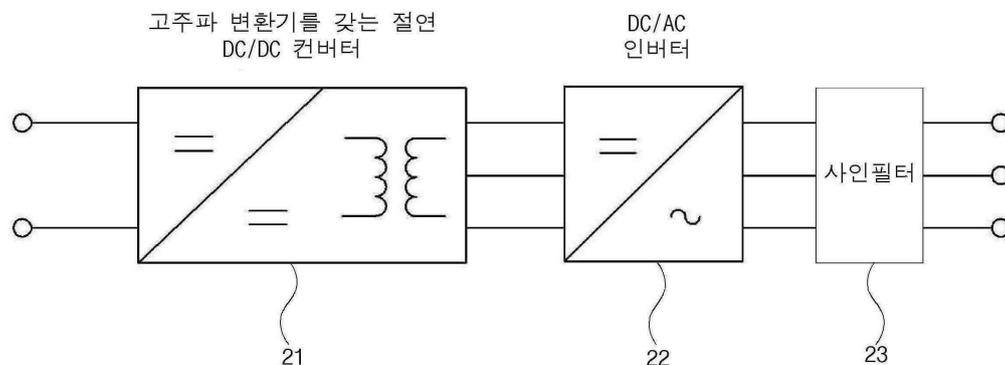
- <4> 도 4는 일반적인 온도와 광량에 따른 태양전지의 특성곡선을 보인 그래프이다.
- <5> 도 5는 본 발명의 일실시예에 의한 태양광 발전용 전력변환 장치의 블록구성도이다.
- <6> 도 6은 도 5에서 절연 DC/DC 컨버터의 입출력 신호를 상세히 보인 블록구성도이다.
- <7> 도 7은 도 6에서 절연 DC/DC 컨버터의 입력측과 출력측을 간략화한 블록구성도이다.
- <8> 도 8은 도 6에서 절연 DC/DC 컨버터의 출력측 신호연결을 보인 개념도이다.
- <9> 도 9는 도 5에서 각 블록의 효율 흐름을 보인 블록구성도이다.
- <10> 도 10은 종래기술과 본 발명의 효율을 비교한 비교표이다.
- <11> 도 11은 본 발명의 일실시예에 의한 태양광 발전용 전력변환 방법을 보인 흐름도이다.
- <12> \* 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명 \*
- <13> 41 : 절연 DC/DC 컨버터
- <14> 42 : DC/AC 인버터
- <15> 43 : 사인 필터

**도면**

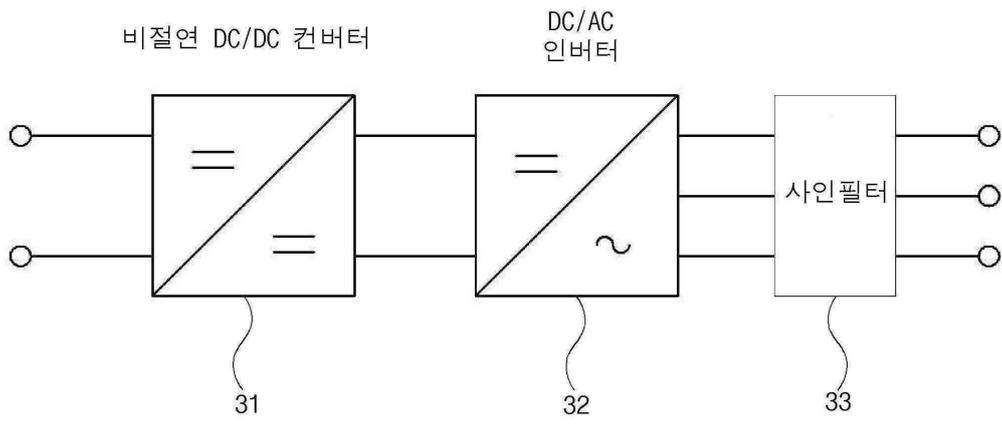
**도면1**



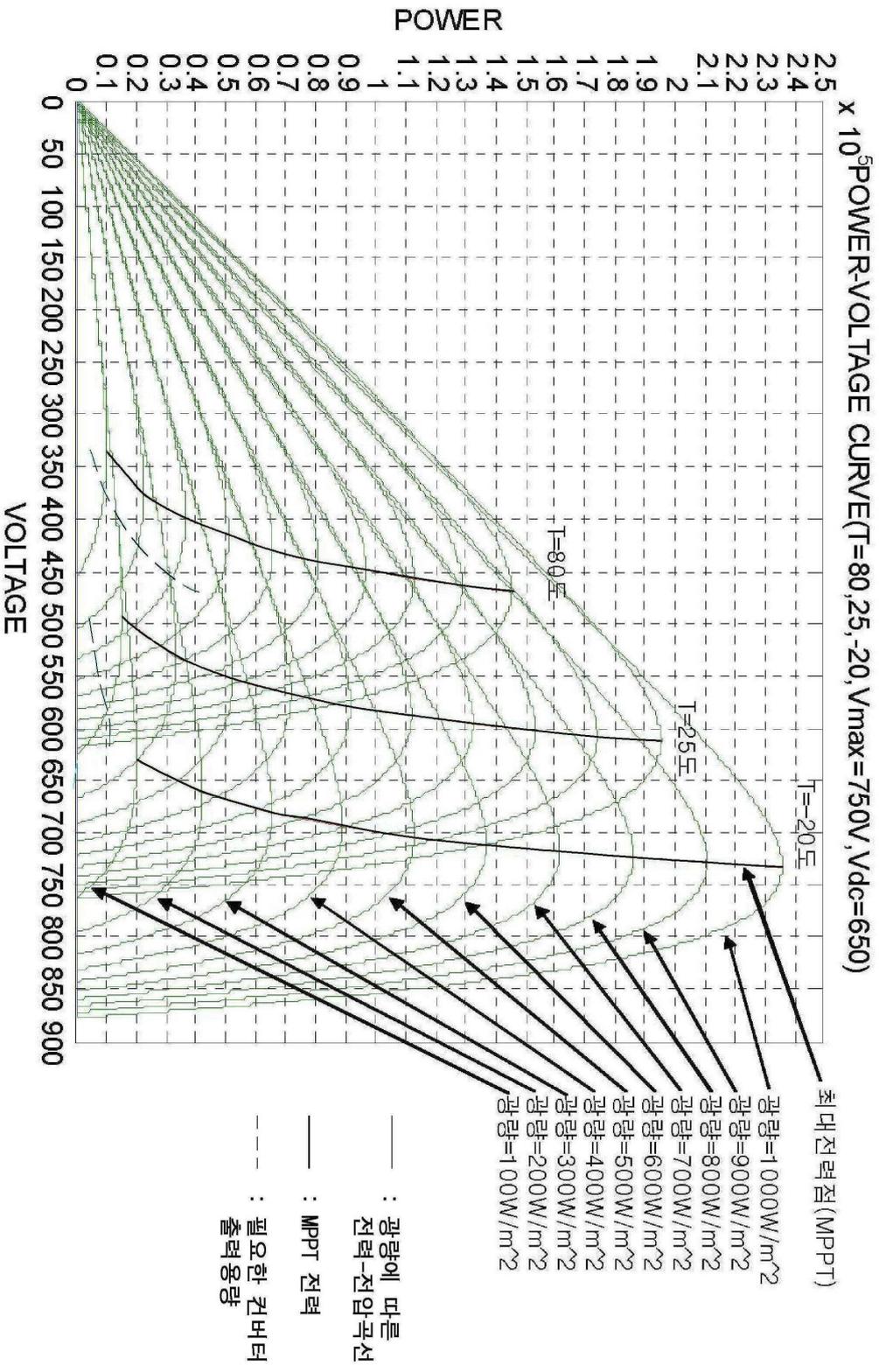
**도면2**



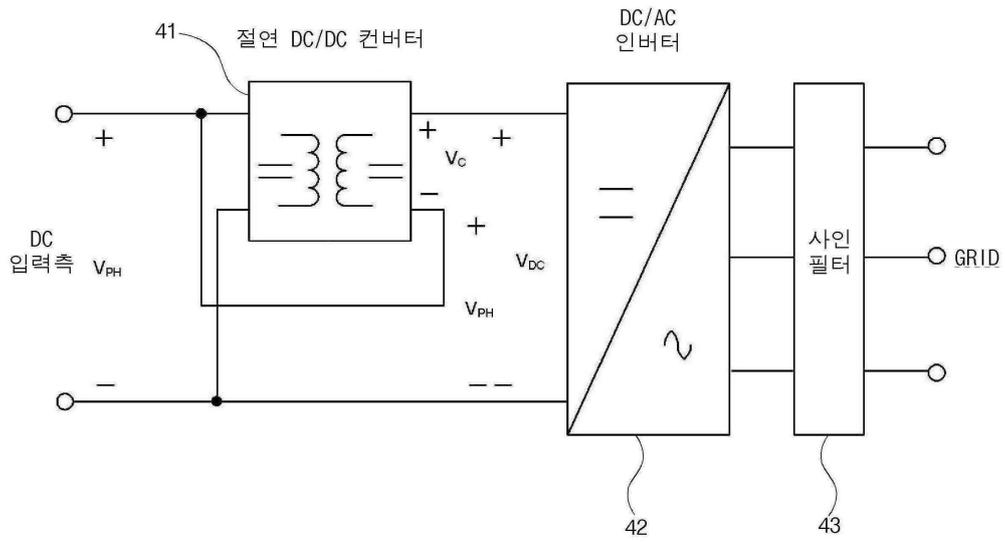
도면3



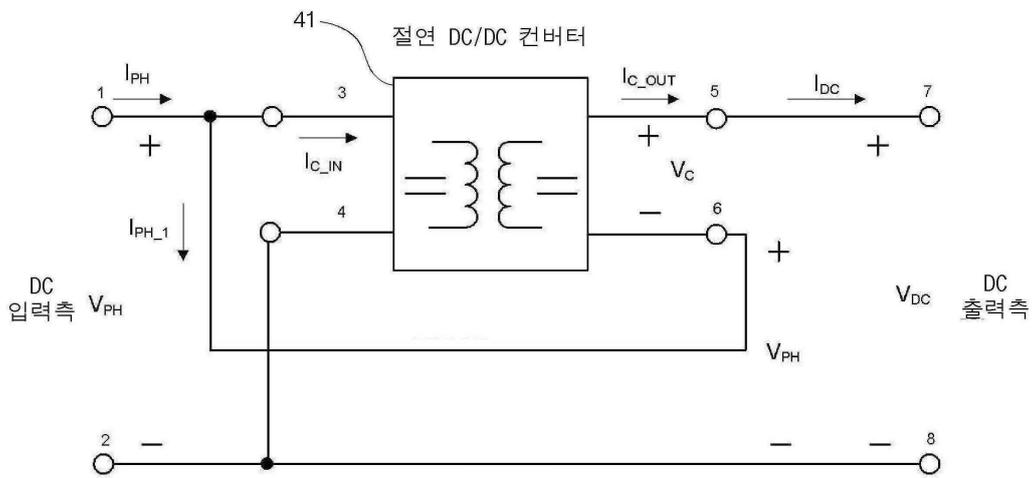
도면4



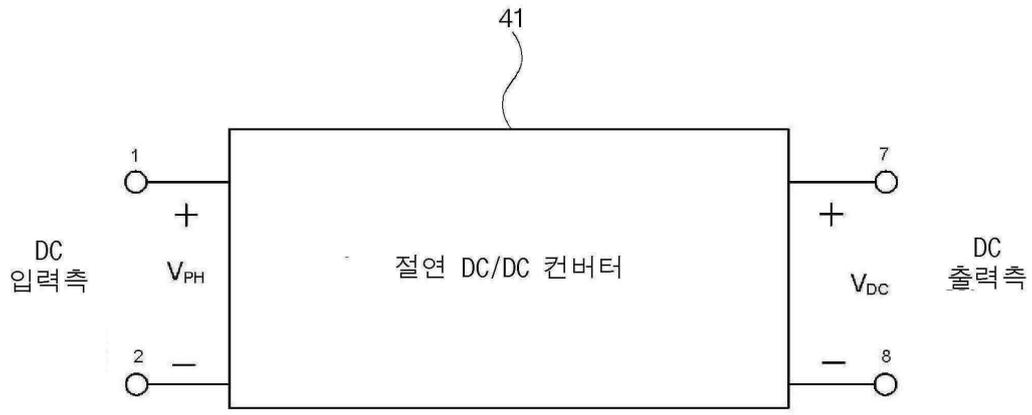
도면5



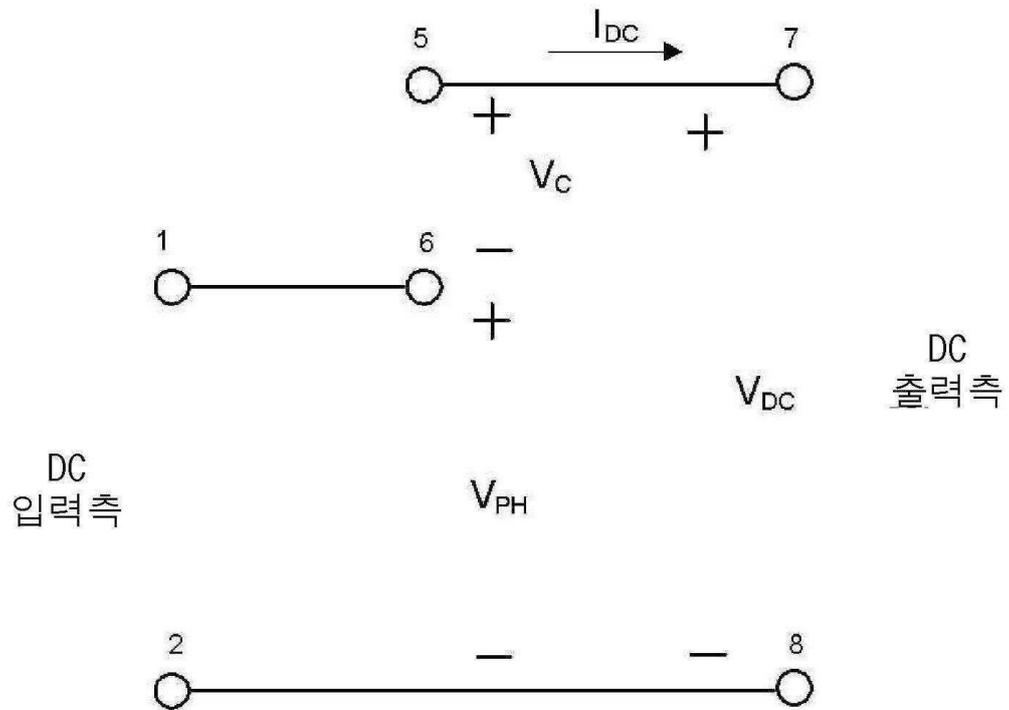
도면6



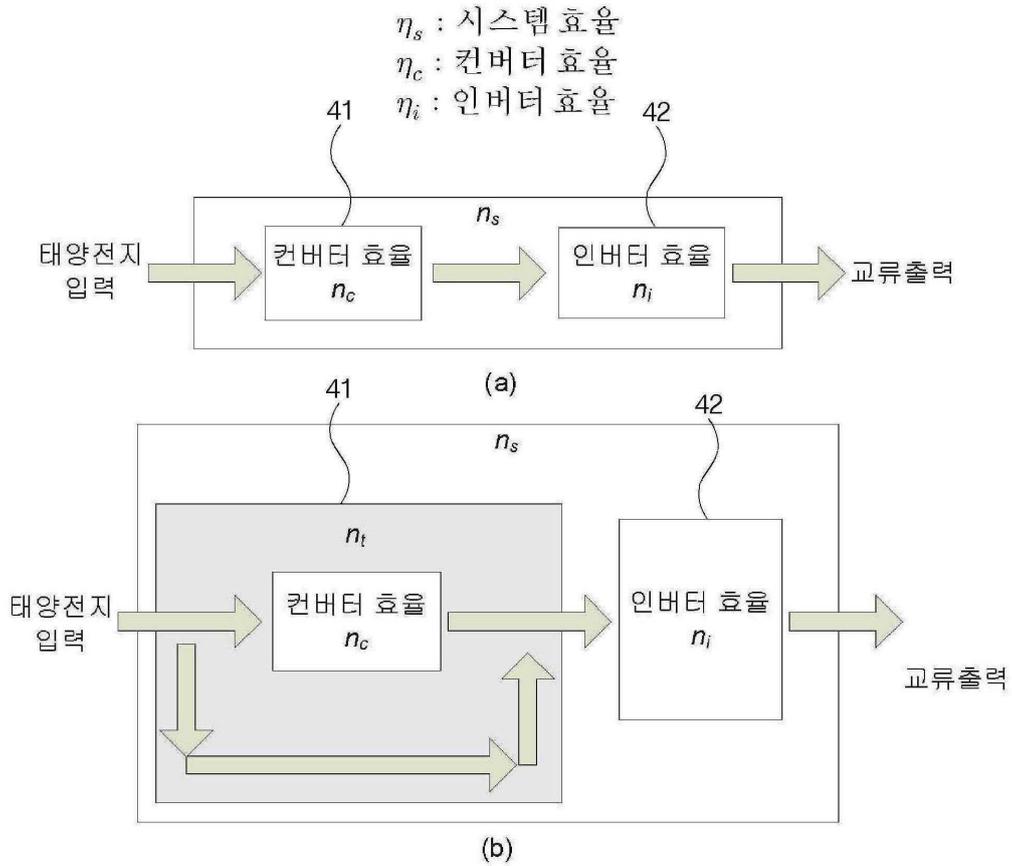
도면7



도면8



도면9



도면10

시스템 효율 비교표

구 분		컨버터 효율(인버터 앞단 효율)	시스템 효율
종래기술의 컨버터를 사용하는 시스템		92%	90.16%
본발명	컨버터 전력분담율 = 0%	100%	98%
	컨버터 전력분담율 = 10%	$(0.9 + (1-0.9) \times 92) \times 100 = 99.2\%$	97.21%
	컨버터 전력분담율 = 20%	$(0.8 + (1-0.8) \times 92) \times 100 = 98.4\%$	96.43%
	컨버터 전력분담율 = 30%	$(0.7 + (1-0.7) \times 92) \times 100 = 97.6\%$	95.64%
	컨버터 전력분담율 = 40%	$(0.6 + (1-0.6) \times 92) \times 100 = 96.8\%$	94.86%
	컨버터 전력분담율 = 50%	$(0.5 + (1-0.5) \times 92) \times 100 = 96.0\%$	94.08%

도면11

