

독립형 태양광 LED가로등 제어를 위한 새로운 전압 더블러

고재하¹, 박성미², 박성준¹
전남대학교¹, 한국승강기대학²

New voltage doubler for Stand-alone solar LED street light driver circuit

Jae ha Ko¹, Sung mi Park², Sung jun Park¹
Chonnam National University¹, Korea Lift College²

ABSTRACT

독립형 태양광 LED가로등은 태양광 발전 전압, 배터리 충전 전압, LED구동전압 등이 상이하므로 이러한 전압을 적절하게 매칭하기 위해서는 여러 가지 타입의 컨버터 회로가 이용되어야 한다. 하나의 시스템에 여러 가지 상이한 전압을 매칭하기 위해서 주로 쓰이는 방식은 벅 부스터 컨버터 회로로서 부스터 컨버터를 활용할 때 벅 컨버터만을 사용하는 부분에 비해서 효율이 저하되는 문제가 있다. 본 논문에서는 부스터 컨버터 대신 전압 더블러를 사용하여 전압을 2배로 상승시키고 벅 컨버터 회로만으로 상이한 전압을 매칭하는 방법으로 효율을 높이고자 한다. 이러한 새로운 토폴로지의 검증을 위하여 시뮬레이션을 수행하였다.

1. 독립형 태양광 LED가로등 설계

현재의 독립형 태양광 LED가로등의 경우 낮은 발전 효율과 납축전지 사용에 따른 배터리 수명 문제, 전력변환에 따른 발전효율 저하에 따른 부조일수 등의 문제점을 가지고 있다. 이를 개선하고자 납축전지는 리튬이온 배터리로 대체하고 있으며 낮은 발전전압에서의 발전효율 향상을 위한 벅 부스트 방식의 컨버터가 사용되고 있지만 인덕터 소자의 저항성분 및 스위칭 손실에 따른 부스트 방식에 따른 전력변환 효율이 좋지 못한 단점을 가지고 있다.^{[1][2]}

본 논문에서는 태양광 발전에 따른 입력전압 변동과 부하단의 배터리 및 LED조명의 상이한 전압을 맞추기 위하여 승압을 위하여 강압은 기존의 벅 컨버터를 사용하고 승압을 위하여 새로운 형태의 전압 더블러 방식을 제안하였다. 제안된 회로를 해석하고 PSIM Tool을 이용하여 시뮬레이션으로 검증하였다.

2. 태양광 LED가로등 설계

2.1 전압 더블러

전압 더블러는 입력전압을 2배로만 승압시키는 배전압기로서 본 논문에서 제안한 회로는 고정된 스위치 동작만으로 입력 전압을 2배로 승압시킨다. 그림 1은 2배 승압이 가능한 새로운 전압 더블러 토폴로지이다. 두 개의 스위치(S_1 , S_2)와 두 개의 다이오드(D_1 , D_2), 그리고 공진으로 구성된 리액터(L_1)와 콘덴서(C_1), 입력전압 2배의 에너지가 저장되는 출력콘덴서(C_o)로

구성되며 두개의 스위치 동작은 시비율(D) 0.5로 인터록으로 스위칭 한다. Q_1 , Q_2 스위치 동작에 의해 인덕터 전류는 직렬 공진을 이루면서 ZCS(Zero current switching) 방식으로 콘덴서 C_1 전압은 충전되고, 다시 입력전압과 더해져서 2배의 전압을 출력 콘덴서로 보내는 형태이다. 본 방식은 공진형 출력전압을 형성함으로 소프트 스위칭이 가능하므로 스위칭 주파수를 높일 수 있어 고효율 및 직접화가 가능한 토폴로지이다. 제안된 회로의 동작모드는 그림 2에 나타나 있다.

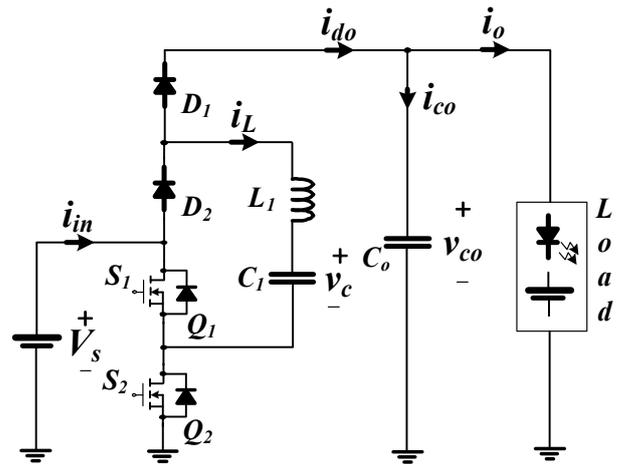


그림 1 전압 더블러 토폴로지
Fig. 1 Topology of voltage doubler.

그림 2(a)는 Mode 1로서 S_2 스위치가 온되는 순간부터 시작한다. Q_2 스위치에 의해 입력전압과 L_1 C_1 의 직렬공진회로는 ZCS방식으로 공진 콘덴서(C_1)에 에너지를 수수하게 된다. 이 모드의 시작시점에서 공진용 콘덴서전압 $v_c(0)$ 가 입력전압(V_s)보다 작은 경우는 입력측에서 콘덴서측으로 에너지가 전달되고 콘덴서전압이 입력전압보다 큰 경우는 콘덴서 측에서 입력측으로 에너지가 전달된다. 그림 2(b)는 Mode 2, 4에 해당하는 것으로 2개의 스위치가 인터록되어 절체되는 순간의 Dead time(T_D)에 해당하는 부분으로 출력단 동작은 출력콘덴서에서 부하단으로 에너지를 전달한다. 그림 2(c)는 Mode 3에 해당하는 것으로 S_1 스위치가 온되는 순간부터 시작한다. 전류의 방향은 Q_1 를 걸쳐 다이오드(D_1)로 흘러가는 경로를 만들어 입력 전압과 공진용 콘덴서(C_1)에 저장된 에너지의 합이 출력 콘덴서로 넘어가므로 최종적으로 출력단은 입력전압의 2배의 전압을 가지게 되어 전압 더블러가 된다.

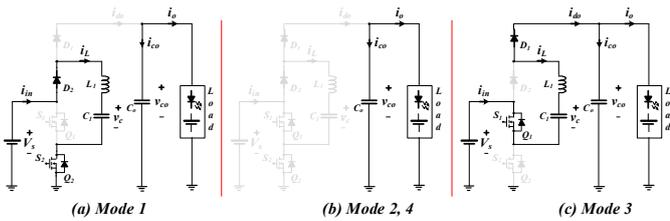


그림 2 제안된 회로의 동작모드
Fig. 2 Operation mode of proposed circuit.

그림 3은 동작하는 회로의 파형을 나타낸 것으로 2개의 스위치 파형과 인덕터 전류(i_L)와 공진 콘덴서 출력(v_c)과 입력전압 그리고, 콘덴서의 출력전압(v_{co})을 표현하였다.

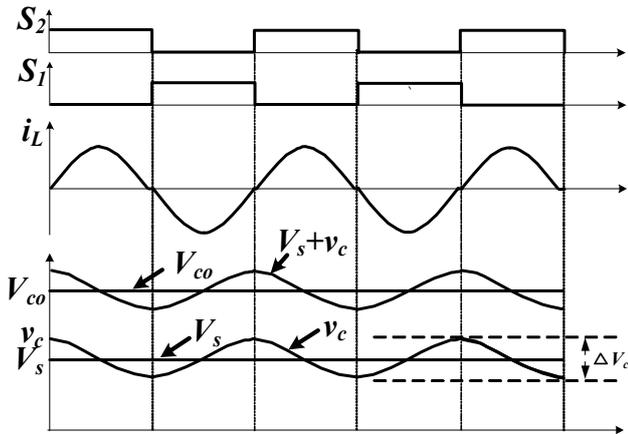


그림 3 제안된 회로의 동작파형
Fig. 3 Waveforms of proposed circuit.

2.2 제안된 최종 토폴로지

전압 더블러는 단순히 입력전압을 2배로만 승압하는 형태이므로, 독립형 태양광 LED가로등 시스템의 상이한 출력 전압을 맞추기 위해서 별도의 컨버터가 요구된다. 이를 위해서 전압 더블러 앞단에는 buck 컨버터가 구성된다. buck 컨버터의 시비율을 출력전압을 피드백 하여 출력단에서 요구되는 전압에 맞게 시비율을 조정한다. 즉 출력단에서 요구되는 전압(V_o)은 전압 더블러에서 2배로 승압된 전압이므로 buck 컨버터에서는 $V_o/2$ 인 전압을 맞추도록 buck 컨버터의 스위치의 시비율 제어が必要하다. 태양광 발전전압이 낮을 경우 buck 컨버터의 시비율은 1.0으로 하며 전압 더블러에서 2배로 승압하여 배터리 충전을 가능케 한다. 이를 통해 태양광 발전전압이 배터리 충전전압의 절반 보다 낮게 들어올 경우에는 충전을 하지 않는다. 그림 4는 전압더블러와 buck 컨버터가 함께 구성된 회로를 나타낸 것이다.

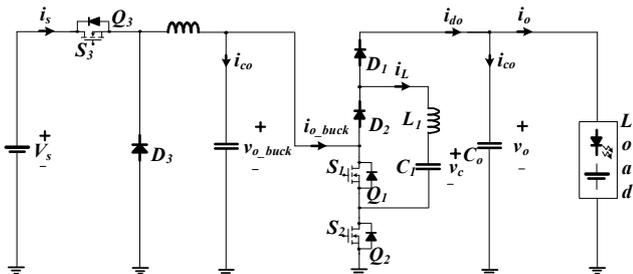


그림 4 제안된 최종 회로 토폴로지
Fig. 4 Topology of proposed final circuit

2.3 최종회로 입출력 동작

제안된 전압더블러와 buck 컨버터가 조합된 최종 회로 토폴로지의 입력은 태양전지, 배터리가 되며, 출력은 배터리와 LED조명이다. 주간에는 태양전지가 입력이 되며 출력은 배터리가 되며, 야간의 경우 배터리가 입력이 되며 출력은 LED조명이 된다. 특이하게 배터리만 입력과 출력으로 사용되는 특징을 가지고 있으므로 그림 5와 같이 2A/2B의 특성을 가지는 릴레이를 통해 입출력단을 제어한다.

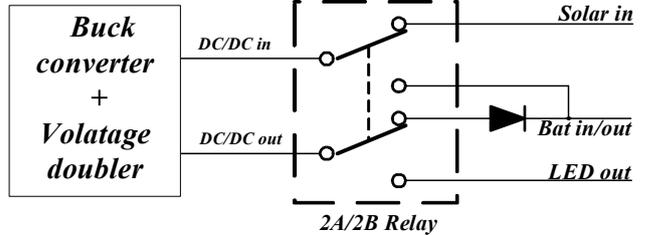


그림 5 릴레이를 통한 입출력 변경
Fig. 5 Changing input and output through relay

2.4 시뮬레이션 결과

PSIM Tool을 통해 buck 컨버터와 전압더블러를 구성하였고 태양광 발전전압이 12V인 상태에서 배터리 출력전압이 19.2V가 필요하다고 가정하면, 배터리 출력전압의 절반이 buck 컨버터 출력전압(V_{o_buck})으로 필요하므로, buck 컨버터의 시비율을 0.8로 하여 9.6V를 생성하여 최종 출력전압을 19.2V로 만든다. 그림 6은 이러한 상태에 대한 시뮬레이션 결과 파형이다.

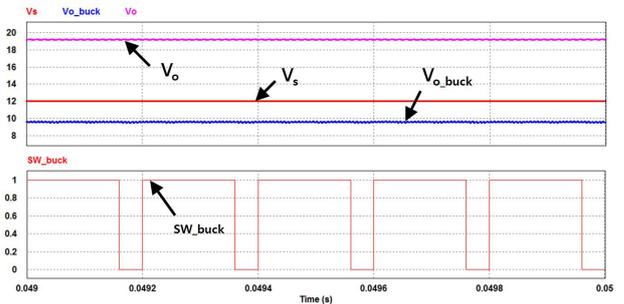


그림 6 시뮬레이션 파형
Fig. 6 Waveform of simulation

3. 결론

입출력 전압 변동에 따른 승강압을 위해 두 개의 컨버터를 사용할 경우, 한 개의 컨버터 동작은 시비율 제어 없이 고정적으로 이루어지게 하고, 나머지 한 개의 컨버터 동작 시비율 제어를 통해 입출력 전압 변동을 맞추는 형태를 본 논문에서 취하였다. 이는 두 개의 컨버터의 시비율을 제어하는 것 보다 용이한 제어가 가능한 이점이 있으며, 공진형 출력전압 형성으로 소프트 스위칭이 가능하므로 제어가 간단하게 구성될 장점을 가진다.

참고 문헌

- [1] S.R. Bull, "Renewable energy today and tomorrow," Proc. IEEE, Vol. 89, No. 8, pp. 216-226, 2001, Aug.
- [2] N. Femia, "Optimization of perturb and observe maximum power point tracking method," IEEE Trans. Power Electron., Vol. 20, No. 4, pp. 963-973, 2005, Jul.