

저전압 · 대전류용 컨버터의 병렬 운영을 고려한 토폴로지에 대한 연구

강자윤, 신덕식
전자부품연구원

A Study on High Efficiency Topology Considering Parallel Operation of Water Electrolysis Converter Using Renewable Energy

Ja-Yoon Kang, Duck-Shick Shin
Korea Electronics Technology Institute

ABSTRACT

최근 친환경 에너지원으로 수소생산을 하는 수전해 시스템과 및 특정 ESS 등 저전압 · 대전류용 컨버터가 필요한 응용분야에서는 발열, 유지보수, 제작비 등을 고려하여 병렬 운전하여 사용한다. 병렬 운전의 경우, 각 컨버터의 임피던스의 차이로 전압 불평형에 따른 순환 전류로 인한 소손 등의 이유로 병렬 운전 제어를 해야만 한다. 본 논문에서는 병렬 운영을 고려한 토폴로지로 2단으로 구성된 컨버터를 제안하였다. 기존에 사용되고 있는 토폴로지와 비교를 통해 장단점을 분석하였다.

본 논문에서는 그림 2 처럼 2단으로 구성된 컨버터를 제안하였다. 이는 마스터/슬레이브 구분 없이 동작이 가능하며 1단에서 사용되는 컨버터를 1개로 제안했기 때문에 수동 소자 및 스위치 소자 등의 감소로 제작비 및 효율 측면에서 장점이 된다. 본문에서는 기존과 제안하는 토폴로지를 시뮬레이션을 통해 비교 분석하여 정리하였다.

1. 서 론

최근 친환경 에너지원인 수소에너지는 수전해 시스템에서 수소를 생산하게 되는데 수전해 시스템 특성상 저전압 · 대전류를 사용해야 한다. 또한, 산업에서 빅데이터의 요구가 많아짐에 따라 데이터 센터에서도 늘어나는 전력 요구량을 만족시키기 위해 컨버터를 병렬로 추가 설치하는 추세이다. 이에 따라 저전압 · 대전류용 컨버터의 연구가 활발히 진행되고 있다. 기존 병렬 운전하는 컨버터의 토폴로지는 효율을 고려하여 스위칭 손실을 저감하기 위해 ZVS 구동이 가능한 Phase Shifted Full Bridge나 LLC 컨버터를 주로 적용하고 있다.^[1] 기존 병렬 컨버터의 토폴로지는 각 응용분야에 맞게 1단으로 구성되어 사용하거나 그림 1처럼 2단으로 구성되어 사용하고 있다. 병렬 운전의 경우 각 컨버터마다 부하로 연결되는 전선 등의 원인으로 임피던스가 달라지기 때문에 순환 전류로 인해 컨버터의 소손이 야기되기 때문에 보통 마스터/슬레이브 방식과 같은 부하 분담 제어를 사용해야 한다.^[2]

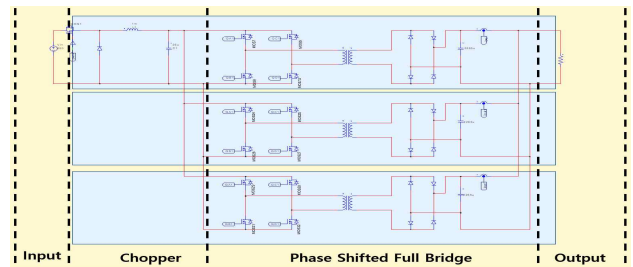


그림 2 제안하는 병렬 컨버터의 토폴로지 구성
Fig. 2 Topology configuration of proposed parallel converter

2. 본 론

2.1 제어

그림 3과 그림 4는 기존과 제안하는 토폴로지의 제어로직을 나타낸 것이다. 그림 3의 경우 기존 토폴로지의 제어로직으로 마스터/슬레이브 방식을 적용한 것이다.

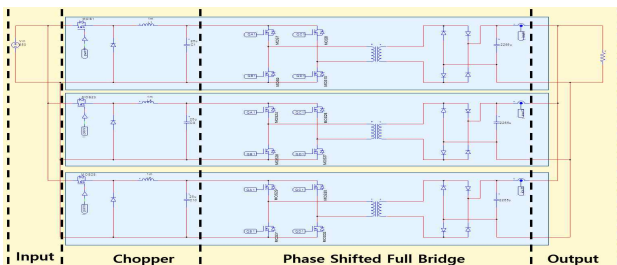


그림 1 기존 병렬 컨버터의 토폴로지 구성
Fig. 1 Topology configuration of existing parallel converters

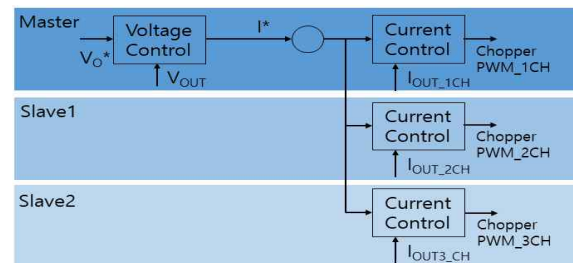


그림 3 기존 병렬 제어 로직
Fig. 3 Existing parallel control logic

이는 임의의 컨버터를 마스터로 설정하고, 마스터에서만 출력전압의 제어를 담당한다. 출력 전압제어를 통한 전류 지령

값은 n등분 하여 마스터와 슬레이브에 전달하여 각각 컨버터에서 동일한 전류 제어를 한다. 전류 제어 결과는 각자의 chopper의 PWM으로 전달하게 된다. 그리고 2단의 PSFB 제어는 부하에 따른 duty 변동 없이 항상 일정하게 유지하였다. 이 방식은 chopper에서만 출력 제어를 하는 방식이다.

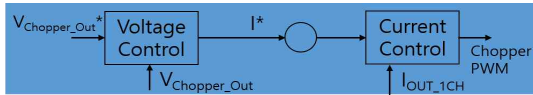
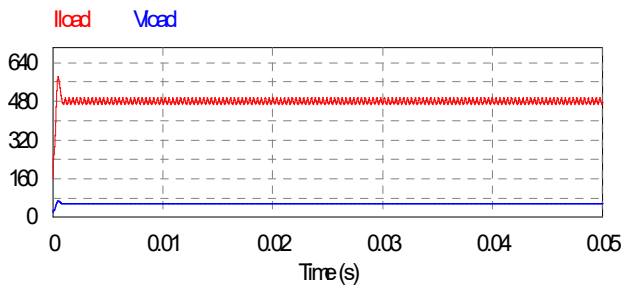


그림 4 제안하는 병렬 제어 로직
Fig. 4 Proposed parallel control logic

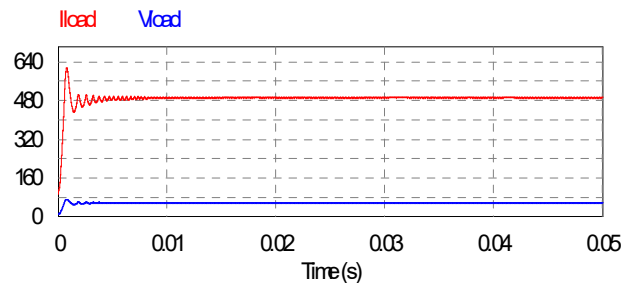
그림 4는 제안하는 토폴로지의 제어 로직으로 chopper에서만 출력제어를 하는 방식은 동일하다. 그러나 제안하는 토폴로지의 장점은 하나의 chopper로 구성되어 있어 마스터/슬레이브 구분 없이 제어가 간단하다. 또한, chopper의 허용 가능한 전류량 한도 내에서 PSFB 컨버터만 추가하면 별도의 추가 제어 필요 없이 용량 증대가 간단하다.

2.2 시뮬레이션 결과

시뮬레이션을 통해 두 토폴로지의 특성을 비교하였다. 사양은 10kW를 3개 병렬 연결하여 30kW로 설계하였다. 1단은 buck, 2단은 PSFB로 설계하였으며, 입력 전압은 650V, 출력 전압은 60V이다. 스위칭 주파수는 각각 50kHz로 구동하였다. 또한, 사용된 스위치 소자와 수동 소자들의 값은 동일하게 설정하였다. 시뮬레이션 구동함에 있어 변압기, 수동 소자들은 이상적인 소자들로 구성하였고, 실제 컨버터 외부에 따른 임피던스 변화는 동일하다고 가정하고 시뮬레이션을 진행하였다.



(a) Existing topology

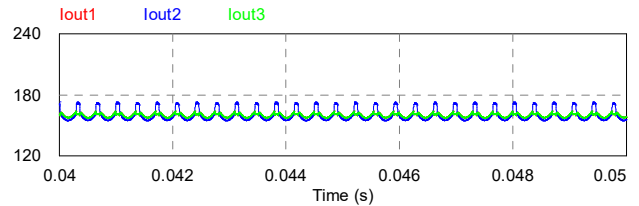


(b) Proposed topology

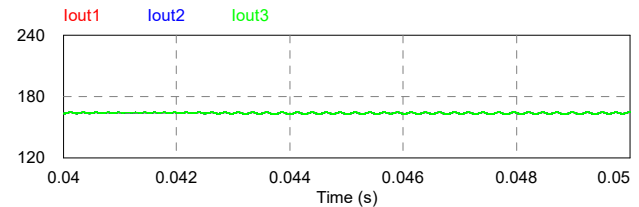
그림 5 출력 전압, 출력 전류의 시뮬레이션 결과
Fig. 5 Simulation results of output voltage and output current

그림 5는 출력 전압과 출력 전류를 시뮬레이션을 한 결과이

다. 전압은 약 60V, 500A로 제어되는 것을 확인하였다. 전류 파형을 살펴보면 기존 토폴로지는 제안한 토폴로지에 비해 전류 리플이 심한 것을 확인할 수 있다. 그 이유는 전류 제어가 각각 컨버터에서 이루어지고 있기 때문에 발생하는 현상으로 분석된다. 그림 6은 단일 컨버터들의 출력 전류를 비교한 파형이다. 그림 6(a)를 분석해보면 2번 컨버터의 전류 파형이 다른 컨버터들의 출력 전류에 비해 리플이 심한 것을 볼 수 있다. 그에 비해 제안된 토폴로지에서는 하나의 chopper에서 출력 제어를 담당하기 때문에 그림 6(b)처럼 3개의 컨버터가 동일한 전류가 흐르는 것을 볼 수 있다.



(a) Existing topology



(b) Proposed topology

그림 6 단일 컨버터들의 출력 전류 파형 비교
FIG. 6 Comparison of Output Current Waveforms of Single Converters

3. 결론

본 논문에서는 병렬 운전에서 사용되는 2단 토폴로지에 대하여 연구하였다. 시뮬레이션 결과 제어 및 설계 등에 있어서 비교적 간단한 구성이 가능하였다. 또한 시뮬레이션 결과 목표 값에 제어가 잘 되는 것을 확인하였고, 출력 전류의 리플이 더 적은 것을 확인하였다. 이는 전류 리플에 민감한 응용분야에 더 적절한 토폴로지 사용될 수 있고, 제작 시에도 스위칭 소자의 개수가 저감되었기 때문에 효율적이고 비용을 저감할 수 있는 장점이 있다. 향후에는 실험을 통해 제안한 토폴로지의 특성을 확인할 계획이다.

이 연구는 2018년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(20001201)

참고 문헌

- [1] 김주용, 정상화, 문상필, 류재엽, 서기영, “마이크로프로세서에 의해 제어되는 연료전지용 전력변환장치에 관한 연구”, 조명 전기설비학회논문지, 21(5), pp. 10~24, 2007
- [2] 박성미, 이상혁, 박성준, “CAN통신을 이용한 모듈전원의 병렬운전에 관한 연구”, 한국산학기술학회 논문지, 12(8), pp. 3603~3609, 20