

Coupled Inductor를 이용한 계통연계형 인버터 병렬운전

신동설*, 이종필**, 이경준*, 유동욱**, 김희제*
부산대학교 전자전기공학과*, 한국전기연구원**

Parallel Operation of Grid Connected Inverters Using Coupled Inductor

Dongsul Shin*, Jong Pil Lee**, Kyoung Jun Lee*, Dong Wook Yoo**, Hee Je Kim*
Dept. of Electrical and Electronics Engineering, Pusan National University*
Korea Electrotechnology Research Institute (KERI)**

ABSTRACT

본 논문은 계통연계형 인버터의 병렬 운전 시 생기는 문제점을 해결하기 위한 방안으로 커플링된 필터 인덕터를 제안한다. 이 방식은 필터 인덕터의 전류 리플의 감소효과와 함께 인터리빙 기법을 적용하여 커플링된 필터 인덕터의 출력 전류 리플 또한 감소시킨다. 인덕터 전류의 리플 감소를 통해서 인덕터의 코어손실 감소 효과는 물론이고, 필터 인덕터의 커플링을 통해서 두 개의 인덕터가 하나로 합쳐짐에 따라 그 부피 또한 감소시킬 수 있으며, 병렬 운전하는 인버터 간 순환전류 또한 저감되는 효과가 있다. 10kW 시제품을 통해 제안된 방식 우수성을 검증하였다.

1. 서론

대용량 전력변환 시스템의 요구가 많아지고 있지만, 전력 반도체의 한계로 인하여 구현하는데 어려움이 있다. 전력 반도체 소자의 병렬연결을 통해서 이러한 어려움을 극복할 수 있지만, 모듈단위의 병렬운전을 통해 극복하면서 다양한 병렬운전 방식을 적용하여 보다 많은 장점을 가질 수 있다. 대용량 계통연계형 인버터를 병렬운전을 하게 되면 상대적인 고조파 감소와 모듈성, 그리고 유지 보수의 편의성을 제공하는 장점을 가지고 있지만, DC링크 전압을 공유할 경우, 큰 순환전류 발생으로 인한 전체적인 효율 감소와 더불어 여러 가지 문제점을 가지게 된다.

본 논문에서는 대용량 인버터의 병렬운전시 각상의 필터 인덕터를 커플링하는 방안을 제안한다. 이를 통해서 병렬운전시 생기는 순환전류로 인한 문제점을 해결함과 동시에 필터 인덕터의 전류 리플 저감효과를 얻을 수 있다. 그리고 이와 더불어 인터리빙 기법을 함께 적용하여 필터 인덕터의 출력 전류의 리플 감소효과도 얻을 수가 있다. 인덕터 전류의 리플 감소를 통해서 인덕터의 코어손실 감소 효과는 물론이고, 필터 인덕터의 커플링을 통해서 두 개의 인덕터가 하나로 합쳐짐에 따라 그 부피 또한 감소시킬 수 있다. 10kW 시제품을 통해 제안된 방식의 우수성을 검증하였다.

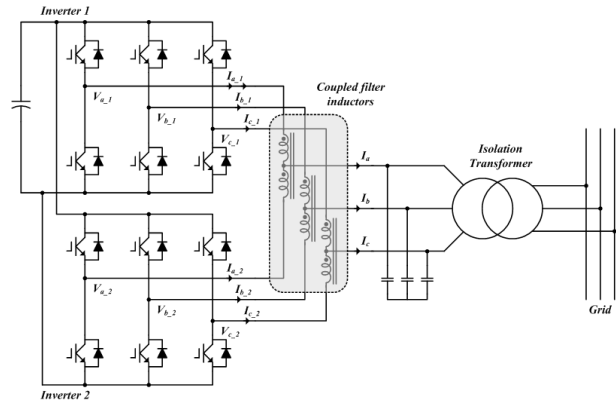


그림 1. 커플 인덕터가 적용된 계통연계형 인버터의 병렬구성

2. 계통연계형 인버터의 병렬운전

2.1 계통연계형 인버터의 병렬운전 구성

그림 1 은 커플 인덕터가 적용된 계통연계형 인버터의 병렬운전 구성을 보여 준다. 각상 (a a', b b', c c')의 필터 인덕터가 역방향으로 커플링되어 있고, DC 링크 전압을 공유하고 있다. DC 링크 전압을 공유하게 되면 아닌 경우에 비해서 많은 순환전류가 발생하기 때문에 커플 인덕터의 순환전류 저감효과를 확인하기 위해서 DC 링크 전압을 공유하도록 하였다.

2.2 커플 인덕터로 인한 필터 인덕터 전류의 리플 감소

필터 인덕터의 인덕턴스와 커플 인덕터의 누설 인덕턴스가 같은 조건에서 각각의 출력 전류 리플은 동일하다. 그림 2 는 이러한 조건에서 커플링 되지 않은 필터 인덕터의 전류 리플에 대한 커플링을 했을 때 감소 정도를 그래프로 보여준다. 그래프에서 확인할 수 있듯이, 듀티 사이클에 대해서 정도가 다르며 커플링 계수가 높을수록 그 감소효과가 크다.

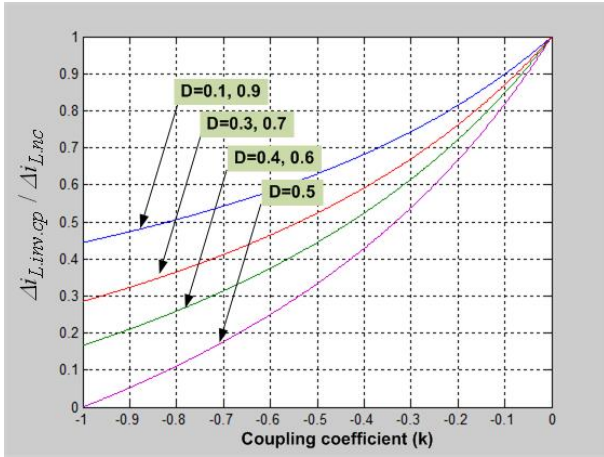


그림 2. 필터 인덕터의 전류 리플 감소 효과

2.3 커플 인덕터로 인한 순환 전류의 감소

필터 인덕터가 커플링 됨에 따라 순환 전류가 흐르는 경로에 높은 임피던스가 형성된다. 이로 인해서 순환 전류가 감소하게 된다. 커플링과 커플 인덕터의 자기 인덕턴스에 의해서 정도가 달라진다.

2.4 실험결과

실험결과를 통해서 순환전류 감소 및 필터 인덕터의 전류 리플의 감소와 인터리빙 기법의 적용으로 필터 인덕터의 출력 전류 리플 감소를 확인하였다. 계통전압의 약간의 불균형으로 인해 전류 파형에 고조파 성분이 포함되어 있다.

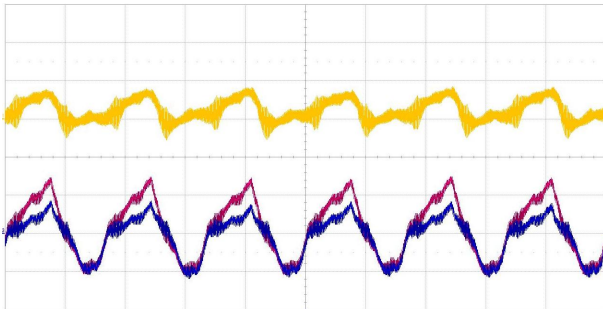


그림 3. 커플링되지 않은 필터 인덕터의 전류 파형

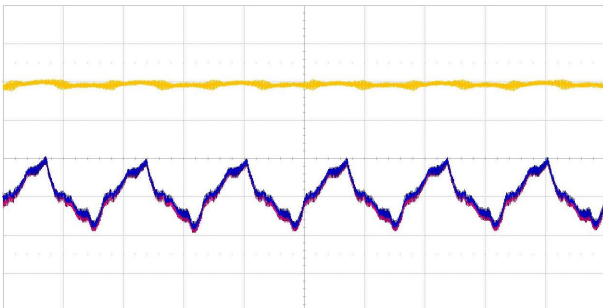


그림 4. 커플링된 필터 인덕터의 전류 파형

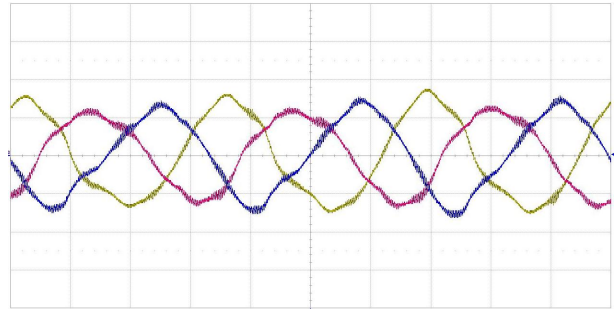


그림 5. 인터리빙 기법이 적용되지 않은 필터 인덕터의 출력 전류 파형

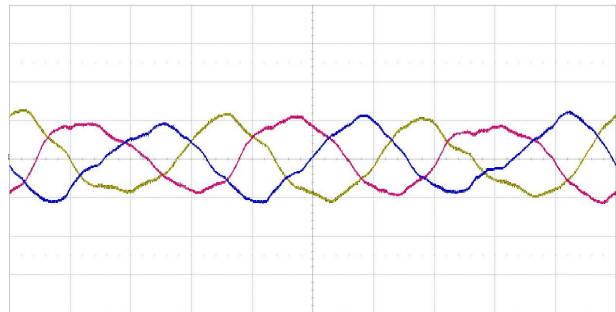


그림 6. 인터리빙 기법이 적용된 필터 인덕터의 출력 전류 파형

4. 결론

공통된 DC 링크 전압을 공유하면 계통연계형 인버터의 병렬 운전 시 순환 전류가 발생하게 되고 이로 인해서 여러 가지 문제점이 발생한다. 이를 해결하기 위해서 이 논문에서는 커플링된 필터 인덕터를 제안하였다. 이 방식은 필터 인덕터의 전류 리플의 감소효과와 함께 인터리빙 기법을 적용하여 커플링된 필터 인덕터의 출력 전류 리플 또한 감소시킨다. 인덕터 전류의 리플 감소를 통해서 인덕터의 코어손실 감소 효과는 물론이고, 필터 인덕터의 커플링을 통해서 두 개의 인덕터가 하나로 합쳐짐에 따라 그 부피 또한 감소시킬 수 있으며, 병렬 운전하는 인버터간 순환전류 또한 저감되는 효과가 있다. 10kW 시제품을 통해 제안된 방식 우수성을 검증하였다.

참 고 문 헌

- [1] Pit Leong Wong, Peng Xu, Yang, P., Lee, F.C., "Performance improvements of interleaving VRMs with coupling inductors", *IEEE Trans. Power Electronics*, Vol. 16, No. 4, pp. 499-507, July, 2001
- [2] Lucian Asiminoaei, Eddy Aeloiza, Prasad N. Enjeti, and Frede Blaabjerg, "Shunt active power filter topology based on parallel interleaved inverters," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 55, no. 3, pp. 1175-1189, Mar. 2008.