

1kW급 태양광발전용 고주파링크 방식의 컨버터

유병규*, 이기옥**, 유권중*, 최주엽**
한국에너지기술연구원*, 광운대학교**

1kW Photovoltaic Converter with High Frequency Transformer

B.G. Yu*, K.O. Lee**, G.J. Yu*, J.Y. Choi**
Korea Institute Energy Research*, Kwangwoon Univ.**

Abstract - 계통연계형 태양광발전 시스템을 구성하고 있는 전력변환 장치인 PCS(power conditioning system)은 성능, 효율, 가격, 그리고 보호 및 협조 문제에 따라 여러 가지 형태가 있다. 본 논문에서는 고주파 변압기를 이용한 컨버터에 대하여 제안한다. 이 시스템은 FB(full bridge) 컨버터, 고주파 변압기, 다이오드 정류기, DC link 필터, PWM 인버터 그리고 저역통과필터로 이루어져 있다. 고주파 변압기를 이용한 컨버터의 스위칭 주파수는 10kHz로 Unipolar PWM 방식을 이용하였고, 변압기의 2차단에 다이오드 정류기와 커패시터를 통하여 DC로 정류한다. 고주파 변압기를 이용한 컨버터의 제어는 전압형 전류제어인 MPPT 알고리즘에 의한 입력전류제어를 담당하고, DC link 전압의 제어는 Unipolar PWM 인버터에서 제어를 담당한다.

논문에서는 고주파 변압기를 이용한 FB Converter의 제어 방법에 대하여 시뮬레이션을 통하여 검증하고자 한다.

1. 서 론

최근 범세계적으로 급격한 기후변화와 화석에너지의 고갈에 따른 에너지 문제 및 환경문제가 심각하게 논의되고 있는 실정이다. 이러한 문제에 대한 한 대안으로서 태양광발전 및 풍력발전 등과 같은 대체에너지 연구개발이 미국, 유럽, 일본 등의 선진국을 중심으로 범정부차원에서 이루어지고 있다. 대안으로 제시되는 에너지원 중 태양광에너지는 특히 무한정하며 깨끗한 자연에너지원으로서 각광을 받고 있다. 국내에서도 최근 이 태양에너지를 이용한 태양광발전은 소규모 주택용 태양광발전시스템의 적용이 최근 급격히 증가하는 추세이며, 이에 따라 다양한 기능을 갖는 PCS의 개발이 활발하게 추진되고 있다. 국내·외에서 개발되어 사용되는 계통연계형 태양광발전용 PCS의 종류는 저주파 절연변압기형(60Hz), 고주파링크형, 무변압기형으로 구분되며, 국내에서 개발되어 사용되고 있는 계통연계형 PCS는 주로 저주파 절연변압기형(60Hz)을 사용하고 있다. 이러한 변압기는 계통과의 전기적 절연과 인버터의 출력전압을 계통전압의 크기로 승압하기 위하여 사용된다. 이러한 변압기는 계통 주파수로 동작하기 때문에 전체시스템의 효율, 가격, 소형, 경량화에 문제점을 갖고 있다. 특히 무변압기형은 계통과 전기적으로 절연이 되지 않기 때문에 안정성을 확보하기 위하여 제어가 복잡하고 부가적인 보호회로를 필요로 하는 단점이 있으나, 저주파 변압기를 사용하지 않기 때문에 저가의 시스템 구현에 적합한 면이 있고, 고주파링크형은 많은 파워 스위칭소자를 사용하는 단점이 있지만, 저주파 절연변압기를 사용하지 않으면서도 계통과의 전기적 절연을 제공하면서 고효율화, 소형경량화, 전체 시스템 가격의 저가화가 가능하다는 장점이 있다^[1-2]. 본 논문은 1kW급 고주파링크 방식을 이용한 태양광발전용 PCS의 토폴로지와 동작에 대하여 소개 하고, 시뮬레이션을 통하여 시스템의 타당성을 검증하고자 한다.

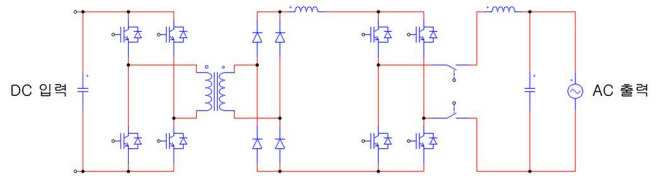
2. 고주파형 컨버터

2.1 시스템 구성

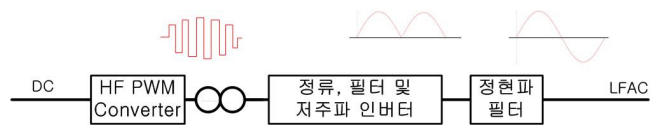
이미 제안된 태양광발전용 FB(full bridge) 고주파형 컨버터는 그림 1의 (a)와 같이 FB Converter, 고주파 변압기, 정류필터, 60Hz 저주파 인버터로 구성되며, 각 부 파형은 그림1의 (b)와 같다. 그러나 이와 같은 방식은 계통연계시 출력전류의 영전류 부근에서 발생하는 전류의 불안정한 외란에 의하여 출력전류의 품질이 악화되는 단점과 이의 해결책으로써 영점부근에서의 영전류로 제어하는 방법은 소량이지만 주기적인 출력저하가 단점이 된다^[3].

그 문제점을 해결할 수 있는 방식은 그림 2와 같이 DC link단에 커패시터를 추가하여 PWM 인버터의 입력전원을 안정화 시키는 방법이 있다. 그림 2의 계통연계형 태양광발전 시스템에서 컨버터 및 인버터의 제어는 그림 3과 같이 컨버터에서 MPPT 제어를 수행하며, 인버터에서는 DC link전압을 제어하는 구조를 사용하였다. 컨버터에서 MPPT 제어를

수행하면, 인버터에서 MPPT제어를 하는 경우에 비하여 급변하는 일사량에 따른 입력전류의 추종이 가능하므로 급격한 일사량 변화를 추종하는 특성이 개선된다.

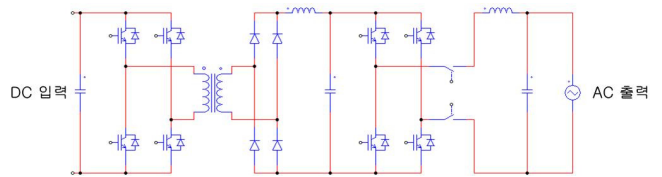


(a) 회로도



(b) 각부파형

<그림 1> 기존의 고주파링크형 시스템

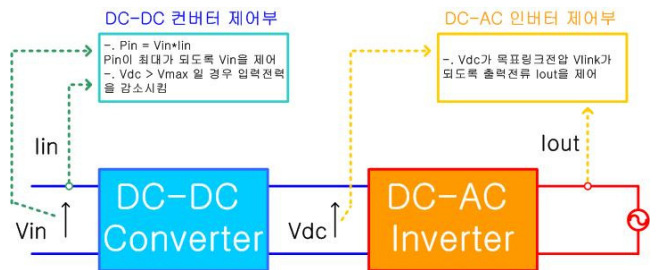


(a) 회로도



(b) 각부파형

<그림 2> 제안된 고주파링크형 시스템



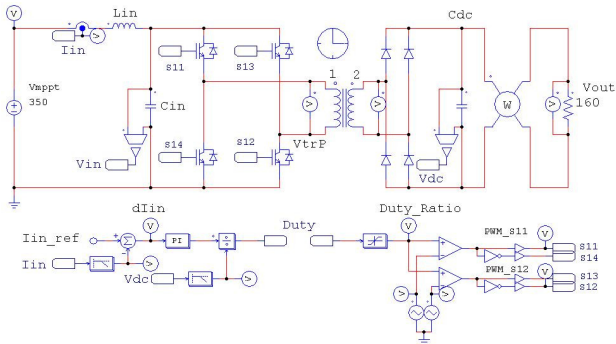
<그림 3> 각부 제어 요소 목표

2.2 시뮬레이션

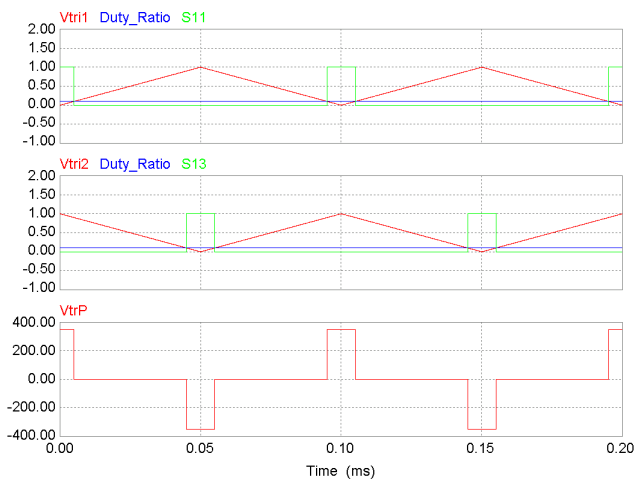
표 1과 같은 시스템의 사양을 적용하여 시뮬레이션 하였고, 시뮬레이션 회로는 그림 4와 같다. FB의 고주파 컨버터의 스위칭 패턴은 제어기에서 출력되는 단일의 Duty Ratio 지령값에 따라 펄스폭이 변조되도록 S11과 S14의 양의 삼각파가 S13과 S12의 양의 삼각파보다 위상이 180°반전시켜 인가하였고, 그 Duty Ratio에 따라 인가되는 고주파 변압기의 1차측 파형은 그림 5과 같다.

〈표 1〉 시스템 사양

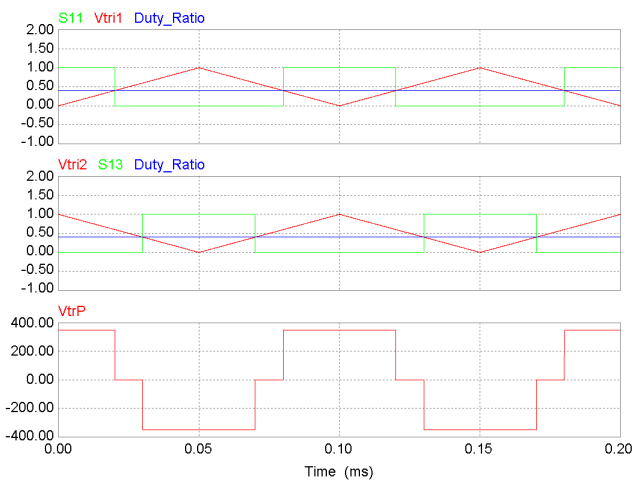
FB High Frequency Converter	
Vin	350[V]
Lin	0.05[mH]
Cin	330[μF]
Transformer Ratio	1 : 2
Switching Frequency	10[kHz]
DC Link	
Pout	1[kW]
Vdc	400[V]
Cdc	2,310[μF]
Resistance	160[Ω]



〈그림 4〉 시스템 회로



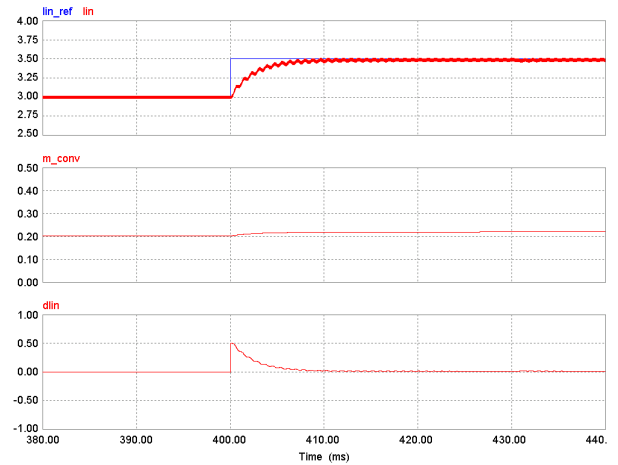
(a) Duty Ratio = 10%



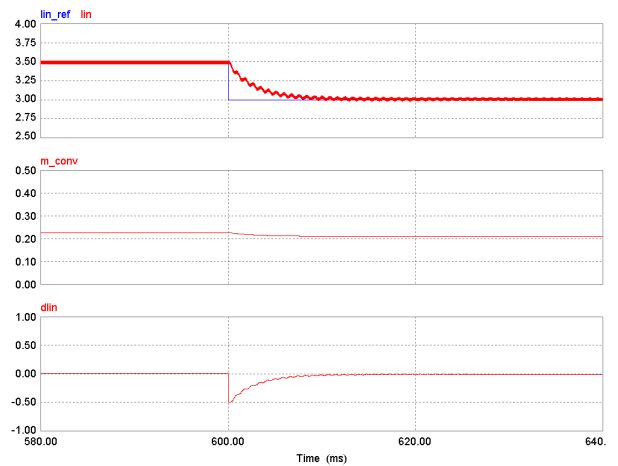
(b) Duty Ratio = 40%

〈그림 5〉 Duty Ratio, 스위칭 패턴, 1차측변압기 인가전압

전압형 전류제어기 PI제어기의 이득은 실험적으로 구하였으며, 전류 지령치의 스텝 변화에 따른 응답특성은 그림 6과 같다. 응답속도는 약 10ms의 응답시간을 보인다.



(a) 0.4sec에서 전류지령치 +0.5A(Iin_ref : 3A에서 3.5A)



(b) 0.6sec에서 전류지령치 -0.5A(Iin_ref : 3.5A에서 3A)
〈그림 6〉 전류지령치 스텝응답 특성, 전류지령치(Iin_ref),
입력전류(Iin), Duty Ratio(m_conv), 전류제어기오차(dlin)

3. 결 론

본 논문에서는 태양광발전용 고주파링크 계통연계형 시스템으로 사용 가능한 Full Bridge 고주파 컨버터 시스템에 관하여 기술하였다. 그 결과 컨버터의 입력전류 제어를 위한 PWM의 구현시 위상이 반전된 두개의 삼각파와 하나의 Duty Ratio값을 비교하여 스위칭에 사용함으로써 입력전류의 제어가 비교적 간단한 PI제어기만으로 충분히 제어 가능함을 보였다. 이로써 입력전압, 입력전류의 제어가 단순해짐에 따라 태양광의 출력이 항상 최대가 되도록하는 최대 출력점 제어(MPPT : maximum power point tracking)기법을 적용하여 쉽게 구현할 수 있다. 향후 직류단(DC link)을 제어하는 PWM DC-AC Inverter를 결합한 형태의 시스템에 대하여 안정화 시키는 제어기법과 효율을 증대 시키는 연구를 할 것이다.

[참 고 문 헌]

[1] R.L.Steigerwald, "Application of Power Transistors to Residential and Intermediate Rating Photovoltaic Array Power Conditioners", IEEE Trans. Ind. Appl., vol. IA-19, NO. 2, March/April 1983, pp. 254-267.
 [2] T. Takebayashi, H. Nakata, M. Eguchi, and H. Kodama, "New Current Feed back Control Method for Solar Energy Inverter using Digital Signal Processor", PCC-Nagaoka, 1997, pp. 687-690.
 [3] 정영석, 유권중, 이수홍, "고주파링크 방식을 이용한 계통연계형 태양광발전 시스템", 2000년 대한전기학회 하계학술대회, pp. 1050-1052.