

태양광 인버터 노이즈 저감을 위한 Case 연구

이재환*, 정영석*, 유진우*, 황영우*, 박세준**, 한경희*
한라대학교*, (주)우진**

The Case Study of Solar Inverter for Noise Reduction

Jae-Hwan Lee*, Young-Suk Jung*, Jin-Woo You*, Young-Woo Hwang*, Sae-June Park**, Kyung-Hee Han*
Halla University*, Woojin**

Abstract - 전기 생산에 있어 대부분은 아직도 석유와 같은 화석에너지에 많은 부분을 의존하고 있다 이로 인한 환경오염으로 신재생에너지가 이슈화 되고 있으며 이중 태양광 발전은 무한한 태양의 빛 에너지원 이 사용됨에 따라 높은 기대와 함께 다른 신재생에너지들 보다 빠르게 발전하고 있지만 아직까지 일정하지 않은 빛 에너지와 효율개선의 문제를 가지고 있다. 이 같은 태양광 발전에는 발전된 직류 전기를 교류로 바꾸어 주는 태양광 인버터의 여러 노이즈 문제가 있다. 본 논문에서는 태양광 인버터에서의 노이즈 및 노이즈 발생에 기여하는 누설전류 등을 저감 시키는 다양한 노이즈 필터를 보임으로써 태양광 인버터의 안정화와 효율개선 방안을 제시하고자 한다.

1. 서 론

현대 문명을 유지하기 위한 중요 에너지원인 전기의 대부분은 석유, 가스와 같은 화석에너지에 많은 부분을 아직도 의존하고 있으며 이로 인한 환경오염은 더 이상 지켜 볼 수 없는 상황이 되어 가고 있다 또한 이에 맞춰 부분별한 화석에너지 사용에 대한 규제 또한 강화되고 있다. 이런 여러 이유로 기존의 화석에너지원을 대체하고 환경오염을 줄이면서 전기를 생산 하는 신재생 에너지가 이슈화 되고 있다.

신재생에너지의 종류에는 풍력, 연료전지, 바이오, 태양광 등이 있으며 태양광은 무한한 태양의 빛 에너지를 사용하는 장점으로 다른 신재생에너지 보다 빠르게 발전 및 개발이 이루어지고 있다.

하지만 이 같은 영구적인 태양에너지를 사용함에도 불구하고 태양광 발전 시스템의 발전량은 기존 화석에너지를 대체함에 있어 아직도 부족한 상황이다.

태양광 발전의 단점은 사용하는 태양에너지를 사용할 수 없는 밤이나 그 외의 상황으로 인해서 발생되며 이 같은 단점을 극복하기 위해 배터리를 이용한 충전 기술이 사용되고 있다. 태양광 발전은 태양광 셀에서 얻어진 직류전원을 인버터를 통해 상용 교류 전원으로 변환함으로써 각 부하에서 사용할 수 있게 된다. 태양광 발전에서의 셀은 연결이 많아지면 이로 인해 전력이 커짐에 따라 손실 또한 커지므로 손실을 줄이기 위하여 AC 모듈 토폴로지가 많이 사용되고 있다. AC모듈의 인버터에는 노이즈와 누설전류에 대한 기기 등의 오작동 방지와 보호를 목적으로 노이즈 필터를 연결하게 된다. EMI노이즈 필터에는 공통모드 필터와 차동모드 필터가 있다. Y커패시터는 공통모드 필터의 하나로 용량이 커짐에 따라 누설전류가 증가하는 단점이 있는데 이를 감소시키는 동시에 노이즈를 저감할 수 있는 효율적인 필터를 측정을 통해 확인해 본다.

2. 인버터 시스템의 노이즈 및 필터

2.1 EMI 노이즈와 누설전류에 대한 필터

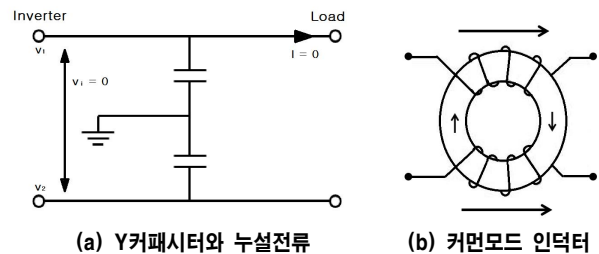
EMI노이즈는 전자파 장애 또는 전도, 방사로 인해 발생하는 전자파로 인해 생기게 되며 전도성노이즈와 방사성 노이즈로 나뉘게 된다. 그림 1 (a)의 연결에서 두 라인의 V1과 V2의 값이 같아져 V1과 V2의 전위차인 V1가 0이 되게 되면 부하를 통한 전류는 부하로 흐르지 못하고 커패시터를 통하여 그라운드로 흐르게 되는데 이를 누설전류라고 한다. 이렇게 발생된 누설전류는 다시 커먼모드 노이즈를 증가시키며 이로 인해 인버터의 교류과형에 노이즈가 증가하게 된다. 공통모드 필터의 Y커패시터는 라인과 접지 사이에 연결되며 고주파에 낮은 임피던스를 가져 라인 상에서의 커먼모드 노이즈를 그라운드로 보내는 역할을 한다. 하지만 Y커패시터의 값이 증가하면 도리어 누설 전류가 증가하기 때문에 이에 맞게 Y 커패시터의 값을 정해야 한다. Y커패시터의 값을 구하는 공식은 수식(1)과 수식(2)를 참고하여 구할 수 있다. 만약 피측정기 Z_n이

10Ω이고 주파수 5KHz에서 -40dB의 효과를 얻고자 하는 Y커패시터의 값을 구하려 하는 경우의 수식은 다음과 같다.

$$C = \frac{1}{2\pi f Z_n} = 3.18\mu F \quad (1)$$

$$20\log \frac{3.18\mu F}{318\mu F} = -40dB \quad (2)$$

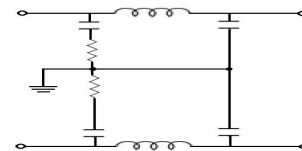
식(1)(2)를 통해 5KHz에서 -40dB를 위한 Y커패시터의 값은 318uF 임을 알 수 있다. 하지만 큰 용량으로 인하여 그라운드에 큰 누설전류가 흐를 위험성이 존재한다. 그림 1 (b)는 커먼모드 인덕터이다. 커먼모드 인덕터는 Y커패시터와 같이 커먼모드 노이즈를 줄여주는 역할을 하며 두 개의 코일을 같은 방향으로 감아져 있는 형태를 하고 있다. 커먼모드 인덕터의 작동원리는 커먼모드 노이즈가 같은 방향으로 흐르면서 발생하는 높아지는 자성의 세기에 의해 인피던스가 상승하게 되고 결과적으로 커먼모드 노이즈를 줄이게 되는 것을 알 수 있다.



<그림 1> 누설 전류와 커먼모드 인덕터

2.2 LISN

전도성 노이즈를 측정하게 되면 측정에 영향을 줄 수 있는 불필요한 노이즈가 포함되기 때문에 필요로 하는 노이즈만을 측정 하기가 어렵다. 그러므로 전도성 노이즈의 측정에 있어서 불필요한 노이즈를 제거하고 전도성 노이즈를 측정하기 위한 방법이 안정화 회로망으로도 불리는 LISN의 연결이다. 그림 2는 전도성 노이즈를 측정하기 위한 LISN의 내부 회로도이며 LISN은 R, L, C 소자로 구성되어 있다. LISN을 이용한 측정을 위해 전원 방향 쪽의 임피던스를 50Ω으로 일정해야 한다.



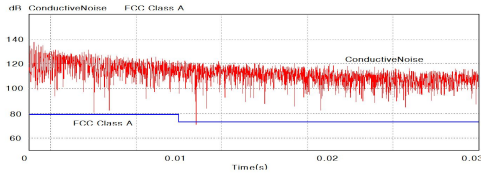
<그림 2> LISN 내부 회로도

3. 노이즈 저감 방안 실험결과

3.1 EMI노이즈 저감을 위한 필터

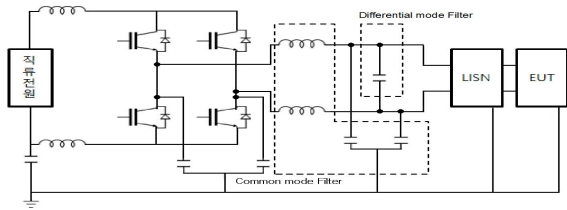
태양광 인버터의 노이즈를 측정하기 위한 구성은 그림 4의 (a)와 같다. EMI 필터에는 커먼모드 인덕터와 Y커패시터로 이루어진 공통모드 필터와 X커패시터로 이루어진 차동모드 필터가 있고 전도성 노이즈 측정을 위한 LISN의 구성으로 되어있다. 이중 공통모드 필터의 Y커패시터는 용량이 커짐에 따라 임피던스를 낮추어 주지만 이로 인해 Y커패시터를 통하여 누설전류의 값이 증가하게 되며 이로 인한 안전상의 위험

이 있기 때문에 Y커패시터의 선정에는 주의가 필요하다. 그림 3은 필터가 구성되어 있지 않은 구성에서의 전도성 노이즈 파형이다. 그림 3의 No Filter 구성의 경우 EMI 방사 제한 기준인 FCC Class A를 만족하지 못함을 그림의 파형을 통해 알 수 있다.

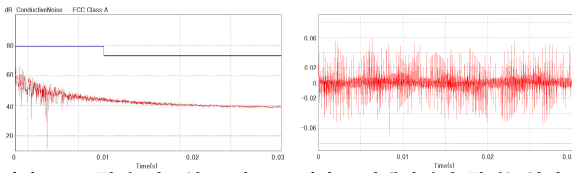


〈그림 3〉 No Filter 전도성 노이즈

그림 4는 공통모드 필터와 차동모드 필터를 연결한 구성으로 그림 4의 (b),(c)는 각각 전도성 노이즈 파형과 Y커패시터에서의 누설전류 파형으로 그림 4 (a)의 전도성 노이즈 파형은 FCC Class A를 만족하는 파형을 확인할 수 있다.



(a) EMI 노이즈 저감 필터 구성

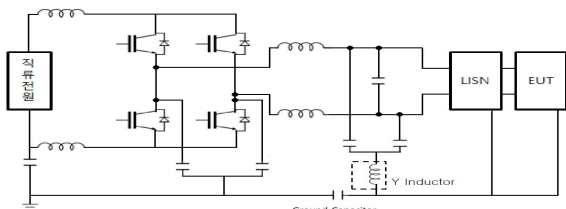


(b) EMI 필터 전도성 노이즈 (c) Y커패시터의 필터 누설전류

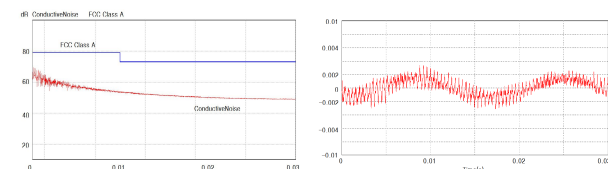
〈그림 4〉 EMI 노이즈 저감 필터 구성 및 측정 결과

〈표 1〉 Inverter parameter

parameter		value
input		400V
commonmode inductor		1.5mH
X-capacitor		1uF
Y-capacitor		10nF
CASE 1	Y-inductor	200mH
CASE 2	Y-inductor	200mH
	+capacitor	1pF
Ground Capacitor		40pF
R load		10Ω



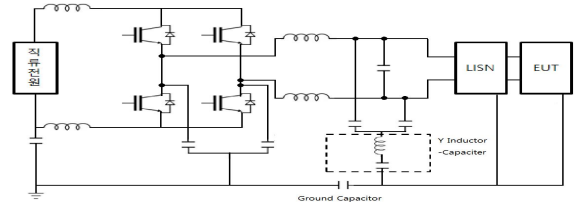
(a) Y 인덕터 필터 구성도



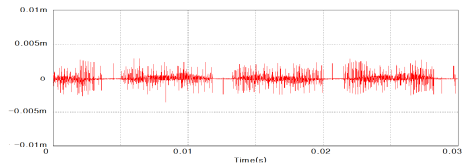
(b) Y 인덕터 필터 전도성 노이즈 (c) Y 인덕터의 필터 누설전류

〈그림 5〉 CASE 1. Y Inductor 필터 구성/측정 결과

EMI 노이즈 필터의 경우 FCC Class A 값을 초과하지 않음을 확인할 수 있었지만 그림 4 (c)에서와 같이 Y커패시터 필터를 통해 흐르는 누설 전류가 많음을 알 수 있다. 그림 5는 이 같은 Y커패시터를 통한 누설 전류를 줄이면서 전도성 노이즈를 FCC Class A 이하 값으로 유지시키는 연결 구성인 CASE 1 구성과 전도성 노이즈와 필터에서의 누설 전류 측정치를 의미한다. Y인덕터와 그라운드 커패시터 연결을 통해 누설 전류가 그림 5 (c) 파형과 같이 그림 4의 EMI 필터에서의 Y커패시터의 누설 전류인 그림 4 (c)보다 적은 2mA로 줄어들었음을 확인할 수 있었다. 그림 5 (b)의 전도성 노이즈 또한 그림 4의 EMI 필터의 전도성 노이즈와 같이 FCC Class A 를 만족함으로써 전도성 노이즈를 줄이는 동시에 필터 누설 전류를 감소시킬 수 있다.



(a) Y인덕터+커패시터 필터구성



(b) Y인덕터+커패시터 필터 누설전류

〈그림 6〉 CASE 2. Y Inductor+Capacitor 필터 구성/측정 결과

그림 6 (a)의 CASE 2는 CASE 1에서의 Y인덕터에 추가적인 커패시터를 연결한 구성으로 이 같은 구성은 Y커패시터의 값을 0.5pF의 값으로 변경한 것과 다르지 않다. 추가로 구성한 1pF의 커패시터를 Y인덕터와 함께 직렬연결을 하여 측정의 변화를 확인하여 보았다.

그림 6 (b)의 측정 결과와 같이 CASE 2의 필터에서의 누설 전류는 CASE 1에서의 누설 전류 보다 줄어들었으며 Y커패시터의 값이 작아짐에 따라 필터를 통한 누설 전류가 줄어드는 것과 같이 CASE 2에서도 누설 전류가 줄어드는 것을 확인해 보았다.

3. 결 론

신재생에너지의 태양광 발전에 필요한 인버터의 노이즈 감소 대책은 태양광 발전의 안정적인 출력과 효율에 있어 중요한 부분으로 생각되며 노이즈 감소를 위한 여러 CASE를 전도성 노이즈와 누설전류의 측정을 통하여 확인해 보았다. 기존 공통모드 필터인 Y커패시터는 라인과 접지 사이에서 커먼모드 노이즈를 접지로 보내어 커먼모드 노이즈를 감소시키는 역할을 한다. 하지만 Y커패시터의 용량이 증가하게 되면 Y커패시터를 통한 누설전류가 증가 하게 되고 이는 노이즈를 다시 증가시키는 문제가 생기므로 이에 대한 대책으로 기존 Y커패시터를 유지하고 연결이 가능한 추가적인 필터인 CASE 1과 CASE 2를 구성 후 측정을 통하여 각 CASE 필터가 필터의 누설전류와 전도성 노이즈를 줄이는데 효과가 있음을 확인할 수 있었다.

[참 고 문 헌]

- [1] 정현수, 박세준, 한경희 “단상 태양광 풀브릿지 인버터의 지전류 감소에 관한 연구” 전력전자 학술대회 논문집, 2014.7.1-3
- [2] 김규태, 권경민, 권봉환 “단상 태양광 인버터 토폴로지의 효율 및 지전류 비교 연구” 전력전자 학술대회 논문집, 2012.7.397-398.
- [3] 박석하, 김양모 “전기, 전자 장비의 EMI/EMC” 조맹, 전기설비학회집 제13권 제4호 1997년 12월
- [4] 이승요, 최용길 “계통연계 인버터 시스템의 전도성 EMI 필터 설계” 대한전기학회 하계학술대회 논문집 2010.7.14-16
- [5] 채영민, 고재석, 목형수, 최규하, 홍순찬, 백수현, 이응용 “3상 pwm 컨버터의 전도성 EMI 특성에 관한 연구” 전력전자 학회 논문지, 제2권, 제2호 (1997. 6) pp 41 - 48