

# 250KW 급 LVDC 의 IGBT 손실을 고려한 방열 설계

장영훈\*, 이희준\*, 홍석진\*, 김미나\*, 원충연\*  
성균관대학교\*

## Considering the loss of the IGBT thermal design LVDC in 250KW class

Young Hoon Jang\*, Hee Jun Lee\*, Suk Jin Hong\*, Mi Na Kim\*, Chung Yuen Won\*  
Sungkyunkwan University\*

### ABSTRACT

본 논문에서는 3 레벨 NPC 방식을 적용한 직류배전전력변환장치의 IGBT손실을 고려한 방열을 제안하였다. 3 레벨 양방향 인버터의 경우  $dv/dt$ 가 작기 때문에 THD를 감소 시킬 수 있으며 필터의 부피와 EMI를 저감 시킬 수 있는 장점이 있다. 3 레벨 양방향 인버터에서 Dual IGBT를 사용할 경우 IGBT의 열분배가 중요하다. 강제 풍냉식 전력변환장치의 신뢰성과 안전성을 높일 수 있도록 IGBT 손실로 인한 방열과 방열을 정확히 분석하고, 시뮬레이션을 통하여 확인하였다.

### 1. 서 론

태양광, 풍력 등 분산전원의 연계가 증가함에 따라 이를 통합한 배전계통의 효율적인 운전 및 분산전원의 단독운전을 허용하여 소규모 계통의 운영이 가능한 마이크로그리드<sup>[2]</sup> (Microgrid) 등의 새로운 계통 운영기술 및 대용량의 전력변환장치가 요구되고 있다. 이에 신뢰성과 안정성을 가진 대용량 직류배전 전력변환장치가 필요하다.

본 논문에서는 250KW 급 직류배전 시스템 구성에 필요한 주 전력변환장치의 IGBT의 손실을 계산하고<sup>[1]</sup>, IGBT의 배치 등을 고려하여 IGBT Stack을 설계하고 시뮬레이션하여 정확한 설계가 되었는지 시뮬레이션을 하여 확인한다.

### 2. 본 론

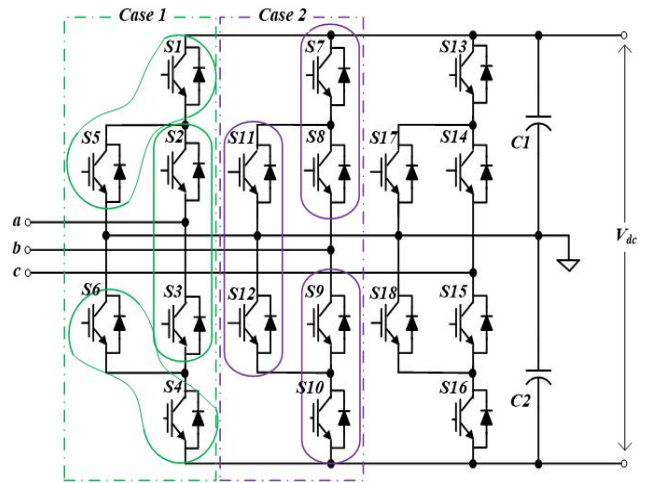
3 레벨 NPC 인버터를 이용하면 2 레벨 인버터에 비해 IGBT의 수량이 늘어나는 단점이 있으나, 전압정격이 낮은 IGBT를 사용할 수 있으며, 단위면적당 손실을 낮출 수 있는 장점이 있다.

#### 2.1 3-레벨 NPC 인버터의 구조

250KW LVDC 전력 변환장치 출력은 1500V이다.

2 레벨로 구성할 경우 IGBT를 3300V 급으로 선정하여야 한다. 또한, IGBT의  $F_{sw}$ 가 증가하면 손실은 증가한다. 공랭식으로 시스템을 구성시 IGBT의 손실이 1KW이상이면 방열하는 것이 어려우므로, 3 레벨 NPC 인버터로 Topology를 선정하여, 단위면적당 방열을 낮추고 1700V급의 IGBT를 적용한다.

IGBT : FF1000R17IE4(1700V/1000A)- Infineon



[ 그림1 ] 3 레벨 인버터의 Dual IGBT 구성 (Case1,2)

[ Fig.1 ] Structure of 3 Level Dual IGBT (Case1,2)

그림 1은 3 레벨 NPC 인버터 이다. Dual IGBT를 사용함에 따라 Case1 과 Case2로 구성할 수 있다.

#### 2.2 IGBT Loss Simulation

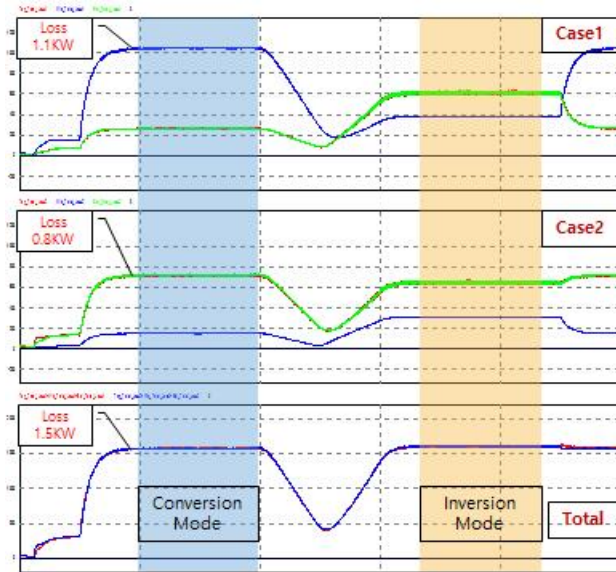
3 레벨 NPC 인버터는 양방향성을 가지고 있으며, 컨버터모드와 인버터모드로 동작한다.

그러므로 컨버터모드와 인버터모드의 손실을 모두 검토하여야 하며, 큰 손실을 기준으로 방열 검토를 진행하여야 한다. 구성된 시스템의 파라미터는 다음과 같다.

Parameter	Value	Unit
Input Voltage	625±10%	[ V ]
Voltage Rating	1500	[ V ]
Current Rating	167	[ A ]
Switching Frequency	5	[ KHz ]
Power Rating	250	[ KW ]

[ 표 1 ] 손실 시뮬레이션 파라미터

[Table 1] Loss Simulation parameter



[ 그림2 ] Case1과 Case2의 IGBT 손실

[ Fig.2 ] IGBT Loss of Case1 & Case2

	Case 1		Case 2	
	Conversion Mode	S1+S5	267	S1+S2
	S2+S3	1054	S3+S4	149
	S4+S6	263	S5+S6	716
Inversion Mode	S1+S5	600	S1+S2	643
	S2+S3	384	S3+S4	313
	S4+S6	625	S5+S6	646
Conversion Mode_Max	1584		1580	
Inversion Mode_Max	1609		1602	

[ 표 2 ] 시뮬레이션 결과표

[Table 2] Simulation Result Table

[ 표2 ]는 Case1과 Case2의 손실을 정리하였다. 각 상의 전체 손실은 1.6KW로 같으나 회로의 구성에 따라 IGBT Package의 최대 손실이 다르게 나타나며, Case1 1.1KW, Case2 0.8KW로 Case1보다 Case2가 최대 손실양이 적게 나타나므로, Case2가 상대적으로 방열에 용이하다.

### 2.3 Heatsink Thermal Modeling

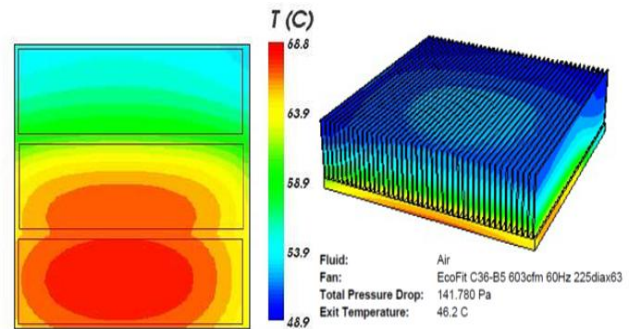
Heatsink와 FAN을 선정한 후 Case2의 IGBT의 손실

을 적용하여 열 모델링을 통하여 정상상태의 온도를 확인한다. 구성된 시스템의 파라미터는 다음과 같다.

Parameter	Value	Unit
Heatsink Size	300*300*100	[ mm ]
FAN Flow	600	[ CFM ]
IGBT Size	250*89	[ mm ]
Ambient Temp.	40	[ °C ]

[ 표 3 ] 열 모델링 파라미터

[Table 3] Thermal Modeling parameter



[ 그림3 ] 정상상태의 방열판 모델링

[ Fig.3 ] Steady state modeling of the Heatsink

[ 그림3 ]에서는 정상상태에서의 온도분포를 나타내고 있으며, 최고온도 70도로 포화되었다.

## 3. 결 론

본 논문에서는 LVDC 250KW급 NPC 인버터의 IGBT 손실을 통한 방열을 검토하였다. 강제풍냉식을 이용하여 소자를 냉각하는 경우 1KW 이내가 되도록 IGBT의 Fsw를 선정하여야 안정성을 확보 할 수 있으며, 이보다 더 큰 손실이 발생하게 되면, 히트파이프 혹은 수냉식을 이용하여 방열을 해야 한다. 추후 시스템을 제작하여 설계된 자료와 실제 시스템을 비교하여 정확한 설계가 되도록 검증하여야 한다.

## 참 고 문 헌

[1] Dr.Dušan Graovac ,Marco Pürschel, "IGBT Power Losses Calculation Using the Data-Sheet Parameters"  
Infineon, Application Note, V1.1, 2009, January  
[2] Jongbok Bae , "Modeling and Analysis of DC Based Building Power Structure"  
전력전자학술대회논문집,pp.238 239 Vol.2010 No.7,