풍력발전기용 전력변환기의 방열을 위한 수냉식 방열판 구조설계

최진호, 송성근, 김대경, 오승열, 민병국
전자부품연구원

Water-cooled heat sink structural design for Heat-Dissipation of Wind Turbine Grid-Connected Inverter

Jin-Ho Choi, Sung-Geun Song, Dae-Kyong Kim, Seung-Yeol Oh, Byoung-Guk Min
Korea Electronics Technology Institute

ABSTRACT

본 논문에서는 풍력발전기용 전력변환기의 소자에서 발생하는 열을 효율적으로 냉각시키기 위한 수냉식 방열판의 구조를 제안한다. 인버터 IGBT의 방열을 위한 방열판의 구조는 전체 stack의 방열시스템에서 중요한 부분을 차지하며, 인버터 시스템의 전력밀도 향상을 위해서 시스템 내부 구조가 콤팩트 해야 하기 때문에 방열판에 대한 설계 및 방열구조 설계의 연구는 필수적이라 할 수 있다. 본 논문에서는 발열원을 기준으로 수로의 숫자와 형태변화를 통해 방열현상을 CosmosFloXpress를 통해 해석하여 방열효과가 우수한 방열판을 선정하였다. 추후 시뮬레이션 결과를 토대로 배관구조를 적용한 전력변환기의 제작 및 실험을 통해 제안된 모델의 타당성을 검증하고자 한다.

1. 서 론

인버터 IGBT의 방열을 위한 Power Stack의 구조는 방열시스템의 가장 중요한 부분이다. 저가격, 고전력밀도, 고품질화 및 부품의 수명연장을 위해서는 인버터 시스템의 효율적인 방열설계가 필요하며 이를 위해서는 인버터 설계 단계부터 시뮬레이션을 통한 열유동 해석을 통한 시스템 전체적인 것을 예측해야 한다. 시뮬레이션 결과는 실제 작동중인 인버터 시스템의 발열과의 비교를 통해 보다 정확한 결과를 도출하고 시스템 구성요소들의 최적 위치와 각 요소들의 방열구조를 결정해야 한다. 현재 전체 시스템의 안정적인 동작을 위해 많은 방열구조가 사용되고 있으며, 방열효과는 공랭식 < 강제공랭식 < 수냉식 순으로 성능상 수냉 시스템이 가장 뛰어난 효과를 지닌다. 인버터 시스템의 고효율화 및 고전력밀도화를 위해서는 시스템 내부 구조가 콤팩트 해져야하기 때문에 방열에 대한 효율 뿐 아니라 구조에 대한 이점을 크게 가져올 수 있는 수냉식 방열 시스템을 많이 선택하고 있다. 또한 고효율 방열 시스템은 태양광 인버터 시스템 이외에도 컴퓨터, 통신기기, 디스플레이, LED, 자동차, 선박, 항공기 및 우주선 등 거의 전 산업분야에서 활용을 필요로 하고 있는 기술로, 현재의 방열 시스템보다 성능을 개선함으로서 각 산업에서의 에너지 효율향상을 이룰 수 있는 원천기술에 해당된다.

본 논문에서는 MW급 풍력발전기용 전력변환기의 IGBT 방열을 위한 수냉식 방열구조를 제안하였다. IGBT에서 발생하는 발열손실을 최대 13kW로 선정하고, 수냉식 방열구조의 배관간격 및 관로 수에 따른 방열특성을 고찰하였다. 효과적인 구조선정을 위해 CosmosFloXpress를 사용하여 방열특성을 검토하였다. 이 중 방열특성이 우수한 모델을 선정하였으며 추후 인버터의 제작을 통해 시뮬레이션 결과와 함께 비교해 방열효과를 검증할 계획이다.

2. 수냉식 방열판 구조설계

2.1 방열판의 구조선정

인버터의 방열은 크게 공랭식과 수냉식이 있으나 효율적인 측면과 콤팩트한 구조선정을 위하여 수냉식 냉각시스템을 적용해야 한다. 수냉식 방열판의 제작에 있어 많이 선택하는 구조는 방열판을 상판과 하판으로 나누어 제작하여, 배관을 가공한 뒤 체결 및 Sealing처리를 통해 상,하판을 하나로 붙이는 방식이 대부분이다. 이는 제작이 용이하고 관로의 자유도가 높아 효율적인 관로를 채택할 수 있는 장점이 있으나, 수압이 높거나 부식에 의한 누수의 위험성을 항상 내재하고 있다. 본 논문에서는 건드릴을 사용하여 하나의 알루미늄 방열판에 직접 Hole을 뚫어 파이프 형태로 가공하는 방식을 채택하였다. 이는 배관의 자유도가 떨어지는 단점이 있으나 누수의 위험이 적고 고압순환이 가능하다는 장점이 있다. 그림 1은 본 논문에서 채택한 파이프형 수냉식 방열판을 CATIA를 통해 3D모델링한 모습이다.

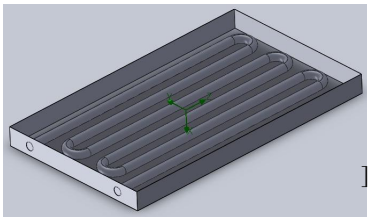


그림 1 방열판 시뮬레이션용 3D 도면
Fig. 1 3D picture for the heatsink simulation

2.2 시뮬레이션 환경 및 변수 설정

시뮬레이션에 적용된 방열판은 일반적으로 많이 사용되는 60계열의 알루미늄으로 밀도는 2700kg/m^3, 전도도가 240W/m · ◦K인 알루미늄을 사용하였다. 인버터의 크기를 고려하여 방열판의 크기는 가로 290mm, 세로 490mm, 높이 35mm로 선정하였고, 배관은 가공 및 효율을 고려하여 직경15mm로 적용하였다. 실제 방열판과 IGBT 소자의 위치는 그림 2와 같이 배치되지만 시뮬레이션에서는 소자의 위치를 생략하고 방열판의

윗면에서 발열한다고 가정하였다. 이는 방열판 자체의 온도특성을 살펴보기 위한 것이므로 소자의 유무는 시뮬레이션에 큰 영향을 끼치지 않기 때문이다. 방열판의 면에 적용될 13kW의 발열전력은 여러 가지 환경 중에 가장 가혹한 환경에서의 발열량으로 이를 만족할 시 인버터 구동에 무리가 없을 것으로 사료된다.

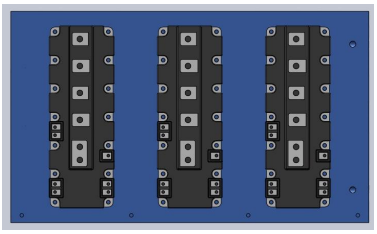
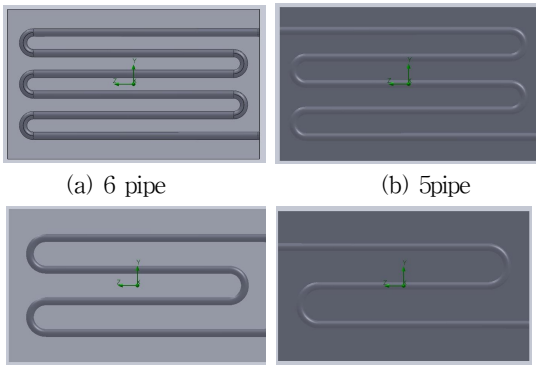


그림 2 IGBT의 실제 배치 도면
Fig. 1 The layout picture of the IGBT

시뮬레이션은 Chiller를 사용한다는 가정 하에 inlet 온도를 20◦C로 설정하였으며, 질량유량은 0.3kg/s, 발열량은 방열판 윗 면에 15kW로 적용하였다. 방열판의 모델은 총 4개의 구조를 모델링하여 해석하였으며 각 모델은 같은 조건 하에 배관의 수 만을 조정하였다.



(a) 6 pipe (b) 5pipe

(c) 4 pipe (d) 3pipe

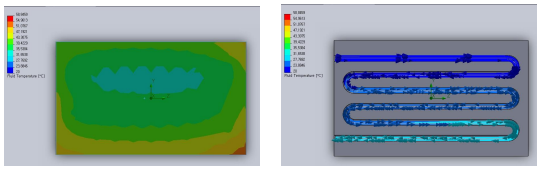
그림 3 배관의 구조 변경
Fig. 1 The structure change of pipe

3. 시뮬레이션을 통한 온도특성 비교

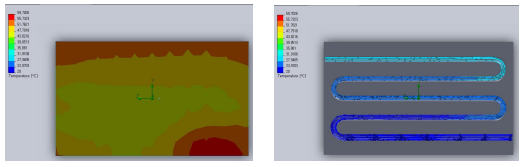
방열판의 구조선정과 해석환경의 설정에 따라 각 해석을 진행하였다. 해석을 위한 시뮬레이션 프로그램은 솔리드웍스 기반 CosmosFloXpress를 사용하였다. 표1과 그림 4는 해석 결과 방열판 표면 온도분포 및 냉각수의 온도흐름을 보여준다.

표 1 시뮬레이션 모델 온도 비교
Table 1 Comparison of the temperature simulation model

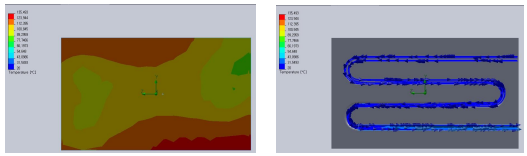
	6pipe	5pipe	4pipe	3pipe
T_{max}(◦C)	58	59	76	102



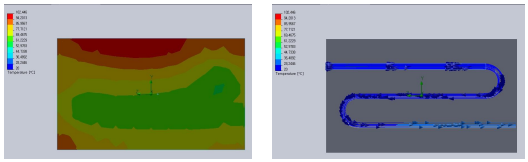
(a) 6pipe



(b) 5pipe



(c) 4pipe



(d) 3pipe

그림 4 방열판 시뮬레이션용 3D 도면
Fig. 4 3D picture for the heatsink simulation

표 1과 그림 4에서 보면 (a)와 (b)는 배관의 수가 다름에도 최고온도의 차이는 거의 없으며 (c)의 경우에도 준수한 온도분포를 보였다. 본 논문에서 제안하는 방열판의 경우 칠러를 사용하여 냉각수를 공급하기 때문에 단순히 관로의 수를 늘려 방열효과를 늘리는 것은 의미가 없으며, 최대 관로의 수는 6개가 적당하고 고른 온도분포 및 우수한 방열구조를 가지는 방열판은 (a) 6pipe과 (b) 5pipe이다.

4. 결 론

본 논문에서는 풍력발전기 인버터의 방열을 위한 수냉식 방열판의 구조를 제안하였다. CosmosFloXpress 시뮬레이션 프로그램을 통해 해석 환경 및 조건을 설정하고 방열판 관로의 수를 변수로 하여 해석을 수행하였다. 해석 결과에 따라 각 모델 중 가장 우수한 방열구조를 가진 배관의 수를 확인하여 6pipe를 선정하였으며, 이후 관로의 직경 및 위치에 따른 변수설정을 통해 우수한 방열구조를 가진 수냉식 방열판을 제작할 계획이다. 또한 선정된 방열판은 추후 풍력발전기용 전력변환기의 제작 시 적용하여 실제 구동상의 방열특성과 비교해 보고자 한다.

본 논문은 호남광역경제권 선도산업의 “MW급 풍력발전기용 전력변환기 스텍개발지원”과제의 지원으로 연구되었음

참 고 문 헌

[1] “HVDC 시스템의 수냉식 냉각 시스템” 김찬기, 전력전자학회 논문지 1999.6, pp. 257~267
[2] “HEV용 인버터의 방열을 위한 수냉식 배관구조” 우병국, 이용화, 강찬호, 천태원, 조관열, 전력전자학회 논문지 2010.2, pp. 27~34
[3] “CATIAV5 ver.5.11” S.S Lee, Y.J Hwang, H.J Kim, 2004, pp. 99~178
[4] “SolidWorks 2009 Bible” Matt Lombard, 2009, pp. 350~580