

IT 냉각을 위한 펌프용 고효율 Smart BLDC Motor 특성해석

홍도관, 우병철, 김종무, 정연호
한국전기연구원 전동력연구센터

Characteristic Analysis of High Efficiency Smart BLDC Motor of Pump for Information Technology Cooling

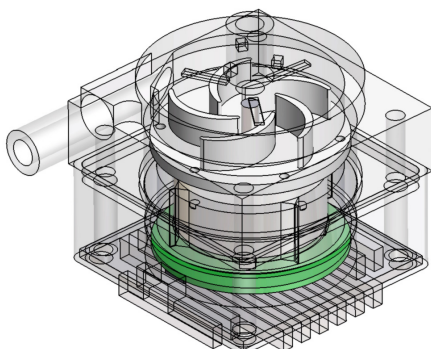
Do-Kwan Hong, Byung-Chul Woo, Jong-Moo Kim, Yeon-Ho Jeong
Korea Electrotechnology Research Institute Electric Motor Research Center

Abstract - PC용 냉각장치의 일환으로 CPU의 외벽에 방열판을 달고 열전냉각모듈을 설치한 후 방열판을 냉각하기 위해서 펌프를 적용한 수냉식 냉각 시스템을 개발하고자 하였다. 먼저, 냉각 시 펌프의 부하를 설계하고 그 용량에 적절한 저소음, 고효율 BLDC 모터를 개발하고자, 상용화된 외국제품인 S사의 저효율 단상 BLDC 모터가 적용된 수냉식 펌프를 기준으로 하였다. S사의 단상 BLDC 모터에 대한 시뮬레이션과 테스트를 통해서 거의 비슷한 결과를 얻었으며, 이를 이용하여 단가가 다소 상승하더라도 효율과 성능을 향상시킬 수 있는 3상 BLDC 모터 구조로 설계를 하였으며, 그 결과 효율이 거의 2배 향상되며 출력 또한 향상됨을 시뮬레이션으로 구현하였다.

1. 서 론

PC가 발전함에 따라서 CPU 속도도 빨라져서 높은 속도를 얻기 위해서 CPU는 더 많은 트랜지스터를 이용하고 에너지 소모도 높으며 높은 클럭 속도를 가지게 된다. 이러한 특징들이 PC 내부에 더 많은 열을 발생시키는 요인이 된다. 일반적으로 CPU에 설치되는 열싱크와 팬은 이러한 열이 분산되도록 도와주지만, 엄청난 양의 소음을 발생시키게 된다 [1]. 반면에 액체 냉각 시스템은 자동차의 냉각 시스템과 유사하다 [2]-[3]. 예를 들어 상용 시판 중인 제품 중에는 각 PC 부품에 내부에 액체가 저장되어 있는 구조 조직인 물분력을 만들어 두고, 각 부품들은 튜브로 연결되어 펌프에서부터 PC 케이스 후면의 라디에이터까지 튜브로 연결이 되어 있는 제품이 있다. 액체는 물분력을 통과하며, 열은 뜨거운 부품에서 차가운 액체로 전달한다. 가열된 액체는 케이스 뒷면의 라디에이터에서 냉각되며, 케이스 후면의 배기 팬이 라디에이터에서 발생한 뜨거운 공기를 외부로 배출시킨다. 이와 같이 저소음의 좋은 성능에도 불구하고 액체 냉각 시스템은 복잡한 구조와 가격 측면에서 단점을 가지고 있다.

본 논문은 PC용 냉각장치의 일환으로 CPU의 외벽에 방열판을 달고 열전냉각모듈을 설치한 후 방열판을 냉각하기 위해서 펌프를 적용한 수냉식 냉각 시스템을 개발하고자 하였으며 먼저, 냉각 시 펌프의 부하를 설계하고 그 용량에 적절한 BLDC 모터를 개발하고 제작하고 한다. 최근 구동용으로 외국제품인 S사의 저효율 단상 BLDC 모터가 각광을 받고 있어 이 모터보다 성능이 우수한 3상 BLDC 모터를 개발하고자 하였다. 3상 BLDC 모터는 단상 BLDC 모터보다 흡소자의 개수도 증가하고 자석도 성능과 단가가 조금 높은 제품을 사용하여 성능향상을 목표로 하였으나, 제조 원가를 고려하지 않을 수 없기 때문에 되도록 제작 비용의 그 차이를 최소화 하면서 고효율 고성능 BLDC 모터를 개발하고자 한다. 개발하고자 하는 모델의 용량은 5W 이내이며 본 논문에서는 구조 설계 및 성능을 위한 시뮬레이션 설계를 주로 하였으며, 제작을 통해서 저비용, 저소음, 고효율 모터를 개발하고자 한다.

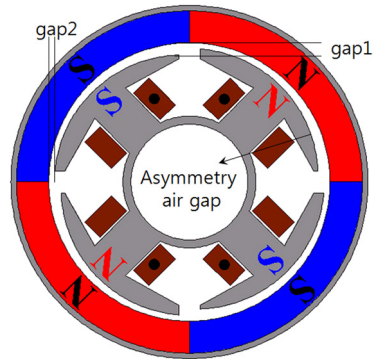


<그림 1> 펌프용 3상 BLDC Motor

2. BLDC 모터 설계

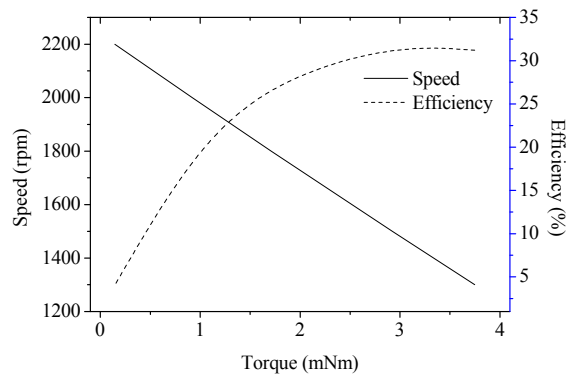
2.1 단상 BLDC 모터

외국제품인 S사의 저효율 단상 BLDC 모터의 구조는 그림 2에 나타내었으며, 외전형이고 단상에 4극 4슬롯의 구조로 되어 있다. 저효율이지만, 단가가 싸고 형상이 간단하여 제작이 용이한 장점이 있다. 외전형 로터에 들어가는 영구자석은 고무자석으로 최대 85 [mT]가 발생한다. 그리고 회전자와 맞닿는 고정자 코어의 치가 원 중심으로부터 반경방향으로 원이 아니라 반경이 다른 호로 되어 있다. 회전토크가 발생하지 않고 사점(dead point)에 회전자가 위치했을 때, 모터는 기동할 수가 없게 된다. 따라서 비대칭 공극이 사점을 피할 수 있는 구조가 된다. 비대칭 공극의 치수에 따라서 전류파형과 코깅토크의 특성 등이 변화한다. 자계 해석을 통해서 코깅토크 설계를 먼저 수행하고, 정격전압일 때 사점이 생기지 않도록 구동토크가 발생해야 한다.

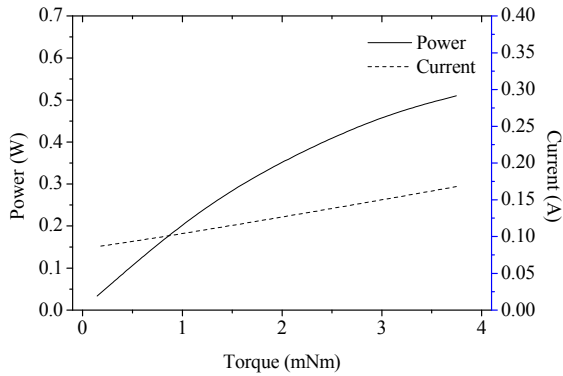


<그림 2> 펌프용 단상 BLDC Motor

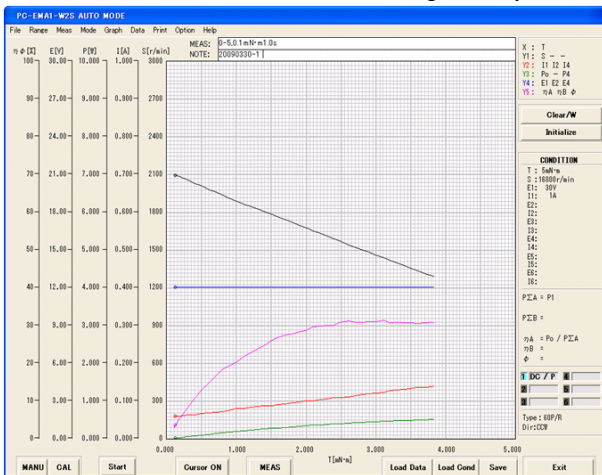
그림 3은 단상 BLDC 모터의 성능곡선을 나타낸다. 정격 12 [V]일 때 동특성을 나타내며, 시험방식과 동일하게 토크를 증가시켜 가면서 로터의 회전수와 효율, 전류 및 출력을 얻어내도록 테스트와 시뮬레이션을 하였다. 그림 3의 (a)를 보면 최대 효율이 약 32%가 되며, 최대 효율에서 운전속도가 약 1,500 [rpm]이 되며, 그 때 토크는 약 3 [mNm]가 됨을 알 수 있다.



(a) Speed and efficiency according to torque



(b) Power and current according to torque



(c) Test result

<그림 3> 펌프용 단상 BLDC Motor의 성능곡선



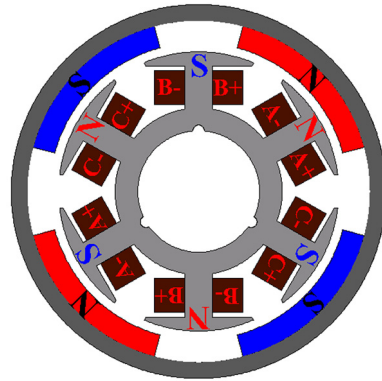
<그림 4> 펌프용 단상 BLDC Motor Test

그림 3의 (b)는 토크에 따른 출력과 전류의 변화를 나타내었으며, 최대 효율일 경우에 출력이 0.45 [W], 전류는 0.148 [A]로 나타났다. 그림 3의 (c)는 그림 4의 Torque meter를 이용하여 실험적으로 얻어낸 성능곡선을 나타낸다. 최대효율이 31 [%]이며, 최대효율일 경우 로터의 속도가 1,500 [rpm], 출력이 0.45 [W], 전류가 0.12 [A]로 나타났다. 시뮬레이션 결과와 테스트 결과가 거의 일치함을 알 수 있다.

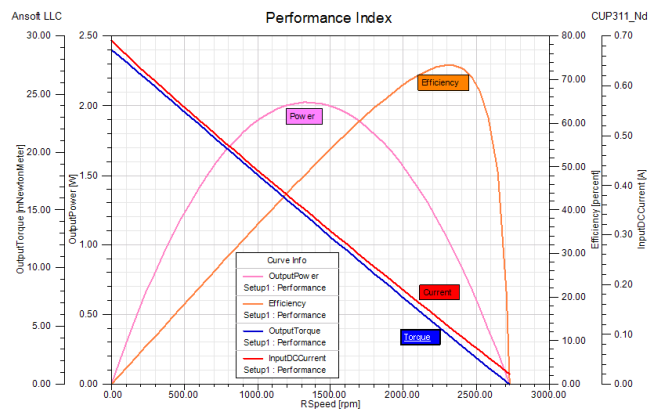
2.2 3상 BLDC 모터

단상 BLDC 모터와 거의 동일한 사이즈에 고효율의 3상 BLDC 모터를 개발하고자 하였으며 구조는 그림 5에 나타내었으며, 외전형이고 3상에 4극 6슬롯의 구조로 되어 있다. 단상 BLDC에 비해서 자석의 성능향상과 흡소자 및 드라이버로 인하여 단가가 조금 비싸지만 효율이 약 2 배 이상 개선된 고효율 펌프용 모터로 장점이 있다. 외전형 로터에 들어가는 영구자석은 Bonded 자석으로 최대 800 [mT]가 발생한다. 그리고 회전자와 맞닿는 고정자 코어의 치는 단상과 달리 원형으로 되어 있다. 그림 6은 회전수의 증가에 따른 토크, 효율, 출력과 전류의 변화를 나타내었으며, 최대 효율이 약 74 [%]이며 최대 효율에서 출력이 1.05 [W],

회전수는 약 2,300 [rpm], 토크는 약 4.4 [mNm], 전류는 0.12 [A]로 나타났다. 향후 제작과 테스트를 통하여 시뮬레이션 결과와 검증 할 것이다.



<그림 5> 펌프용 3상 BLDC Motor



<그림 6> 펌프용 3상 BLDC Motor의 성능곡선

3. 결 론

본 논문은 PC용 냉각장치의 일환으로 CPU의 외벽에 방열판을 달고 열전냉각모듈을 설치한 후 방열판을 냉각하기 위해서 펌프를 적용한 수냉식 냉각 시스템을 개발하고자 하였다. 먼저, 냉각 시 펌프의 부하를 설계하고 그 용량에 적절한 저소음, 고효율 BLDC 모터를 개발하고자, 상용화된 외국제품인 S사의 저효율 단상 BLDC 모터가 적용된 수냉식 펌프를 기준으로 하였다. S사의 단상 BLDC 모터에 대한 시뮬레이션과 테스트를 통해서 거의 비슷한 결과를 얻었으며, 이를 이용하여 단가가 다소 상승하더라도 효율과 성능을 향상시킬 수 있는 3상 BLDC 모터 구조로 설계를 하였으며, 그 결과 효율이 거의 2배 향상되며 출력 또한 향상됨을 시뮬레이션으로 구현하였다. 위의 설계를 바탕으로 제작하고 테스트를 수행하여 시뮬레이션의 결과를 검증 할 것이며, 또한 최적설계를 통하여 성능을 개선할 수 있는 구조와 치수를 제안하여 수냉식 펌프의 적용 시 부하용량에 맞게 BLDC 모터가 설계가 되었는 지를 검증할 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] J. Y. Yang, J. R. Kim, D. S. Shin, D. J. Lee and D. H. Lee, "Resonance Noise Control in the Case of Using BLDC Fan Motor", The Korean Society for Noise and Vibration Engineering Annual Autumn Conference, pp. 512~516, 2001
- [2] S. M. Hwang, "Reduction of Electromagnetic Torque Ripple in High-Speed, High-Load Brushless DC Motors used for Automobile Parts", The Korean Society of Automotive Engineers, Vol. 6, No. 4, pp. 39~46, 1998
- [3] S. Y. Jung, J. H. Kwak, B. Y. Park and W. J. Jung, "Electric Water Pump Development", The Korean Society for New and Renewable Energy Annual Autumn Conference, pp. 217~222, 2007