

120,000rpm, 15kW급 초고속 전동기를 위한 기초 설계

우병철*, 구대현*, 최유영**, 이기호***
 한국전기연구원 산업전기연구단, 키네모션, 터보맥스

Design Basics of 120,000rpm, 15kW-class High Speed Motor

Byung-Chul Woo, Dae-Hyun Koo, Yoo-Young Choi and Ki-Hoo Lee
 Korean Electrotechnology Research Institute, Kinemotion and Turbo-Max

Abstract - 초고속 전동기는 일반적인 회전수를 초고속 전동기로서 기존 전동기보다 여러 가지 장점을 가지고 있어 그 수요가 늘어나고 있는 실정이다. 본 논문에서는 15kW, 120,000rpm의 초고속 전동기를 제작하기 위한 기초설계단계에서 계산된 내용과 형상을 알아보고 그 가능성을 타진해 본 내용이다. 본 연구에서는 영구자석을 사용한 초고속 전동기로서 해석과 설계과정을 거치면서 로터의 직경을 계산하고 구동 드라이버 설계제작 및 사용할 영구자석과 코어를 제작하여 고소속 전동기를 제작하고 제작된 전동기를 조립하여 그 특성을 평가하는 순서로 개발을 완료하고자 하였다. 본 논문에서는 이러한 내용중 FEM 설계 과정을 소개하고 그 가능성에 대해서 알아보았다.

하게 된다. 본 연구에서는 연료전지자동차의 air blower용으로 사용하는 초고속 전동기에 사용하고자 개발을 시작하였으며 무게를 줄이고 구동효율을 높이는 것을 목표로 하였다.

1. 서 론

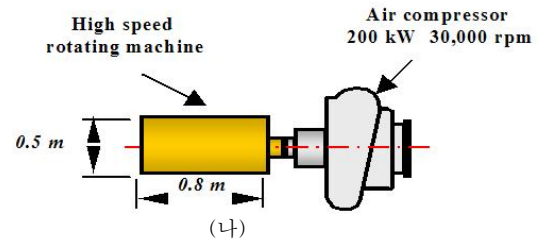
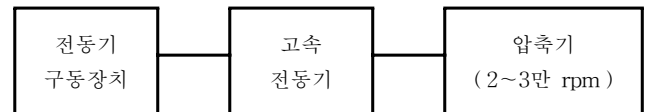
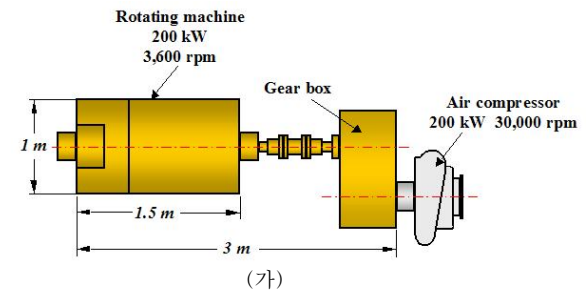
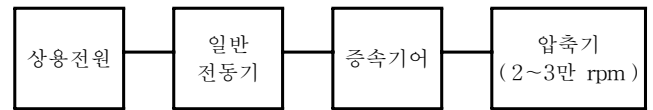
일반적용 초고속 전동기는 회전수가 2극기의 경우 3600[rpm]을 초과하는 경우를 말하며 산업계에서 사용하고 있는 초고속 전동기는 2,000-240,000[rpm]의 회전수를 가지는 전동기가 해당된다. 그러나 대부분의 고속, 초고속기는 일반 산업용 전동기를 사용하면서 전동기의 뒷단에 증속기어를 사용하여 회전수를 높인 경우가 대부분이다. 기존의 고속시스템은 증속기에서 발생하는 소음, 효율저감, 중량, 기어오일의 tribology 특성과 추가 장치로 인한 부피증가 등의 많은 단점을 가지고 있다. 초고속을 요구하는 기기의 동력원이 기어없이 고속화된다면 기존의 단점을 보완할 수 있을뿐만 아니라 소형, 경량, 저소음, 고신뢰성을 얻을 수 있어 현재 기술 선진국에서는 고속전동기를 개발하여 기존의 고속시스템을 대체하고 있는 실정이다. 이러한 고속전동기를 개발하여 기존의 고속시스템에 대체한다면 기기 자체가 소형, 경량화 될뿐 아니라 고속운전이 가능하므로 시스템의 소형화와 경량화 및 고효율과가 가능할 뿐만 아니라 유지부수작업이 필요없게 된다.

본 연구에서는 고주파용 자성강인 10JNHF600 저철손특성을 가지는 코어를 사용하여 설계하였으며 사용할 영구자석은 MAGTOPIA S30B SmCo를 사용하여 전동기를 제작하고자 하였다. 일반적으로 초고속 전동기의 주파수로 높아짐에 따라 동손보다는 철손의 비중이 높아지고 특히 Eddy Current loss성분이 급격하게 커지게 되어 두께가 얇은 박판의 코어를 사용하는 것이 일반적으로 본 연구에서는 0.15t의 코어를 사용하고 설계하였으며 비정질 합금강 및 0.1t의 초박편형 코어의 성능도 평가해 볼 예정이다. 기본적인 형상설계와 철손과 동손 및 eddy current loss 성분을 평가하고 전체적인 초고속전동기의 특성을 평가해 보았다.

2. 본 론

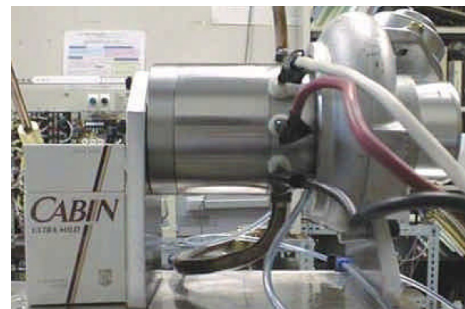
2.1 고속전동기의 특징

그림 1은 고속전동기의 응용사례로서 터보 공기압축기에 적용된 사례를 일반전동기를 적용했을 경우와 고속전동기를 적용하였을 경우를 비교한 내용이다. 그림에서 알수 있듯이 일반적인 전동기를 사용하고 증속기를 사용하여 터보 공기압축기를 구동할 경우 3,600[rpm]의 전동기에서 30,000[rpm]의 고속터보블로어를 구동하기 위해서 증속기를 필수적으로 사용하여야 한다. 모터의 크기도 크기만 증속기의 크기도 부피와 무게에 큰 영향을 미치며 이로 인해서 마찰 등으로 인해서 10%이상의 구동효율을 낮추는 역할을 한다. 이에 비해 고속전동기를 사용하여 30,000[rpm]으로 구동하면서 공기압축기에 직접 연결하여 구동한다면 증속기가 전혀 필요없게되고 전동기의 크기도 같은 용량에서 거의 90%정도 줄일 수 있는 장점을 가지게 된다. 특히 고정된 장소에서 사용하는 공기압축기에서는 크기에 큰 영향을 미치지 않지만 자동차, 항공기등 외부의 에너지를 사용하여 움직이는 부분에서는 무게와 부피가 큰 설계 영향요소이기때문에 필수적으로 고속전동기 또는 초고속 전동기를 사용한 시스템이 유리



〈그림 1〉 초고속 전동기를 사용한 터보공기압축기의 구성도 (가) 일반전동기 사용 (나) 고속전동기 사용

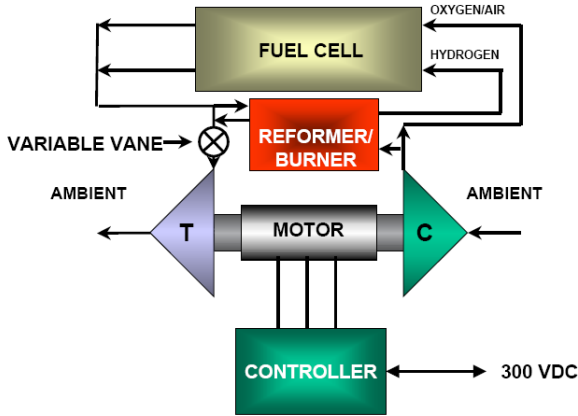
그림 2는 일본에서 전기자동차용으로 개발한 5kW, 180,000[rpm]의 초고속 전동기의 형상을 보여주고 있으며 본 연구에서는 15kW, 120,000[rpm]의 초고속 전동기를 개발하고자 하였다.



〈그림 2〉 일본의 초고속 전동기의 개발사례

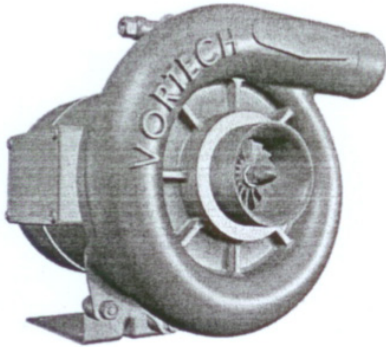
2.2 연료전지용 air blower

연료전지는 수소를 에너지원으로 사용하고 산소와 반응하여 에너지를 이용하고 물이 배출되는 것이 일반적이다. 그러나 연료전지 시스템도 사용온도나 환경에 따라서 여러종류의 형식으로 개발되고 있다. 본 연구에서는 연료전지자동차의 수소 연료의 개질기나 수소의 공급, air의 공급 등으로 인해서 고분자 전해질 연료전지 1kW당 수소는 분당 15리터, 산소의 경우 분당 40리터가 필요하며 100kW의 경우 분당 4[m³]의 산소가 필요하게 된다.



〈그림 3〉 연료전지 air blower용 초고속 모터의 구성도

연료개질기는 3단계의 촉매반응과 분리기로 구성되어 있으며 산화탄소량을 10ppm까지 줄이는 촉매반응의 추진을 위한 매개체로 이용된다. 그러나 완전 개질된 수소를 사용하는 경우 연료개질을 위한 개질과정에서는 사용하지 않지만 구동력과 산소공급을 위해서는 산소를 사용하고 있는 실정이다.



〈그림 4〉 Vortech사의 연료개질용 100,000[rpm]급 초고속전동기

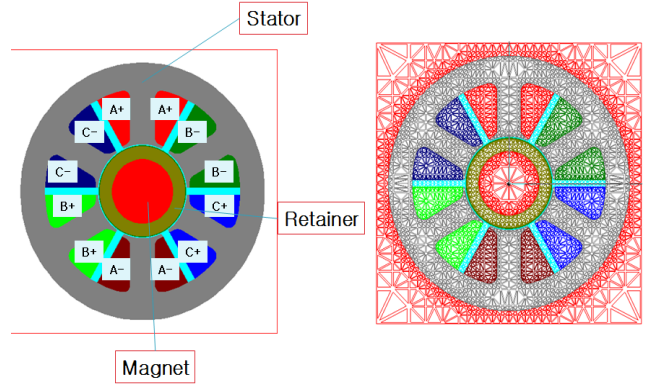
본 연구에서는 Vortech사에서 개발된 연료전지 연료개질용 15kW급 9,6000[rpm]급 고분자 전해질 연료전지의 개질기 산소공급용으로 개발된 초고속 전동기를 대상으로 기 개발된 제품과 용량을 같지만 속도를 120,000[rpm]으로 설정하고 연구자석을 사용한 초고속 전동기를 개발하고자 하였다.

2.3 연료전지 air blower용 초고속전동기 기본설계

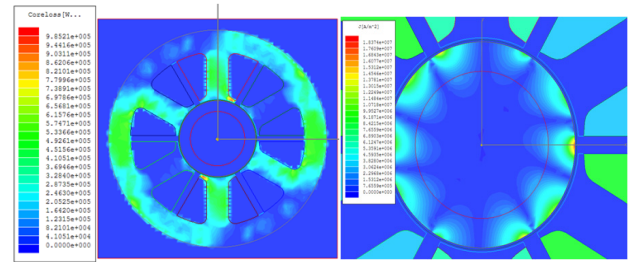
본 연구에서 사용할 코어소재는 10JNH600으로 선정하였으며 120,000[rpm]에 해당되는 2kHz대에서 철손은 1[T]의 자속밀도로 구동할 경우 70[W/kg]으로 60[Hz]에서 얻어진 1.5[W/kg]에 비해서 약 50배의 철손이 발생한다. 기존 0.35t나 0.5t의 철심재료를 사용할 경우 5배이상의 철손이 발생하기 때문에 최대한 얇은 박판형 철심재료를 사용하여야 하며 amorphous core 소재를 사용할 경우 이보다도 50%이상 철손을 줄일 수 있을 것으로 예상하고 있다.

다음 그림은 본 연구에서 사용한 해석 모델로서 연구자석을 중심부에 두고 인코넬 합금을 사용한 Retainer를 두어 축의 강성을 유지하였으며 stator에는 3극의 코일을 사용하여 초고속 전동기를 설계하였다.

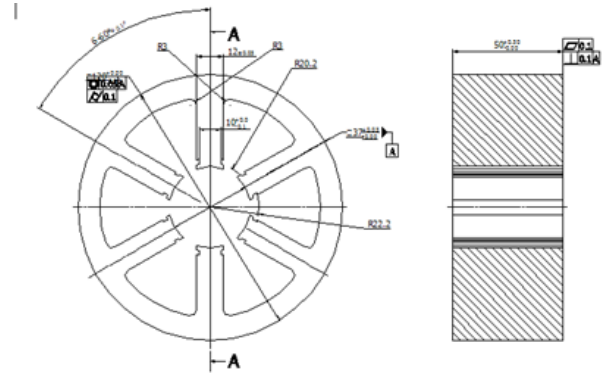
본 해석 결과에서 철손으로 인한 손실은 1%이내의 작은 값을 얻을 수 있었지만 고속으로 인한 Eddy current loss와 retainer와 SmCo 연구자속의 도전율에 의한 손실성분은 100W이상의 너무 큰 값으로 설계되어 연구자속의 강성강화방안과 박판코어의 사용을 다시 한번 검토하고 설계를 일부 변경하려고 한다.



〈그림 5〉 초고속 전동기의 FEM model



〈그림 6〉 Flux density & Eddy current loss



〈그림 7〉 초고속 전동기의 stator 설계 형상도

3. 결 론

연료전지 연료 개질기용으로 air blower를 사용하고 있으며 1kW의 경우 산소는 분당 40리터가 필요하며 100kW급의 연료전지 자동차를 고려한다면 분당 4[m³]의 air가 필요하게 되어 산소를 공급하기 위한 초고속 전동기가 필수적으로 필요하게 된다.

본 연구에서는 15[kW], 120,000[rpm]급의 초고속 전동기를 적용하여 연료전지 air blower를 개발하고자 하며 기본적인 형상을 설계하고 FEM 해석을 수행하였으며 고속전동기로 변경함으로 인해서 동손보다 철손이 커지며 특히 eddy current loss와 retainer와 연구자속으로 흐르는 도전율에 의한 손실성분이 큰 결과를 얻을 수 있었다. 본 연구에서는 이러한 특성을 고려하여 코어의 소재와 형상 그리고 축의 강화방법을 재 검토하려고 한다.

[참 고 문 헌]

- [1] 홍성안, 광병성외, H2HC RD & D programs, 산업자원부, 2006
- [2] 특허청, 고속전동기 특허동향 분석 보고서, 특허청, 2007
- [3] Jannifer Gangi, Fuel Cells in Transportations, Hydrogen Technology Forum, Washingtons DC, 2004
- [4] Brian D. James, George N. Baum and Ira F. Kuhn, Jr., Technolgy Development Goals For Automotive Feul Cell Powr Systems,, Fuel Cells in Trasportaion, 1994