

실험을 통한 영구자석 동기 릴럭턴스 전동기(PMASynRM)와 동기 릴럭턴스 전동기(SynRM)의 특성비교

장영진*, 이래화, 이종호
한밭대학교 전기공학과

The Comparison of Characteristics between Permanent Magnet Assisted Synchronous Reluctance Motor and Synchronous Reluctance Motor by Experiment

Young-Jin Jang*, Rea-Hwa Lee, Jung-Ho Lee
Dept. of Electrical Eng., Hanbat National University

Abstract - 본 논문은 PMASynRM과 SynRM의 토크, 속도응답, 효율등을 실험을 통해 비교분석 하였다. 이러한 비교는 같은 조건상태에서의 PMASynRM이 SynRM 보다 성능이 저가의 영구자석(ferrite)을 삽입함으로써 개선됨을 확인 하였다.

이루어지며 스위칭 소자로는 IPM을 사용하였다.

1. 서 론

동기 릴럭턴스 전동기는 구조적인 면에서 회전자에 권선 구조가 없어 간단하고 고장이 적어 신뢰도가 높다. 이러한 구조적인 특성을 갖는 동기 릴럭턴스 전동기는 회전자의 d축과 q축의 인덕턴스 차(L_d-L_q)와 비(L_d/L_q)를 크게 함으로써 토크특성이나 역률을 크게 개선시킬 수 있으며, 이와 관련하여 회전자의 설계에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다[1][2].

회전자에 영구자석을 적절하게 삽입한 영구자석 매입형 동기 릴럭턴스 전동기(Permanent Magnet Assisted Synchronous Reluctance Motor : PMASynRM)는 토크밀도와 역률을 크게 향상시킬 수 있다[3][4].

본 논문은 영구 자석 매입형 동기 릴럭턴스 전동기를 실험을 통하여 SynRM과의 비교 분석을 행하였으며, 고 성능·출력이 확보됨을 확인하였다[5][6].

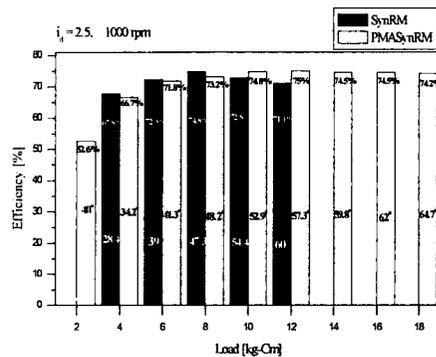


그림 2 1000rpm에서의 SynRM과 PMASynRM의 부하각 특성과 효율

Fig 2 Efficiency and load angle characteristics of SynRM and PMASynRM at 1000rpm.

2. 실험을 통한 특성분석

2.1 실험결과 및 분석

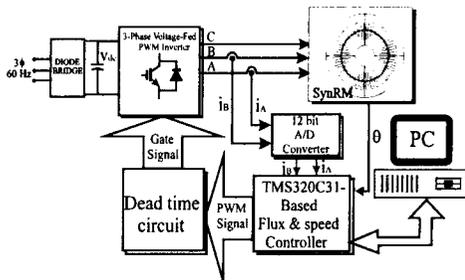


그림 1 실험 장치 구성도

Fig 1 Experimental system configuration.

PMASynRM의 우수성을 검증하기 위하여 그림1과 같은 실험 시스템을 구성하여 실험을 하였다. 본 시스템에서는 부동소수점 연산이 가능한 Texas Instrument사의 TM S320C31 DSP를 이용해서 실시간 처리를 위한 제어보드를 구성하였으며 A/D, D/A, Hall-CT 등을 사용해 센싱된 모든 값들은 디지털 처리된다. 전력회로는 다이오드 정류부, DC링크 커패시터, 3상 PWM 인버터부로

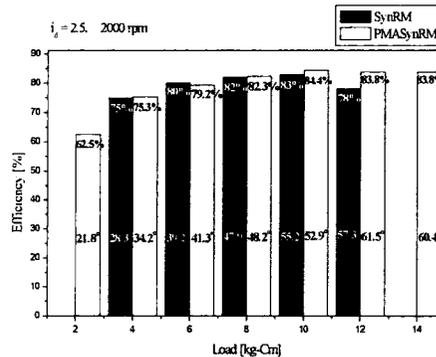


그림 3 2000rpm에서의 SynRM과 PMASynRM의 부하각 특성과 효율

Fig. 3 Efficiency and load angle characteristics of SynRM and PMASynRM at 2000rpm.

그림2에서 그림 5는 각 rpm에서 두 전동기의 효율특성 및 그때 부하각과 최대효율점을 보여준다. 실험은 d 축 전류를 2.5A로 일정하게 한 후 1000rpm, 2000rpm, 3000rpm, 3600rpm(SynRM의 정격속도)에서 각각 부하를 상승시켜 가면서 수행하였다.

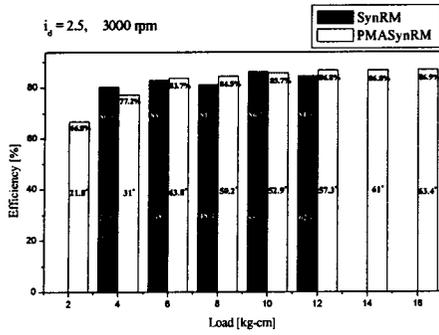


그림 4 3000rpm에서의 SynRM과 PMASynRM의 부하각 특성과 효율

Fig. 4 Efficiency and load angle characteristics of SynRM and P MASynRM at 3000rpm.

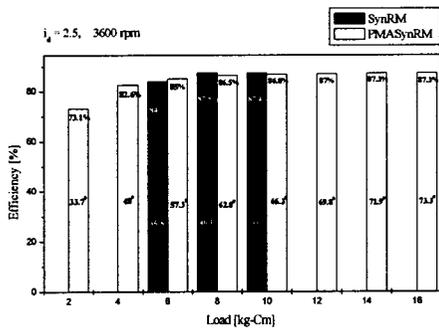


그림 5 3600rpm에서의 SynRM과 PMASynRM의 부하각 특성과 효율

Fig. 5 Efficiency and load angle characteristics of SynRM and PMASynRM at 3600rpm.

입력은 인버터단에서 나온 모터입력이고, 이때 발생 q 축 전류와 상전류를 측정하였다. 또한 출력은 다이내모 미터에서 측정된 값이며, 이를 토대로 전류각과 효율을 계산하였다. 또한 그림2-5에서 볼수 있는 바와 같이 일반 동기형 릴럭턴스 전동기 최대효율점 이전에서는 영구 자석의 매입으로 인하여 영구자석 매입 동기형 릴럭턴스 전동기의 전류각은 일반 동기형 릴럭턴스 전동기보다 더 높은 값에서 운전됨을 알수있다.

반면, 최대 효율지점을 지나 고부하로 가면 갈수록 전류각의 크기가 역전되는 것을 알 수 있다. 이는 인덕턴스의 포화현상으로 인한 것으로 다음으로 설명 할수있다.

이는 고부하영역으로 가면 갈수록 전류가 증가하여, q 축 인덕턴스를 포화시켜 인덕턴스차를 변화시키기 때문이다. 영구자석 매입 동기형 릴럭턴스 전동기는 q축 인덕턴스의 변화가 거의 없어서 인덕턴스 차는 크게 변하지 않는 반면, 일반 동기 릴럭턴스 전동기는 q축 인덕턴스의 큰 폭 감소로 오히려 인덕턴스차가 증가하는 경향이 있다. 물론 전류값이 6A 이상이 되면 두 전동기 모두 인덕턴스차를 감소시키는 경향이 있지만 본 연구의 실험에서는 고전류 영역은 해당되지 않는다.

따라서 인덕턴스차의 증가로 인해 동일 주파수, 동일 출력에서 오히려 일반 동기형 릴럭턴스 전동기의 전류치는 감소하게 된다.

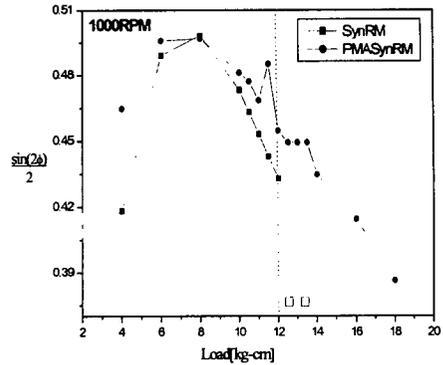


그림 6 1000rpm에서의 $\frac{\sin(2\phi)}{2}$ 특성

Fig. 6 $\frac{\sin(2\phi)}{2}$ characteristics at 1000rpm

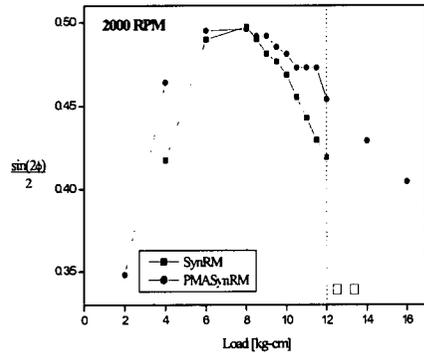


그림 7 2000rpm에서의 $\frac{\sin(2\phi)}{2}$ 특성

Fig. 7 $\frac{\sin(2\phi)}{2}$ characteristics at 2000rpm

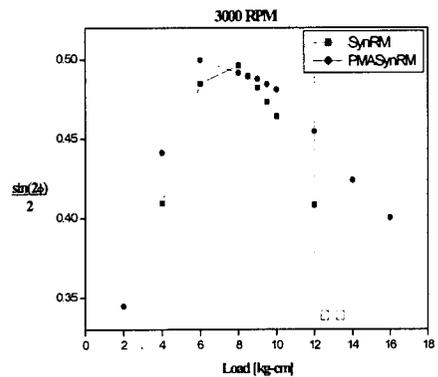


그림 8 3000rpm에서의 $\frac{\sin(2\phi)}{2}$ 특성

Fig. 8 $\frac{\sin(2\phi)}{2}$ characteristics at 3000rpm

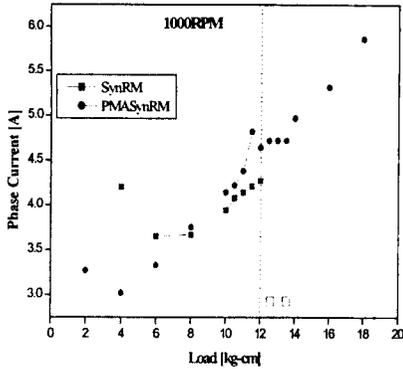


그림 9 1000rpm에서의 전류 특성
Fig. 9 current characteristics at 1000rpm

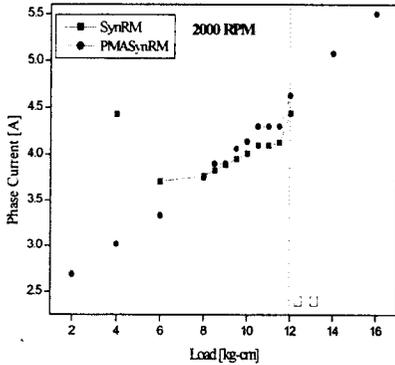


그림 10 2000rpm에서의 전류 특성
Fig. 10 current characteristics at 2000rpm

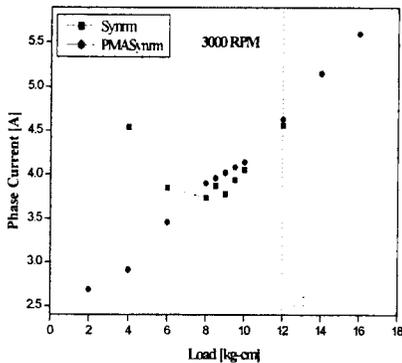


그림 11 3000rpm에서의 전류 특성
Fig. 11 current characteristics at 3000rpm

그림 6부터 그림 11는 각 rpm별, 부하별 전류가 특성 및 상전류 응답특성을 보여준다.

전류 응답특성은 앞서 설명한 바와 같으며, 여기서 중요한 또 한가지의 특성을 파악할 수 있다.

일반 동기형 릴럭턴스 전동기는 부하각의 급한 변동으로 영구자석 매입형 동기 릴럭턴스 전동기보다 부하 12kg-cm 부근에서 빠르게 탈조에 이르는 현상을 볼 수 있다. 반면, 영구자석 매입 동기형 릴럭턴스 전동기는 최대토크치 이후 고부하영역에서도 동작함을 알 수 있다.

이는 반발자속의 영향으로 역기전력이 감소하여 허용 전류치가 상승함으로서 고부하영역에서 출력을 낼 수 있음을 나타낸다. 영구자석 매입형 동기 릴럭턴스 전동기는 약 17kg-cm에서 탈조되며, 따라서 고출력 범위가 정격 3600rpm에서 최대 70%가 일반 주파수에서는 약 30% 상승됨을 실험치를 통해 확인되었다.

그림5는 일반 동기형 릴럭턴스 전동기에서는 2.5A의 d축 전류, 영구자석 매입 동기형 릴럭턴스 전동기에서는 1.8A의 약제자 영역으로 운전하였다. 따라서 전류각 및 전류치 비교는 생략하였다.

3. 결 론

본 논문은 동기 릴럭턴스 전동기의 q축 인덕턴스를 감소시키는 효과를 가져와 토크밀도 및 역율을 개선하기 위해서 영구자석의 자로를 q축 자속의 반대방향으로 삽입한 영구자석 매입형 동기 릴럭턴스 전동기의 시작기를 제작하고 실험을 통해 일반 동기 릴럭턴스 전동기와 비교를 수행하였다.

이 실험 결과 영구자석 매입 동기형 릴럭턴스 전동기가 토크 및 효율부분에서 뛰어난이 실험을 통해 확인되었다. 그러나, 영구자석의 착자방향과 영구자석 매입에 따른 토크리플의 상승부분은 앞으로의 연구과제라 할 수 있겠다.

[참 고 문 헌]

- [1] M. J. Kamper, A. F. Volshenk, July 1994, Effect of rotor dimensions cross magnetization on Ld and Lq inductances of reluctance synchronous machine with cageless flux barrier rotor, IEE. Proc.-Power Appl., Vol. 141(4) : 213-220.
- [2] 장석명, 박병임, 이성호, 이중호, 2001. 6, 단편형 동기 릴럭턴스 전동기의 토크 및 역율 개선을 위한 회전자 설계, 대한전기학회 논문지, 제50권(6호) : 263-272
- [3] J. H. Lee, D. S. Hyun, May 1999, Hysteresis Analysis for the Permanent Magnet Assisted Synchronous Reluctance Motor By Coupled FEM & Preisach Modelling, IEEE Trans. on Magn., Vol. 35(5) : 1195-1198.
- [4] J. H. Lee, J. C. Kim, D. S. Hyun, May 1999, Effect of Magnet on Ld and Lq Inductance of Permanent Magnet Assisted Synchronous Reluctance Motor, IEEE Transaction on Magnetics, Vol. 35(5) : 1199-1202
- [5] 이중호, 김정철, 현동석, 1998. 9, 단편형 회전자구조 동기형 릴럭턴스 전동기와 유도전동기의 특성비교에 관한 연구, 대한 전기학회논문지, 제47권(제9호) : 1343-1350.
- [6] 이중호, 2003. 2, 가전용 340W급 동기형 릴럭턴스 전동기 설계 및 효율특성 실험, 대한전기학회 논문지, 제52권(2호) : 39-52