

Universal Motor의 전기자 치의 수에 따른 특성

김동표, 이은석, *서영택, 오철수
 경북대 전기공학과, *구미1대학 전기과

Characteristics of Universal Motor for the armature teeth number

Kim Dong Pyo, Lee Eun Suk, *Seo Young Taek, Oh Chul Soo
 Dept. of Electrical Engineering Kyungpook University, *Kumi College

Abstract - This paper describes a new procedure to develop a systems model of a universal motor based on finite element analysis. The purpose of this paper optimized fabrication of Universal Motor for improving its efficiency and performance and driving range.

To do this, various design parameters are set such as a number of teeth and stator shape, etc. As results, the optimized model has made good improvement compared with those of the initial.

1. 서 론

직류와 교류전원 모두에 사용이 가능한 단상 유니버설 전동기는 기동토크가 크고, 일반적인 유도기로는 운전이 불가능한 고속의 회전이 가능할 뿐만 아니라, 속도제어가 용이한 장점 때문에 전동공구를 비롯한 가정용 믹서나 청소기 등의 가정용 기기에 널리 사용되고 있다. 이렇게 광범위한 사용범위에도 불구하고 이에 대한 체계적인 연구는 미약한 편으로, 현재까지도 경험적 설계에 의존함으로써 효율과 속도-토크를 비롯한 각종 성능의 표준화 및 최적화를 이루지 못하고 있는 실정이다.

교류전원을 사용할 경우 계자권선과 전기자권선이 직렬로 연결되어 있기 때문에, 두 권선을 지나는 전류의 방향이 동시에 바뀌므로 동일 방향의 토크가 발생된다.

본 연구에서는 상용 유한요소 해석 패키지를 이용하여 계자의 형상을 바꾸고 동시에 전기자 치수(齒數)를 12, 24개로 변화시켜가면서 각각의 치수에 대해서 어떤 특성을 나타내는지 살펴보려한다.

2. 본 론

2.1 기본모델

그림 1은 해석에 사용된 100W급 유니버설 전동기의 형상을 나타내고 있다.

계자권선은 2극의 집중권으로 권선되어 있고 전기자의 치수는 18개, 철심재료는 두께 0.5mm인 S60 규소강판을 사용하였다. 그림 2는 실험용 모델에 사용된 S60 규소강판의 B-H 곡선을 나타낸다

본 논문에서는 상용 유한요소 해석 패키지인 Maxwell 2-D를 이용하여 오차율은 1%로, 10번의 수행과정을 거친 후 속도-토크 방정식에 대입하여 결과를 도출하였다. 그리고 치수별로 각각 1.5°, 2°, 2.5° 씩 회전시키며 그 특성을 시뮬레이션 하였다.

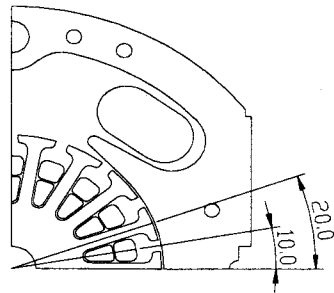


그림 1. 기본형상

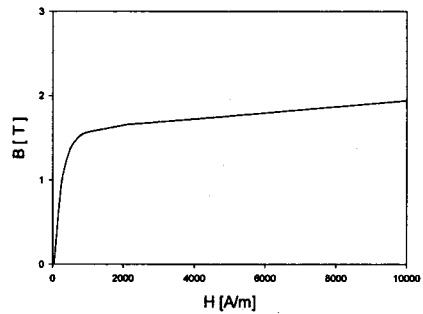


그림 2. S60 규소강판의 B-H 특성

2.1.1 기본모델의 자속분포

그림 3은 기본모델의 전기자 치수 18인 유니버설 전동기의 정격운전 점에서 자속분포도이다

그림에서 유니버설 전동기는 직류 직권전동기와 같이 전기자 반작용에 의한 자기적 중성면의 이동이 발생한다. 이러한 자기적 중성면이 기하학적 중성면과 큰 차이를 보였을 때는, 정류불량으로 인한 브러시에 불꽃발생, 발생토크의 감소, 소비전력의 증가 등 여러 가지 부작용을 가져오기 때문에, 설계 시 이러한 자기적 중성면에 대한 충분한 고려가 필요하다. 본 논문에 쓰인 100W급 유니버설 전동기에는 자기적 중성면을 이동시키기 위한 보극이나 보상권선 등은 사용하지 않았다.

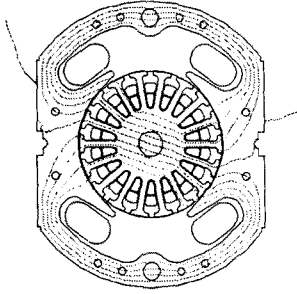


그림 3. 치수 18인 경우의 정격부하시 자속분포

유니버설 전동기의 기본적인 역기전력과 토크 방정식은 아래와 같다

$$e_a = K_a \Phi_{dm} w_m \cos wt \quad (1)$$

$$T = K_a \frac{\Phi_{dm}}{2} I_{am} (1 + \cos 2wt) \quad (2)$$

$$= \frac{I_a}{w_m} [V - [I_a(R_f + R_a) + jI_a(X_f + X_a)]]$$

e_a 는 전기자의 역기전력이며, k_a 는 회전자 기계상수, Φ_{dm} 는 계자 자속의 최대치 그리고 w_m 은 기계적 속도를 나타내고 I_{am} 은 전지자 전류의 최대치를 나타낸다. 하지만 유한요소 방정식을 풀이한 후 속도-토크 특성 곡선을 나타내기 위해서는 다음과 같은 과정을 거쳐야 된다.

$$\text{Speed} = (V_{\text{supply}} - I \times R) \times I / T \quad (3)$$

2.1.2 기본모델의 제원

공극	0.35mm
회전자 권선수	63턴
회전자 슬롯수	18
회전자 권선	∅0.32mm
계자 권선	∅0.37mm
계자 권선수	270턴
정격 전압	220V
정격 전류	1A

표 1. 전동기의 제원

2.1.3 기본모델의 속도-토크 곡선

그림 4는 전기자의 치수가 18개인 기본모델의 속도-토크 특성 곡선이다. 직류기에 비해 기동토크가 적고 고속 운전에서는 토크의 증가에 대한 속도의 감소가 매우 크게 나타나나, 저속도 운전에서는 토크의 증가에 비해 속도 감소가 적은 정속도 특성을 나타내고 있어, 저속 고토크용 전동기 용도에 적합함을 알 수 있다.

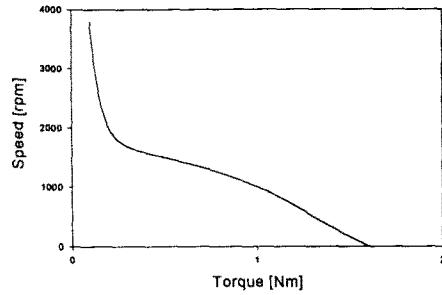


그림 4. 기본모델의 속도-토크 곡선

2.2 전기자 치수변화에 따른 속도-토크 곡선

다음은 기본모델에서 전기자의 치수를 12, 24개로 변화시키면서 해석하였다. 전기자 치폭의 각도는 30°, 15° 씩 변화시켰다.

그림 5는 기본모델에서 전기자의 치수를 12개로 줄였을 때의 속도-토크 곡선이다. 전기자의 치수가 12개로 줄면서 치와 치사이의 전체 간격이 줄어들었기 때문에 누설자속은 어느 정도 줄어들었다. 그러나, 기본모델과 비교하여 기동토크는 큰 차이가 없으나, 고속운전 영역에서 발생토크의 증가가 크게 나타나고 있으며, 토크의 증가에 따른 속도의 감소도 완만하게 나타나고 있다. 또한, 저속운전 영역에서의 토크증가에 따른 속도 감소는 크게 나타나고 있어, 기본모델에 비해 변속도 부하에 적합함을 알 수 있다.

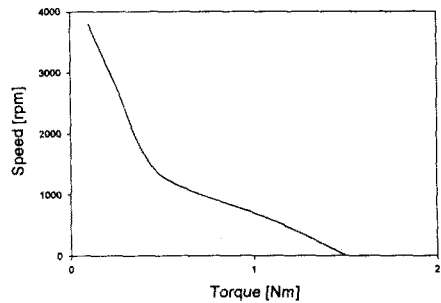


그림 5. 전기자의 치수가 12개일때의 속도-토크 곡선

그림6은 기본모델에 대해 계자의 형상과 전기자의 치수를 동시에 변화시킨 후 시뮬레이션 한 그림이다.

그 결과 기동토크가 기본모델에 비해 증가하였으나, 고속운전영역에서의 속도-토크특성은 기본모델과 유사한 특성인 반면, 저속운전영역에서는 토크의 변화에 따른 속도의 변화가 적게 나타나고 있어, 전기자 치수가 18개인 기본모델보다 운전영역이 넓어짐을 알 수 있다. 처음 계자의 형상만을 변화시켜 보았을 때는 속도-토크 곡선에 거의 변화가 없었다. 그러나 계자의 형상과 전기자의 치수를 24로 동시에 변화시킬 경우, 처음의 그래프와는 상당한 변화가 생겼다. 이와 같은 결과는 전기자 치와 전기자 치사이의 총 각도는 전기자의 치수와는 상관없이 동일하지만 계자쪽으로 통과되는 자속은 전기자 치의 수와 깊은 관련이 있음을 알 수 있다.

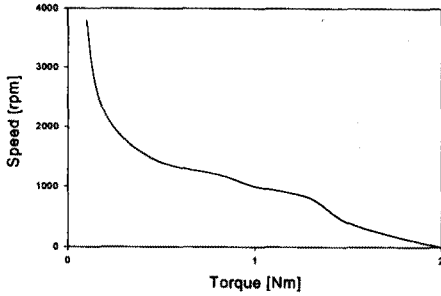


그림 6. 전기자 치수가 24일때의 속도-토크 곡선

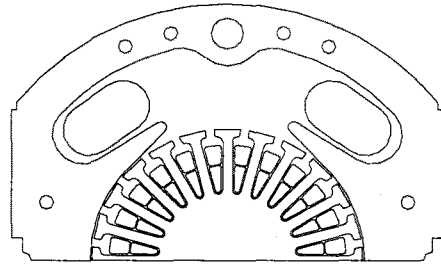


그림 8. 개선된 전동기의 형상

2.3 계자형상 과 전기자 치수변화시 속도-토크 곡선

그림 7은 계자극의 양단을 5° 증가시킨 경우의 속도-토크 특성곡선으로, 전기자의 치수가 18인 기본모델인 경우보다 기동 토크는 증가하고 고속운전시 발생 토크 또한 커진다. 특히, 직류직권 전동기와 유사한 구조에도 불구하고 기동토크가 적은 기본모델에 비해, 개선된 모델의 경우 기동토크가 매우 큰 특징을 가진다.

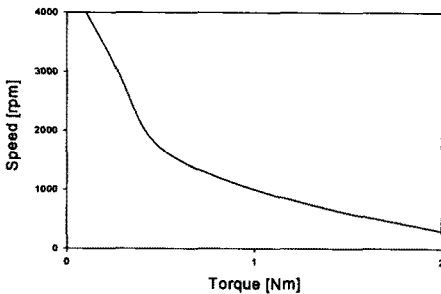


그림 7. +5° 증가된 계자형상과 전기자 치수가 24인 경우의 속도-토크 곡선

2.4 개선된 모델의 제시

윗절에서와 같은 변경사항들을 모두 시행하였을 경우 그림8과 같은 형상이 제시되었다.

이번 논문의 쟁점은 계자 형상은 +5° 증가시키고 전기자의 치수는 24로 늘였는데 있다. 전기자의 치수가 늘어남에 따라 전기자 치와 치사이가 좁아짐에 따라 권선비는 달라지게 된다. 개선된 모델에서는 최대 기동토크가 증가되었으며, 정격운전 구간도 전기자 치의 수가 늘어남에 따라 발생토크가 증가함을 볼 수 있다.

그 외에도 변수로 작용할 수 있는 전기자의 축방향 길이, 계자 폭, 등의 조건이 존재하지만 본 논문에서는 고려하지 않았다.

3. 결 론

지금까지 발표된 논문에서는 계자형상 및 전기자의 형상에 주 관심을 두었으나 전기자의 치수는 거의 고려하지 않았다. 계자의 형상을 기본모델에서 +5° 바꾸면서 동시에 전기자의 치수를 12, 24개로 바꾸어보았다. 그 결과 전기자 치 수만을 바꾸었을 때는 기본모델과 그다지 큰 차이를 보이지 않았다 하지만 5° 증가된 계자형상과 전기자의 치수가 24일 때는 기본모델과 비교했을 때 기동 토크와 정격운전 구간이 차이를 보였다.

같은 계자의 부피에서 전기자의 치수가 늘어나면 공극이 커지게 되어 토크 값은 커지지만 권선비에 대한 문제점이 생기게 된다. 그러나 이번 논문에서는 권선비는 고려하지 않고 단지 전동기의 형상에만 관심을 두었다.

유니버설 전동기는 직류기와 같은 구조로 되었지만 효율은 떨어지는 단점을 지니고 있다. 그 이유는 누설자속이나 정류과정에서 손실이 생기기 때문이다. 앞으로 이에 대한 연구가 더욱 깊이 있게 논의될 예정이다.

(참 고 문 헌)

- [1] Cuneyt Ozturk, Birdal Gok, Haruz Acikgoz, Ahmet Balikcioglu, "Noise Emission of Universal Motor Drives", IEEE Industry Applications Magazine, July/August, pp. 49-54, 1998
- [2] S. Suzuki, K. Kurihara, H Mase, K. Takahashi, "RF Noise Associated with Time Varying Arc Current across Brush and Commutator in Universal Motors", T.IEE Japan, Vol. 118-D, No. 6, pp. 773-779, 1998
- [3] G. M. J .Parsley and C. F. Landy and A.S.Meyer "Determining the number of interpole turns needed for the perfect commutation of a DC machine" Proc.IEE,Vol.143.No.2 1996.
- [4] T. Matsuda, T. Moriyama, N. Konda, Y. Suzuki, Y. Hashimoto, "Method for analysing the commutation in small universal motors", IEE, Proc.-Electr. Power Appl., Vol. 142, No. 2, pp.123-130, March 1995.
- [5] R. N. Ebben, J. R. Brauer, G. C. Lizalekand, Z. J. Cender, "Performance curves of a DC motor predicted using parametric finite elements analysis". Digests of IEE Conference, on Electromagnetic Computation, June 1998.
- [6] 송혁진, 신판석, 구진호, 이동욱 "700W급 Universal Motor의 유한요소해석과 최적설계 방향" 대한전기학회 하계학술대회 논문집 A권, pp. 247-249, 1998