

100W급 Universal 전동기의 장하비 특성

노정욱* 서영택** 오철수*
*경북대학교 전기공학과, **구미대학교 전기과

Loading Characteristics of 100W class Universal Motor

Jung-wook Roh* . Young-Taek Seo** . Chul-Soo Oh*
*Dept. of Electrical Engineering, Kyung-pook National Uni. **Kumi College

Abstract - This paper deals with characteristics of universal motor of which parameters varying by stator turns and propose stator turns that has the highest efficiency. Stator turns variation results difference in current, impedance, power, torque and speed. We try to measure these data. The experimental results show the stator turns which this motor has the highest efficiency

1. 서 론

단상 유니버설전동기는 직류직권전동기와 동일한 구조를 가지고 있으며, 직류와 교류전원 모두에 사용이 가능하다. 교류전원을 사용할 경우, 계자권선과 전기자권선이 직렬로 연결되어져 있기 때문에, 두 권선을 지나는 전류의 방향이 동시에 바뀌므로 항상 같은 방향의 토크가 발생된다. 이러한 단상 유니버설전동기는 기동토크가 크고 고속회전이 가능할 뿐만 아니라 속도제어가 용이하기 때문에, 가정용 믹서기, 전동공구, 진공청소기 등 생활주변에 널리 사용되고 있다. 그럼에도 불구하고, 현재까지 이에 대한 연구는 미흡한 실정이며, 대부분 경험적 설계에만 의존함으로써 효율을 비롯한 성능의 최적화를 이루고 있지 못한 실정이다. 본 논문에서는 100W급 단상 유니버설전동기의 장하비가 전동기특성에 미치는 영향을 해석하기 위해, 계자권회수의 변화에 따른 전동기 특성의 변화를 고찰하였다. 실험 결과 계자철심의 면적에 대응되는 최대의 효율과 출력을 발생하는 계자권회수를 찾을 수 있었으며, 이 점에서의 정류특성 또한 매우 양호하게 나타남을 알 수 있었다.

2. 본 론

2.1 해석모델과 제원

본 논문에서의 해석과 실험에 사용된 전동기의 형상을 그림 1에 나타내었다. 표1은 전동기의 제원을 나타내고 있다. 전동기의 계자철심과 전기자철심의 재질로는 S60 규소강판을 사용하였으며, 브러시의 정류각은 13°, 정격전압은 220V, 정격전류는 1A이다.

표 1. 모터의 제원

구분	값
공극	0.35 mm
회전자 슬롯수	18
회전자 권선수	63
회전자 권선	∅0.32 mm
계자 권선	∅0.37 mm
출력	130W

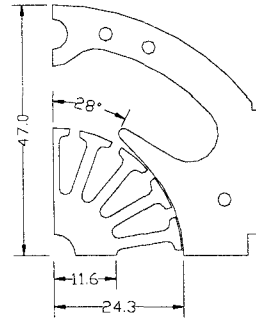


그림 1. 실험 모터의 단면. 단위(mm)

2.2 특성실험

2.2.1 기본식

단상 유니버설전동기의 기본적인 전압방정식은 직류직권전동기와 같으며, 이를 식 1)에 나타내었다.

$$V = I_a(R_f + R_a) + jI_a(X_f + X_a) + E_a \quad (1)$$

전압식에 따른 등가회로를 그림 2에 나타내었다.

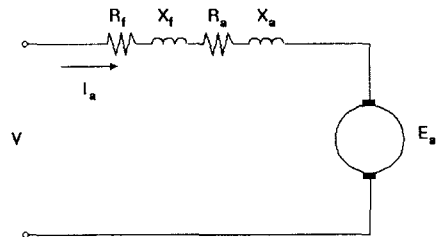


그림 2. 등가회로

단상 유니버설전동기의 역기전력과 토크방정식 역시 교류전원을 사용한다는 점을 제외하면, 직류직권전동기와 유사하며 각각 식 2)와 식 3)으로 나타낼 수 있다.

$$e_a = k_a \Phi \omega_m \cos \omega t \quad (2)$$

e_a 는 전기자의 역기전력이며, k_a 는 회전자 기계상수, Φ 는 계자자속의 최대치 그리고 ω_m 은 기계적 속도를 나타낸다. 토크식은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$T = k_a \frac{\Phi}{2} I_{dm} (1 + \cos 2\omega t) \quad 3)$$

위의 식에서 I_{dm} 은 전자기전류의 최대치를 나타낸다.
 위 식에서 알 수 있는 바와 같이, 토크는 2배의 전류주파수에 해당하는 맥동을 가지며, 이는 진동과 노이즈의 원인이 된다.

2.2.2 실험 방법

그림 1에 나타난 전동기의 계자철심은 0.5mm S60 규소강판을 총 26mm 두께로 성층하였으며, 실험은 계자극의 권회수를 극당 250회에서 610회까지 20회씩 증가시키면서, 정격전압을 인가하여 각 권회수의 변화에 따른 무부하 일 때, 0.098Nm의 일정토크 일 때, 그리고 12,000rpm의 정속도로 고정했을 때의 전류, 회전속도, 출력 그리고 토크의 변화상태를 측정하였다. 또한 토크를 0.071Nm를 고정하고 회전속도가 10,000rpm으로 유지되도록 한 후 인가전압을 변화시키면서 위의 값들을 측정하였다. 아울러 각 실험에서 오실로스코프를 통하여 전압 및 전류의 파형을 관측하여 역률과 정류상태를 관측하였다.

2.2.3 실험 결과 및 고찰

그림 3은 전동기를 무부하 시와 0.098Nm의 일정토크 발생시의 권회수의 변화에 따른 전류를 측정한 그래프로, 권회수의 증가가 코일의 저항과 리액턴스 성분의 증가를 가져오고, 이로 인해 전류는 감소함을 알 수 있다. 권회수가 290회 부근에서 역률이 거의 1을 나타내었고, 권회수의 증가와 함께 역률은 지상으로 진행되어지며, 권회수의 감소와 함께 역률은 진상으로 나타남을 알 수 있었다. 한편, 권회수가 550회를 넘으면서 전류는 증가와 함께 불꽃정류가 심하게 나타나고 있음을 볼 수 있는데 이는 리액턴스 증가로 인한 전자기 반작용의 영향에 기인하는 것으로 생각된다.

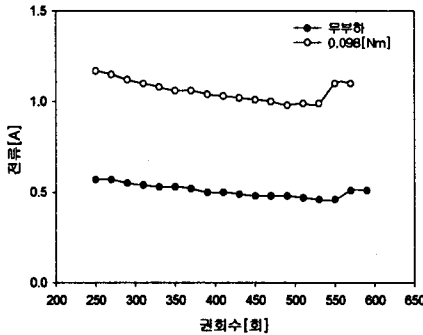


그림 3. 권회수 대 전류

권회수와 회전속도의 관계를 나타낸 그림 4에서 권회수의 증가는 계자자속의 증가를 가져오고, 이로 인해 식 2)에서 속도와 계자자속의 반비례관계에 의해 속도가 감소함을 알 수 있었다.

그림 5는 속도를 12,000rpm에 고정시킨 상태에서 권회수변화에 의한 토크의 변화를 관측한 그림이다. 권회수가 270회에서 최대토크를 발생하였으며, 가장 효율적인 운전점으로 나타났다. 이 점을 기준으로 권회수의 증가 혹은 감소시에 토크는 감소함을 알 수 있다. 이로 부터 전동기의 전기장하와 자기장하의 관계를 알 수 있다. 자기장하와 전기장하는 식 4)와 식 5)에서 구할 수 있다.

$$\text{자기장하} = \rho\Phi \quad 4)$$

$$\text{전기장하} = I_a N \quad 5)$$

즉 이 점을 중심으로 권회수의 변화시 자기장하와 전기장하의 불평형이 증가되어 토크는 감소하게 된다.

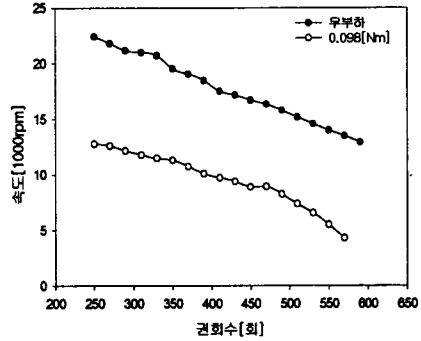


그림 4. 권회수 대 속도

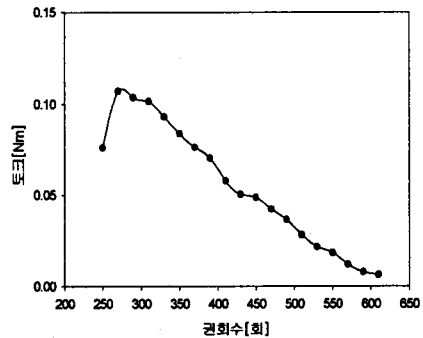


그림 5. 권회수 대 토크

그림 6은 각 조건에 따른 전동기의 소비전력을 관측한 것으로 권회수가 증가할수록 소비전력이 감소함을 알 수 있는데, 이는 권회수가 증가할수록 전류의 감소와 함께 역률 또한 저하하기 때문에 나타나는 현상이다.

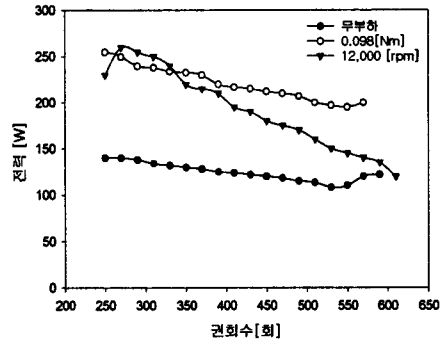


그림 6. 권회수 대 전력

그림 7은 토크 0.071Nm, 회전속도 10,000rpm인 일정토크, 일정속도 운전시의 전류와 전압의 변화상태를 나타내고 있다. 일정 범위에서는 전류와 전압이 서로 반비례하여 변화하였으나, 권회수가 470회에서 550회까지는 일정전류값에 수렴 후 그 이상에서는 전압에 비례하여 전류가 증가하기 시작하는데, 이 역시 리액턴스의 증가로 인한 전자기 반작용의 영향으로 판단된다.

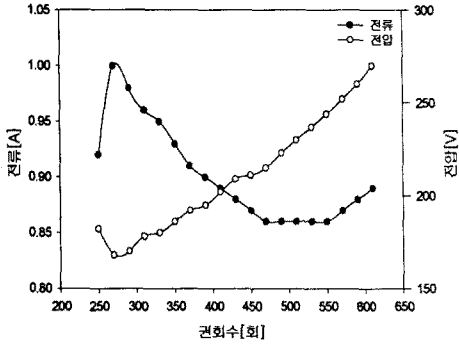


그림 7. 권회수 대 전류와 전압

그림 8은 각 운전조건에서 전동기의 효율을 나타내는 그림으로, 정적전압을 인가한 후 정속도 혹은 정토크 운전시에는 권회수가 270회에서 두 운전조건 모두 약 52%의 최대효율을 나타내고 역률 또한 약 1로 운전되었다.

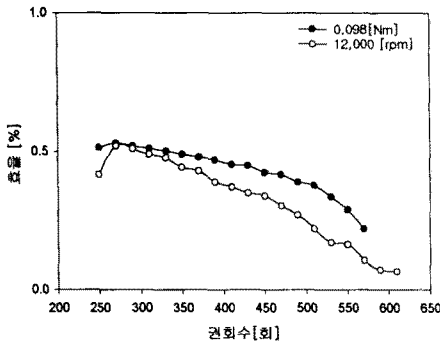
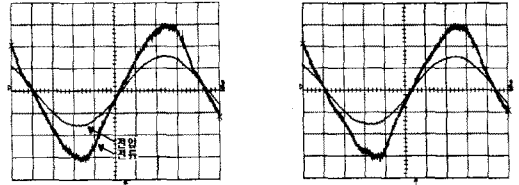


그림 8. 권회수 대 효율

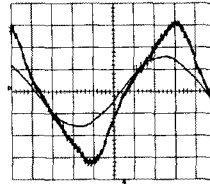
그림 9는 0.098Nm의 토크 발생시 오실로스코프로 측정된 전동기의 전류와 전압을 나타낸 그림이다.

전압·전류파형을 살펴보면 권회수 290회에서 가장 우수한 정류작용이 이루어짐을 알 수 있고, 290회를 중심으로 권회수의 증감에 따라 불꽃정류가 심해짐과 동시에 전류파형의 왜곡이 심하게 나타나는 것을 알 수 있다. 이상의 실험 결과에서 100W급 단상 universal 전동기의 주어진 계자철심과 전기자 권회수의 조건하에서, 고정자의 권회수가 270회 혹은 290회에서 토크, 효율, 및 역률 특성이 우수할 뿐 아니라 정류특성도 가장 양호하게 나타남을 알 수 있었다.

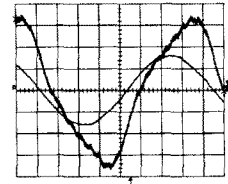


(a) 권회수 250

(b) 권회수 290회



(c) 권회수 450회



(d) 권회수 570회

전압 200V/div 전류 500mA/div

그림 9. 전압·전류 파형

3. 결 론

본 논문에서는 유니버설전동기의 장하비를 권선비의 변화를 통해 실험하여, 특성을 살펴보았다. 권회수의 변화는 계자극의 자속변화를 가져오고, 이로 인해 전동기 각 특성의 변화를 가져온다. 실험을 통해 각 특성의 변화상태를 관측하여 두 장하의 평형점을 찾을 수 있었으며, 이 점에서 출력, 효율, 정류 등을 동시에 충족시키는 최적의 운전조건에 접근함을 알 수 있었다. 이러한 실험을 바탕으로 향후 철심재료와 전기자 권회수와의 관계를 분석하므로써, 보다 효율적이고 경제적인 전동기의 설계가 가능해 질 것으로 생각된다.

[참 고 문 헌]

- [1] P.C. Sen, "Principles of Electric Machines and Power Electronics" John Wiley & Sons
- [2] E. S. Hamdi, "Design of small Electrical Machines" John Wiley & Sons
- [3] T. Matsuda, T. Moriyama, N. Konda, Y. Suzuki, Y. Hashimoto "Method of analysing the commutation in small universal motors" IEE Proc.-Electr. Power Appl., Vol. 140, No. 2, March 1995
- [4] 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
- [5] Ping Zhou John R.Brauer Scott Stanton Zoltan J.Cendes "Dynamic Modeling of Universal Motors" IEEE International Electric Machined and Drives Conference Record, May 1999
- [6] 송혁진, 신판진, 구진호, 이동욱 "700W급 Universal Motor의 유한요소해석과 최적설계방향" 1998년 대한전기학회 하계 학술대회 논문집