

# 전동스쿠터의 필요 동력 용량 계산

김문환\*

\*신라대학교

An Estimation of power capacity for electric motor scooter

Moonhwan Kim\*

\*Silla University

E-mail : mhkim@silla.ac.kr

## 요 약

무릇 모든 상업용 자동차의 설계에 있어 자동차 성능과 그 한계치를 미리 안다는 것은 중요한 일이다. 자동차의 성능이 결정되어야 필요한 동력기관인 전동기의 전력, 배터리 사양, 자동차의 무게 등을 설계, 결정할 수 있다. 본 논문에서는 전동스쿠터의 정격설계에 필요한 사양을 계산하기 위하여 필요한 스쿠터의 운동방정식과 힘에 대하여 검토한다. 그리고 미리 주어진 제원 값에 따라 운동방정식에서 전동기설계에 필요한 파라미터 값을 얻는다. 전력소비특성, 정속운전에 필요한 전력범위, 정속 주행시 최대주행거리 등의 시뮬레이션 결과, 전동기 치수와 성능설계에 필요한 주요 파라미터인 전류 값의 한계치를 추정할 수 있게 되었다.

## ABSTRACT

Usually, after the decisions of the performance and range in the commercial vehicle, it is designed the ratings of the electric and mechanical elements for the vehicles. In this paper, the given performance and driving conditions, which are the maximum velocity, mileage, total weight of the normal gasoline scooter, battery type and size, and so on, are analysed for the design of the electric scooter. The maximum rotational speed and needed torque values of the electric motor which is substituted for the gasoline engine are calculated. These values can help to calculate the rating of the electric motor. In the calculation to obtain the torque and speed values, battery discharge and the running resistances are considered. We can decide the electric motor current value from the torque and speed values. The electric motor current values, which are significant parameter to decide the motor type and dimensions and characteristics of the electric motor, are decided by numerical simulation by the above conditions.

## 키워드

전동기, 전동스쿠터, 주행거리, 등판저항, 배터리

## I. 서 론

본 논문은 현재 사용되고 있는 가솔린 스쿠터를 대신하여 그 사양을 만족하는 전동기의 설계에 있어서 필요한 사양들을 결정하는 기법에 관하여 기술한다. 본 논문에서는 전동스쿠터의 정격설계에 필요한 사양을 계산하기 위하여 필요한 스쿠터의 운동방정식과 힘에 대하여 검토한다. 그리고 미리 주어진 제원 값에 따라 운동방정식에서 전동기설계에 필요한 파라미터 값을 얻는다. 전력소비특성,

정속운전에 필요한 전력범위, 정속 주행시 최대주행거리 등의 시뮬레이션 결과, 전동기 치수와 성능설계에 필요한 주요 파라미터인 전류 값의 한계치를 추정할 수 있게 되었다. 그리고 최종적으로 전동시스템의 효율을 계산하여 본다.

## II. 전동스쿠터의 사양

개발하고자하는 전동스쿠터의 목표 사양을 다음 Table 1에 보인다.

Table 1 Performance of electric scooter

Items		Unit	Demanded Value
scooter weight		kg	90
rider weight	one person	kg	75
max velocity	plat	km/h	50
battery	voltage	V	48
	capability	Ah	40
mileage	@35km/h	km	90
gradient	10%	km/h	30
	20%	km/h	20
acceleration	0-100m	sec	12
tire diameter	90/90-10	mm	416

III. 전동스쿠터의 특성계산

일  $W$ 과 힘  $F$ 는 다음 식으로 정의된다.

$$W = Fd = FVt \text{ [Joule]} \quad (1)$$

$$P = \frac{W}{t} = FV \text{ [W]} \quad (2)$$

설계제원에서 원하는 최고속도  $V_m$ [km/h]로 식(2)를 변환하여 표시하면 식(3)과 같이 된다.

$$P = \frac{W}{t} = \frac{FV_m}{3600} \text{ [kW]} \quad (3)$$

일반적으로 차량이 주행하면 주행을 방해하는 방향으로 저항력이 발생한다. 이를 총칭하여 주행저항( $F$ : Running resistance) 이라고 한다. 이는 다시 구름저항  $F_r$ , 공기저항  $F_a$ , 등판저항  $F_g$ , 가속저항  $F_{ac}$  의 4 가지로 구분할 수 있다. 이 값은 다음 식 (4)와 같이 표현할 수 있다.

$$F = F_r + F_a + F_g + F_{ac} \quad (4)$$

구름저항(Rolling resistance,  $F_r$ )을 식 (5)로 표현한다.

$$F_r = \mu_r (M_s + M_h)g = \mu_r m.g \text{ [N]} \quad (5)$$

시뮬레이션에는 도시의 양호한 콘크리트 포장도로를 가정하여  $\mu_r = 0.015$ 로 가정하였다.

공기저항(Air resistance,  $F_a$ )은 (6)식과 같다.

$$F_a = \mu_a AV^2 = \frac{C_d \rho AV^2}{2} \text{ [N]} \quad (6)$$

스쿠터의 경우 최대한의 저항을 받는다고 가정,  $C_d=1$ ,  $\mu_a=0.005$ , 공기밀도는  $\rho = 1.25kg/m^3$ 으로 시뮬레이션하였다.

등판저항(Gradient resistance,  $F_g$ )은 (7)식과 같다.

$$F_g = (M_s + M_h)g \sin\theta \text{ [N]} \quad (7)$$

$$= mg \sin\theta$$

본 연구의 시뮬레이션에서는 가속능력은 전동스

쿠터의 성능계산에 고려하지 않는다.

IV. 전동스쿠터의 주행 특성

다음 Fig. 1은 Table 1에 주어진 전동스쿠터의 목표제원을 사용하여 스쿠터가 평지에서 등속도로 주행한다고 가정하여 시뮬레이션을 한 결과 얻어진 전동기의 전력 소비 특성을 표시한다.

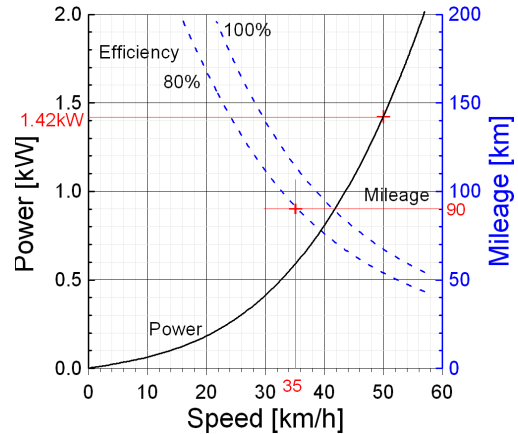


Fig. 1 Power characteristics of electric scooter

Fig. 1에서 횡축은 스쿠터의 주행속도이며 왼쪽의 종축은 그 주행속도에 따른 전력 소비량의 변화이다. 또 그림에는 전동 스쿠터의 효율을 고려하여 예측할 수 있도록 80, 100%의 효율곡선을 계산, 점선으로 표시하였다. 오른쪽 종축은 주행속도에 따른 주행거리 합의 변화이다.

V. 전동스쿠터의 전동기 사양

전동기에 요구되는 총 소요 전력 범위를 고려하여 필요한 전동기 사양을 계산 해 본다. 먼저 전동기의 필요 정격 회전수  $N_m$ 은,  $V_m$ 값에 주어진 사양 값 50Km/h과 운전자와 스쿠터의 무게에 의한 타이어의 변형을 고려한  $\alpha$ 의 값을 6[mm]로 두면 식 (8)에 의하여  $N_m = 657$ [rpm] 이 된다.

$$N_m = \frac{V_m \times 1,000 \times 1,000}{2\pi(D_t/2 - \alpha) \times 60} \text{ [rpm]} \quad (8)$$

여기서  $D_t$ 는 타이어의 직경이다.

다음은 필요한 토크가 식 (9)에서 구해진다.

$$T_m = \frac{(D_t/2 - \alpha)F}{1,000} \text{ [Nm]} \quad (9)$$

전동기의 필요전력은 식 (10)에 따라 계산된다.

$$P_m = 2\pi \frac{N_m}{60} T_m \text{ [W]} \quad (10)$$

Table 2에 구해진 전동기의 필요 정격 사양을 나타낸다. 표에서 감속기 효율은 무시한다.

Unsymmetrical Field Magnetization, Conf. Rec. IEEE Ind. Applicat. Soc. Ann. Mtg., pp. 774-780, 1986

Table 2 The designed rating of electric motor

output power [kw]	1.43	1.43	1.43
rotational speed [rpm]	657	3,285	6,570
torque [N · m]	20.8	4.16	2.08
reduction ratio	1	5	10

Table 3의 사양은 정속주행시 최대성능 목표치 범위 내에서 설계한 결과이다.

Table 3 Obtained designed values

Items		unit	demanded value	designed results	motor current
scooter weight		kg	90	90	
rider weight	one person	kg	75	75	
maximum velocity	plat	km/h	50	50	36A
battery	voltage	V	48	48	
	capability	Ah	40	40	
mileage	@35km/h	km	90	94.5	14.6A
gradient	10%	km/h	30	41.8	66A
	20%	km/h	20	35.6	94A
acceleration	0-100m	sec	12	*)	120A
tire diameter	90/90-10	mm	416	416	

\*) 가속성능의 경우, 주어진 범위보다 어느 정도의 여유 값을 주느냐에 따라 결정된다.

## VI. 결 론

전동스쿠터에 주어진 목표 사양에 따라 최소한의 정격을 갖는 전동기의 정격 전력 값을 계산하고, 회전수-토크 값 등을 계산하는 방법을 제시하여 전동기설계에 필요한 구체적인 변수 값으로 전력, 전류 값들과 효율을 확인할 수 있도록 하였다.

## 참고문헌

- [1] James Larminie, et al., Electric Vehicle Technology Explained, Wiley, 2003
- [2] Kitae Yeom, et. al., Optimization of the Parallel Diesel Hybrid Vehicle, Transactions of KSAE, Vol. 16, No. 6, pp.26-32, 2008
- [3] A. Kusko, et al., Brushless DC Motors Using