

# Thermo Motor 설계 및 특성연구

구 대현\*\* 김 진봉\* 노 규석\*\*  
한국전기연구소\* 거성전기(주)\*\*

## The Study on the Characteristics and Design of the Thermo Motor

Dae Hyun, Koo\*\* Jin Bong, Kim\* Kyu Seog, No\*\*  
KERI\* Big Star Electric Co.\*\*

### Abstract

Thermo motor that uses driving part as heating part is different from general fan heater. As it uses energy that drives rotor and generate heat at the same coil, it is simpler and cheaper than general fan heater.

In this study, shaded-pole motor was used that is low cost and simple in spite of low efficiency

### 1. 서론

국내외에서 현재 생산되고 있는 전기온풍기등의 발열체로서는 일반적으로 저항이 큰 니크롬선이나 세라믹 발열체를 이용하여 제품을 구성하고 있다. 즉 Motor 를 구동하는 구동부와 발열을 하는 발열부의 두 부분으로 나누어져 각각의 전원이 공급되게끔 되어 있어 구조적으로 복잡할 뿐 아니라 전력소비가 많은 단점을 지니고 있다.

이와 같은 단점을 보완하기 위하여 본 연구자들이 약 400[°C]의 고온에서도 견디는 세라믹으로 피복한 Coil을 이용하여 Thermo Motor 를 개발중에 있다. Thermo Motor 는 이 세라믹 코일을 원형으로 감아 중심부에 자력선이 통하는 공간부를 만들어 Motor 를 구동함과 동시에 자체적으로 발열을 하도록 하였다. 즉 Motor를 구동하는 구동부와 열을 발생하는 발열부가 하나로 된 일체형으로 Motor 구동과 동시에 구동부에서 발생하는 열을 직접 열에너지원으로 이용함으로써 전력절약과 Motor 구성의 부품수가 줄어들어 구조가 간단해 지는 장점을 지니고 있다.

본 연구에 사용된 Motor 는 Motor 자체의 효율은 낮지만 구조가 간단하고 제작비면에서 값이 저렴한 Shaded-pole Motor를 이용하였다.

### 2. Thermo Motor 기본 이론식

단상유도전동기의 기동 Torque 가 Zero 이므로 이 기동 Torque 를 얻기 위하여 Stator 부분에 흡을 파서 구리를 넣어 회전자계를 만들수 있도록 한 Motor 가 바로 Shaded-pole Motor 이다. 이 Shaded-pole motor의 동작 원리를 vector로 분석하면 다음과 같다. 그림 1 은 Shaded-pole Motor 의 구성도이며, 1차측 전류  $i_1$  과 자속밀도  $B_m$  은 식 (1), 식 (2)와 같다.

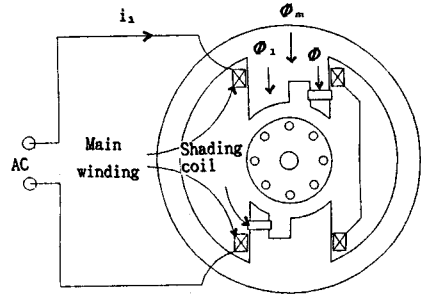


그림 1. Shaded-pole motor 구성

$$i_1 = \sqrt{2} I_1 \cos \omega t \quad (1)$$

$$B_m = \frac{N_1 i_1}{A_{core} R} = \frac{N_1}{A_{core} R} \sqrt{2} I_1 \cos \omega t \quad (2)$$

여기서  $N_1$  은 Turn 수,  $A_{core}$  는 단면적,  $R$  은 자기저항을 나타낸다. 그림 1 에서 전체자속  $\Phi_m$  은 Shading Coil 부분을 통과하는 자속  $\Phi_1$  과 Shading Coil 이 아닌 부분을 통과하는 자속  $\Phi$  의 두 부분으로 나누어 진다. 이 자속  $\Phi_1$  에 의하여 Shading Coil 에 1 차측 보다 90° 위상차가 뒤진 전압  $E_m$  가 유도되며 이는 Faraday 법칙인 식 (3) 에 의하여 알 수가 있다.

$$\int E \cdot dl = \int - \frac{\partial B}{\partial t} \cdot dS \quad (3)$$

$$E_m = \frac{KA_m}{\omega} \sin \omega t = K' \sin \omega t \propto I_1 \sin \omega t \quad (4)$$

Shading Coil 은 단락회로이므로 유기된 전압  $E_m$  에 의해 단락 전류  $I_m$  가 발생하며 이  $I_m$  에 의해 다음 식 (5) 와 같은 자속  $\Phi_m$  가 유기된다.

$$\phi_m = \frac{N_{r1} i_m}{R_m} \alpha I_1 \sin(\omega t + \theta) \quad (5)$$

$$\left( i_m = \frac{E_m}{|Z_{r1}|} \alpha I_1 \sin(\omega t + \theta) \right)$$

그러므로 이 Shading Coil 부분을 통하여 나가는 합성자속은  $\phi_1$  과  $\phi_2$  의 합인  $\phi'$  가 되며 이  $\phi'$  는 Shading Coil 부분이 아닌 부분에서 나오는  $\phi$  와 위상차가 발생하여 이  $\phi'$  와  $\phi$  가 이동자계를 형성하여 자계이동방향의 Torque 를 발생시킨다. 이에 대한 Vector 도를 나타낸 것이 그림 2 이다.

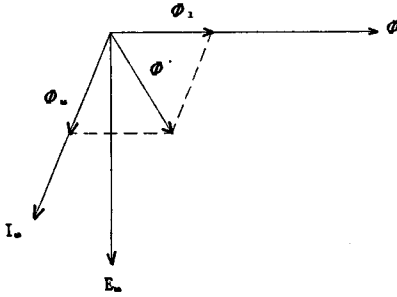


그림 2. Vector 도

### 3. Thermo Motor 시작품 특성분석

#### 3.1 Thermo Motor 시작품 제작 방법

Thermo Motor 를 온풍기용으로 이용할 경우에는 Motor 의 Fan 을 작동시킬 수 있는 최소한의 Torque 도 필요하지만 온풍기인만큼 제일 중요한 것은 많은 열을 얻을 수 있도록 제작하는데 있다. Thermo Motor 는 일반적인 Motor 와는 달리 Motor 구동과 동시에 열을 발생시켜야 하며 발생된 열은 외부로 쉽게 발산이 되도록 하기 위하여 Coil 의 권선방법을 여러차례의 실험을 통하여 기저력 발생과 동시에 발열이 최적으로 될 수 있도록 2 층으로 얇게 환형으로 감았다. 방열판은 열전달이 우수한 Al. 을 사용하였으며 Fan 은 Siloco Fan 을 사용하였다. Coil 의 총 저항값은 20 [Ω] 이며 이를 10개로 나누어 Coil 하나의 저항값이 2[Ω] 이 되도록 하였으며 열의 발산을 쉽게 하기 위하여 Al. 방열판을 Coil 양쪽에 접착시켜 Motor Core 에 부착 시켰다. 그림 3 는 완성된 2차 시작품을 나타낸 그림이다. Coil 은 일본에서 생산되고 있는 Fuji A Type 을 사용하였으며 최고 온도점은 약 400 [°C] 이며 이에 대한 사양은 표 1. 에 나타내었다.

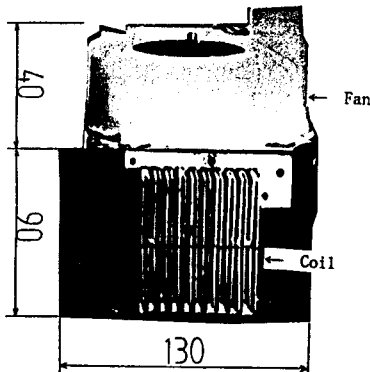


그림 3. Thermo Motor 2차 시작품 (단위:mm)

표 1. Fuji A Type 사양

|              | 사 양        |
|--------------|------------|
| 도 전 율        | 40%        |
| Coil 외경 (mm) | 0.47-0.472 |
| 저 항 치 (Ω/m)  | 0.365      |
| 온 도 점 [°C]   | 400        |

#### 3.2 Thermo Motor 시작품 특성분석

본 연구에서는 앞절에서 설명한 세라믹 내열전선을 사용한 Thermo Motor 의 온도 특성을 검토하기 위하여 K Type 열전대를 코일과 방열판 사이에 삽입하고 220[V] 정격 전압을 인가 하였을 때 각 특성을 검토하였다. Thermo Motor 의 온도조절을 위하여 속도 control 회로 부착도 가능하지만 상품화 시 가격 경쟁력 문제로 단순 기계식인 공기 흡입구의 공기량을 조절함으로써 온도 조절이 가능하도록 하였다. 본 연구에서는 시작품을 두가지로 만들어 비교, 검토를 하였다. 1차 시작품의 경우 최대 풍량 8.6 x 10<sup>-3</sup> [m<sup>3</sup>/min] 이고 2차 시작품은 최대풍량이 5.7 x 10<sup>-3</sup> [m<sup>3</sup>/min] 으로 각 경우에 있어 온도조절을 위하여 공기 흡입구를 개폐함으로써 공기 흡입량을 조절하였다. 이상과 같은 실험결과를 표 2.에 나타내었다.

표 2. Thermo Motor 시작품 특성분석 [ 220 V ]

|                           | 1 차 시 작 품            |                      | 2 차 시 작 품            |                      |
|---------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|                           | 12/12open            | 1/12open             | 12/12open            | 1/12open             |
| 정격전력[W]                   | 883                  | 817                  | 804                  | 750                  |
| 흡입풍량[m <sup>3</sup> /min] | 8.6x10 <sup>-3</sup> | 5.7x10 <sup>-3</sup> | 5.7x10 <sup>-3</sup> | 1.4x10 <sup>-3</sup> |
| Coil내온도[°C]               | 230                  | 277                  | 244                  | 322                  |
| 0.5 [m]거리에서 대기와의 온도차 [°C] | 31                   | 41                   | 25                   | 39                   |

이 표에서 보는 바와 같이 Motor 로 부터 0.5 [m] 떨어진 지점에서 대기와의 온도차이가 최대가 되는 경우는 흡입구를 1/12 만큼 개방하였을 때 각각 41 [°C] 와 39 [°C] 가 되어 두 모델간의 온도차이는 거의 동일함으로 알 수 있다.

그러나 소비전력면에서는 오히려 2차 시작품의 경우가 1차 시작품보다 약 70-80[W] 적음을 알 수 있는데 이는 공기 흡입량이 2차 시작품이 1차 시작품보다 적어 Coil 에서 공기로 전달되는 열량이 감소하여 Coil 의 온도가 증가함으로써 Coil 의 온도가 증가한 것에 기인한다.

한편 2차 시작품에서 공기의 송풍량을 1/12 이하로 감소시켰을 경우의 정격전력은 750[W] 이하로 감소하나 풍압이 적어 Coil 주위의 일부 구간만 온도가 증가하고 0.5 [m] 까지는 온풍이 전달되지 못하여 온풍기로서는 적합하지 않은 상태가 되었다. 따라서 Coil 의 연속사용 가능온도인 350 [°C] 내에서 Thermo Motor 를 온풍기로서 사용가능한 Fan 의 최대풍량은 5.7 x 10<sup>-3</sup> - 1.4 x 10<sup>-3</sup> [m<sup>3</sup>/min] 임을 알 수 있다.

그림 4는 위의 실험결과를 그래프로 나타낸 것이다. 여기서 현재의 시작품과 시중에서 판매되고 있는 세라믹 온풍기를 비교 검토한 결과 Motor에서 약 0.5[m] 떨어진 거리에서 측정된 온도 차이는 크게 없으나 소비전력면에서 본 연구의 시작품이 약 800[W]인데 반해 시중제품들은 약 1,350-1500[W]로 동일 온풍에 대한 소비전력이 감소하였다.

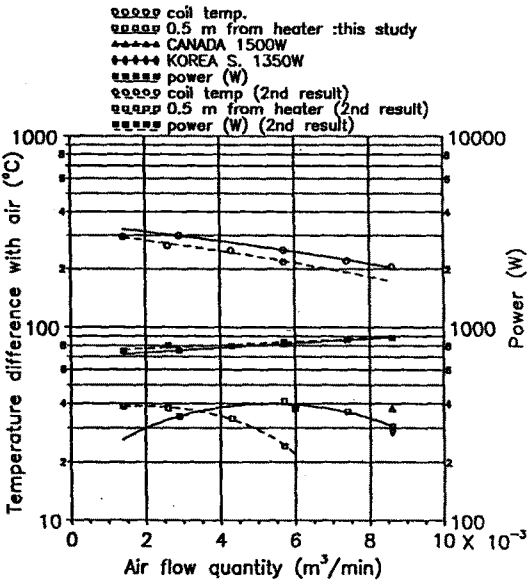


그림 4. Thermo Motor 시작품 특성

#### 4. 결론

Motor를 구동하는 구동부와 열을 발생하는 발열부가 하나로 된 일체형으로 온풍기 제작시 부품수가 줄어들고 구조가 간단해지는 장점을 지니고 있는 Thermo Motor를 온풍기로 개발하기 위한 본 연구의 결과는 다음과 같다.

가. 일정거리(0.5m)내에서 동일온도의 온풍을 전달하였을 경우에 본 연구의 시작품에서 소비되는 전력은 시판중인 세라믹 온풍기의 50-60 [%] 수준이다.

나. Coil의 연속사용 가능온도 350 [°C] 내에서 Thermo Motor를 온풍기로서 사용 가능한 Fan의 최적 풍량은  $5.7 \times 10^{-3}$  -  $1.4 \times 10^{-2}$  [m³/min]이다.

#### References

1. Performance Calculations of the Shaded-pole Motors, P.H. Trickey. AIEE Transactions, volume 66, 1947, pages 1431-38
2. An Analysis of the Shaded-pole Motor, P. H. Trickey. Electrical Engineering (Transactions), volume 45, 1936, pages 1007-14
3. Equivalent Circuits of the Shaded-pole Motor with Space Harmonics, Gabriel Kron. AIEE Transaction, volume 69, part II, 1950, pages 735-41
4. Generalised Theory of Induction Motors with Asymmetrical Primary Windings, Butler, O.L. and Wallace, A.K. Proc. IEE, 1968, 115(5), pages 685-694
5. The Calculation of Shaded-pole Motor Performance by use of a Digital Computer, Sherer, H.S. and Herzog, G.E. Trans. Amer. Inst. Elect. Engrs., 1959, 78, Pt. 3, pages 1607 - 1610
6. Equivalent Circuits and Their Application in Designing Shaded-pole Motors, Chang, S.S.L. ibid., 1951, 70, Pt. 1, page 690-699