

FEM을 이용한 Electromagnetic Clutch 토크해석과 전기자 치수최적화

論 文
55B-5-1

Study on Torque Analysis and Armature Shape Optimization of Electromagnetic Clutch by Using FEM

朴 昌 浩[†]
(Changhao Piao)

Abstract - This study tries to test and analyze the static friction torque generated by an electromagnetic clutch. Then the torque is improved by optimizing the shape of armature. For the purpose of design change and optimization of the electromagnetic clutch, the static friction torque prediction is very important. We construct an axi symmetric FEM model for analyzing the static friction torque and used a torque tester for evaluating the real torque. For a test, predicted static friction torque is compared with the experimental one to discuss the rationality of torque analysis process. The analytical result agrees well with experimental data, explaining the validity of the mathematical process and FEM model. After confirming the torque analysis process, the optimization process is investigated. The optimization result shows that the static torque is improved by changing the armature shape.

Key Words : Electromagnetic Clutch, FEM, Torque Analysis, Magnetic Field, Optimization

1. 서 론

전자기클러치(electromagnetic clutch)는 사무용 복사기, 프린터, ATM 지폐 인식기와 같은 기기에서 종이의 이송용으로 많이 사용되고 있다.¹⁾ 소형전자기클러치는 각각의 사용 용도와 환경에 따라서 요구에 적합한 전자기클러치가 설계되어야 한다. 전자기클러치에서 제일 중요시되고 있는 설계인자는 발생하는 토크의 크기와 응답시간이다. 신속한 설계변경과 최적화 설계를 위하여 클러치에서 발생하는 토크를 정확히 예측할 수 있는 유한요소 모델의 구성과 해석방법의 정립이 필요하게 되었다. 보통 하나의 사무용 기기에 여러 개의 소형전자기클러치가 장착되어 있으며 여러 개의 소형전자기클러치가 유기적으로 작동을 하기 때문에 개개 전자기클러치의 빠르고 정확한 응답시간은 전체 기기의 성능에 결정적인 영향을 준다. 때문에 기기 원활하고 효과적인 작동을 기대하기 위하여 발생하는 토크와 응답시간에 대한 정확한 예측은 필수적이다.

자기장의 분포를 수치적 방법으로 해석하는 이론에 관련한 연구는 잘 정리되어 있으나 이런 이론을 이용하여 전자기클러치에서 발생하는 토크를 계산해내는 연구결과는 적다. Naila Mikhaeil-Boules는 전기자와 회전자사이의 파우더가 있는 전자기 클러치에 대한 실험과 해석을 하였다.²⁾ 전자기클러치를 생산하고 있는 생산자는 거의 대부분 실험을 통하여 토크의 크기를 측정하여 개발을 진행한다. 실험을 하기 위하여 반복적으로 새로운 전자기클러치 모델을 만

들어야 하기 때문에 개발단계에서 걸리는 시간이 길어진다. 컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 전자기클러치의 토크해석은 신제품의 토크를 예측가능하게 하여 연구단계에서 소비하는 시간을 획기적으로 줄여줄 수 있다. 토크의 정확한 예측과 동시에 클러치의 부품의 형상최적화도 해석적인 방법으로 진행될 수 있게 되므로 개발효과가 증대된다.

본 논문은 ANSYS 8.0을 이용하여 전자기클러치의 축대칭 유한요소 모델을 구성하여 전자기클러치에서 발생하는 자기적 힘 즉 수직응력의 크기를 얻어낸다. 축대칭 모델에 경계조건을 주고 전기자를 하나의 구성체로 정의해 준 다음에 ANSYS 8.0을 이용하여 해석하게 되면 전기자가 받는 수직 인력을 계산해 낼 수 있다. 인력의 방향은 전기자와 회전자의 표면에 수직으로 향한다. 수직 인력은 수식에 의하여 토크로 계산되면, 계산된 토크는 실험적으로 얻은 결과와 비교하는 방법을 통하여 해석결과의 정확성을 검증했다. 전자기 클러치에서 발생하는 토크를 예측할 수 있는 유한요소 모델을 구성한 다음에 해석결과인 토크는 회전자 형상치수사이의 관계식을 정립하는데 사용하여 최적화를 시도 하였다. 최적화된 형상으로 유한요소모델을 다시 구성하여 토크 해석을 진행함으로써 토크의 증가 여부를 확인하였다.

2. 기본이론과 해석모델

2.1 전자기클러치의 구조

사무용기기에 주로 사용되는 전자기클러치는 주요하게 축(shaft), 코일(coil), 회전자(rotor), 전기자(armature), 하우징(housing)으로 구성되어 있으며 그 구성은 그림.1과 같다. 전자기클러치의 축은 부하와 상시 연결되어 있고 전기자는 입력되는 동력과 상시 연결되어 있다. 코일은 보빈(bobbin)에 감겨져 있고 하우징은 이들의 외각이 되어주어 보호 및 자기회로 구성의 역할을 한다. 전자기클러치에 작동 전압이 인가되면 동력부와 연결된 전기자가 회

[†] 교신저자, 正會員 : Department of Automation Engineering, ChongQing University of Post and Telecommunications 仁荷大學 機械工學科 博士課程
Email : mems1@dreamwiz.com

接受日字 : 2005年 11月 30日

最終完了 : 2005年 2月 4日

전자와 접촉하게 되며 마찰력이 발생하게 되어 토크를 발생한다. 마찰토크에 의하여 축은 동력을 전달받아 부하를 구동하게 된다. 작동전압이 취소되면 전기자는 판스프링에 의하여 회전자에서 떨어져 되며 외부 동력은 끊어지게 된다. 작동전압이 가해질 때 얼마나 빨리 동력이 전달될 수 있는가를 확인하는 응답시간과 얼마나 많은 부하를 움직일 수 있는가를 확인하는 토크의 크기는 전자기클러치의 주요한 지표이다.

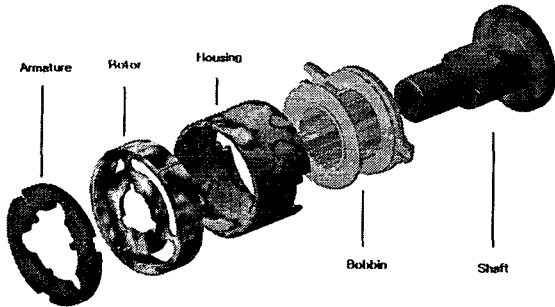


그림.1 소형전자기클러치의 구성
Fig. 1 Construction of micro-electromagnetic clutch

2.2 정 마찰 토크와 토크-형상관계식 유도

전기자와 회전자가 접촉하게 되면 그림.2와 같은 모양의 접촉면이 발생한다. 두 개의 접촉면의 면적은 전기자와 회전자의 기하학적 형상으로부터 쉽게 알 수 있다. 그리고 이 두 접촉면적에 가해지게 되는 자기적 힘에 의하여 발생하는 수직응력은 유한요소 해석을 통하여 얻을 수 있다.

그림.2로부터, 2개의 원환으로 구성된 접촉면에 의하여 발생하는 마찰 토크의 크기는 식(1)과 같다.

$$T = \int_0^{2\pi} \int_{r_{i1}}^{r_{o1}} \lambda \sigma_1 r^2 dr d\theta + \int_0^{2\pi} \int_{r_{i2}}^{r_{o2}} \lambda \sigma_2 r^2 dr d\theta \quad (1)$$

σ_1 과 σ_2 는 자기적 힘에 의하여 발생하는 내부원환과 외부원환의 수직응력이고 λ 는 마찰면의 정 마찰계수이다. 본 연구에서 사용된 전자기 클러치의 회전자와 전기자 사이의 정 마찰 계수 λ 는 0.4이며 이 수치는 전자기 클러치 제작하는 회사에서 제시한 수치이다. 전기자는 오직 축 방향으로만 움직이고 전기자를 끌어당기는 자기적 힘도 축 방향의 힘만 존재한다. 이 자기적인 힘에 의하여 접촉면에 수직응력이 발생하며 이 응력은 마찰력을 형성하여 마찰토크를 발생하게 된다.

회전자와 전기자가 자기장의 힘을 받아 서로 접촉하면 2개의 띠 모양에 근사한 접촉 면적이 발생한다. 접촉면의 형상은 전기자와 회전자의 형상에 의하여 결정되며 본 연구에서는 그림.2와 같은 접촉면을 갖는다고 간략화 했다. 모든 자속이 그림.2에서와 같은 접촉면적을 관통한다면 각각의 접촉면에 해당하는 자기장의 세기는 식(2)에서와 같게 표현해 줄 수 있다. 자기장의 세기를 알게 되면 공기의 자기장 에너지 밀도와 전기자에서 발생하는 자기장 에너지 밀도를

식(3)과 식(4)에서와 같게 표현해 줄 수 있다.³⁾ 전기자 표면에 발생하는 응력은 자기장 에너지 밀도의 변화량 원리에 의하여 식(5)에서와 같게 표현한다.

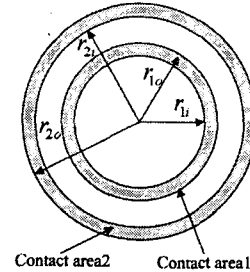


그림. 2 회전자와 전기자의 접촉면
Fig. 2 Contact shape between rotor and armature

전기자와 공기의 상대 투자율차이에 의하여 전기자의 에너지 밀도는 공기에 비하여 매우 작으므로 전기자 접촉면에 발생하는 응력은 식(6)에서와 같이 표현할 수 있다. Φ 는 자속이고 NI 는 기자력이다. 자속은 식(7)으로부터 구해낼 수 있다. 식(7)에서 R은 회전자와 전기자 사이의 자기저항이고 R_0 은 그 외의 자기저항의 합이다. 식 (6), (7)을 식 (1)에 대입하여 토크와 접촉면 형상 사이의 관계식 (9)를 얻을 수 있다. 이 관계식은 회전자와 전기자의 접촉면을 형성하는 전기자와 회전자의 반경인 4개 변수로 구성된다. 식(9)에서 T는 전자식 클러치의 정 마찰 토크이고 전기자의 치수에 대한 최적화는 식(9)에 있는 네 개의 변수에 대한 최적화이다. 실험이나 해석에서 얻은 토크의 크기를 통하여 $R+R_0$ 을 구해 낼 수 있고 식(8)에 의하여 공극에 의한 자기저항 R을 추측해 낼 수 있으므로 R_0 은 알고 있는 수치이다.

$$B_1 = \frac{\Phi}{\pi(r_{1o}^2 - r_{1i}^2)}, B_2 = \frac{\Phi}{\pi(r_{2o}^2 - r_{2i}^2)} \quad (2)$$

$$w_{1air} = \frac{1}{2\mu_0} B_1, w_{2air} = \frac{1}{2\mu_0} B_2 \quad (3)$$

$$w_{1armature} = \frac{1}{2\mu_{armature}} B_1, w_{2armature} = \frac{1}{2\mu_{armature}} B_2 \quad (4)$$

$$\sigma_1 = w_{1air} - w_{1armature}, \sigma_2 = w_{2air} - w_{2armature} \quad (5)$$

$$\sigma_1 = \frac{1}{2\mu_0} \frac{\Phi^2}{\pi^2 (r_{1o}^2 - r_{1i}^2)^2}, \sigma_2 = \frac{1}{2\mu_0} \frac{\Phi^2}{\pi^2 (r_{2o}^2 - r_{2i}^2)^2} \quad (6)$$

$$\Phi = \frac{N \cdot I}{R + R_0} \quad (7)$$

$$R = \frac{l}{\mu_0 \pi (r_{1o}^2 - r_{1i}^2)} + \frac{l}{\mu_0 \pi (r_{2o}^2 - r_{2i}^2)} \quad (8)$$

$$T = \frac{\lambda}{3\pi\mu_0} \left[\frac{(r_{1o}^3 - r_{1i}^3)}{(r_{1o}^2 - r_{1i}^2)^2} + \frac{(r_{2o}^3 - r_{2i}^3)}{(r_{2o}^2 - r_{2i}^2)^2} \right] \cdot \frac{(NI)^2}{(R + R_0)^2} \quad (9)$$

2.3 실험방법

전자기클러치의 토크를 측정하기 위하여 토크측정기를 특별 제작 되었으며 그림.3은 토크 시스템을 보여준다.

직류전원에서 나오는 일정한 전압이 전자기클러치에 가해지게 되면 전기자가 회전자에 접촉하며 전기자가 회전자에 접촉하는 시점부터 회전자와 전기자 사이에는 일정한 마찰토크가 발생한다. 마찰토크는 수직응력과 접촉면의 면적 그리고 마찰계수에 관계된다.

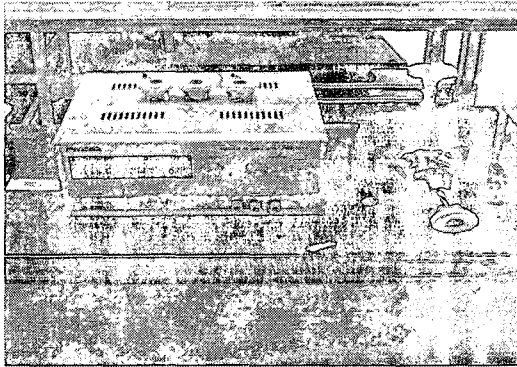


그림. 3 토크측정 시스템
Fig. 3 Torque Test system

전기자와 회전자사이에 발생한 마찰토크가 얼마인지를 측정해 내기 위하여 전자기클러치의 축을 토크측정기의 축에 연결시키고 플라스틱 기어를 천천히 회전시킨다. 토크측정기 내부에는 스프링이 들어 있고 스프링이 발생하는 토크의 크기는 회전각도가 증가함에 따라서 선형적으로 증가하며 그 방향은 기어 쪽에서 입력하는 토크와 반대 된다. 초기에는 기어를 돌리면 축은 기어와 함께 일정한 각도를 회전한다. 그러나 어느 정도까지 회전하면 전기자와 회전자사이에서 발생하는 정 마찰토크가 더는 스프링이 발생하는 토크를 당하지 못하게 되어 회전자와 전기자사이에 슬립(slip)이 발생한다. 일단 슬립이 발생하면 정 마찰토크가 동 마찰토크로 변화되면서 토크측정기의 축은 빠른 속도로 역회전한다. 측정하려고 하는 대상이 정 마찰토크이므로 전자기클러치의 기어를 슬립이 발생할 때까지 돌리고 슬립이 발생하는 시점에서 그 눈금을 읽어서 정 마찰토크의 크기로 하였다.

3. 유한요소 해석결과와 분석

3.1 작동원리와 해석 모델의 구성

전압을 가하면 그 전압에 대응되는 자속이 전자기클러치에 발생하게 된다. 자속은 코일을 중심으로 폐회로를 구성하여 회전자와 전기자사이의 공극을 관통하게 되며 공극이 작아지면 작아질수록 자기저항이 작아져서 자속의 밀도는 커지게 된다. 초기상태에서 전기자는 회전자에서 일정한 간격을 두고 떨어져 있다. 전압을 가하는 순간부터 전기자는 자기적 힘을 받아서 회전자 쪽으로 끌려가게 되며 회전자와의 접촉한 후에 접촉면의 마찰력에 의하여 토크가 발생하게 된다.

전기자와 회전자의 사이는 두 표면의 표면 거칠기에 의하여 미세한 간격이 존재하게 된다. 회전자의 표면 거칠기(R_{max})는

0.01mm에 근사하고 전기자에서의 표면 거칠기도 0.01mm에 근사하다.⁴⁾ 유한요소 해석에서 전기자가 받는 자기적 힘을 계산해 내기 위하여 전기자와 회전자 사이의 공극을 결정해 주어야 한다. 표면 거칠기의 수치를 이용하여 회전자와 전기자 사이의 공극을 결정해 준다. 회전자와 하우징사이의 공극, 하우징과 축 사이에 발생하는 공극도 유한요소 모델에 포함 되었다.

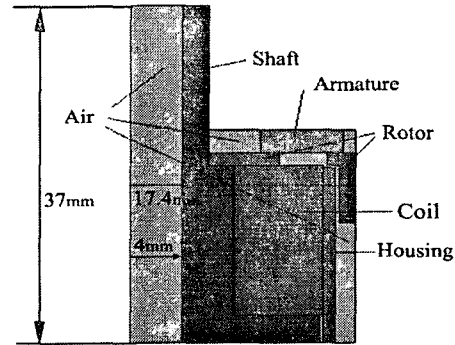


그림. 4 전자기클러치의 축대칭모델
Fig. 4 Axi-symmetric model of electromagnetic clutch

전자기클러치의 축은 ASC 100.29+2%SI로 구성되었으며 자기 이력곡선은 실험적인 방법에 의하여 실측된 것이다.⁵⁾ 전자기클러치는 빠른 시간적 응답성과 최소 에너지 손실, 그리고 작은 외부자계의 작용 하에서의 큰 자화밀도를 얻어야 한다. 때문에 외부자기 유도 신호에 대한 응답이 빠르고 높은 자속밀도를 최소 에너지 손실에서 얻을 수 있는 재질적 특성이 있는 고투자율 연자성체로 전자기클러치의 자기회로를 구성한다.

전자기클러치의 축대칭모델을 구성하였으며 그 형상은 그림.4에서 보여준다. 해석에 사용된 전자기클러치의 축의 길이는 37mm이고 중공축 형상인 축의 내부 구멍의 반경은 4mm이고 회전자의 외부 반경의 크기는 17.4mm 이다. 코일에는 24V, 0.16A의 전류가 흐른다. 전자기클러치의 축은 ASC 100.29+2%SI로 구성되었고 하우징과 회전자 전기자의 재질은 SPCC이고 상대투자율은 800이다.

3.2 토크 해석결과

축대칭 모델에 경계조건을 주고 전기자를 하나의 구성체로 정의해 준 다음에 ANSYS 8.0을 이용하여 해석하게 되면 전기자가 받는 수직 인력을 계산해 낼 수 있다. 인력의 방향은 전기자와 회전자의 표면에 수직으로 향한다. 수직 인력은 수식(1)에 의하여 토크를 계산하는데 사용된다.

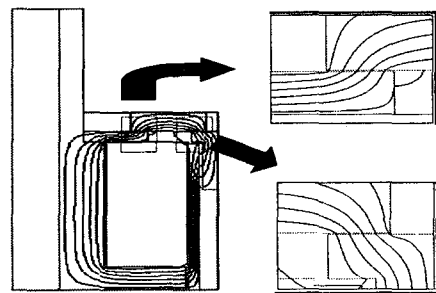


그림. 5 24V에서 자속의 분포
Fig. 5 Magnetic flux distribution at 24V

자속의 흐름은 자기장을 이용하여 작동하는 전기기기에서 발생하는 다양한 현상을 해석하는데 유용하게 사용되는데 그림.5에서는 정격전압에서의 자속의 분포를 보여준다. 우측의 확대된 두 그림은 회전자와 전기자사이의 공극에서 발생하는 자속의 분포를 보여준다. 자속의 흐름에서 보여주는 것처럼 거의 대부분의 자속은 회전자에서 빠져나와서 전기자에 전달되며 다시 전기자에서 회전자, 회전자에서 하우징, 하우징에서 축으로 흘러간다. 자속은 공극을 만나면 자기저항이 작은 경로를 선택하게 되는데 확대시켜서 보여준 그림에서 이것을 확인할 수 있다.

마찰토크의 발생에 유효한 자기적 힘은 그림.5에서 확대해서 보여준 전기자와 회전자사이의 공극을 관통하는 자속에 의하여 발생하게 된다.

3.3 해석과 실험결과의 비교 분석

전압입력이 없는 초기상태에서 공극의 크기는 0.2mm 인데 전압을 주게 되면 공극은 0.02mm로 줄어든다. 공극의 변화는 자기저항의 변화를 수반하게 되고 최종적으로 전기자에 발생하는 자기적 힘의 크기에 변화를 주게 된다. 최종적으로 발생하는 수직응력을 회사에서 제시한 정 마찰계수($\lambda=0.4$)에 따라서 마찰력을 계산하고 이 마찰력으로부터 정 마찰토크의 크기를 계산해낼 수 있다. 계산된 정 마찰토크와 실험에 의한 정 마찰토크의 크기는 그림.6에서 보여준다. 전압이 커지면 자속밀도도 따라서 커지며 그 자기밀도에 의하여 정 마찰토크도 증가된다. 정격전압 24V에서 실험에 의하여 얻은 정 마찰토크의 크기는 $0.78N \cdot m$ 이고 동일한 정격전압 하에서 해석을 통하여 얻은 정 마찰토크의 크기는 $0.84N \cdot m$ 이다. 이 결과는 정격전압에서 해석과 실험적 결과는 거의 일치함을 보여준다.

정격 전압 뿐만 아니라 16V부터 29V 사이에서의 정 마찰토크 해석 결과는 모두 실제 실험 데이터와 근사하다. 해석결과가 실험결과보다 모두 약간씩 큰데 이것은 해석 모델을 구성할 때 각각 부품사이에서의 공극의 크기를 최소화 하여 모델링하여 해석상의 자기저항이 실제 자기저항보다 낮기 때문이라고 예상된다. 실험적 정 마찰토크와 해석적으로 얻은 정 마찰토크의 비교결과는 유한요소 해석을 통하여서도 실험데이터에 근접하는 토크를 예측할 수 있다는 것을 보여준다.

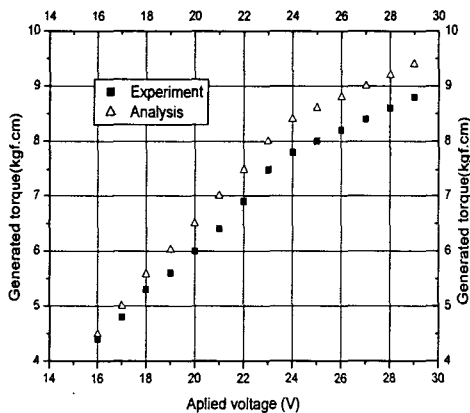


그림. 6 정 마찰토크의 실험적 결과와 해석적 결과의 비교
Fig. 6 Comparison between analytic and experimental torque

4. 토크의 최적화

4.1 토크-형상관계식의 경계조건

식(9)에서 마찰면의 형상치수와 토크의 관계를 정립하였으며 본 해석 모델에서 각각의 수치는 다음과 같다.

$$NI = 283.2(A)$$

$$L = 0.02 (mm)$$

$$\lambda = 0.4$$

$$r_{1i} = 10(mm)$$

$$r_{2o} = 16.5(mm)$$

가공 편의성과 효율적인 설계개선을 위해서 회전자의 치수 (r_{1i}, r_{2o})가 변하지 않는다고 하고 전기자의 치수만 변한다고 한다. 정 마찰 토크의 실험과 해석을 통하여 해석적인 방법으로 토크를 예측해 내면 계산해 낼 수 있다. 따라서 식(9)에 의하여 전체의 자기저항 $R+R_0$ 도 계산해 낼 수 있다. 공극의 자기저항 R 은 식(8)에서와 같이 접근하여 기하학적 형상으로 대체하여 유도해 낼 수 있으므로 식(9)와 식(8)에 의하여 R_0 은 결정된다. 전기자의 치수가 변경되면 이 치수의 변화는 접촉면적의 변화와 함께 자기저항 R 의 변화를 가져온다. 수식(9)의 R 을 전기자의 치수에 의한 표현식으로 대체하면 토크-전기자 치수 관계식으로 전환된다. 이 목적 함수의 최대치를 구하는 것이 이번 치수 최적화의 목적이다. 치수의 변화 그리고 공정과 실제 상황을 고려하여 관계식에 다음과 같은 제약조건을 준다.

$$r_{1o} \geq 10.5 \quad \text{전기자 형상에 비교한 가공 가능성을 고려.}$$

$$r_{2i} \leq 16 \quad \text{전기자 형상에 비교한 가공 가능성을 고려.}$$

$r_{2i} - r_{1o} \geq 3$ 회전자의 내외 원환사이의 거리가 3mm 보다 커야함. 자속이 공기간극을 최대한 통과하게 하는 것을 보장함으로써 자속이 전기자를 통과하지 않고 직접 회전자를 통과하는 부분을 줄여줌.

이와 같은 경계조건과 초기조건을 이용하면 r_{1o}, r_{2i} 에 의한 토크 분포 형상은 그림.7과 같다. 최적화는 Matlab에서 제공하는 direct decent method를 이용하였으며 초기값과 경계조건을 Matlab에서 요구하는 matrix 형태로 고쳐서 입력하면 최대 토크가 발생할 때의 r_{1o}, r_{2i} 의 위치를 얻어낼 수 있다. 이 변경된 수치를 이용하여 새로운 유한요소 모델을 구성하여 토크의 변화를 관찰하였다.

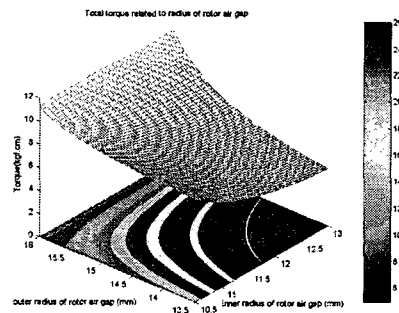


그림. 7 r_{1o}, r_{2i} 을 변수로 하는 토크 분포 형상
Fig. 7 Torque distribution related with r_{1o}, r_{2i}

4.2 전기자의 치수최적화 결과

경계조건을 만족하는 임의의 초기조건 $(r_{10}, r_{2i}) = (12, 15.5)$ 에서 최적화 과정을 시작하면 (11.04, 16.00) 근처에서 토크의 최대치가 발생한다. 이 수치를 유한요소 모델에 적용하여 정 마찰토크를 예측하기 위한 유한요소 해석을 다시 진행하면 최적화 후의 정마찰 토크가 $1.12N \cdot m$ 으로 되는 것을 얻을 수 있다. 이 수치는 치수최적화 전의 $0.84N \cdot m$ 에 비교하여 거의 30%가 증가되었음을 확인할 수 있다. 즉 회전자와 형상치수 r_{10}, r_{2i} 가 원래의 (11.5, 15.2)에서 (11.04, 16.00)로 변화 시키면 토크는 원래의 $0.84N \cdot m$ 에서 $1.12N \cdot m$ 으로 증가된다.

5. 결 과

본 연구에서는 전자기클러치에서 발생하는 정 마찰토크의 크기를 유한요소 방법으로 계산해내고 실험적 방법으로 전자기클러치에서 발생하는 정 토크를 측정하여 해석적 방법으로 얻은 결과와 비교하였다. 전기자와 회전자의 사이 공극을 고려한 축대칭 유한요소 해석 모델로부터 얻은 정 마찰토크는 실험적으로 얻은 정 마찰토크에 비교하여 평균 7.52% 정도 크게 나타났으며 이 비교결과는 해석적 방법으로 실제 정 마찰토크의 크기를 충분히 예측할 수 있다는 것을 보여준다.

해석적으로 계산된 토크를 토크-형상 관계식에 대입하여 회전자의 치수에 대해서 최적화를 하였으며 최적화된 치수에 의하여 원래보다 30% 증가된 토크를 얻을 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] Ogura industrial corp. Japan, "Ogura industrial catalog", www.ogura-clutch.com.
- [2] Naila Mikhaeil-Boules, "Design Analysis of Electromagnetic Particle Clutch", Industry Application Society Annual Meeting, Conference Record of the 1994 IEEE, Vol.1, pp.357-360, 1994.
- [3] J.R.Reitz, "Foundation of Electromagnetic Theory", Addison-Wesley Publishing Company, pp.289, 1995.
- [4] Piao Changhao, Cho Chongdu, Kim Myunggu and Pan Qiang, "Study on Torque Analysis of Micro-Electromagnetic Clutch by Using FEM", Trans.KIEE.Vol.54B, No.2, Feb.2005, pp.60~65
- [5] Höganä industrial corp. Sweden, "Technical Report Powders for Soft Magnetic Sintered Parts".

저 자 소 개



Changhao Piao (朴 昌 浩)

1978년 중국 연변에서 태어 나서 2001년에 Xi'an Jiaotong Univ.에서 전기공학박사 학위를 받음. 2001년 9월에 한국 인하대학교 기계공학과 통합과정에 입학하여 박사학위 취득과정에 몸을 담고 있으며 현재 전자기장 유한요소 해석, 전자기장을 이용한 센서와 Actuator 분야의 연구를 하고 있음.

Tel : 82-032-860-7321

Fax : 82-032-868-1716

E-mail : changhaopark@hanmail.net