

Soft Magnetic Back Iron의 개선을 통한 servo driver 출력 향상을 위한 연구

(A study for the output power improvement DC servo driver
to make remodeling of soft magnetic back iron)

최도순(관동대학교 산업공학과)

Abstract The Servo motor is consistent with the magnet rotor, winding, magnetic back iron and the sensor. Especially the soft magnetic back iron in the servo motor, which consists of the magnet rotor and winding, and between these two components lies the magnetic circle. Its important to monitor the output power of to make conclusive decision for designs. In these days main household electrical appliances, business machinery and tools are made by process of miniaturization. Because of this miniaturization in hardware, miniaturization of the servo motor is essential. But the decrease inside affects the power output. For improve of these has been several attempt at improving the power output of these smaller servo motors. There has been experiment in the servo motor composition, composing of the improvement of the soft magnetic back iron through comparison of the out put power plans are being made.

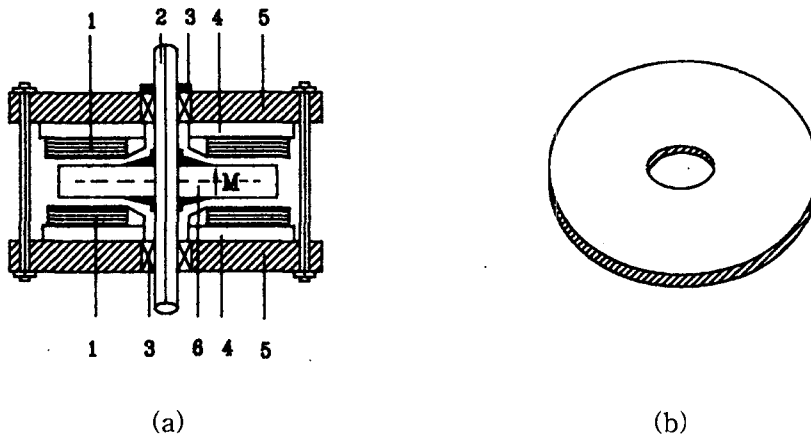
I. 서론

servo motor는 크게 magnet rotor와 winding magnetic back iron 그리고 센서로 구성되어 있다. 그 중 magnetic back iron은 servo motor 내부의 magnet rotor와 winding 사이에 magnet circle을 이루며 모터의 출력을 결정하는 중요부분이다. 최근에 많은 제품과 사무 기기가 소형화 되어지고 있으며 이로 인하여 그 제품의 구동 부분인 servo motor역시 소형화가 필수적이다. 소형화된 motor는 그 출력을 감소시킨다. 소형 motor의 출력 향상을 위하여 여러 가지가 시도 되어지고 있다. 이 연구에서는 servo motor의 구성품 중 하나인 magnetic back iron의 개선과 비교를 통하여 출력을 향상을 꾀하였다.

II. magnetic back iron의 remodeling과 비교

2.1 iron powder를 press 시킨 core

magnetic servo motor는 크게 magnet rotor와 winding, magnetic back iron 그리고 센서로 구성되어 있다. 그중 magnetic back iron은 servo motor 양쪽에 위치하며 axis 방향으로 자화되는 rotor와 winding의 자화를 하나의 magnet circle를 이루어 모터의 출력을 결정하는 중요부분이다. back iron의 재질로는 ferromagnetic material이 사용된다. 여기에는 iron powder를 press시킨 soft magnetic iron과 sillizium과 iron을 합금시킨 soft magnetic iron이 있다. iron powder를 press 시킨 core는 포화 induction이 1.9 T이며 specific resistance는 $0.5 \sim 10^4 \Omega cm$ 이다. maxium permeability는 약 250 정도이다. 일반적으로 disk type motor의 back iron은 iron powder를 press 시킨 core형이 사용된다. 그러나 이와같은 core형 back iron은 motor의 magnetic crise에서 eddy current와 staggered moment를 일으켜 모터의 출력을 감소시키는 요인이 된다. 때문에



- (1) winding (2) shaft (3) 베어링
 (4) back iron (5) case (6) magnetic rotor

그림 2.1 (a)disktype motor에서의 back iron 위치 (b)core형 back iron

이와 같은 eddy current와 staggered moment를 감소시킬 수 있는 방안을 모색한다. 그림 1.1a은 disktype servomotor에서의 back iron의 위치를 나타낸 것이며 그림 1.1b는 iron powder를 press 시킨 core형 back iron을 나타낸 것이다.

2.2 ring band core와 lamination core

개선시킨 back iron은 sillizium-iron 합금을 사용 하였으며 그 형태는 그림2.2와 같다. sillizium-iron 합금은 sillizium이 3% 포함되어 있으며 이 재질의 saturation은 iron보다 적으며(iron의 saturation은 3 teslar) specific resistance는 $52 \mu\Omega cm$ 로 iron 보다 4배가 더 크다. 초기 permeability는 자계의 세기가 4A/cm일 때 2000V/Am이며 static coercive field intensity는 0.2 A/cm 이다. 개선된 back iron 중 하나는 radial 방향으로 lamination 시켰고 다른 하나는 ring band 모양을 포개어 만들었으며 band 하나의 폭 길이는 1mm 이다.

radial 방향으로 lamination 시킨 back iron은 0.1mm 두께의 얇은 판을 접착제를 사용하여 겹겹이 붙였으며 slit thickness는 0.3mm 이고 slit 길이는 10mm이다. 그림2.2(b)의 (1)은 짝수번 판이며 (2)은 홀수번 판으로 8장을 붙인 것이다. 측정에 사용된 3가지 back iron core의 재원은 iron powder core와 ring band core 그리고 lamination 시킨 core의 외부직경은 각각 38mm, 35mm, 35mm이고 내부직경은 15mm, 10mm, 10mm이다. 한편 두께는 각각 5mm, 1.41mm, 1.51mm 이다.

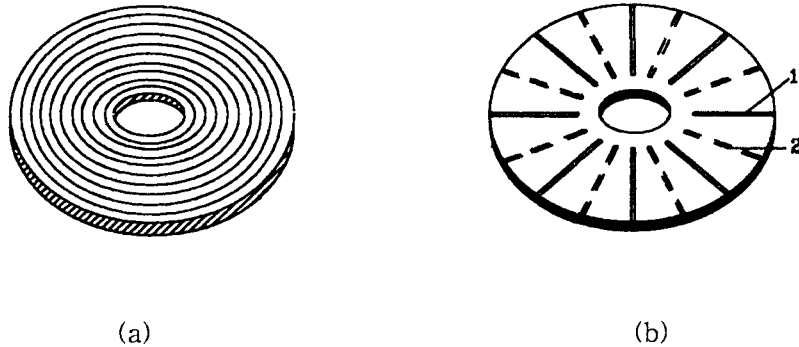
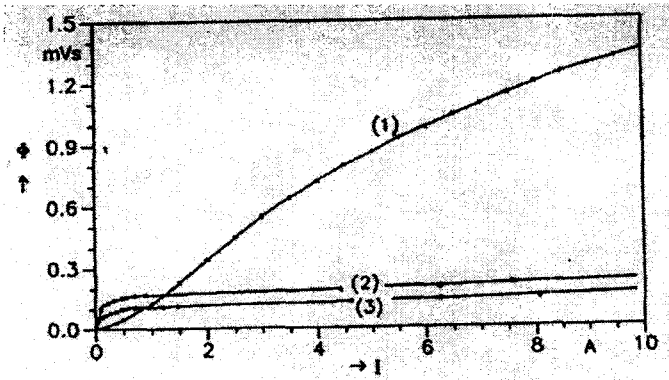


그림2.2 sillizium-iron 합금의 (a)ring band core와 (b)lamination시킨 core

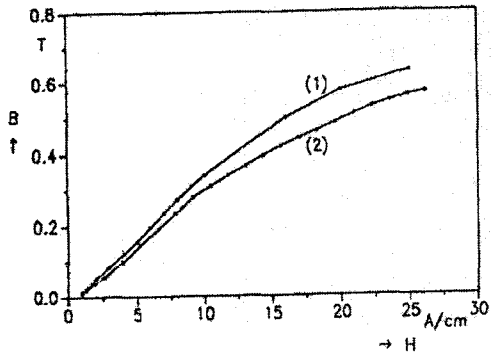
III. 특성곡선과 motor induction calculation 그리고 turning moment의 측정

3.1 특성곡선

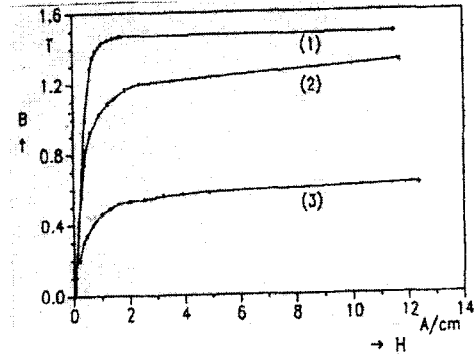
그림2.3~그림2.5는 iron powder core와 ring band core 그리고 lamination 시킨 3개의 back iron core에 대한 특성 곡선을 나타낸 것이다. 그림 2.3은 magnetic flux의 characteristic curve를 나타낸 것이며 그림2.4(a)와 그림2.4(b)는magnetic induction의 characteristic curve를 나타낸 것이고 그림2.5(a)와 그림2.5(b)는 relative permeability의 characteristic curve를 나타낸 것이다. 그림2.4(a)와(b)의 curve1은 data sheet에 의해 얻은 magnetic induction 수치이며 curve2와 curve3은 실측 수치이다. 그림2.5(a)는 iron powder를 press시킨 soft megnetic iron의 실측에 의한 relative permeability를 나타낸 것이다. 그림2.5(b)의 curve(1)은 ring band core와 lamination 시킨 core의 data sheet에 의해 얻은 relative permeability이며 curve(2)는 ring band core, curve(3)은 lamination core로 각각 실측에 의해 얻은 relative permeability를 나타낸 이다. 그림2.5에 의하면 iron powder를 press시킨 soft megnetic iron 이 sillizium-iron 합금의 relative permeability 보다 현저히 적은 것을 알 수 있다.



(1) iron powder를 press 시킨 core
 (2) ring band core와 (3) lamination core
 그림2.3 magnetic flux의 characteristic curve

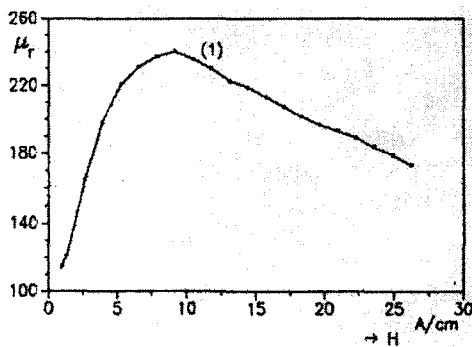


(a)

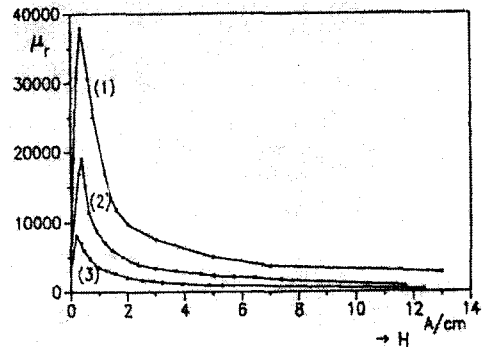


(b)

그림2.4 (a) iron powder core의 magnetic induction characteristic curve
 (b) ring band core 와 lamination core의 magnetic induction characteristic curve



(a)



(b)

그림2.5 (a) iron powder core의 relative permeability
 (b) ring band core와 lamination core의 relative permeability

위의 특성 곡선들에 의하면 sillizium-iron 합금의 ring bandcore와 lamination 시킨 core가 iron powder를 press 시킨 core 보다 magnetic characteristics가 훨씬 나은 것을 볼 수 있다.

3.2 soft magnetic back iron의 고려 하에서 motor induction calculation과 turning moment의 측정

disk type motor의 back iron은 회전하는 rotor의 양면으로부터 d_L 만큼 떨어져 있다.

이로 인해 motor 내부에는 2개의 같은 크기의 air gap이 생긴다. 양쪽의 winding과 back iron 사이에 있는 magnetic rotor를 induction의 계산을 위해 reflecting을 통하여 그림3.1과 같이 위치시키고 두 개의 winding과 back iron 까지를 각각의 feromagnetic space로 가정한다. 이 두 공간과 rotor가 존재하는 공간의 permeability는 feld intensity의 계산을 위하여 위치에 따라 변하지 않고 일정하다고 가정한다. 여기서 rotor의 scalr potential을 φ_e 라 하고 φ_e 가 space②에 존재한다고 하면 space①, space② 그리고 space③의 scalr potential은 다음과 같이 주어진다.

space①의 scale potential φ_1 은

$$\varphi_1(p) = (1-k) - \sum_{s=0}^{\infty} k_1^s [k_3^s \varphi_e(x_p, y_p, -2s+z_p) - k_3^{k+1} \varphi_e(x_p, y_p, -2(s+1)-z_p)]$$

space②의 scale potential φ_2 은

$$\begin{aligned} \varphi_2(p) = & \sum_{s=0}^{\infty} k_3^s [k_1^s \varphi_e(x_p, y_p, 2s+z_p) - k_3 k_1^s \varphi_e(x_p, y_p, 2(s+1)+z_p)] \\ & - \sum_{s=0}^{\infty} k_3^s [k_1^s \varphi_e(x_p, y_p, -2s-z_p) - k_3 k_1^{s+1} \varphi_e(x_p, y_p, -2(s+1)+z_p)] \end{aligned}$$

space③의 scale potential φ_3 은

$$\varphi_3(p) = (1-k_3) - \sum_{s=0}^{\infty} k_3^s [k_1^s \varphi_e(x_p, y_p, 2s+z_p) - k_1^{s+1} \varphi_e(x_p, y_p, -2s-z_p)]$$

로 주어진다.

이때 s는 reflecting factor 이며 $k_1 = \frac{\mu_1 - \mu_2}{\mu_1 + \mu_2}$ 이고 $k_3 = \frac{\mu_3 - \mu_2}{\mu_2 + \mu_3}$ 이다.

driver의 magnetic rotor와 winding사이의 air gap내의 feld는 potential이 아닌 induction이나 magnetic feld intensity로 나타내야 하므로 $-\text{grad } \varphi_m = \overline{H}$ 에 의해서 위 식의 scale potential을 다음 식과 같이 z방향 feld로 나타낼 수 있다.

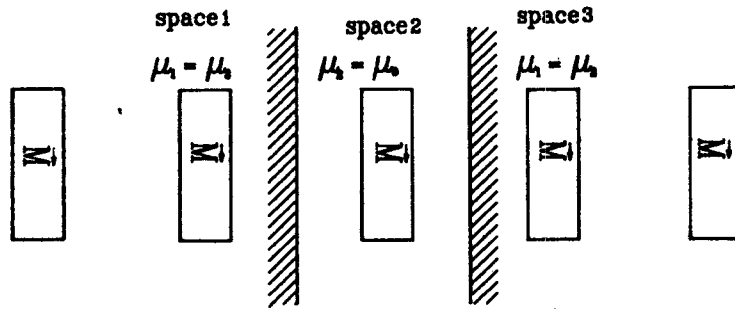


그림3.1 induction caculation을 위한 magnetic rotor의 reflecting 에 의한 equivalent charge

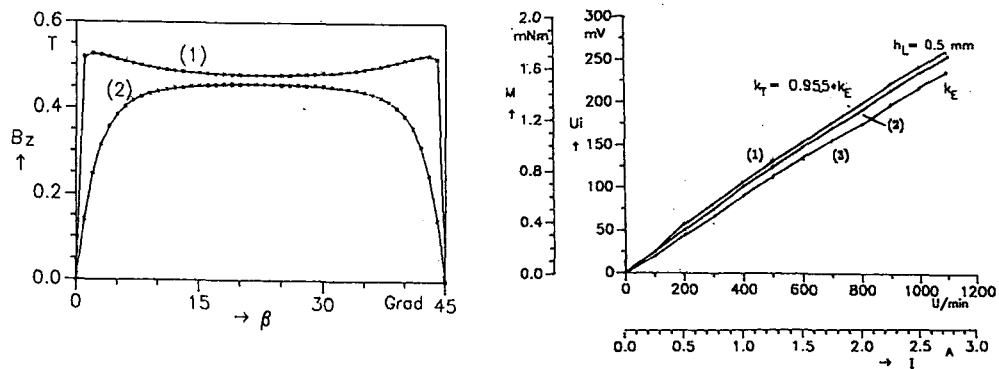
$$H_z = \sum_{s=-\infty}^{\infty} k^{2s} \cdot H_{z,L}(2s\delta_{FE} + z_p) - \sum_{s=-\infty}^{\infty} k^{2s+1} \cdot H_{z,L}(\delta_{FE}(2s+1) - z_p)$$

여기서 $H_{z,L}$ 은

$$H_{z,L}(p) = \frac{M_o}{4\pi} \sum_{v=0}^{2q-1} \sum_{u=0}^{v-1} \sum_{n=1}^4 (-1)^n \cdot \left[\arctan \frac{(x_p - x_d)(y_p - y_l)}{(z_p - z_n) \sqrt{(x_p - x_d)^2 + (y_p - y_l)^2 + (z_p - z_n)^2}} \right. \\ - \arctan \frac{(x_p - x_c)y_p}{(z_p - z_n) \sqrt{(x_p - x_c)^2 + y_p^2 + (z_p - z_n)^2}} \\ + \arctan \frac{(z_p - z_n)^2 - (x_p - x_d) \cdot (y_p - (x_p - x_c))}{(z_p - z_n) \sqrt{(x_p - x_d)^2 + (y_p - y_l)^2 + (z_p - z_n)^2}} \\ \left. - \arctan \frac{(z_p - z_n)^2 - (x_p - x_c) \cdot (y_p - (x_p - x_c))}{(z_p - z_n) \sqrt{(x_p - x_c)^2 + y_p^2 + (z_p - z_n)^2}} \right]$$

x_p, z_p, y_p 는 한점 p에서의 x, y, z 성분이며 x_c 와 x_d 는 직각 좌표계에서 원점을 중심으로 한 rotor magnet의 좌측 좌표점과 우측 좌표점 그리고 y_l 은 좌표계 원점으로부터의 y 축 좌표점, z_n 은 원점으로부터의 z축 좌표점을 나타낸다. δ_{FE} 는 좌측 back iron과 우측 back iron 사이의 거리이며 k^n 는 dampfung constant이다. 이 constant는 permeability에 영향을 받는다. 위의 각 magnetic field 식에 permeability를 곱하여 $B = \mu \cdot H$ 에 의해

각 방향 induction을 계산한다. 그림3.2(a)는 space②의 z 방향 induction B_z 을 나타낸 것이다. turning moment의 측정으로 얻은 3개 model의 turning moment constant는 그림 3.2(b)와 같이 motor의 air gab이 0.5mm로 그리고 rpm이 1400 V/min 일 때 silizium 합금의 ring band core(1)가 1.9 mNm 가 측정되었으며 lamination core(2)가 1.8 mNm 그리고 iron powder(3)에 의한 core는 1.75 mNm가 측정되었다. 그림3.3은 turing moment을 측정하기 위하여 제작된 disk type dc motor의 실제 그림을 보인 것이다. 이 그림의 내부 구조는 그림2.1과 같은 구조로 만들어졌다.



(1) ring band core (2) lamination core
(3) iron powder core

그림3.2 (a) z방향 induction B_z (b) 계측에 의한 turning Moment

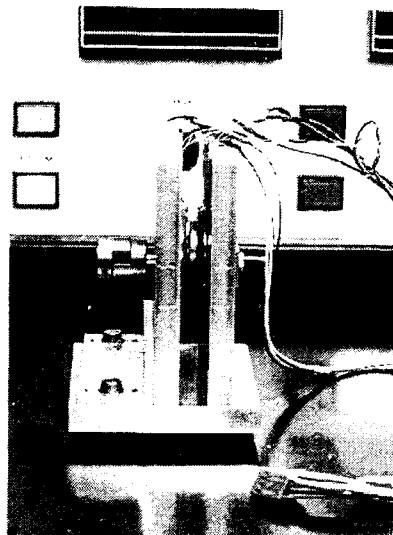


그림 3.3 turing moment 을 측정하기 위하여 제작된 disk type dc motor의 그림

4 결론

servo motor의 back iron의 3가지 형태인 iron powder를 press시킨 magnetic iron과 silizium iron 합금인 ring band core 와 lamination core의 magnetic characteristic을 비교 분석한 결과 silizium iron 합금인 band core 와 lamination core의 magnetic characteristic 이 iron powder를 press시킨 iron core 보다 magnetic characteristic 훨씬 나은 것을 볼 수 있으며 soft magnetic back iron의 고려 하에서 z 방향 induction을 계산하였으며 측정에 의해서 얻은 turning moment를 비교하였다. turning moment constant는 motor의 air gab 이 0,5mm 이고 rpm이 1400 V/min 일 때 최대 silizium 합금의 ring band core가 1.9 mNm 이고 lamination core는 1.85 mNm 그리고 iron powder에 의한 core는 1.75 mNm로 tourq 측면에서도 silizium에 의한 core가 약 10 % 정도의 토크를 더 발생시키는 것을 볼 수 있다.

참고 문헌

1. Yoshida, k.M A methode of modeling permanent magnetis for analytical approach to electrical machinery
Archiv fur Electro (1995) band68 229-239
2. N.N Corovac weichmagnetische pulververbundwerkstoff fur kern und formteile
Firmenschrift der Fa. Vacuumshmlze GmbH. Ausgabe 3/89
3. Nurnberg W. die Pruefung electrischer Maschine
Hanitsch R Auflage Springer Verlag Berlin Heidelberg New york
Londen Toyko 1987
4. Schroeter K. fermanent magnet and hart magnet
datenblatt der Fa. IBS magnet technik Berlin 1980
5. Richter, R Electrial Machines.E.T Bucharest 1982