

영구자석 매입형 유도동기전동기의 조립 후 착자에 대한 연구

論 文

52B-8-3

Study in Post-Assembly Magnetization of Line Start Permanent Magnet Motor

李 喆 圭* · 權 丙 一**

(Chul-Kyu Lee · Byung-Il Kwon)

Abstract - This paper consists of a study in post-assembly magnetization of LSPM (Line Start Permanent Magnet Motor). Recently, LSPM is noted as an alternative to the induction motor because it offers a very high efficiency and unity power factor. And it is necessary for permanent magnets to be magnetized by means of post-assembly magnetization in LSPMs because of the manufacturing cost involved. The manufacturing process is also simpler in post-assembly magnetization than in pre-assembly magnetization.

Generally, permanent magnet motors are magnetized by their own stator coil or by magnetizing fixtures. However, the permanent magnet in a LSPM is scarcely magnetized by using them because of the eddy current of the rotor bar. Hence, it is necessary to design a magnetizing fixture that overcomes this problem.

In this paper, the author analyses the post-assembly magnetization of a LSPM and proposes a method for designing the magnetizing fixture. The method that the author proposes is to make the number of coil turns greater in order to reduce the effect of the eddy current of the rotor bars.

Key words : Line start permanent magnet motor, post-assembly magnetization, magnetizing fixture, the number of coil-turn

1. 서 론

영구자석 매입형 유도동기전동기(Line Start Permanent magnet Motor, 이하 '유도동기전동기'라 부른다)는 에너지 절약의 차원에서 최근 유도전동기의 대체 전동기로 부상하는 전동기이다. 유도동기전동기의 고정자는 유도전동기와 같은 구조를 가지며 회전자는 농형 유도전동기의 회전자에 영구자석이 매입된 형태이다. 유도동기전동기는 조립공정에서 영구자석을 조립 후 착자할 경우 공정의 단순화와 제조비용의 절감 등의 잇점이 있어서 영구자석을 회전자에 조립 후 착자하는 것이 필요하다[1].

일반 영구자석형 전동기의 경우 회전자에 도체바가 존재하지 않기 때문에 조립 후 착자는 고정자 권선에 임펄스 전류를 인가하여 착자하는 권선착자 방법이 있다[2]. 그러나, 유도동기전동기의 경우 회전자 도체바의 존재로 조립 후 착자할 시 회전자 도체바에 발생하는 와전류로 인하여 착자에 방해가 받게 된다. 따라서 권선착자의 방법으로 착자하려면 일반 영구자석형 전동기보다 훨씬 높은 방전전압을 인가하여야 하며, 이때 권선의 절연파괴, 변형 등의 문제가 발생한다[2]. 또한 자속발생도 비효율적이기 때문에 고정자 권선을 이

용한 조립 후 착자는 부적당하다. 그러므로, 코일의 절연파괴, 변형 등이 발생하지 않고 자속이 효율적으로 발생하는 별도의 착자요오크 제작이 필요하다.

착자요오크를 제작시 일반적인 영구자석형 전동기의 조립 후 착자에서는 회전자 도체바가 없기 때문에 착자를 방해하는 와전류가 발생하지 않는다. 그리고 기자력을 증가시키기 위하여 권선의 권수를 크게 할 경우 권선의 온도상승에 의하여 냉각장치가 필요하므로 권선의 권수는 1[turn]에서 6[turn]사이인 경우가 일반적이다[3]. 하지만 유도동기전동기의 경우 권선의 권수가 작을 경우 시간에 따른 전류변화가 심하여 회전자 도체바에 착자를 방해하는 와전류가 크게 발생하므로 이를 고려한 착자요오크의 설계가 필요하다.

본 논문에서는 유한요소해석을 통해 권수 변화 시 착자자계를 발생시키는 권선의 기자력과 회전자 도체바의 와전류 발생을 정확히 해석함으로써 권선 설계 방안에 대하여 연구한다. 해석모델은 실제 생산되고 있는 5마력급 3상 유도동기전동기를 사용하며 착자해석 방법으로는 시간차분 전압원 구동 유한요소법을 이용한다.

2. 착자해석 이론

영구자석을 착자하는 착자기에는 상전도식 공심 코일형, 초전도 권선형, 콘덴서 방전형 펄스 착자기가 있으며, 영구자석의 재료와 원하는 착자 분포 등에 따라 착자기 방식이 결정된다. 본 논문에서 연구하고자 하는 착자는 철심과 권선으로 구성된 착자요오크에 대전류를 흘려 회전자에 매입된 영

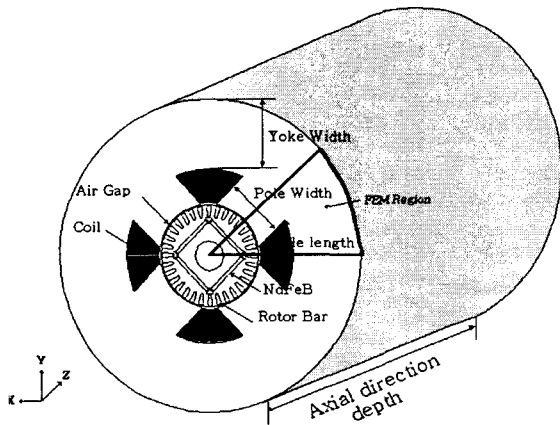
* 正 會 員 : 漢陽大 電子電氣制御計測工學科 博士課程

** 正 會 員 : 漢陽大 電氣工學科 教授 · 工博

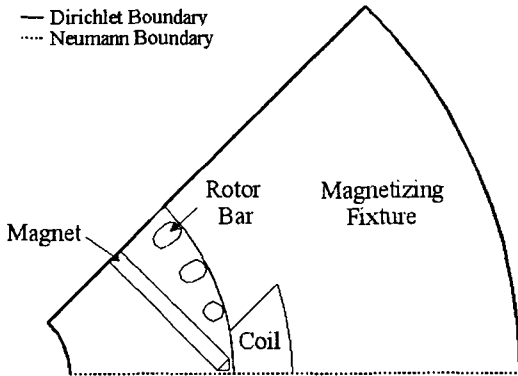
接受日字 : 2003年 3月 17日

最終完了 : 2003年 6月 20日

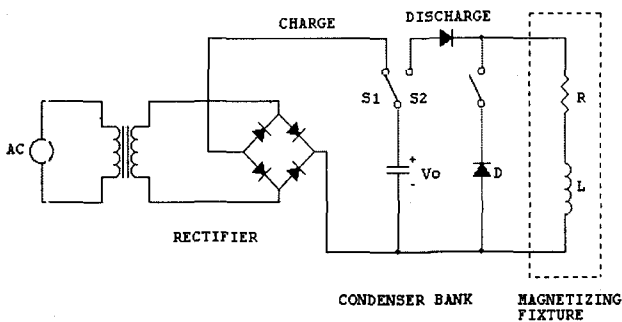
구자석을 착자하는 방식이므로 콘덴서 방전형 펄스 착자기를 사용한다[4]. 그림 1(a)는 유도동기전동기 회전자와 조립 후 착자를 위한 착자요오크를 나타낸다. 영구자석이 매입된 유도동기전동기의 회전자가 착자요오크 안에 위치하고 있으며, 착자요오크 극 사이에는 권선이 감겨져 있다. 착자 시 착자요오크 및 회전자에 자속분포가 대칭적으로 발생하기 때문에 실제 유한요소해석에서는 전체의 1/8 모델을 사용한다. 그림 1(b)는 1/8 해석영역을 나타낸 것이다. 그림 1(c)는 콘덴서 방전형 펄스 착자기와 착자요오크를 전기 회로적으로 나타낸 등가회로도이다.



(a) Magnetizing fixture model



(b) Finite element analysis region



(c) Equivalent circuit of pulse magnetizer

그림 1 커패시터 방전형 펄스 착자기 모델 및 등가회로도
Fig. 1 Magnetizing yoke and equivalent circuit

커패시터 방전형 펄스 착자기를 통해 착자요오크에 전압을 인가하여 유도동기전동기 회전자에 매입된 영구자석을 착자하는 과정은 회전자 도체부에 와전류가 발생하기 때문에 등가회로법은 부적당하며 유한요소법을 이용하여 해석해야 한다. 유한요소해석 방법 중 전압원 구동 유한요소해석, 즉, 전압원 구동 펄스 착자기의 회로방정식과 착자요오크 및 회전자에 대한 유한요소영역을 결합하여 해석하는 방법을 사용한다. 또한, 철심은 자기특성에서 비선형 특성을 갖으며 도체부와 영구자석에 도전율이 존재하므로 철심의 비선형과 와전류를 고려한다.

유한요소해석에 대해 착자요오크 모델의 시스템 행렬 방정식을 구성하기 위해 사용되는 지배방정식과 회로방정식은 식 (1), (2)와 같다. 식 (1)은 영구자석과 와전류를 포함하는 Maxwell 방정식으로부터 유도되었으며, 식 (2)는 착자회로 방정식을 커패시터의 전하량 $Q(t)$ 와 착자시스템의 회로정수로 표현한 것이다[5,6].

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{1}{\mu} \frac{\partial A}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{1}{\mu} \frac{\partial A}{\partial y} \right) = -J_0 + \sigma \frac{\partial A}{\partial t} \quad (1)$$

$$\frac{dQ(t)}{dt} + (R + R_c) \frac{dQ(t)}{dt} + L_0 \frac{d^2Q(t)}{dt^2} + \frac{Q(t)}{C} - \frac{Q_0}{C} = 0 \quad (2)$$

여기서, μ : 투자율, A :자기벡터 포텐셜, J_0 : 권선의 전류 밀도, σ : 회전자 도체부 및 영구자석의 도전율, Φ : 착자요오크 권선에 쇄교하는 자속, R, L_0 : 착자기 외부회로의 저항 및 누설인덕턴스, R_c : 착자요오크의 권선 저항, $Q(t)$: 커패시터에서 방전되는 전하량, Q_0 : 커패시터의 초기 충전전하량이다. 식 (1)을 Galerkin 법을 이용하여 유한요소정식화하고, 착자시스템에 대한 키르히호프 전압방정식 (2)를 결합하여 시스템 행렬 방정식을 구성하면 식 (3)과 같다[6]. 이 시스템 행렬 방정식을 풀어 각 절점에서의 자기벡터 포텐셜 A 와 전하량 Q 를 구한 다음 전류 및 자속밀도 분포 등의 물리량을 계산한다.

$$\begin{bmatrix} K + C/\Delta t & M \\ D/\Delta t & Z \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A \\ Q \end{bmatrix}_{t+\Delta t} = \begin{bmatrix} C/\Delta t & M \\ D/\Delta t & Y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A \\ Q \end{bmatrix}_{t+} + \begin{bmatrix} P \\ V \end{bmatrix}_{t+\Delta t} - L \begin{bmatrix} 0 \\ Q \end{bmatrix}_{t-\Delta t} \quad (3)$$

영구자석 착자요오크의 설계에서 자속을 발생하는 기자력은 식 (4)와 같다. 와전류나 누설 자속이 발생하지 않아 모든 자속이 영구자석에 흐른다고 가정하면 그 자속의 크기는 식 (5)와 같이 기자력에 비례하여 나타난다. 따라서 자석을 착자하기 위한 착자 자계의 세기를 증가시키려면 식 (4)에 나타난 바와 같이 전류나 권수를 높여야 한다. 식 (6)은 착자전류의 크기를 나타내며 저항, 인덕턴스, 커패시턴스의 값에 따라 전류의 양상은 3가지로 나타난다. 특히 착자 전류가 과소제동($R < 2\sqrt{LC}$)이 될 때에는 전류가 양에서 음으로 진동하기

때문에 역자계가 발생한다. 따라서, 이를 방지하기 위해 착자기에는 보통 그림 1(c)의 등가회로도와 같이 다이오드를 설치하여 역전류가 흐르지 않도록 하여야 한다.

$$MagnetomotiveForce = \ni [A - turn] \tag{4}$$

$$B_m = P_c \ni / A_m \tag{5}$$

$$i(t) = \frac{V}{\omega L} e^{-\frac{R}{2L}t} \sin \omega t, \omega = \sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L}\right)^2},$$

$$(R < 2\sqrt{L/C})$$

$$i(t) = \frac{V}{L} t e^{-\frac{R}{2L}t}, (R = 2\sqrt{L/C})$$

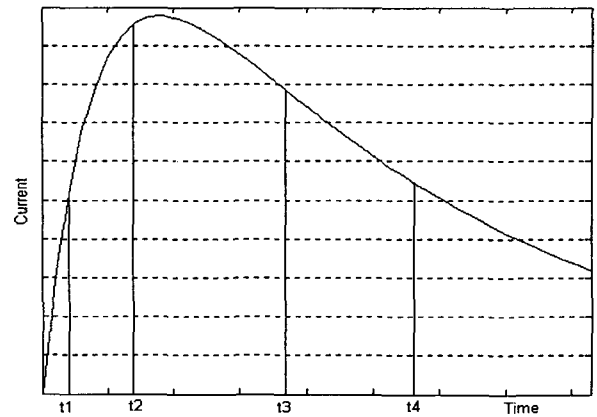
$$i(t) = \frac{V}{\omega L} e^{-\frac{R}{2L}t} \sinh \omega t, \omega = \sqrt{-\frac{1}{LC} + \left(\frac{R}{2L}\right)^2}$$

$$(R > 2\sqrt{L/C})$$

여기서, N : 권선의 권수, i : 권선 전류여기서, R : 착자요크 외부 및 권선의 저항, B_m : 자속밀도, P_c : 자기 퍼미언스, A_m : 영구자석의 면적, L : 착자시스템의 총 인덕턴스, C : 커패시터 뱅크의 정전용량이다.

일반적인 경우, 영구자석형 전동기의 영구자석을 조립 후에 착자하기 위한 착자요크를 설계할 때, 기자력을 증가시키기 위하여 권선의 권수를 적게하고 단면적을 크게 한다. 이 때 저항은 감소하고 전류의 크기는 증가하여 기자력이 증가된다. 이렇게 권선의 권수를 적게하여 기자력을 증가시키는 이유는 권수를 크게 할 경우 권선이 서로 닿게 되어 온도 상승에 의하여 절연과피 등의 위험이 발생하고, 이 때문에 추가적으로 냉각장치가 필요하기 때문이다. 그러나, 유도동기 전동기 영구자석의 조립 후 착자는 착자요크 권선의 권수가 작을 경우 인덕턴스가 작기 때문에 착자 전류가 시간에 따라 급격히 변화하여 회전자 도체바에 심한 와전류가 발생하고 착자 자속이 자석으로 흐르는 것을 방해한다. 그러므로, 착자요크 권선의 권수를 증가시켜 착자 전류가 시간에 따라 완만히 변화하게 함으로 와전류를 적게 발생시키는 것이 필요하다. 이 때 실제 착자요크의 제작에서는 권수가 많아 권선이 서로 닿게 되므로 방열처리된 권선과 냉각장치의 사용이 필요하다.

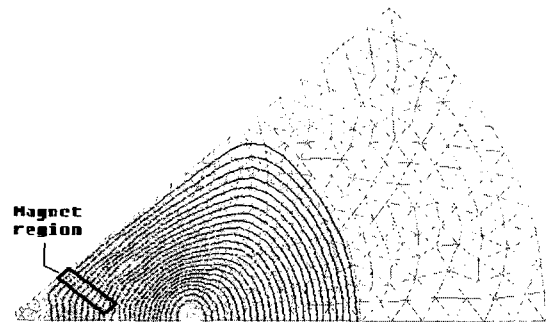
그림 2는 전류가 시간에 따라 크게 변할 때와 적게 변할 때의 회전자 도체바에 발생하는 와전류를 비교한 것이다. 그림 2(a)는 시간에 따른 착자 전류의 파형이며, 그림 2(b)와 (c)는 각각 전류의 시간에 따른 변화율이 큰 시간 t_1 과 전류의 시간에 따른 변화율이 작은 시간 t_2 에서의 착자 자속 분포이다. 그림 2를 통해 시간 t_1 에서는 도체바의 와전류가 크게 발생하여 착자 자속이 심하게 방해받으며, 시간 t_2 에서는 도체바의 와전류가 적게 발생하여 착자자속이 방해받음을 알 수 있다.



(a) Magnetizing current



(b) Magnetic flux distribution at t_1 (when the slope of current is large)

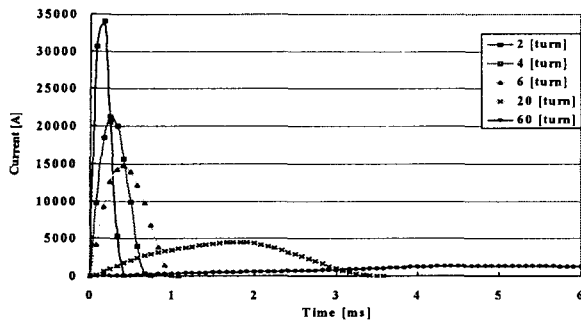


(c) Magnetic flux distribution at t_2 (when the slope of current is small)

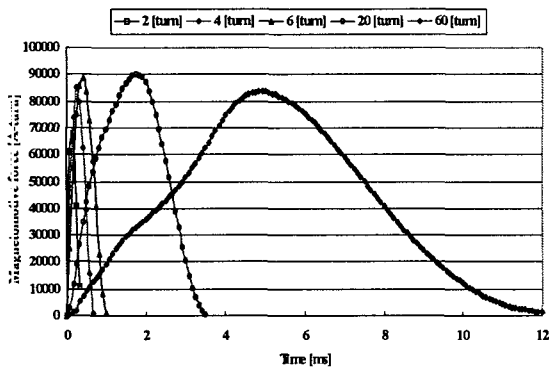
그림 2 전류의 기울기에 따른 착자 자속분포 차이

Fig. 2 The difference of flux distribution according to current slop

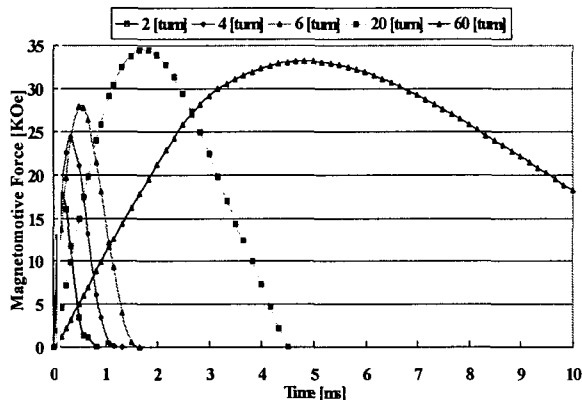
그림 3은 유한요소해석 결과인 전류 크기, 기자력 (Magnetomotive force), 착자 자계의 세기 및 와전류의 크기를 각각 나타낸다. 착자기 전압 및 정전용량은 각각 2600[V], 2400[μF]이며, 발생하는 착자 자계의 세기는 영구자석 각 요소에 발생하는 자계 세기의 평균값이다. 착자 시 영구자석부에 발생하는 자계의 세기는 끝부분을 제외하고 거의 비슷하기 때문에 각 요소의 평균값을 보고 영구자석의 착자 상태를 판단할 수 있다. 그림 3(a)와 (b)로부터 권선의 권수가 증가하면 착자 전류는 감소하나 기자력은 크게 감소하지 않음을



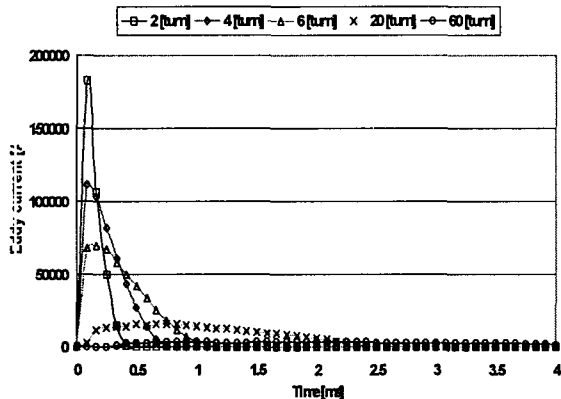
(a) The magnitude of magnetizing current according to coil-turns



(b) The magnitude of MMF(Magnetomotive Force) according to coil-turns



(c) Magnetizing field intensity according to coil-turns

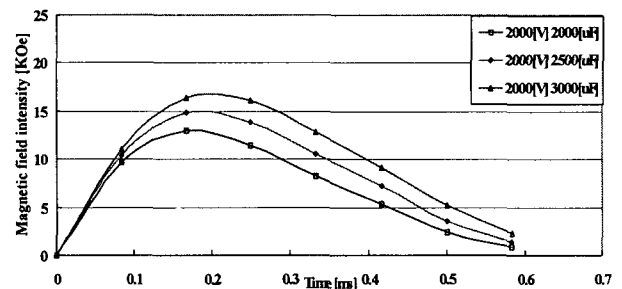


(d) Eddy current in rotor bar according to coil-turns

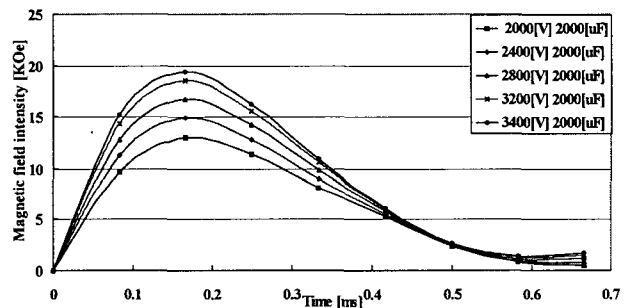
그림 3 권수에 따른 전류, 기자력, 착자자계, 와전류 크기
Fig. 3 The magnitude of current, MMF, magnetizing field intensity and eddy current according to coil-turn

알 수 있다. 그러나, 그림 3(c)는 권수가 클 때 영구자석부에 발생하는 착자 자계의 세기가 훨씬 더 크게 됨을 알 수 있다. 이는 권수가 클 때 권수가 작을 때보다 기자력은 증가하지 않으나 그림 3(d)에서와 같이 회전자 도체부에 발생하는 와전류가 훨씬 감소하여 착자 자계의 세기는 증가하기 때문이다.

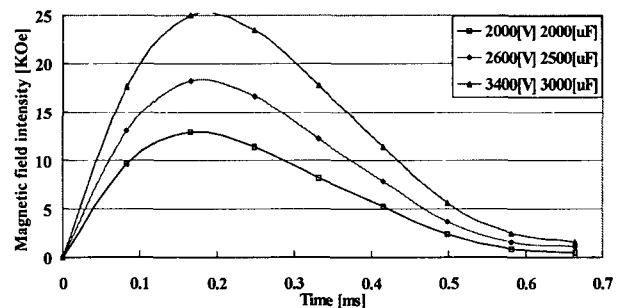
그림 4는 전압과 정전용량의 증가에 의해 착자가 가능한 지 검토하기 위해, 권수가 2[Turn]인 경우 전압과 정전용량의 증가에 따른 착자 자계 세기를 나타낸 것이다. 전압 및 정전용량은 무한히 크게 설정할 수 없으므로, 전압 3500[V], 정전용량 3000[μ F]을 한계치로 하였다. 그림 4(a)는 정전용량의 증가에 따른 착자 자계 세기의 증가, 그림 4(b)는 전압의



(a) The magnetizing field intensity according to the capacitance of magnetizer



(b) The magnetizing field intensity according to the voltage of magnetizer



(c) The magnetizing field intensity according to the voltage and the capacitance of magnetizer

그림 4 전압과 정전용량에 따른 착자 자계의 세기(권수 2[Turn])

Fig. 4 The magnetizing field intensity according to the voltage and the capacitance of magnetizer

증가에 따른 착자 자계 세기의 증가, 그림 4(c)는 전압과 정전용량을 함께 증가시킬 경우의 착자 자계 세기의 증가를 나타낸 것이다. 그림 4로부터 착자기 전압과 정전용량이 증가할수록 착자 자계의 세기가 증가함을 알 수 있다. 하지만 그 증가량은 크지 않아 권수를 증가시킬 때만큼 착자 자계가 크게 증가하지 않는다. 또한, 권선의 권수를 증가시킨 착자요오크를 사용할 경우 착자기의 전압과 정전용량은 작게 설계할 수 있으므로 전체적인 착자설비의 비용은 감소하는 잇점이 있다[11].

3. 착자해석 및 고찰

표 1은 착자하고자 하는 영구자석과 전동기의 제원을 나타낸다. 착자해석은 시간차분 전압원 구동 유한요소법을 이용하여 해석하였으며, 우선 전동기의 고정자 권선을 이용하여 착자가 될 수 있는지 확인하였다. 그림 5는 권선착자 방법을 사용하여 영구자석을 착자하고자 할 때 고정자 권선에 단자전압을 인가하는 방법을 나타낸다[10]. 그림 6과 7은 고정자 권선을 이용하여 착자할 경우의 착자 자계의 세기, 자속분포를 유한요소 해석한 결과이다. 그림 8은 착자하고자 하는 NdFeB 자석의 실측 B-H곡선이다. 착자기 충전전압 및 정전용량은 각각 3500[V], 3000[μF]을 최대값으로 인가하였다. 이때 최대 자계의 세기가 24[KOe]가량 발생하여 그림 8에 나타난 착자 필요 자계 30[KOe]에 훨씬 못 미침을 알 수 있다. 그리고, 그림 7을 통하여 고정자 권선을 이용하여 착자할 시는 착자 자속 분포가 분산되어 고정자는 효율적인 착자요오크가 되지 못함을 알 수 있다.

유도동기전동기 이외의 일반 영구자석형 전동기의 조립 후 착자요오크 제작에서는 권수는 많아야 수 턴이다[3]. 그러나, 유도동기전동기의 조립 후 착자의 경우에는 권수를 크게 하여 와전류를 줄이고 착자 자계는 증가시키는 방안이 필요하다. 착자하고자 하는 대상의 전동기의 착자기 및 착자요오크의 제원은 표 2와 그림 9와 같다. 그림 10은 착자요오크 권수에 따른 착자 자계의 세기를 나타낸다. 권수가 10에서 80까지 10턴씩 증가할 때 착자 자계의 세기를 나타내며, 20[Turn]과 30[Turn]에서 가장 높은 착자 자계의 세기가 발생함을 알 수 있다.

유도동기전동기 이외의 일반 영구자석형 전동기의 조립 후 착자요오크 제작에서는 권수는 많아야 수 턴이다[3]. 그러나, 유도동기전동기의 조립 후 착자의 경우에는 권수를 크게 하여 와전류를 줄이고 착자 자계는 증가시키는 방안이 필요하다. 착자하고자 하는 대상의 전동기의 착자기 및 착자요오크의 제원은 표 2와 그림 9와 같다. 그림 10은 착자요오크 권수에 따른 착자 자계의 세기를 나타낸다. 권수가 10에서 80까지 10턴씩 증가할 때 착자 자계의 세기를 나타내며, 20[Turn]과 30[Turn]에서 가장 높은 착자 자계의 세기가 발생함을 알 수 있다.

표 1 전동기 및 영구자석의 제원

Table 1 Specifications of the electric motor and the permanent magnet

구분	내용	크기	구분	내용	크기
전 동 기	출력	5[HP]	영 구 자 석	잔류 자속밀도	1.02~1.11[T]
	극 수	4		보자력 (bHc)	772~859 [KA/m]
	고정자 외경	190.5 [mm]		고유보자력 (iHc)	2228 [KA/m]
	상당 턴수	96		최대 에너지적	207~231 [KJ/m ³]
	상당 저항	0.58 [Ohm]		필요 착자자계	30[KOe] 이상
	철심 재질	S18		도전율	7.14e5 [S/m]

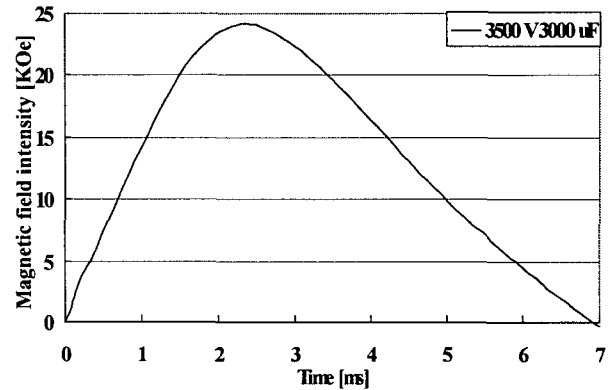


그림 6 권선 착자 시 착자 자계의 세기
Fig. 6 Magnetizing current and field intensity at stator winding magnetization

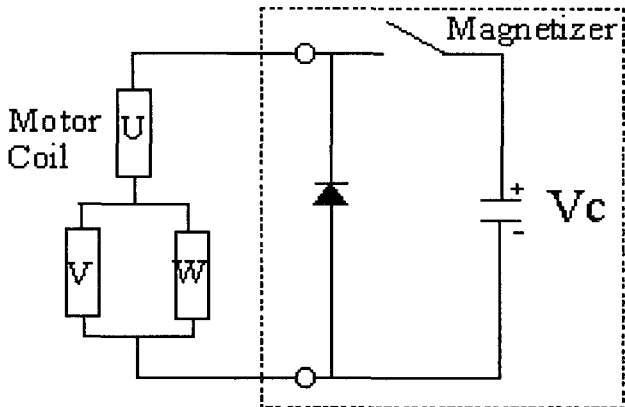


그림 5 권선 착자 시 단자전압 인가방법
Fig. 5 The method of terminal connection at stator winding magnetization

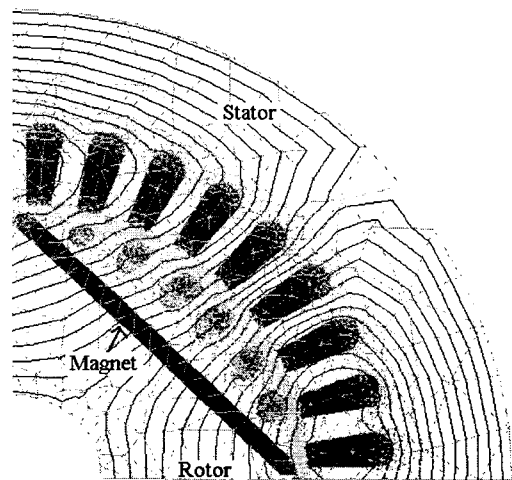


그림 7 권선 착자 시의 자속분포
Fig. 7 The magnetic flux distribution at stator winding magnetization

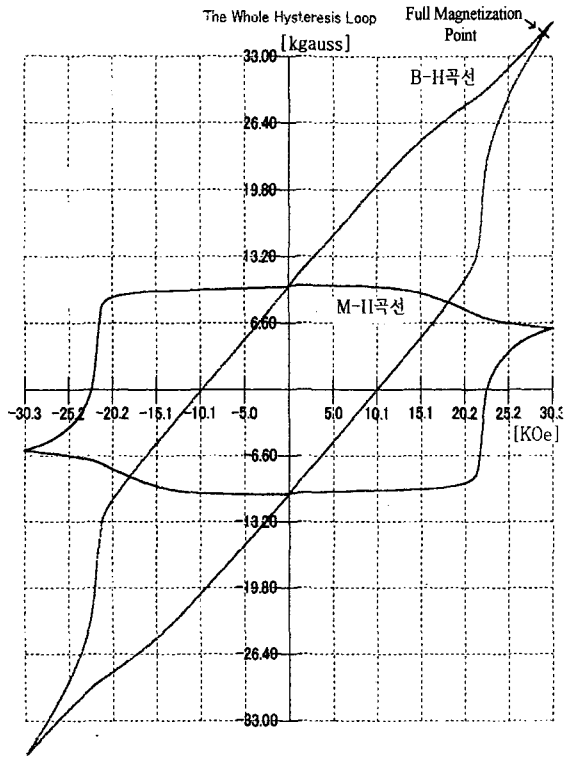


그림 8 착자하고자 하는 NdFeB 자석의 측정 B-H곡선
Fig. 8 The B-H curve of NdFeB

표 2 착자기 및 착자요오크 제원

Table 2 Specifications of magnetizer and magnetizing fixture

구분	내용	크기	구분	내용	크기
착자기	충전 전압	2600 [V]	착자 요오크	요오크 폭	45 [mm]
	정전 용량	2400 [μ F]		요오크 내경	109.5 [mm]
착자 요오크	극 폭	60 [mm]		요오크 외경	240 [mm]
	극 길이	13 [mm]		점적률(Fill Factor)	50%
	재질	S18			

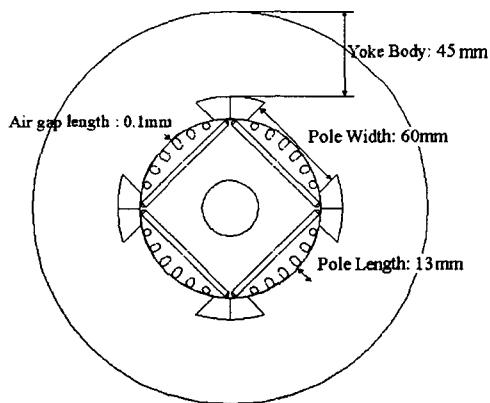


그림 9 설계된 착자요오크
Fig. 9 Designed magnetizing yoke

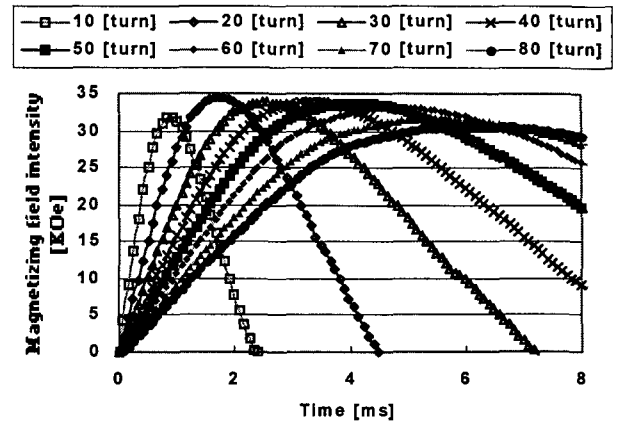
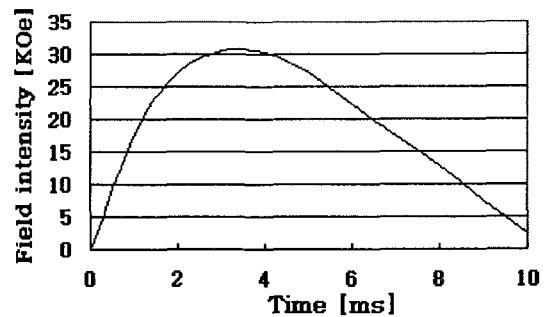
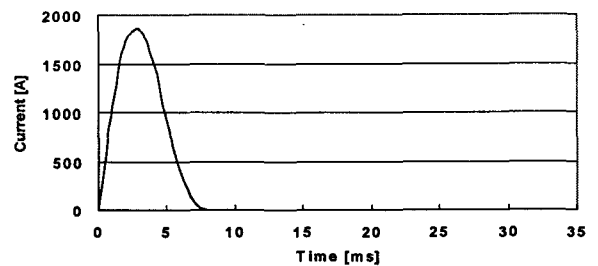


그림 10 권수에 따른 착자 자계의 세기
Fig. 10 The magnetic field intensity for magnetizing according to coil-turn

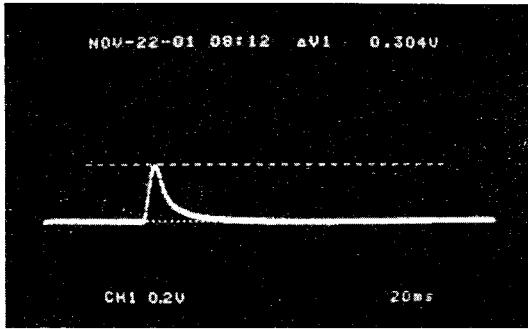
위 연구결과를 바탕으로 권선의 권수와 코일 직경을 포함한 최종 착자시스템을 설계하였다. 설계된 착자요오크의 권수는 30[Turn], 코일 직경은 실제 생산되는 사양인 3.5[mm] 코일을 사용하였다. 설계된 착자요오크의 유한요소해석 결과와 실험결과는 그림 11과 같다. 자계의 세기는 그림 11(a)에서 나타난 것과 같이 최대값이 약 31[KOe]가 되었다. 착자하고자 하는 NdFeB 영구자석은 그림 8과 같은 B-H곡선을 갖는다. B-H곡선을 볼 때 착자 자계 세기가 약 30[KOe]이상이면 포화되어 설계된 착자요오크에 의해 NdFeB 영구자석이 완전착자 됨을 알 수 있다. 그림 11(c)에서 세로축 1[mV]는 6[A]의 전류의 크기를 나타내는 것으로 전류 최대치가 1824[A]가 됨을 보인다. Peak time은 약 4[ms]이며 해석치와 전류파형이 잘 일치한다.



(a) The magnetizing field intensity

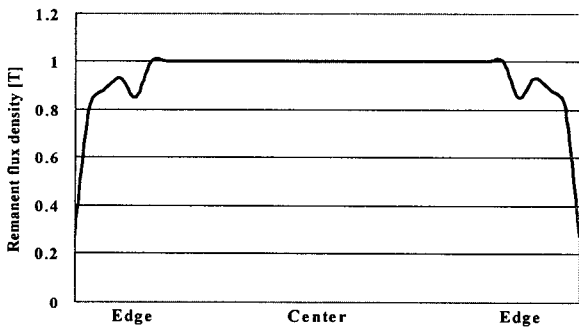


(b) The magnetizing current magnitude (simulation value)

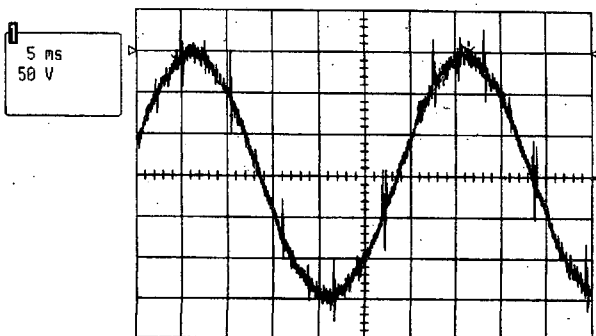


(c) The magnetizing current magnitude (experimental value)
 그림 11 설계된 착자요오크를 이용한 착자 해석 결과
 Fig. 11 The analysis result using designed magnetizing fixture

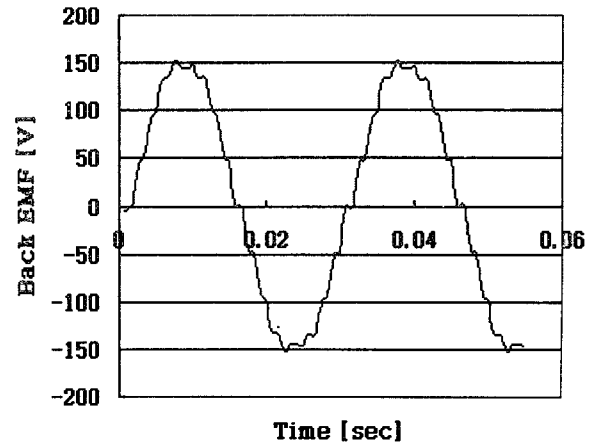
그림 12(a)는 완전착자 후에 나타나는 자석의 위치에 따른 잔류자속 밀도 값이다. 착자시 발생하는 자속의 분포와 유사하게 자석의 가장자리에서 가운데로 갈수록 잔류자속 밀도가 커지고 중간에 값이 떨어지는 부분이 발생함을 알 수 있다. 그림 12(b)는 착자된 회전자를 1000[RPM]으로 회전 시 고정자 권선에 나타나는 역기전력의 실험치를 나타낸다. 그림 12(c)는 영구자석 부분의 잔류 자속밀도가 그림 12(a)와 같이 나타날 때, 회전자를 1000[RPM]으로 회전 시 고정자 권선에 나타나는 역기전력의 해석치이다. 실험치와 해석치 모두 역기전력의 최대치가 약 150[V]이다. 해석치에서 그래프모양이 심하게 불연속적인 것은 샘플링 시간 간격이 크기 때문이다. 그림 12로부터 설계된 착자시스템으로부터 유도동기전동기의 NdFeB 영구자석이 완전착자 되었음을 알 수 있다.



(a) The remanent flux density according to magnet position after magnetization



(b) Experimental result of Back-EMF



(c) Analysis result of Back-EMF

그림 12 완전착자 후의 잔류자속 값 및 1000[RPM] 회전 시 고정자 권선에 발생하는 역기전력

Fig. 12 The remanent flux density and Back-EMF of stator winding at 1000[RPM]

4. 결 론

본 연구에서는 전압원 구동 유한요소법을 이용하여 유도 동기전동기의 조립 후 착자 방안을 연구하였다. 착자기 및 착자요오크로 구성되는 착자시스템의 회로방정식과 착자요오크에 대한 유한요소해석을 결합하여 시스템 행렬 방정식을 구성하였으며 회전자 도체바와 영구자석에 발생하는 와전류를 고려하였다.

연구결과 회전자 도체바가 존재하지 않는 일반 영구자석형 전동기의 조립 후 착자와는 달리 유도동기전동기의 경우는 회전자 도체바가 존재하여 착자 중 심한 와전류가 발생하며 이로 인해 착자 자계의 세기가 감소됨을 알 수 있었다.

일반 영구자석형 전동기의 조립 후 착자에 대한 일반적인 방법은 전동기 자체의 고정자 권선을 사용하는 권선착자 방법 또는 냉각장치가 필요없는 권수가 작은 착자요오크의 사용이다. 그러나, 유도동기전동기의 조립 후 착자해석 결과 고정자 권선으로는 착자자계의 발생이 비효율적이고 절연파괴, 변형 등의 요인으로 착자 전압을 충분히 높일 수 없어 완전 착자에 필요한 자계를 얻지 못하였으며, 권수를 작게 하면 회전자 도체바의 와전류로 인해 착자 자속이 적게 발생하여 완전착자에 필요한 자계를 얻지 못함을 알았다.

따라서, 권수를 증가하여 착자해석을 하였으며 완전착자에 필요한 착자 자계를 얻을 수 있었다. 착자기의 전압과 정전 용량을 각각 3500[V], 3000[μF]까지 증가하여 착자해석도 하였으나 완전착자에 필요한 착자 자계를 얻지 못했다. 연구결과를 바탕으로 실제 착자시스템을 설계 하였으며, 실험 결과 회전자에 매입된 NdFeB 영구자석이 완전착자 됨을 확인할 수 있었다.

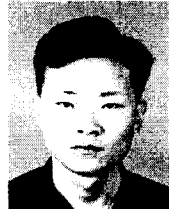
참 고 문 헌

[1] 오시덕의, "3.7kW급 유도성 기동 영구자석 매입형 동기 전동기 기술개발에 관한 연구 최종보고서, 산업자원부",

2002.10

- [2] 안준호, 조관열, "가전제품용 BLDC 전동기의 설계기술", 전력전자학회지, 제7권, 제4호, 2002.8.
- [3] G. W. Jewell, D. Howe, T. S. Birch, "Simulation of capacitor discharge magnetization", IEEE Transactions on Magnetics, vol .26, no.5, pp.1638-1640, 1990
- [4] Steingeroever GmbH , "Magnet-Physik User manual"
- [5] J. Kelly. Lee, "The Analysis of A Magnetic Fixture for A Multipole Nd-Fe-B Magnet", IEEE Transactions on Magnetics, vol .24, no.5, pp.2166-2171, 1988
- [6] 윤태호, 권병일, 박승찬, 우경일, "프라이자흐 모델과 유한 요소법을 이용한 C. P. M.의 착자 특성 해석", 대한 전기학회 논문지, Vol. 49, No. 11, pp. 729-736, 2000. 11
- [7] 박승찬, 윤태호, 권병일, 윤희수, 원성홍, "회전자 철심의 외전류를 고려한 BLDC 전동기의 유한 요소 해석", 대한 전기학회 논문지, vol. 48B, no. 3, pp. 110-117, 1999. 3.
- [8] G. W. Jewell, D. Howe, C. D. Riley, "The Design of Radial-Field Multipole Impulse Magnetizing Fixtures for Isotropic NdFeB Magnets" IEEE Trans. on Magnetics, vol.33, no.1, pp.708-722, 1997.
- [9] 박수현, 김필수, "SPICE를 이용한 커패시터 방전 임펄스 착자 회로의 특성해석", 대한 전기학회 논문지, 제43권, 2호, pp.206-213, 1994.
- [10] 박수현, 김필수, "임펄스 착자요크의 열전달 모델링 및 특성해석", 대한 전기학회 논문지, 제43권, 3호, pp.381-387, 1994.
- [11] Pill-Soo Kim, Yong Kim, Byung-You Hong, "An Investigation to Genral Characteristics of Impulse Magnetizer(I) Circuit, thermal and cost modeling of irapulse magnetizer", Thirty-Fourth IAS Annual Meeting. Conference Record of the 1999 IEEE , vol.3, pp. 1707-1714, 1999.

저 자 소 개



이철규(李喆圭)

1973년 1월 4일 생. 1995년 한양대학교 전기공학과 졸업. 1999년~2001년 한양대 대학원 전기공학과 졸업(석사).2001년~현재 동 대학원 전자전기제어계측공학과 박사과정

Tel. 031-409-1277, Fax. 031-409-1277
E-mail : lck6348@ihanyang.ac.kr



권병일(權丙一)

1956년 2월 1일 생. 1981년 한양대 전기공학과 졸업. 1983년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1989년 일본 동경대 대학원 졸업(공학박사). 1990년 도시바(주) 시스템 소프트웨어 연구소 연구원. 1991년 한국 기계 연구소 자기 부상 열차 사업단

선임연구원. 2001년 University of Wisconsin-Madison 객원교수, 1991년~현재 한양 대학교 전자 컴퓨터 공학부 교수.

Tel .031-400-5165, Fax. 031-406-5073
E-mail : bikwon@hanyang.ac.kr