論 文
49B-9-1

SRM의 여자방식에 따른 소음특성 해석

An Analysis of Noise Characteristics According to the Excitation Method of SRM

文 載 元 · 吳 錫 奎* · 安 珍 雨**
(Jae-Won Moon · Seok-Gyu Oh · Jin-Woo Ahn)

Abstract - SRM has been applied to many commercial applications that require economical advantages and high performance abilities. But it has some drawbacks, such as acoustic noise due to the abrupt change of mmf level when commutation. The abrupt change of a phase excitation produces mechanical stresses and it results in torque ripple and noise. This paper deals with an analysis of vibration and noise in SRM drive. Several types of excitation method are taken into account. The 1-phase and 2-phase excitation technique of short-pitch winding, 2-phase excitation technique of full-pitch winding are tested. The acoustic noise is reduced remarkably through the sequential phase excitation in the 2-phase excitation. It is because that the scheme reduces abrupt change of excitation level by distributed, balanced excitation with free-wheeling during commutation.

Key Words : SRM, short-pitch 1-phase excitation, short-pitch 2-phase excitation, full-pitch excitation, noise, vibration

1. 서 론

SRM은 많은 장점으로 인해 산업 및 가전분야에서 적용을 검토하고 있으나 토오크발생 메카니즘상 토오크리플과 소음 등으로 적용이 제한되고 있다. 이러한 소음은 릴럭턴스토오크의 발생과정에서 주된 회전력으로 작용하는 접선방향의 힘뿐만 아니라 방사방향의 힘이 작용하여 각 상을 온, 오프 할 때 고정자프레임을 방사방향으로 진동시켜 발생하게 된다[1-3].

Cameron 등은 SRM의 진동·소음의 주원인은 방사방향으로 작용하는 전자기력에 의한 고정자의 진동에 의한 것임을 밝혔다[1]. 또한 소음은 회전력을 발생시키는 가진 주파수가 전동기의 공진 모드와 일치될 때 커진다는 것을 확인하였다. Wu 등은 SRM의 전기적인 소음원인을 밝혔는데 이 논문에서는 진동, 소음과 상전류 사이의 상관관계를 분석하였으며, 소음저감을 위한 2 단계 커뮤테이션법을 제안하였다[2,3]. Pulle은 SRM구동에서 발생하는 소음을 수식 화하려고 했지만 일반화된 표현이 아니라 특정한 장치에서만 유용함을 밝히고 있다. Michaelides는 능동 소음제거법(active noise cancellation method)에 의하여 소음을 저감하는 방법을 소개하고 있다[4]. Colby는 철심의 물성과 적층치수의 함수로써 주 공진모드의 주파수를 대략적으로 예상하는 수식을 유도하였으며, 유한요소법과 실험에 의하여 수식의 유용함을 밝히고 있다[5]. 또한 소음을 저감시키는 방법의 하나로 부드러운 토오크(torque smoothing)제어를 제안하였으나 실효를 거두지 못하고 있다.

또 다른 접근방법으로 SRM의 권선방식이나 여자방식을 조정함으로써 진동·소음을 감소시키는 방법이 제시되었다. 권선방식에 의한 소음저감법으로는 단절권 방식을 전절권 방식으로 바꿈으로써 상호작용 토오크를 이용하여 소음을 감소시키는 방법이 제기되었으나 기존의 여자방식보다 발생 토오크가 감소되는 단점이 있다[6]. 본 논문에서는 단절권 및 전절권 여자방식과 이를 보완한 단절권 2상여자방식의 운전 및 소음특성을 해석하고 이를 실험을 통해 비교, 확인하였다.

2. SRM의 구동과 소음

SRM은 돌극형의 구조와 운전 메카니즘의 특성상 전동기 구동시 타 전동기 보다 높은 진동과 소음을 수반한다. SRM의 진동·소음의 발생은 전자기적 원인, 기계적인 원인 그리고 공기역학적 원인으로 나눌 수 있다. 전자기적 원인은 첫째, SRM의 회전력 발생과정에서 고정자극과 회전자극사이의 방사방향의 전자기적 인력에 의한 것이다. 따라서 이 힘에 의하여 고정자가 변형되어 진동이 발생한다. 둘째, 토오

正 會 員 : 大洋電氣 硏究所 硏究員 · 工博
* 正 會 員 : 晉州産業大 産業自動化工學科 助敎授 · 工博
** 正 會 員 : 慶星大 電氣電子컴퓨터工學部 副敎授 · 工博
接受日字 : 1999年 12月 28日
最終完了 : 2000年 8月 4日

크리플에 의한 것으로 상여자과정에서 일정하지 않은 토오크에 의한 고정자 및 회전자의 진동에 의한 것이다. 셋째는 철심의 자기변형력(magnetostrictive force)에 의한 것이다. 이 자기변형력은 성층철심을 진동시키고 이에 의하여 진동이 발생하게 된다. 자기 변형력은 투자율(permeability)을 증가시키는 방향으로 작용하므로 철심간을 압축하는 힘이 작용한다. 이것에 의해 진동이 발생한다. 넷째, Lorentz력에 의한 권선의 진동이다. 상 권선에 전류가 흐르게 되면 이 전류에 의하여 만들어지는 슬롯의 누설자속과 상권선전류사이의 상호작용력이 발생하고, 이것에 의해 상권선이 진동하게 된다. 상전류는 시간적으로 변화하기 때문에 권선에 작용하는 힘도 변화한다. 이것이 권선의 진동을 유발한다.

기계적인 원인으로는 주로 제작과정에서 발생되는 것으로 회전자의 비대칭, 베어링의 불균형 및 공극의 불균일에 의한 것과 스위칭주파수가 기계적 공진주파수와 일치되어 발생되는 공진현상을 들 수 있다. 공기역학적인 원인은 주로 회전자의 돌극형구조에 의한 것이다.

3. 여자방식에 따른 소음특성

3.1 단절권 1상 여자방식

집중권 형식인 단절권에서의 1상에 의한 여자방식은 SRM의 가장 전형적인 운전방식이다. 그림 1은 6/4극 단절권에서의 1상 여자방식을 보여준다. 각 상의 권선은 고정자극에 집중권형식의 단절권으로 감겨져 있고, 이 권선은 마주보는 고정자극에 동일방향의 단절권으로 감겨진 권선과 연결되어 있다.

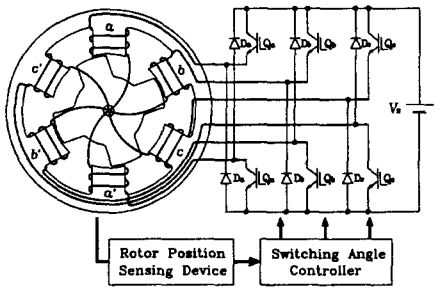


그림 1 단절권 1상 여자방식

Fig. 1 1-phase excitation method with short-pitch winding

이러한 단절권에서의 1상여자방식은 권선의 구조가 간단하고, 고효율 운전특성의 장점을 지니고 있으나 각 상간의 커뮤테이션이 부드럽게 이루어지지 않아 이 구간에서 방사방향 전자력의 급격한 변화를 억제하기가 어렵다. 이로 인하여 고정자 프레임의 진동에 의해 소음을 발생시킨다[3-5]. 그림 2는 1상여자방식인 경우 상여자를 온, 오프 할 때 자속의 변화와 진동의 발생을 보여준다. 그림 4에서 구간 ①은 a상이 여자되는 구간이고, 구간②는 a상의 오프구간이다. 구간①에서는 상권선에 기자력이 인가되어 고정자의 a극 부분이 회전자축의 중심방향으로 전자력이 작용하는 구간이며, 구간 ②에서는 상권선에 인가된 기자력을 소호함으로서 방사방향의 급격한 전자력의 변화가 발생하여 진동을 유발하게 된다.

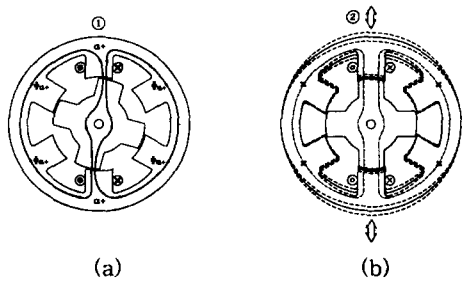


그림 2 1상 여자방식에서 여자자속의 변화와 진동(a) a상 온 구간, (b) a상 오프 구간

Fig. 2 Flux variation and vibration in conventional excitation method at on and off (a) phase a on, (b) phase a off

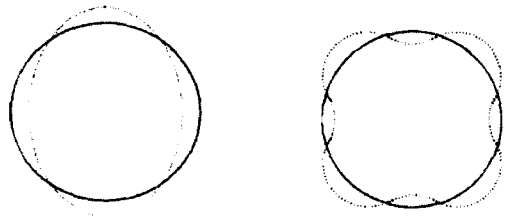


그림 3 시작기의 고유 진동모드

Fig. 3 Vibration modes of prototype SRM

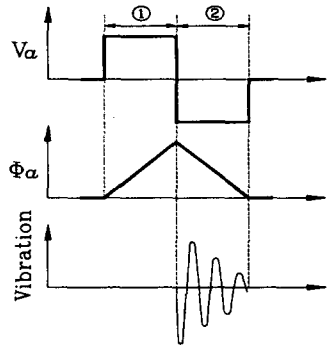


그림 4 단절권 1상 여자방식에서 온, 오프시 인가전압, 자속파형의 변화 및 진동

Fig. 4 Voltage, flux-linkage and vibration in a 1-phase excitation method with short-pitch winding at switch on and off

기자력이 인가된 자극방향으로 고정자가 수축, 팽창하므로 시작 전동기의 경우 가장 일어나기 쉬운 진동모드는 그림 3과 같은 2차 및 4차 모드로 추정된다. 실험적으로 구한 2차 모드는 560Hz, 4차 모드는 1120Hz에 해당된다. 그림 4는 단절권에서의 1상 여자방식인 경우의 온 구간(구간 ①)과 오프 구간(구간 ②)에 해당하는 인가전압의 변화, 자속의 변화 및 오프시 진동의 발생을 보여준다. 여기서 구간 ①은 a상에 기자력이 인가됨으로 인한 방사방향의 전자력의 작용에 의해서 고정자 프레임이 회전축의 중심방향으로 수축하는 구간이며 구간 ②는 인가되었던 기자력이 소호됨으로써 방사방향 전자력의 급격한 변화로 인하여 진동이 발생되는 구간이다. 이와 같이 커뮤테이션 구간에서 방사방향의 전자

력의 급격한 변화에 의하여 심한 진동·소음이 발생하게 된다. SRM에서 모든 상을 구동할 때 전동기 프레임에서의 진동현상을 보면 그림 5와 같다.

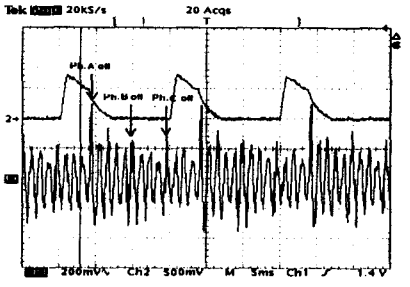


그림 5 한 상 자극 프레임상의 진동 가속도(위:상전류, 아래: 진동가속도)

Fig. 5 Vibration acceleration on a phase frame(upper: phase current, lower: vibration acceleration)

3.2 전절권 2상 여자방식

전절권 2상 여자방식의 SRM은 그림 6과 같이 각 상권선이 전절(full-pitch)로 걸쳐 감겨져 있고, 두 상을 동시에 여자 한다.

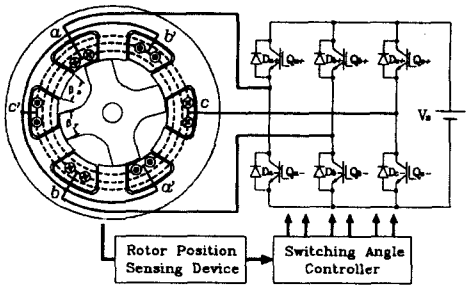


그림 6 전절권 여자방식

Fig. 6 Full-pitch winding excitation method

식(1)은 전절권 방식에 있어서 발생토오크를 나타내는 것으로, 자기구조와 여자특성상 각 상의 자기인덕턴스가 일정하므로 토오크는 자기인덕턴스에 의한 항은 무시되고 상호인덕턴스에 의한 항만 남게 된다. 여기서 T는 토오크, θ는 회전자 위치각, i는 상전류, M은 상호인덕턴스이다.

$$T = i_a i_b \frac{dM_{ab}(\theta)}{d\theta} + i_b i_c \frac{dM_{bc}(\theta - 30^\circ)}{d\theta} + i_c i_a \frac{dM_{ca}(\theta - 60^\circ)}{d\theta} \quad (1)$$

전절권방식에서는 상간 상호작용 토오크를 이용함으로써 상간 커뮤테이션을 원활하게 하여 토오크 발생구간을 증가시키고 상간 커뮤테이션 구간에서의 급격한 방사방향의 전자력을 억제하여 진동·소음을 저감시키는 효과를 갖는다. 또한 기존 모듈화된 교류기용 인버터를 사용할 수 있다. 그러나 전절권방식의 경우 단 권선(end winding)부분의 길이가 증가하게 되어, 이로 인한 동손증가에 따른 효율저감은 피할 수 없는 단점으로 작용하고 있으며, 스위칭 온, 오프 등 다양한 제어가 어렵고, 각 상이 독립되어 있지 않아 스위칭 소자수를 줄이는 데 한계가 있다[6].

3.3 단절권 2상 방식

그림 7은 단절권 2상여자방식에 의한 6/4극 SRM의 구동 시스템을 보여주고 있다.

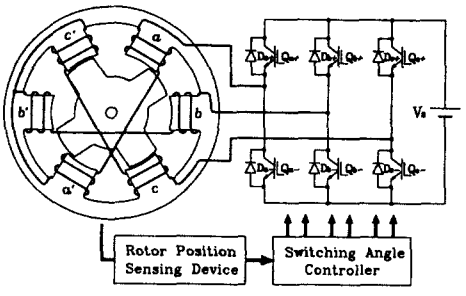


그림 7 단절권 2상 여자방식

Fig. 7 2-phase excitation method with short-pitch winding

각 상의 권선은 고정자극에 단절권으로 감겨져 있고 마주보는 동일상의 고정자극에 기존의 여자방식과는 달리 반대방향으로 감겨져 있으며, 각 상권선은 Y결선으로 되어 있다.

$$T = \frac{1}{2} i_b^2 \frac{dL_b(\theta)}{d\theta} + \frac{1}{2} i_c^2 \frac{dL_c(\theta - 30^\circ)}{d\theta} + \frac{1}{2} i_a^2 \frac{dL_a(\theta - 60^\circ)}{d\theta} + i_a i_b \frac{dM_{ab}(\theta)}{d\theta} + i_b i_c \frac{dM_{bc}(\theta - 30^\circ)}{d\theta} + i_c i_a \frac{dM_{ca}(\theta - 60^\circ)}{d\theta} \quad (2)$$

위 식에서 토오크는 자기인덕턴스의 변화분과 상호인덕턴스의 변화분에 의해서 발생하게 되며 상전류에 따른 토오크는 그림 8과 같다[7].

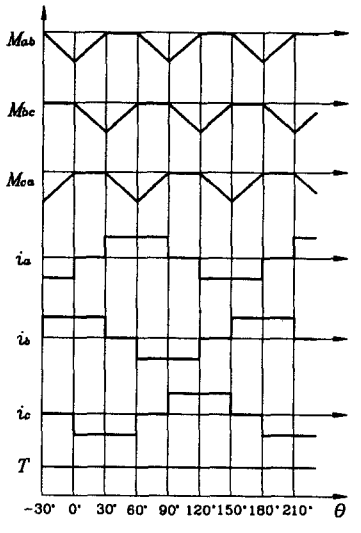


그림 8 단절권 2상 여자방식에서 인덕턴스, 전류 및 토오크

Fig. 8 Inductance, current and torque in 2-phase excitation with short-pitch winding

이러한 단절권에서의 2상여자방식은 토오크발생에 있어 두 상을 여자함에 의하여 각 상간 상호인덕턴스를 이용하므로 상활용도가 높고, 두 상이 여자되어지므로 상이 중첩되어 커뮤테이션이 부드럽게 이루어지므로 단절권에서의 1상여자방식에 비하여 진동 및 소음이 현저히 감소하게 될 것이다. 그림 8은 이 방식에서의 인덕턴스, 전류 및 토오크를 보여준다[7].

4. 진동. 소음의 실험적 해석

진동·소음특성을 측정하고 해석하기 위해 적용된 시작전동기는 표 1, 측정시스템의 구성은 그림 9에 보여주고 있다. 시작전동기의 고정자에서 발생하는 진동특성을 고찰하기 위해 고정자 각 상의 방사방향 후면에 가속도 센서를 설치하였다.

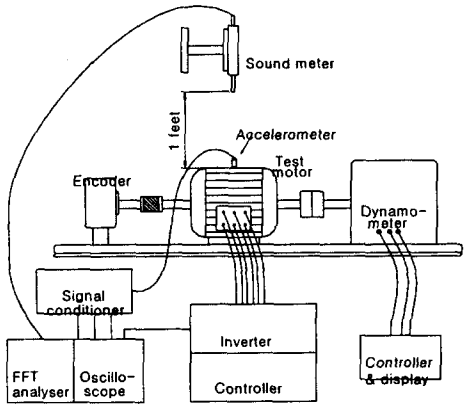


그림 9 진동·소음측정 시스템의 구성
Fig. 9 Test set-up for vibration and noise measurement

고정자의 진동은 이 부분에 변동을 일으키게 되어 변위가 발생되며, 이 변위의 미분항은 가속도가 된다. 그러므로, 진동가속도는 진동의 측정기준으로 적용할 수 있다. 가속도센서의 측정주파수 범위는 5~10,000 [Hz]이고 중력가속도 g (≈9.8m/s^2)에 대한 출력전압이 99.5[mV/g] 이다.

기존 방식의 구동은 클래식인버터를 사용하였으며, 2상여자방식의 구동을 위해서 교류기용 브릿지 인버터를 사용하였다.

표 1 SRM의 제원
Table 1 Specifications of motor

고정자극	12		회전자 극	8	
고정자극호각	17	[deg.]	회전자극호각	16	[deg.]
고정자극절	30	[deg.]	회전자극절	45	[deg.]
고정자외경	135.0	[mm]	회전자외경	74.0	[mm]
고정자내경	74.3	[mm]	축직경	24.0	[mm]
고정자요오크폭	10.5	[mm]	회전자요오크폭	11.0	[mm]
고정자극높이	19.7	[mm]	회전자극높이	13.9	[mm]
적층길이	60.0	[mm]	철심두께	0.6	[mm]

4.1 시간영역에서의 진동특성

그림 10은 3000[rpm]의 일정속도로 회전할 때 방사방향의 진동 및 축방향의 진동을 측정한 그림이다. 그림의 상단이 방사방향의 진동이고 하단이 축방향의 진동이다.

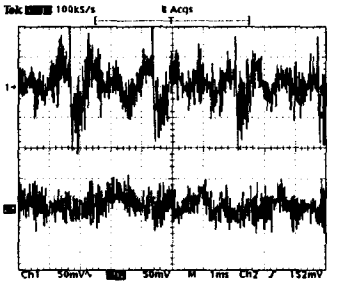
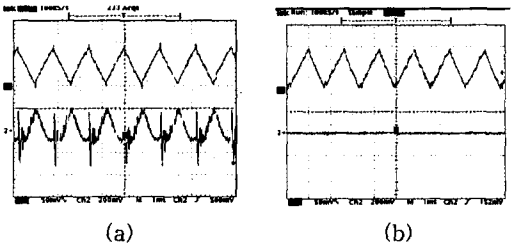


그림 10 기존 1상 여자방식에서 방사방향(상단)과 축방향(하단)의 진동비교(3000[rpm])
Fig. 10 The comparison of radial(upper) and axial(lower) vibration in conventional 1-phase excitation at 3000[rpm]

방사방향의 진동가속도는 축방향의 진동가속도에 비하여 상대적으로 크게 발생하고 있다. 그러므로 방사방향 전자력의 변화에 의한 진동이 소음발생의 주원인임을 알 수 있다. 정지시의 회전자극이 고정자극과 중첩될 때와 중첩되지 않을 때의 커뮤테이션시 발생하는 진동의 크기를 측정하기 위하여, 먼저 회전자극을 a상의 고정자극과 중첩(align)시키고 회전자를 구속한 상태에서 a상만을 여자하고 나머지 b상과 c상은 여자하지 않는다. 진동측정을 위한 가속도계는 a상의 고정자극 후면에 부착되어 있다.

그림 11(a)는 회전자극과 a 상의 고정자극과 중첩된 경우, 11(b)는 중첩되지 않은 경우의 가속도계에서 측정된 진동의 변화를 보여준다. 그림의 상단이 a상의 전류이고 하단이 측정된 진동이다. 회전자극과 고정자극이 중첩되는 경우가 진동이 크며 이것은 방사방향의 전자력이 크게 작용하기 때문이다.



(a) (b)

그림 11 1상 여자방식에서 정지시 상여자에 따른 진동 (a) 회전자극과 고정자극이 중첩된 경우, (b) 회전자극과 고정자극이 비 중첩된 경우 (상단 : 상전류 [3.125A/div.], 하단 : 진동가속도[99.5mV/g])
Fig. 11 Vibration according to excitation in 1-phase excitation (a) stator and rotor are aligned (b) stator and rotor are unaligned, (top : phase current [3.125A/div.], low : vibration acceleration [99.5mV/g])

4.2 회전수에 따른 진동 및 소음특성

스위칭주파수에 따른 진동 및 소음의 주파수영역의 특성을 해석하기 위하여, 부하토오크를 일정하게 유지하는 상태에서 속도를 가변시키고 진동의 변화를 살펴보았다.

그림 12는 부하토오크를 일정하게 유지시키고 회전속도를 가변 시킬 때 진동측정치의 변화를 보여 준다. 실험결과, 속도 1670[rpm]과 2800[rpm]근처에서 최고치를 나타내고 있다. 1670[rpm]은 스위칭주파수 668[Hz]로 고정자의 3차 진동모드에 해당하는 진동주파수대역이고, 2800[rpm]은 스위칭주파수 1120[Hz]로 고정자의 4차 진동모드에 해당하는 진동주파수대역이다. 나머지 속도대역에서는 속도가 증가함에 비례하여 진동치가 증가함을 알 수 있다. 여기서 고유진동모드는 실험적 방법에 의해 구한 값이다.

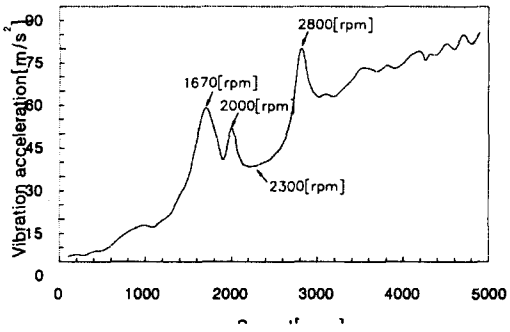


그림 12 1상 여자 방식에서 일정토오크, 5[kg.cm]에서 속도 변화에 따른 진동치

Fig. 12 Vibration according to speed at constant torque, 5[kg.cm] in 1-phase excitation

그림 13은 단절권 1상, 2상 여자방식의 상전류, 진동 및 소음을 측정한 파형이다. 회전속도 1670[rpm]과 2800[rpm]에서 두 방식을 비교하였다. 2상 여자방식의 진동소음이 크게 작아짐을 확인할 수 있다.

이상의 결과에서 진동 및 소음의 특성을 분석하면, (1) 일정한 부하토오크시 회전속도의 변화에 따른 주파수영역의 실험결과, 기존의 여자방식의 주 진동주파수대역은 회전속도를 결정하는 스위칭 주파수대역으로 이 주파수대역에서 큰 진동이 발생하고 있으며, 다른 주파수에서의 진동은 그다지 크지 않았다. 즉, 고정자 프레임의 주된 진동 주파수가 스위칭 주파수임을 나타내고 있다. 2상 여자방식인 경우도 주 진동주파수대역이 스위칭주파수대역이었으나 그 크기가 상대적으로 현저히 작았고 전 회전속도 범위에서 진동과 소음치가 현저히 감소하였다. (2) 각 속도대역에서의 진동의 주파수분석에서 12/8극 시작전동기의 3차 고유모드인 1670[rpm]대역에서의 진동은 크게 영향을 받음을 알 수 있었다. 이것은 전동기 지지구조물의 영향을 크게 받고, 12/8극의 회전력발생특성에서 나타난 것으로 분석된다. 그러므로 회전속도에 해당하는 3상의 스위칭 주파수와 일치하여 진동이 크게 발생됨을 알 수 있다. (3) 전체 시스템의 공진은 기존의 여자방식인 경우, 가진주파수가 3차 고유모드와 4차 고유모드와 일치하는 속도인 1670[rpm]과 2800[rpm]에서 크게 나타나고 있다. 2상 여자방식인 경우 3차와 4차 고유모드의 가진 주파수대역에서의 진동과 소음의 측정치가 현저히 감소하였으며 2상여자방식의 구동메카니즘상 3차 및 4차 고유공진모드의 영향을 거의 받지 않았다. (4) 3차 고유모드에 해당하는 1670[rpm]의 속도대역에서 2상 여자방식에 의한 시스템의 안정화 효과가 크게 작용하여 감소하고 이로 인해 기존의 여자방식보다 15[dB]이상의 소음이 감소하였으며, 4차 고유모드에 해당하는 2800[rpm]의 속도대역에서는 10[dB]이상의 소음이 감소하였다.

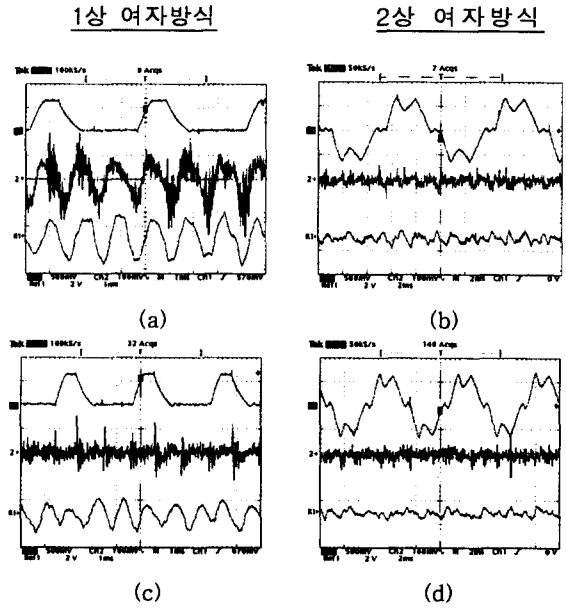
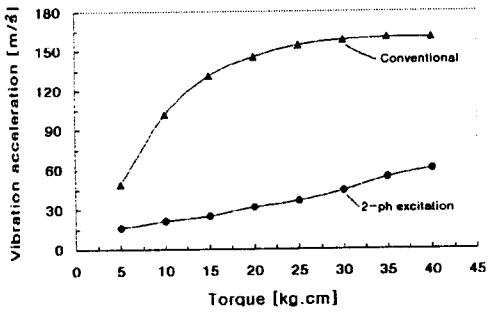


그림 13 진동, 소음 특성 (상단:상전류, 중간:진동가속도, 하단:소음), (a) 단절권 1상 여자, 1670[rpm] (b) 단절권 2상 여자, 1670[rpm] (c) 단절권 1상 여자, 2800[rpm], (d) 단절권 2상 여자, 2800[rpm]

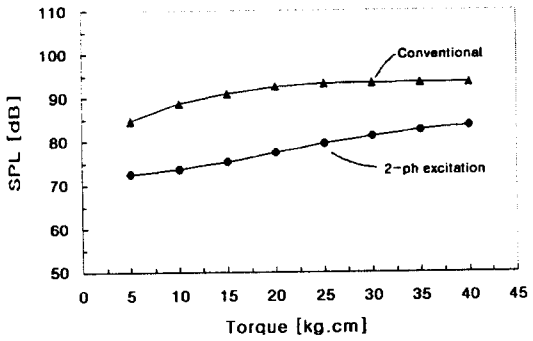
Fig. 13 Vibration and noise, (top:phase current, mid.:vibration acceleration, low:noise), (a) short-pitch 1-phase excitation at 1670[rpm], (b) short-pitch 2-phase excitation at 1670[rpm], (c) short-pitch 1-phase excitation at 2800[rpm], (d) short-pitch 2-phase excitation at 2800[rpm]

그림 14는 일정속도에서 부하토오크의 가변에 따른 진동가속도와 소음도를 나타낸다. 그림14(a)는 기존방식과 2상여자방식의 진동가속도를 나타내고, 14(b)는 소음도를 나타낸다. 실험결과 2상 여자방식이 기존의 여자방식에 비해 진동과 소음이 현저히 감소하였다.

일정한 부하토오크의 운전조건에서 속도의 가변에 따른 진동과 소음특성을 측정한 결과는 그림 15와 같으며 기존의 여자방식인 경우 속도에 따라 공진모드의 영향으로 이 근처의 속도에서 진동가속도의 현저한 증가로 매우 불안한 진동특성을 보이고 있다. 그러나, 2상 여자방식에서는 속도의 증가에 따라 공진모드의 영향을 받지 않고 안정된 진동특성을 보이고 있다. 단절권에서의 1상 여자방식과 전절권에서의 2상 여자방식의 효율(2000[rpm])을 그림 16에 보여 주고 있다. 전절권에서의 2상 여자방식은 단절권에서의 1상 여자방식에 비해 5~10[%]정도 효율이 감소함을 알 수 있다. 이것은 전절권선의 단권선부분에서의 동손과 여자구간증가에 따른 철손에 의한 것으로 분석된다. 단절권에서의 1상 여자방



(a)



(b)

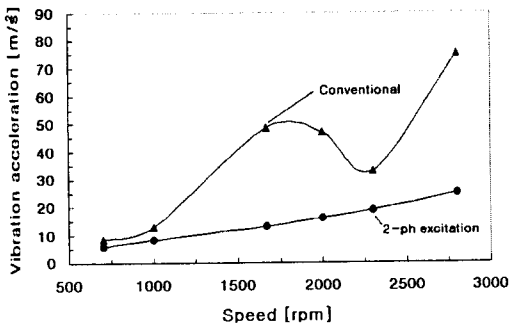
그림 14 단절권 여자방식에서 일정속도(1670[rpm]) 운전시 부하토오크에 따른 진동과 소음 (a) 진동가속도, (b)소음

Fig. 14 Vibration and acoustic noise of short-pitch winding according to torque at constant speed(1670rpm) (a) vibration acceleration, (b) acoustic noise

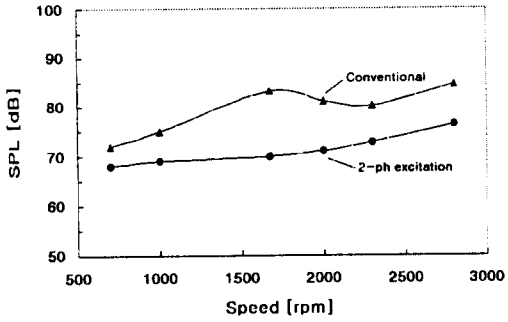
식인 경우는 단권선부분에서 동손은 발생되지 않고, 단지 여자구간의 증가에 의한 동손만 추가 될 뿐이다. 그러므로 단절권 1상 여자방식의 동손은 전절권에서의 2상여자방식보다 감소하게 된다.

그림 17은 일정속도(2800[rpm])로 운전시 부하토오크의 가변에 따른 기존의 단절권 1상 여자방식과 2상 여자방식의 효율비교곡선을 보여준다.

2상 여자방식은 기존여자방식에 비해 저 토오크 영역에서는 다소 효율이 높으나 고 토오크영역에서는 다소 낮았다. 이것은 저 토오크영역에서 2상 권선여자방식은 자속의



(a)



(b)

그림 15 단절권 여자방식에서 일정토오크(5[kg.cm])운전시 속도에 따른 진동 및 소음 (a) 진동가속도, (b) 소음

Fig. 15 Vibration and acoustic noise in short-pitch winding according to speed at constant torque(5[kg.cm]) (a) vibration acceleration, (b) acoustic noise

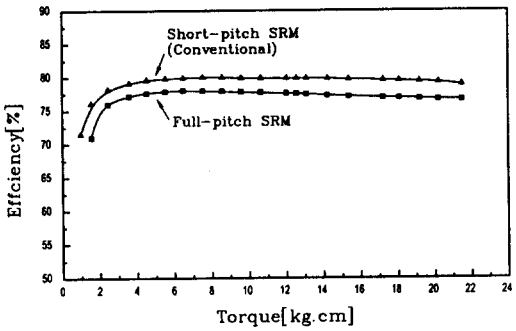


그림 16 단절권 1상과 전절권 2상여자방식에서의 효율

Fig. 16 Efficiency in short-pitch and full-pitch excitation

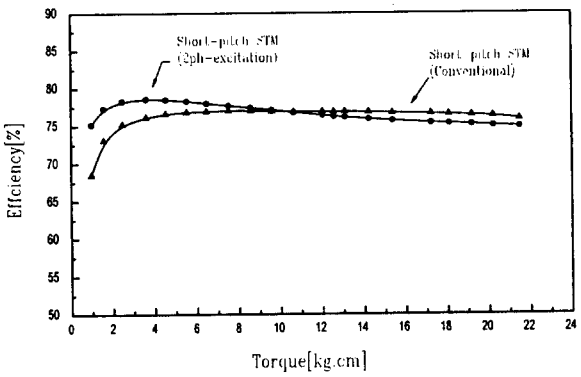


그림 17 부하토오크 가변시 효율비교

Fig. 17 Efficiency comparison of 1-phase and 2-phase excitation

경로가 4개로 나누어지므로 자기회로의 포화의 영향을 작게 받게 되어 철손의 영향이 적으므로 효율이 높으나, 고 토오크영역으로 가면 전류의 크기가 증가하고 자기회로의 포화의 영향을 직접 받게 되므로 철손과 동손이 기존의 방식보다 증가하게 되어 효율이 감소하는 것으로 분석된다.

5. 결 론

SRM은 구동특성상 단속적인 여자로 인해 커뮤테이션시 발생하는 급격한 방사방향의 전자력의 변화로 고정자 프레임에 진동·소음이 발생하며 이것이 SRM의 실용화에 커다란 걸림돌로 작용하고 있다.

본 논문에서는 이러한 진동·소음의 발생원인을 검토하기 위해 단절권 1상 및 2상 여자방식과 전절권 2상 여자방식의 진동, 소음특성을 비교하였다. 그러나 전절권 2상여자방식은 효율측면에서 불리하여 단절권 1상 및 2상 여자방식에 대해 주로 비교하였다. 2상 여자방식은 동시에 두 상을 여자하여 상호작용의 릴럭턴스 토오크 및 자기 릴럭턴스 토오크를 이용하므로 상 활용도가 높고 한 상이 이미 여자가 확립된 상태에서 다음 상이 여자되므로 에너지변환율을 높일 수 있으며, 2상 여자방식은 기존의 1상 여자방식에 비하여 진동, 소음이 현저하게 감소하였다. 즉, 일정한 속도로 운전할 때 부하 토오크 가변에 따른 소음도에서는 기존의 단상여자방식보다 약 10[dB] ~ 20[dB]정도 감소하는 효과가 있었다.

운전효율은 전절권 여자방식이 단절권 여자방식에 비해 불리하였으며, 단절권방식에서는 저 토오크영역에서 2상 여자방식이 기존의 1상 여자방식보다 다소 증가하였으며, 고 토오크영역에서는 2상 여자방식이 기존의 1상 여자방식보다 다소 감소하였다. 이러한 결과는 2상 여자방식의 경우 4개로 나누어진 자기회로에서의 자속밀도가 고 토오크영역에서 증가하기 때문으로 분석된다.

감사의 글

본 연구는 경성대학교 연구비에 의해 연구되었음.

참 고 문 헌

[1] D.E. Cameron, J.H. Lang, S.D. Umans, "The Origin and Reduction of Acoustic Noise in Doubly Salient Variable Reluctance Motors", IEEE Tran. on IA, Vol.28, No.6, pp.1250-1255, 1992.

[2] C. Pollock, C.Y. Wu, "Acoustic Noise Cancellation Techniques for Switched Reluctance Drives", IEEE IAS. Annual Meeting, Vol.1, pp.448-455, 1995.

[3] C.Y. Wu and C. Pollock, "Analysis and Reduction of Vibration and Acoustic Noise in Switched Reluctance Drive," IEEE Tran. on IA, Vol.31, No.1, pp.91-98, 1995.

[4] A. Michaelides and C. Pollock, "Reduction of Noise and Vibration in Switched Reluctance Motors : New Aspects," IEEE IAS. Annual Mt, Vol.2, pp.771-778, 1996.

[5] R.S. Colby, F.M. Mottier, T.J.E. Miller, "Vibration Modes and Acoustic Noise in a Four-Phase Switched Reluctance Motor", IEEE Tran. on IA, vol.32, No.6, pp.1357-1364, 1996.

[6] 문재원, 오석규, 안진우, 황영문, "상호인덕턴스를 이용한 전절권 SRM의 운전특성", 대한전기학회 논문지, Vol.47, No.9, pp 1364-1370, 1998

[7] J.W. Ahn et al, " A 3-Phase Switched Reluctance Motor with 2 Phase Excitation," Tran. on IA, Vol.35 No.5, pp1067-1075, 1999

저 자 소 개

문 재 원 (文 載 元)

1971년 6월 27일생. 1994년 경성대 전기공학과 졸업. 1996년 부산대 대학원 전기공학과 졸업(석사), 1999년 동 대학원 졸업(공박). 현재 대양전기 연구소 선임연구원

Tel : 051-260-3529, Fax : 051-260-3555

E-mail : jwmoon@daeyang.co.kr

오 석 규 (吳 錫 奎)

1967년 6월 2일생. 1991년 부산대 전기공학과 졸업. 1997년 동 대학원 전기공학과 졸업(공박). 1993-1994 현대중공업 근무, 1998년~현재 진주산업대 산업자동화공학과 조교수

Tel : 055-751-3385, Fax : 055-751-3389

E-mail : sgoh@chinju.ac.kr

안 진 우 (安 珍 雨)

1958년 5월 28일생. 1984년 부산대 전기공학과 졸업. 1992년 동 대학원 전기공학과 (공박), 1992년-현재 경성대학교 전기전자컴퓨터공학부 부교수

Tel : 051-620-4773, Fax : 051-624-5980

E-mail : jwahn@star.ks.ac.kr