

SRM의 직류여자 전류방식에 의한 진동, 소음의 저감 대책에 관한 연구

論 文

49B-1-1

Study on the Reduction Strategy of Vibration, Acoustic Noise of SRM by DC Excitation Commutation Method

黃煥文* · 鄭泰旭** · 吳錫奎*** · 秋榮培§

(Young-Moon Hwang · Tae-Uk Jung · Sug-Gyu Oh · Young-Bae Choo)

Abstract - Switched reluctance motor(SRM) has simple magnetic structure, and requires simple power electronic driving circuit. It is very useful for wide range adjustable speed drive system. But, SRM drive generates large vibration and acoustic noise because it is commutated individually by step pulse m.m.f of each phase pole. In the vibration and acoustic noise characteristics. The considerable vibration and noise is induced by radial deforming of stator, so the frequency of dominant vibration and noise is coincident with the frequency of natural mode frequency of mechanical structure. This radial vibration force is generated in the phase commutation region. This paper suggests the new electromagnetic structure of SRM with auxiliary commutation winding which is excited by direct current. This phase and commutation winding are coupled magnetically between one phase winding and the other. Therefore, the switch-off phase current is absorbed by the another phase winding. By this interaction of phase and commutation winding in commutation mechanism, vibration and noise is reduced. And this reduction effect is examined by the test of prototype machine. As a result, SRM with DC exciting commutation winding is very useful to reduce vibration and acoustic noise.

Key Words : SRM, Vibration, Acoustic Noise, DC Excitation Commutation

1. 서 론

스위치드 릴럭턴스 전동기(Switched reluctance motor, 이하 SRM이라고 함)는 회전자의 구조가 단순해서 관성이 작고 순시 토오크 특성이 우수하고 브러쉬리스형이므로 제어용 전동기로서 적합하며, 고효율 및 저온도상승 특성을 가지고 있다[1]. 또한 전자구조 및 스위칭 드라이브가 단순하여 제작면에서도 유리하다. 그러나 이러한 장점에도 불구하고 기존의 전동기에 비해 SRM 드라이브의 토오크 발생원리상 맥동 토오크 및 진동, 소음은 실용화에 제약을 주고 있어 상품화에 걸림돌이 되고 있다.

SRM의 주된 진동, 소음은 상권선 전류의 스위치-오프시에 급격한 방사방향의 가진력 변화에 의한 고정자 자극 및 프레임의 진동에 기인한다는 것은 몇몇 연구를 통해서 확인된 바 있다[2,3]. 이러한 진동을 저감하는 방법으로 Pollock은 스위치-오프시 발생하는 진동에 대해 위상차가 180° 인 진동을 단계적으로 일으켜 진동을 상쇄하는 2단계 전압제 방식을 제안하고 있다[3]. 이 제어방식은 전동기의 고유주파수를 정

확히 계산해야 하는 번거로움이 있고 전류소호가 지연됨에 따른 토오크 특성의 저하를 수반한다. 한편 Lipo 등은 전체 상권선에 부가적으로 감은 보조권선을 단락시켜 원활한 상간의 전류(commutation)작용을 시도하였으나 단락시의 전류소호 효과는 있어서 효율상승 효과를 갖지만 진동저감 효과는 없었다[4,5].

본 논문에서는 전류권선(commutation winding)을 부가한 SRM의 직류여자 전류방식을 제안하고 이에 의한 SRM의 진동, 소음의 저감방안을 제시하고자 한다.

전류권선은 기존의 집중권의 상권선에 추가로 각 고정자 자극에 바이필라 권선(bifilar winding)형태의 보조권선을 감고 이들을 직렬로 결선한 권선으로서, 전류구간에서만 기자력이 인가되므로 전류권선이라고 칭하기로 한다.

본 논문에서는 전류구간동안 추가된 전류권선에 직류형태의 기자력을 주입함으로써 기자력의 순시변동에 따른 고정자의 타원형 진동을 억제하는 운전방식을 제안하고 이에 대한 진동, 소음의 저감효과에 대해 고찰하고자 한다.

2. SRM의 진동, 소음 특성

2.1 SRM의 가진력 해석

SRM은 자기회로의 가변 릴럭턴스가 최소, 즉 가변 인덕턴스가 최대 되도록 하는 방향으로 회전자가 회전하려는 토오크에 의해 구동되는 전동기이다. 그러므로, 보통 고정자와 회전자는 돌극형 구조로 구성하여 최대 릴럭턴스와 최소 릴

* 正 會 員 : 釜山大 工大 教授 · 工博

** 正 會 員 : LG전자(주) 홈어플라이언스 事業本部 研究所
先任 研究員 · 工博

*** 正 會 員 : 晉州 産業大 産業 自動化工學科 專任 講師 · 工博

§ 正 會 員 : 巨濟大學 電氣科 助教授 · 工博

接受 日 字 : 1999年 5月 27日

最終 完了 : 1999年 11月 26日

력턴스의 비를 크도록 설계한다.

SRM의 고정자 자극과 회전자 자극간의 상대 위치에 따른 전자력의 발생과정을 살펴보면 그림 1과 같다.

여자된 두 자극 간의 전자력 F 는 회전토크 성분으로 작용하는 회전자 표면의 접선방향 성분의 전자력(tangential force)와 고정자 상의 F_r 자기흡인력으로 작용하는 방사방향의 전자력(radial force) F_r 로 구분할 수 있다. 이러한 각 방향의 전자력 중에서 방사방향 전자력의 변화는 고정자 프레임의 변형과 진동을 야기시켜 진동과 소음 발생의 주원인이 되고 있다. 그림 1에서는 전자력의 회전자의 위치각에 따른 변화를 도식적으로 보여 주고 있다.

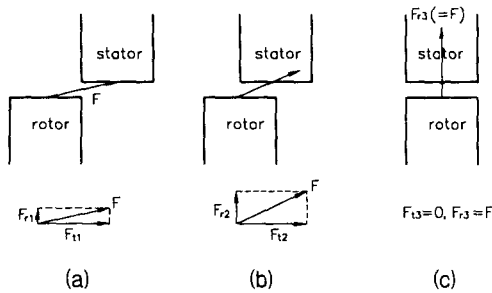


그림 1 회전자 위치에 따른 전자력의 벡터도

Fig. 1 Vector diagram of electromagnetic force according to rotor position

그림 1의 (a)는 고정자극과 회전자극이 중첩되기 시작하는 위치로 접선방향의 힘이 대부분이므로 거의 모든 전자력이 회전 토크로 작용하게 된다. 이때 고정자에 권선된 여자 권선의 인덕턴스는 최소로 되는 위치이므로 여자전압을 인가하여 충분한 여자전류를 흐르게 하여 기자력을 확립한다. 이때 방사방향의 전자력은 거의 발생하지 않는다.

그림 1의 (b)위치는 두 자극이 절반 정도 중첩된 경우로 접선방향의 힘 F_t 는 감소하는 반면 방사방향의 힘 F_r 이 증가하게 된다. 그림 1의 (c)는 두 자극이 완전히 중첩된 경우로서 회전방향의 토크는 없고 모든 전자력이 방사방향의 흡인력으로 작용한다. 보통 SRM의 운전시 이 위치 부근에서 상스위치를 턴-오프하여 상전류를 소호시켜 전자력을 제거한다.

기자력의 급격한 변화는 상전류의 확립과 소호시에 일어난다. 그림 1에서 설명한 바와 같이, 특히 기자력의 소호구간은 두 자극이 중첩된 최소 토크턴스 위치부근으로서 방사방향 흡인력이 가장 큰 구간이다. 이 때 기자력이 급격히 소호된다면 이에 의한 방사방향 힘의 급격한 감소에 의해 고정자 상과 프레임이 변형되면서 탄성진동이 발생한다.

2.2 고유 진동모드 해석

진동특성은 전동기의 기계적 설계구조와 재료의 강성 등 물성치 등에 따라 변화하며, 보통 고유적으로 일어나기 쉬운 진동모드를 고유모드(natural mode)라고 한다. 또한, 이러한 고유모드가 발생되는 주파수를 고유주파수(natural frequency)

라고 한다.

이러한 고유모드에 대한 가진원의 크기 및 영향도와 고유주파수에 대한 가진주파수와의 관계특성은 기구적 진동에 직접적인 영향을 미친다. 또한, 진동에 의해 발생된 에너지는 음향에너지로 변환되면서 소음이 발생하게 된다.

SRM의 진동 발생은 주로 방사방향 기자력의 변화에 의한 고정자의 변형에 의해 발생한다[2,6~8]. 고정자의 진동은 고유진동모드에 의해 발생되며 각 모드의 고유주파수는 재료의 강성(stiffness), 중량과 형상에 의해 좌우된다. 본 논문에서 적용된 시작기의 고정자의 설계구조는 그림 2와 같다.

그림 3의 모델링 결과에서, 고정자의 돌극형 구조로 인해

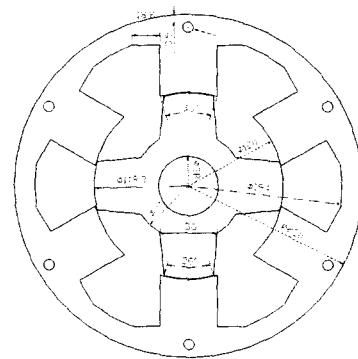


그림 2 시작기의 설계구조도

Fig. 2 Design scheme of prototype machine

그림 2와 같이 설계된 시작전동기의 고유모드를 모델링함에 있어서, 경계조건은 시작기의 고정자 철심이 100°의 각도의 2개의 암(arm)을 가진 프레임에 구속되어 있으므로 2점 구속조건을 주었다. 시작기의 고유모드 모델링 결과는 그림 3과 같다.

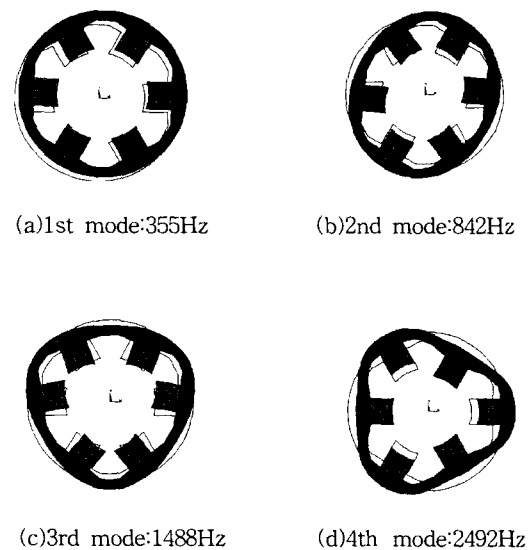


그림 3 시작기의 고유모드 모델링

Fig. 3 The natural mode modeling of prototype

그림 3의 모델링에서, 고정자의 돌극형 구조로 인해 제철 부분의 기구적 강도가 취약함에 의한 변형이 주된 고유모드로 작용함을 알 수 있다

그러나, 위의 모델링은 고정자의 철심부분만을 고려한 경우이며, 권선을 감고 고정자 외주에 프레임이 조립할 경우에는 주파수 특성이 변화할 것이다. 일반적으로 고유모드 해석은 시뮬레이션에 의해 고유모드 형상과 고유주파수를 모델링하고, 실제의 대상물의 임펄스 충격시험에 의해 모델링한 주파수 분석 결과와 비교분석하여 정확한 고유모드와 고유주파수를 예측하고 있다.

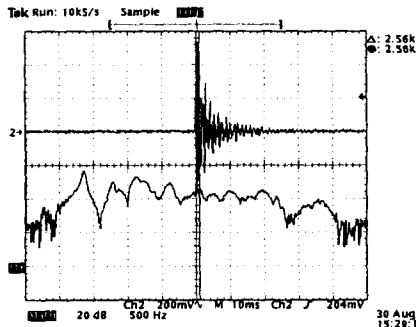


그림 4 임펄스 충격시 고정자의 고유주파수
Fig. 4 Natural frequency of stator by impulse impact

조립된 시작기에 임펄스 충격을 인가시 측정된 고유주파수는 그림 4와 같다. 진동 가속도 파형 중 진동치가 높아져 산을 이루는 주파수가 있으며 이것이 고유주파수를 나타낸다. 360(1차), 900(2차), 1488(3차)Hz 등에서 각 차수의 고유모드가 형성됨을 알 수 있으며 이 주파수는 그림 3의 모델링 결과의 (a),(b),(c)와 비슷한 주파수 대역이다. 특히, 이 중에서 그림 4의 (b)와 같이 타원형으로 변형, 진동하는 2번째 고유모드가 900Hz 대역에서 선명함을 확인할 수 있다.

2.3 운전시의 진동특성

일반적으로 실용화되고 있는 3상 6/4 SRM 및 4상 8/6 SRM에서의 실제 운전시 발생하는 진동특성을 살펴보면 다음과 같다. 그림 5는 3상의 6/4 SRM에서 A상 고정자 프레임의 상면에서 측정한 진동특성을 보여주고 있다. (g는 중력가속도 9.8m/s²임) 그림 5에서 보는 바와 같이 상전류의 소호시 가장 큰 진동이 발생하며, 또한 B상 및 C상의 상전류 소호시 발생한 진동도 중첩됨을 알 수 있다. 그림 5의 진동가속도를 주파수 분석한 결과를 그림 6에 나타내었다.

그림 6의 주파수 분석결과와 같이 2차 고유모드에 해당하는 850~950Hz에서 가장 큰 진동이 발생함을 알 수 있다. 또한, 회전주파수를 변경한 경우에도 주된 진동은 동일한 주파수 대역에서 발생함을 알 수 있었다. 즉, 스위칭 주파수와 회전주파수와 관계된 가전주파수보다는 2차 고유모드의 진동특성에 의해 많은 영향을 받음을 알 수 있다.

그러므로, 그림 1의 (c)와 그림 5에서와 같이 상전류 소호시 발생하는 방사방향 전자력의 급격한 감소에 의해 고정자가 2차 고유모드인 타원형으로 변형되면서 탄성진동함에 의해 주된 진동이 발생하게 된다. 또한, 이렇게 발생한 진동은 다시 소음으로 변환될 것이다.

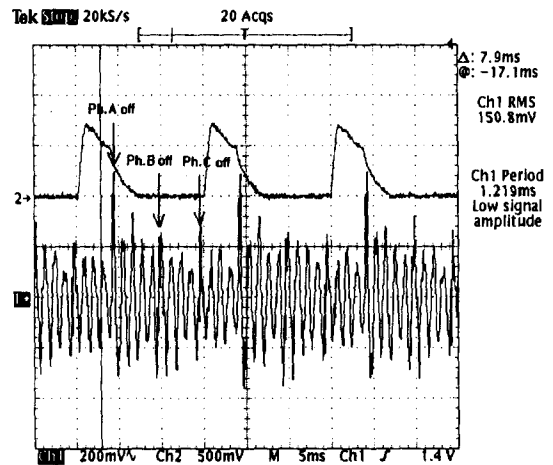


그림 5 운전시 고정자 프레임의 진동 특성
(위:상전류(6.25A/V), 아래:진동가속도(99.5mV/g))
Fig. 5 Vibration characteristics of stator frame when SRM is driving (top:phase current(6.25A/V), low:vibration acceleration(99.5mV/g))

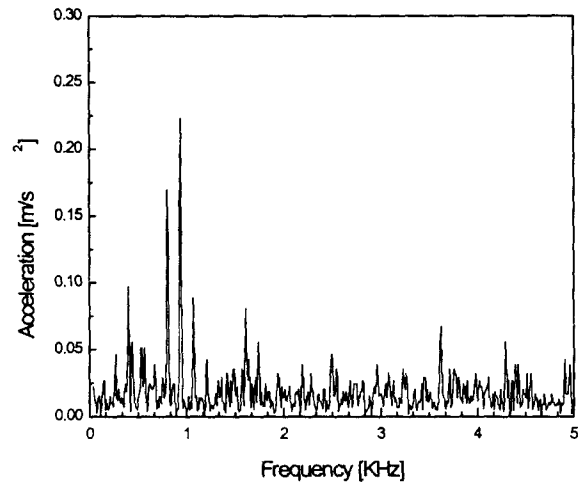


그림 6 진동가속도의 주파수 분석
Fig. 6 Frequency analysis of vibration acceleration

2.4 진동·소음의 억제 대책

위의 해석결과에서 SRM의 진동은 고정자 자극의 방사방향 전자력의 순시변동에 크게 영향을 받음을 알 수 있으며, 이런 순시변동은 전류구간에서 발생하게 된다.

그러므로, SRM의 진동, 소음을 저감시키기 위해서는 전류구간에서의 상전류 소호시의 고정자 프레임에 작용하는 전자력의 순시변동을 억제하는 것이 요구된다. 즉, 상전류의 소호시 발생하는 방사방향 힘의 급격한 순시 감소를 완화시킬 수 있는 전류 및 토오크 발생 메커니즘이 필요하다.

본 논문에서는 고정자 상권선과 자기적으로 결합된 전류권선을 활용함으로써 상전류의 소호시의 급격한 방사방향 전자력의 순시변화를 억제하여 진동, 소음을 저감하고자 한다.

3. 직류여자 전류방식에 의한 진동, 소음의 저감

3.1 전류권선을 갖는 SRM의 전자구조

기본적인 SRM에서의 각 고정자 상의 집중권과 함께 각 자극에 동일 방향으로 보조권선을 감고 이들을 직렬로 연결하는 그림 7과 같은 전자구조로 조정 설계하였다.

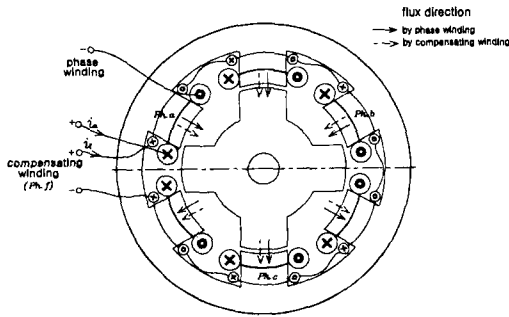


그림 7 콤퓨테이션 권선을 갖는 SRM의 전자구조

Fig. 7 Electromagnetic structure of SRM with commutation winding.

부가된 전류권선은 각 상권선과 자기적으로 결합되어 있으므로 고정자 상과 전류권선의 자속변화는 상호 직접적인 영향을 주게 된다.

전류권선형 SRM의 이상적인 인덕턴스 프로파일과 토크발생 메커니즘을 그림 8에서 보여주고 있다.

그림 8의 전류권선의 자기인덕턴스 L_f 는 식(1)과 같다.

$$L_f(\theta) = \sum_{j=a,b,c} N_f^2 \frac{\mu_0 \chi(\theta) D_r l_s}{2g} \quad (1)$$

여기서, γ 는 고정자의 a, b, c상에 대한 회전자의 중첩각으로서 6/4 SRM인 경우는 항상 전체 고정자 상에 2개의 회전자 자극이 중첩된다.

만일 전류권선의 자기인덕턴스가 회전자 위치에 따라 변화하면 전류권선의 전류 i_f 와 자기인덕턴스 L_f 의 변화에 의해 토크가 발생하는데, 이것은 BLDC 전동기의 코깅토크(cogging torque)와 같이 역토크가 발생 구간이 존재해서 효율측면이나 토크리플과 진동, 소음 측면의 동특성 저하를 초래하게 된다. 이러한 전류권선의 자기인덕턴스의 변화를 없애기 위해서는 전체 고정자 자극에 중첩되는 회전자의 극호각이 항상 일정해야 한다. 극호각 설계시 고정자나 회전자가 $[360^\circ / (\text{고정자 상수} \times \text{회전자 자극수})]$ 의 극호각을 가지도록 설계하면 이러한 조건을 만족시킬 수 있다.

이 때, 고정자 a상의 자속쇄교수 λ_a 와 전류권선에 의한 f상의 자속쇄교수 λ_f 를 예를 들면 식(2), (3)과 같다.

$$\lambda_a(\theta) = L_a(\theta) i_a(\theta) + M(\theta) i_f(\theta) \quad (2)$$

$$\lambda_f(\theta) = L_f(\theta) i_f(\theta) + M(\theta) [i_a(\theta) + i_b(\theta) + i_c(\theta)] \quad (3)$$

여기서, i_a 는 a상 권선전류, i_f 는 전류권선의 전류를 나타낸다.

식(2)와 식(3)에 의해 각 상의 전압방정식은 그림 7의 각 상의 전류방향을 기준으로 하여 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$V = R_a i_a + \frac{d\lambda_a}{dt} = R_a i_a + L_a \frac{di_a}{dt} + i_a \frac{dL_a}{dt} + M_{af} \frac{di_f}{dt} + i_f \frac{dM_{af}}{dt} \quad (4)$$

$$V_f = R_f i_f + \frac{d\lambda_f}{dt} = R_f i_f + L_f \frac{di_f}{dt} + i_f \frac{dL_f}{dt} + M \frac{d(i_a + i_b + i_c)}{dt} + \frac{dM}{dt} (i_a + i_b + i_c) \quad (5)$$

회전토크는 그림 8과 같은 구동원리에 의해 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$T = \frac{1}{2} i_a^2 \frac{dL_a}{d\theta} + i_a i_f \frac{dM_{af}}{d\theta} \quad (6)$$

식(6)에서 우변의 첫번째 항은 기존 SRM에서 발생하는 상인덕턴스의 변화와 상전류에 의한 토크이며, 두번째 항은 전류권선의 전류 i_f 와 상호인덕턴스의 변화에 의한 토크를 나타낸다.

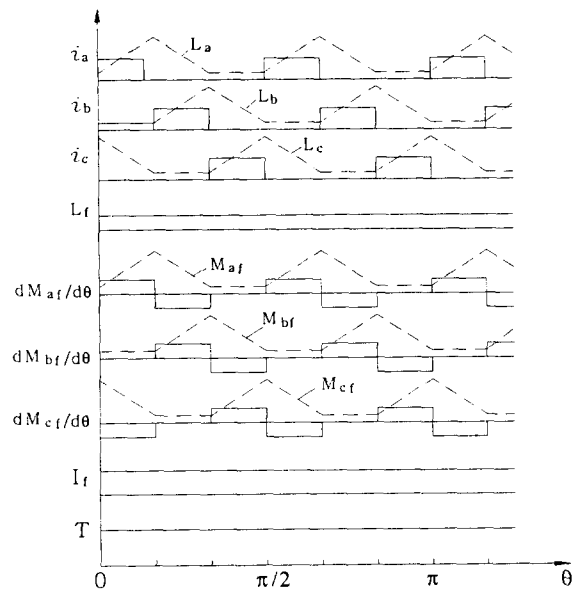


그림 8 전류권선형 SRM의 이상적인 인덕턴스 프로파일

Fig. 8 Ideal inductance profiles of SRM with compensating winding

전류권선형 SRM에서 고정자 상권선에 전류가 인가되어 자속이 발생할 때 상호인덕턴스도 그림 8과 같이 상인덕턴스와 동일한 방향으로 증가, 감소하게 된다. 그러므로, 상인덕턴스와 상호인덕턴스에 의한 토크가 모두 정방향이 되기 위해서는 각 상의 전류와 전류권선의 전류가 그림 7과 8에 표기된 방향과 일치해야 한다.

또한, 진동, 소음의 주된 발생원인인 전자력도 상권선과 전류권선 양측에서 발생하며 동일 방향으로 작용하게 된다. 그러므로, 상전류의 소호시 발생하는 방사방향 전자력의 급격한 감소도 전류권선에서 발생하는 전자력에 의해 완충시킬 수 있어 진동, 소음을 저감시킬 수 있다.

2) 전류구간에서는 상전류를 소호시킴과 동시에 전류권선에 직류 여자 전압을 인가한다. 이 때, 그림 7의 전자기적 결합구조와 식(4)와 (5)에서와 같은 전자기적 결합구조에 의해서, 그림 10의 (b)의 상권선 양단의 전압파형에서 볼 수 있는 전류권선에 의한 유기전압에 의해 상전류는 일시적으로 프리휠링되지 못한다.

3) 이 때, 전류권선의 직류 기자력에 의해 모든 고정자극에 전자력이 인가되면서 모든 회전자와 고정자간의 인력이 발생한다. 그러므로, 기존의 운전방식에서의 상전류가 소호되는 고정자극만의 방사방향 전자력의 순시 변동에 의한 타원형의 2차 고유진동을 억제할 수 있다.

4) 일정 각도 동안 전류권선에 기자력을 인가하고 난 뒤, 스위치 S_{cw} 를 턴-오프하여 기자력을 제거한다. 그러면, 다시 상권선 양단에는 직류링크전압 크기만큼의 역전압인 $-V_{dc}$ 가 인가되면서 상전류가 프리휠링 루프를 통해 전원단으로 회수된다.

이 때는 상전류가 어느 정도 감소한 시점이기 때문에 단일 고정자 상에 작용하는 전자력도 감소해서, 기존 운전방식의 소호시작점보다 가진력이 저감된다.

4) 토오크 발생 측면에서, 상인덕턴스와 상호인덕턴스의 증가구간에서만 상전류와 직류 여자전류가 정토오크 방향으로 인가되도록 제어함으로써 부토오크는 발생하지 않는다.

진동, 소음의 특성측면에서도 그림 10의 (c)에서와 같이 기존의 운전방식에 비해 제안된 직류 여자 전류방식에서는 상스위치의 턴-오프시점과 전체 통전구간 동안의 진동이 현격히 저감되며 이에 의해 소음 또한 대폭 저감되었다.

그러므로, 제안된 전류권선을 부가한 직류 여자 전류방식은 진동, 소음 저감 측면에서 매우 유용함을 알 수 있다.

4.2 직류 여자전압의 조정에 따른 진동, 소음 특성

진동, 소음 측면에서 적정한 직류 여자전압을 도출하기 위

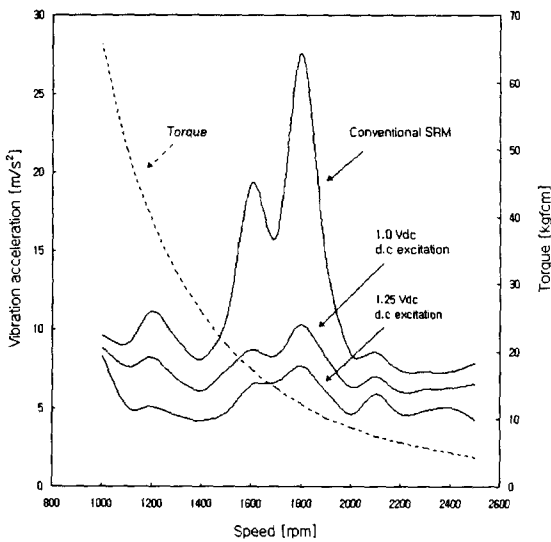


그림 11 직류 여자전압에 따른 진동-회전속도 특성
Fig. 11 Vibration-speed according to DC excitation voltage

해 실험을 행하였으며, 그 결과로서 그림 11과 12에서 진동과 소음특성을 운전속도에 따라 측정, 비교한 결과를 보여주고 있다.

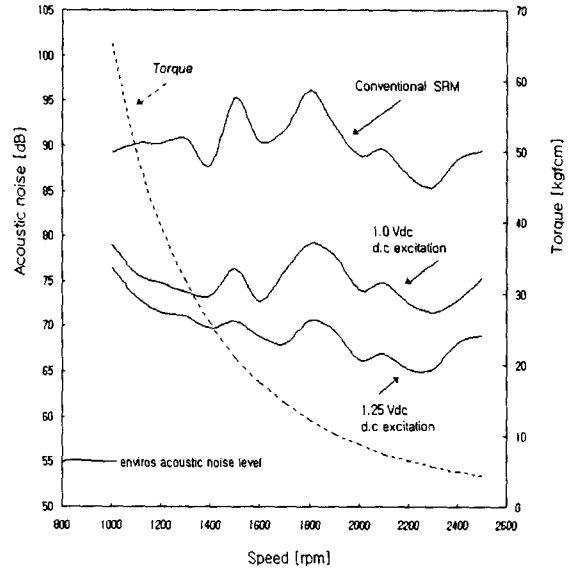


그림 12 직류 여자전압에 따른 소음-회전속도 특성
Fig. 12 Noise-speed according to DC excitation voltages

위의 실험적 해석 결과를 정리하면 다음과 같다.

1) SRM의 속도-토오크 특성은 그림 11과 같이 직류 여자 전동기의 특성을 가진다. 부하 토오크가 증가하면 인가되는 기자력이 커져서 소호시 가진력이 커지며, 물론 동일 속도에서 부하토오크가 커질수록 진동과 소음이 증가한다.

그러나, SRM을 정출력 영역에서 운전할 때는 그림 11, 12와 같이 저속도 영역으로 이동하여도 진동과 소음은 그다지 증가하지 않는다. 즉, 진동과 소음은 부하토오크만의 영향보다는 전동기의 출력과 가진주파수에 대한 고정자 프레임의 고유모드의 관계특성에 더욱 큰 영향을 받는 것으로 해석된다.

2) 6/4 SRM에서 전체 상스위치의 스위칭 주파수는 회전 주파수의 12배(상수×회전자극수)가 되며, 한 상의 스위칭 주파수는 회전주파수의 4배(회전자극수)가 된다. 그러므로, 1800rpm인 경우에는 모든 상의 스위칭 주파수가 360Hz로서 전체 진동모드인 1차 고유모드의 주파수와 거의 비슷해 시스템 공진이 발생한다. 또한, 한 상의 스위칭 주파수가 120Hz로서 2차 고유주파수가 이의 7배수차가 되므로 2차 고유진동모드 또한 많이 발생하게 되어 매우 큰 진동과 소음이 수반되는 것으로 해석된다.

3) 전류권선을 부가한 직류 여자 전류방식을 적용한 결과, 전 속도영역에서의 진동이 저감되었다.

즉, 전류구간에서의 전류권선에 의해 상권선의 스위치-오프 시점의 방사방향 가진력의 변화를 완화시킴과 동시에 고정자 프레임의 방사상 타원형 변형을 억제함에 의해 진동이 저감됨을 확인할 수 있었다.

4) 직류 여자 전류방식에 의해 진동이 저감됨에 따라 소음 또한 그림 12와 같이 현격히 저감되었다. 또한, 측정수치뿐만 아니라 사람이 느끼는 감성소음 측면에서도 음색이 상당히

부드러워져서, 기존의 운전방식에서 발생하는 고정자 프레임의 충격이 가해지는 듯한 “쿵쿵”거리듯한 소음이 상당 부분 저감되었음을 느낄수 있었다.

5) 직류 여자전압에 따른 진동, 소음의 저감효과를 실험적으로 확인한 결과, 직류 여자전압이 1.0V_{dc}인 경우보다 1.25V_{dc}로 증가한 경우에 진동, 소음이 더욱 저감되었다. 이는 상권선에서의 기자력 변화에 따른 가진력을 상쇄시키는 전류권선의 기자력이 커짐에 따른 결과로 해석된다. 그러므로, 진동, 소음의 저감효과를 극대화하기 위해서는 기존 운전점의 기자력 변화폭에 따른 적정 직류 여자전압의 설정이 요구된다.

이 때, 전류권선에 인가되는 직류 여자전압이 상권선에 인가되는 직류링크 전압보다 승압시키기는 경우에는 그림 9의 C₂와 같은 전압분배용 커패시터가 추가되고 상권선의 스위칭 제어시 전원전압의 활용폭이 감소된다. 그러므로, 진동, 소음의 저감효과와 이러한 시스템의 경제성 및 활용성의 절충이 필요하다.

6) 전류권선을 활용한 직류여자 전류방식에서는 전류권선 때문에 상권선의 도체단면적이 감소하여 동손이 증가하고 부가적인 직류 여자전류로 인한 스위칭 손실 및 에너지순환손실이 증가함에 따라 운전효율이 2~3%정도 저하되었다.

4.3 진동, 소음의 저감대책에 대한 고찰

본 연구 과정에서 고찰한 바,

1) SRM의 진동, 소음을 억제하기 위해서는 전류구간에서의 고정자프레임의 타원형 변형 및 진동을 억제하기 위한 전자구조 또는 전류방식이 필요하다. 이를 위해 본 논문에서는 전류권선을 부가한 직류여자 전류방식을 제안하고 이에 의한 저감효과를 검증하였다.

2) 기구적인 설계 관점에서는 고정자의 타원형 변형을 억제하기 위해 고정자 게철부분을 두껍게 설계하여 강도를 증가시키는 것이 바람직하다. 이런 측면에서 고정자 철심을 원형보다는 사각형으로 설계하는 것이 유리하다. 또한, 기구적인 구조의 설계변경에 의해 주 운전구간에서의 공진을 회피하기 위해 공진주파수를 주 운전속도점의 스위칭 주파수와 무관하도록 설계하는 것이 필요하다.

5. 결 론

본 논문에서는 SRM 드라이브의 진동, 소음의 주원인으로 주목되는 고정자 상의 전류구간에서의 기자력 및 전자력의 급격한 순시 변동을 억제하기 위해 전류권선을 부가한 직류 여자 전류방식의 SRM을 제안하였다.

제안된 직류여자 전류방식에서는 전류구간에 발생하는 기자력의 순시 변동을 억제하기 위해 전류권선에 직류 여자기자력을 인가하여 이를 보상하고 고정자 프레임의 방사상 타원형 변형을 억제함으로써 진동과 소음을 저감시킬 수 있었다.

이에 대한 실험적 해석 결과 전속도 영역에서 진동과 소음이 크게 저감되었음을 확인할 수 있었다.

본 연구는 SRM 드라이브의 실용화에 장애물이 되고 있는

고진동, 고소음의 단점을 극복할 수 있는 하나의 기술방편으로 사료된다.

본 연구는 한국전력공사의 지원에 의하여 기초전력 공학공동연구소 주관으로 수행되었음

참 고 문 헌

- [1] H. Moghbelli, G. E. Adams and R. G. Hoft, "Performance of 10-Hp Switched Reluctance Motor and Comparison with Induction Motors", IEEE Trans. on IA, Vol. 27, No. 3, pp. 531-538, 1991.
- [2] D. E. Cameron, J. H. Lang and Stephen D. Umans, "The Origin and Reduction of Acoustic Noise in Doubly Salient Variable Reluctance Motors", IEEE Trans. on IA, Vol. 28, No. 6, pp. 1250-1255, 1992.
- [3] C. Y. Wu and C. Pollock, "Analysis and Reduction of Vibration and Acoustic Noise in the Switched Reluctance Drive", IEEE Trans. on IA, Vol. 31, No. 1, pp. 91-98, 1995.
- [4] T. A. Lipo, F. Liang and T. Liao, "A New Variable Reluctance Motor Utilizing an Auxiliary Commutation Winding", IEEE Trans. on IA, Vol. 30, No. 2, pp. 423-432, 1994.
- [5] Yue. Li, Jerry D. Lloyd and Gary E. Horst, "Switched Reluctance Motor with DC Assisted Excitation", U.S patent© Emerson Electric Co. 1996.
- [6] R. S. Colly, F. Mottier and T. J. E. Miller, "Vibration Modes and Acoustic Noise in 4-Phase Switched Reluctance Motor", IEEE IAS Annual Meeting, Orlando, Florida, Vol. 1, pp. 441-447, 1995.
- [7] Yifan Tang, "Characterization, Numerical Analysis and Design of Switched Reluctance Motor for Improved Material Productivity and Reduced Noise", IEEE IAS Annual Meeting, Orlando, Florida, Vol. 1, pp. 715-722, 1995.
- [8] C. Y. Wu and C. Pollock, "Time domain analysis of vibration and acoustic noise in switched reluctance drive", IEEE Trans. on IA. Vol. 31, No. 1, pp. 91-98, 1995.

저 자 소 개



황 영 문(黃 煥 文)

1934년 4월 13일생. 1957년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1959년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1972년 동 대학원 전기공학과 졸업(공박). 1991년~1992년 당학회 회장 역임. 현재 부산대 공대 전기공학과 명예교수.

Tel : 051-510-2366

E-mail : ymhwang1@hyowon.cc.pusan.ac.kr



오 석 규(吳 錫 奎)

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

Tel : 0591-751-3385

E-mail : sgoh@cjcc.chinju.ac.kr



정 태 옥(鄭 泰 旭)

1970년 5월 16일생. 1993년 부산대 공대 전기공학과 졸업. 1995년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1999년 동 대학원 전기공학과 졸업(공박). 1996~현재 LG전자 홈어플라이언스 사업본부 연구소 선임연구원.

Tel : 0551-260-3831

E-mail : tujung@changwon.lge.co.kr



추 영 배(秋 榮 培)

1955년 6월 23일생. 1982년 부산대 공대 전기기계공학과 졸업. 1984년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년 동 대학원 전기공학과 졸업(공박). 현재 거제대학 전기과 조교수.

Tel : 0558-680-1606

E-mail : ybchoo@mail.koje.ac.kr