

2 단계 소호전압방식을 적용한 보상권선형 SRM의
진동·소음특성

이종근*, 정태욱**, 안영주***, 황영문*
*부산대학교 전기공학과, **LG전자, ***부경대학교 제어계측공학과

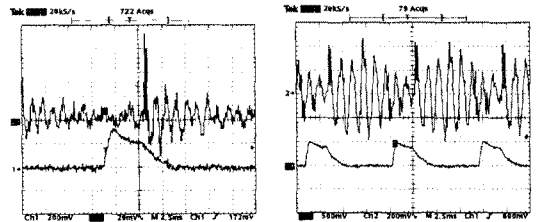
Vibration and Acoustic Noise characteristic on SRM with compensating winding
that two stage commutation is used at commutation action

Jong-Gun Lee*, Tae-Uk Jung**, Young-Joo An***, Young-Moon Hwang*
*Pusan National University, **LG Electronics, ***Pukyong National University

Abstract - SRM Drives generate large vibration and acoustic noise because it is rotated by step pulse mmf and switching commutation mechanism. The main vibration source of SRM Drive is generated by rapidly variation of radial force when phase winding current is extinguished for commutation action. So the rapidly variation of radial force is repressed firstly to reduce vibrating force of SRM Drive. This paper suggests the vibration reduction method that SRM Drive with unidirect-short compensation winding is excited by a two stage commutation method at commutation period. This reduction effect of vibration is verified with the result obtained in the test of prototype machine.

도센서를 통하여 측정 한 파형을 그림 1에서 보여주고 있다.

그림 1은 단상으로 구동한 경우와 3상으로 구동하는 경우로 모든 진동은 상 스위치-오프시에 크게 발생하며 점차 감소하는 특성을 갖고 있음을 알 수 있다.



(a) A상만으로 구동한 경우 (b) 3상으로 구동한 경우
그림 1. A상이 위치한 고정자 프레임의 진동

1. 서론

스위치드 릴럭턴스 모터(Switched Reluctance Motor, 이하 SRM이라고 함)는 가변 릴럭턴스 토오크로 구동되는 전동기로 전자기적 구조가 간단 견고하며, 고효율, 고토크/관성비, 넓은 범위의 가변속 운전 등의 장점을 가지고 있다[1]. 하지만 기존의 전동기에 비해 큰 토오크맥동과 큰 진동, 소음의 발생은 실제 전동기응용에 있어 많은 제약을 주고 있으며 상품화에 걸림돌이 되고 있다.

진동의 주원인은 상 스위치-오프시의 급격한 방사방향의 전자력변화에 기인하며, 이러한 변화를 완화시킴으로써 진동을 저감시킬 수 있다[2]~[5].

본 논문에서는 기존의 SRM에 상권선과 동일한 자속이 발생하도록 보상권선(compensating winding)을 감아 전자구조를 조정한 보상권선형 SRM(이하 SRMCW라 칭함)에 콤퓨테이션 기간동안 일정기간 상권선에 영전압을 확립시키는 2 단계 소호전압방식을 적용하여 진동의 주원인인 급격한 방사방향의 전자력변화를 완화하여 진동을 저감하는 방법을 제안하고, 이 방법이 기존의 방식에 비해 저진동, 저소음, 고효율 특성을 가짐을 실험적으로 입증하고자한다.

2. SRMCW의 특성

2.1 SRM드라이브의 진동특성의 실험적 해석

SRM드라이브에서 발생하는 진동은 발생전자력이 토오크 성분으로 작용하는 회전자 표면의 접선방향성분의 전자력뿐만 아니라 회전자와 고정자의 상호인력으로 작용하는 방사방향의 전자력 성분이 포함되어 있음에 기인한다. 회전자와 고정자가 접할수록 방사방향의 전자력 성분은 증가하고 상전류소호는 이러한 위치에서 행하므로 이때 고정자 프레임은 급격한 방사방향의 전자력 변화를 겪게되고 수축 팽창하는 타원형의 탄성진동을 하게되어 큰 진동·소음이 발생한다.

이러한 원인에 의하여 발생하는 SRM의 진동을 가속

이것은 스위치-오프시에 방사방향의 전자력성분이 크게 작용하며 또한 갑자기 제거됨에 따라 그림 2와 같이 고정자 프레임이 큰 수축팽창의 탄성진동을 하게되며 이에 의해 큰 진동·소음이 발생한다고 볼 수 있다. 이러한 급격한 전자력의 변화를 완화하므로써 진동을 저감시킬 수 있다.

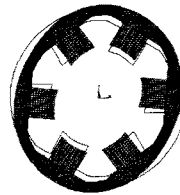


그림 2. 시작기의 2차고유모드 모델링

본 논문에서 SRM드라이브의 주 진동원인인 급격한 방사방향의 전자력변화를 완화하기 위하여 SRMCW에 2 단계 소호전압제어를 행하였다.

2.2 SRMCW의 동작특성

SRMCW는 기본적인 SRM의 전자구조인 집중권의 상권선과 함께 고정자 자극에 동일방향의 보조권선을 감고 이를 고정자의 자극을 대칭적으로 양극 분할하도록 직렬로 연결하는 전자구조로 조정, 설계하였으며 구조는 그림 3과 같다. 보상권선의 권선방향과 전류방향은 상권선의 경우와 동일하게 하여 상권선과 보상권선에 의해 발생하는 자속방향이 동일 자극에서는 서로 일치하도록 구성하였으며 보상권선은 상권선과 자기적으로 결합되어 있으므로 상간 콤퓨테이션시 상권선의 자속쇄교수가 변화하면 이에 의해 전압이 유기되어 상권선에 축적된 자

을 알 수 있다. 기존방식의 경우 속도에 따라 진동이 요동(oscillation)하고 있음을 알 수 있는데 이것은 스위칭주파수와 공진주파수가 일치하며 진동이 증폭되고 반하면 진동이 저감되기 때문이다.

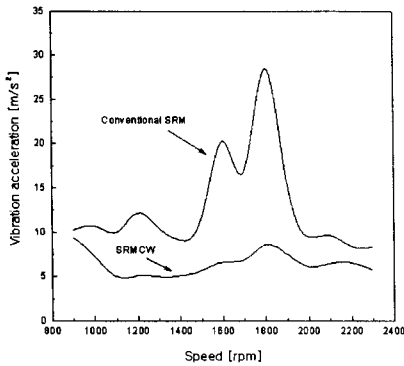
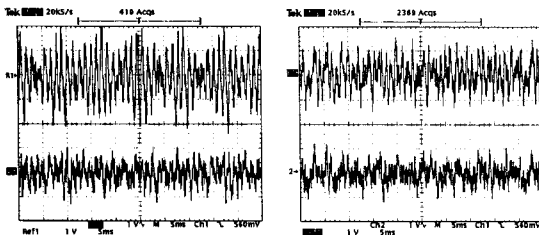


그림 7. 속도에 따른 진동특성

그림 8은 기존방식에서 진동이 최대로 발생하는 속도 [1800rpm]와 최소로 발생하는 속도[1400rpm]에서 측정된 소음파형을 보여주고 있으며 두 속도 모두에서 소음이 상당히 저감되었음을 알 수 있다.



(a) 최대진동일때의 소음 (b) 최소진동일때의 소음

그림 8. 최대·최소진동 발생때의 소음파형(100dB/div) (각 파형의 위: 기존방식, 아래: SRMCW)

그림 9는 속도에 따른 소음의 평균치를 보여주고 있으며 전체적으로 소음 역시 상당히 저감되었음을 알 수 있고 특히 공진이 발생하는 속도인 1800[rpm]에서는 10[dB]이상의 저감효과를 보이고 있다.

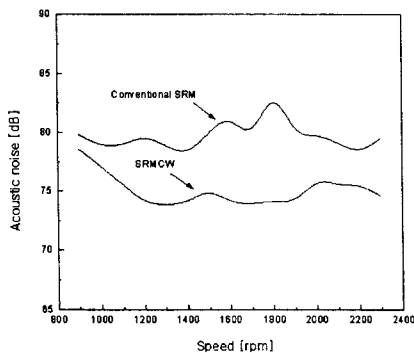


그림 9. 속도에 따른 소음평균치

그림 10은 입력을 130[Vdc]로 일정하게 유지하고 부하를 가변한 경우에 기존방식과 제안된 방식의 속도에 따른 효율을 보여주고 있다.

기존의 방식에 비하여 2 단계 소호전압방식을 적용한 SRMCW의 효율이 전체적으로 높음을 알 수 있다.

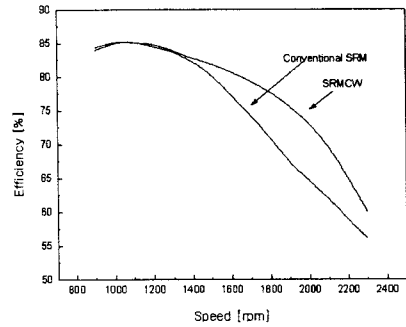


그림 10. 속도에 따른 효율특성

이는 보상권선을 사용하므로 서 상권선 전류를 빨리 소호시킬 수 있고 상권선에 저장된 에너지를 보상권선을 통하여 다음 상에 전달하므로 에너지 활용을 높일 수 있었기 때문이며 특히 이러한 효과는 고속영역에서 두드러지게 나타나고 있다.

4. 결 론

SRM은 여러 가지 장점으로 인하여 그 적용범위를 넓혀 가고 있으나 다른 전동기보다 큰 토크 맥동과 진동·소음은 정밀제어 및 가정용 전자제품으로의 활용범위를 넓히는데 있어 큰 걸림돌이 되고 있다.

본 논문에서는 SRM드라이브의 주된 진동원인인 급격한 방사방향의 전자력변화를 완화하기 위하여 SRMCW에 2 단계 소호전압방식을 적용하였으며 제안된 방법이 진동·소음저감에 효과가 있음을 실험을 통하여 확인하였고 이때의 동작과정을 해석하였다. 기존의 방식에 비해 본 논문에서 제안한 방식이 저진동, 저소음, 고효율의 특성을 가짐을 확인할 수 있었으며 2 단계 소호전압방식을 적용한 SRMCW가 진동저감방법으로 적합함을 입증할 수 있었다.

(참 고 문 헌)

- [1] H.Mbelli, 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] 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.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 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.