

SRM구동을 위한 적정여자전압 고정스위칭각 제어방식

論 文

45~1~8

Proper Excitation Voltage and Fixed Switching Angle Control Scheme for SRM Drive

安永珠*·安珍雨**·趙哲濟***·黃煥文§
(Young-Joo An · Jin-Woo Ahn · Cheol-Je Joe · Young-Moon Hwang)

Abstract - As the current shape of SRM is of pulse type and changed by the motor parameters and drive conditions, the influences on the drive efficiency by control method are more than other types of motors. In this paper, a proper excitation condition to drive a SRM with high efficiency is proposed and tested. It is derived from the conditions that the phase current of a SRM is to be flat-topped at various drive. The saturation effect of magnetic circuit is accounted for more accurate analysis. Experimental tests are executed to verify the proposed excitation method. This drive system is easy to commutate and also advantageous in reducing torque ripple.

Key Words : SRM, Proper Excitation Voltage, Fixed Switching Angle Control, Flat-topped Current, Magnetic Saturation, High Efficiency

1. 서 론

Switched Reluctance Motor(이하 SRM)는 이중 돌극(double salient pole)을 갖는 자기적 구조에 고정자에만 집중권선을 가진 간단한 전기-기계 에너지 변환기구로서, 적절한 펄스전원을 인가하여 브러시리스 전류작용(brushless commutation action)을 하며 가변 토오크-속도특성을 갖는 전동기구이다.[1] 최근에 전력용 스위칭 반도체의 실용화 개발과 각종 전력전자기술의 발전으로 경제성있는 전력변환장치가 개발되면서 이러한 전동기구가 새로이 각광받게 되었다.[2,3] SRM은 구조적으로 견고성, 경제성, 내환경성 및 고속운전 등의 장점을 가지고 있으나 스위칭 여자특성에 따른 가변변수가 많아 안정한 동작특성을 갖기 어려운 점이 있다.

본 논문은 SRM의 가변속 운전에서 넓은 속도 범위에 걸쳐 고효율로 운전하기 위한 전동기의 운전조건인 평탄 상전류를 얻기 위한 여자제어 방식을 해석하고, 이를 실제 구동 시스템에 적용하였다. 제안한 적정여자전압 고정스위칭각 제어방식은 전류원 제어방식과 유사한 토오크 특성을 얻기 위하여 인덕턴스가 증가하는 구간에서 평탄한 상전류를 흐르게 한다. 그러므로 속도 및 부하토오크에 맞는 전압 및 스위칭 각을 정해야 하며, 이는 고정 스위칭 은, 오프각으로 넓은 운전구간에서 기존의 전류제어방식에 비해 고효율 운전이 가능하게 된다.

2. 적정 전압원 여자 방법

SRM의 여자는 기자력 특성이 우수한 전류원 여자방식이 가장 적합하다. 전류원 여자방식은 발생토오크가 평탄하고 토오크발생구간의 제어가 쉬워 음의 토오크를 발생하지 않게 할 수 있는 이상적인 여자방식으로서, 전류가 중첩되지 않는 범위에서 여자기간을 최대한 사용할 수 있으므로 기계적인 출력을 효과적으로 발생시킬 수 있다. 그러나 전류원 여자방식은 범용성이 결여되고 구성이 복잡하며 실용화하는 데에 어려움이 있다. 그러므로 대부분의 구동원으로는 전압원이 사용된다.

일정 전압원에 의한 SRM의 여자방식에서 토오크 발생에 적합한 여자전류를 흐르게 하기 위해서는 여자전압의 조정이 필요하다. 일반적으로 여자전압의 조정은 구동인버터의 상스위치를 동작시켜 권선에 인가되는 평균 단자전압을 조정한다. 보통 일정 전압원 여자방식은 토오크를 발생시키는 상전류가 지령값을 추종하도록 전압전압을 연속적으로 초핑하는 방법을 사용한다. 그러나 속도가 낮고 발생토오크가 작은 운전영역에서는 인가전압에 비하여 전동기의 속도기전력이 아주 작으므로 스위치가 온 될 때 상전류가 급격히 상승하여 전류 지령값을 추종하는 것이 쉽지 않다. 그러므로 구동인버터는 전류 지령값을 잘 추종하도록 고속 스위칭 능력을 가진 스위치를 사용하며, 초핑동작에 따른 스위칭 손실이 증가한다. 또한 여자구간을 조정하기 위해 스위칭은, 오프각을 조정해야 하므로 제어회로의 구성을 복잡하게 한다. 이와같이 일정 전압원 여자방식은 전류원 여자방식에 비해 불리한 점이 많다.

한편 적정 전압원 여자방식은 전류원 여자방식의 이점을 이용한 전압원 여자방식으로서, 그림 1과 같이 전압원 여자방식의 일정 직류전압 전원과 구동인버터의 전류제어능력을 함께 가진 가변 직류 전압원을 사용하는 방식이다.

적정 전압원 여자방식은 가변 전압원의 출력전압을 조정하여 발생토오크의 크기를 조정한다. 그러나 전류원과 유사한 토오

* 正 會 員 : 釜山工業大 電氣工學科 助教 · 工博
** 正 會 員 : 慶星大 工大 電氣工學科 助教授 · 工博
*** 正 會 員 : 釜山工業大 電氣工學科 助教授 · 工博
§ 正 會 員 : 釜山大 工大 電氣工學科 教授 · 工博
接受日字 : 1995年 5月 4日
1次 修正 : 1995年 11月 13日
2次 修正 : 1995年 11月 27日

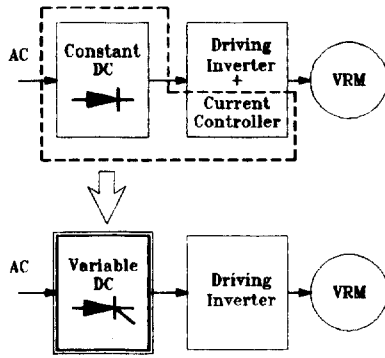


그림 1 적정 전압원 여자 방식의 구성
 Fig. 1 Scheme of excitation method of proper voltage source

크 특성을 얻기 위해서는 인덕턴스가 증가하는 구간에 평탄한 전류를 흘려야 하므로, 속도 및 부하토크에 일치하는 가변 전압원의 출력전압 및 스위칭각을 조정 또는 설정해야 한다.

SRM의 상당 전압방정식은 식 (1)과 같다.

$$V = Ri + L(\theta, i) \frac{di}{dt} + i \frac{dL(\theta, i)}{d\theta} \frac{d\theta}{dt} \quad (1)$$

여기서 권선저항 및 자기포화를 무시하면, 인덕턴스가 증가하는 구간에 평탄한 전류를 흘리기 위하여 인가하여야 할 전압은 식 (2)와 같다.

$$V_c = K I_c \omega \quad (2)$$

여기서, V_c 는 가변 전압원의 크기이며, K 는 $dL/d\theta$, I_c 는 부하토크 발생에 필요한 전류이고, ω 는 회전 각속도이다. 그러나 SRM의 자기회로는 포화영역까지 사용되므로 포화 영향을 고려한 식이 필요하다. 본 논문에서는 전류 크기를 몇 단계로 나누어, 근사화한 인덕턴스 프로필을 사용하였다. 인덕턴스가 증가하는 구간에 평탄전류를 흐르게 하는 여자전압식 (2)에 포화율 σ 를 곱하여 다음과 같이 수정한다.

$$V_c' = \sigma K I_c \omega \quad (3)$$

적정 전압원 여자방식에 있어서 여자전압의 조정과 스위칭각을 선정하기 위해 그림 2의 상전압 및 전류파형을 고려해 보자. 적정 전압원 여자방식은 그림과 같이 인덕턴스가 증가하는 구간에 토크 발생에 필요한 전류 I_c 를 흘리기 위하여 전압을 θ_{on} 위치에서 인가한다. 상전류는 θ_{on} 에서 증가하여 회전자가 θ_s 위치에 도달하면 I_c 크기가 되며, 이때부터 전동기의 속도기전력이 여자전압과 같으면 전류는 평탄하게 흐른다. 여자전압은 θ_{off} 위치에서 제거되고, 전류감소를 빠르게 하기 위해 역의 전압이 인가되며, 전류감소 기간에 음의 토크가 발생되지 않도록 θ_{off} 각을 설정한다. 적정 여자전압 및 스위칭각 설정을 위하여 전류가 흐르는 구간을 그림과 같이 3개의 구간으로 나누어 고려한다.

2.1 구간 I : $\theta_{on} \leq \theta \leq \theta_s$ (스위칭 온각 설정)

이 구간은 전압이 인가된 후 토크 발생에 필요한 전류를

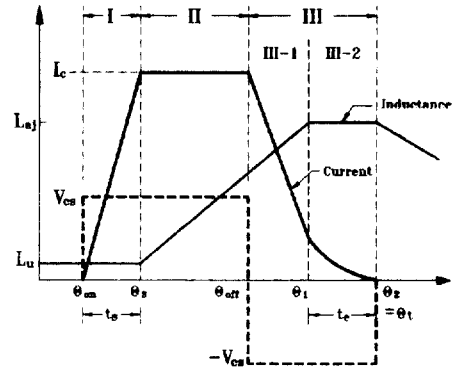


그림 2 적정 전압원 여자방식에서 상전압과 상전류
 Fig. 2 Phase voltage and current in proper voltage excitation method

확립하기 위해 필요한 구간으로 인덕턴스가 최소인 곳에 위치한다. 적정 전압원 여자방식은 토크 발생에 필요한 전류와 회전속도에 맞는 여자전압을 인가하기 때문에 회로 시정수에 의해 전류가 증가하는 시간이 필요하므로 이러한 구간이 반드시 존재하여야 한다. 적정 스위칭 온각을 설정하기 위한 과정은 다음과 같다.

- (1) 여자전압 V_{cs} 를 인가하여 회전자의 위치가 θ_{on} 에서 θ_s 에 도달될 때까지 상전류가 I_c 로 증가하는데 필요한 시간을 구한다.
- (2) 첫째 단계에서 구한 시간과 전동기 회전속도와와의 관계로부터 스위칭 온각 θ_{on} 을 계산한다.

SRM에 여자전압 V_{cs} 가 인가되어 전류가 증가되고 있으며, 이때의 회전 각속도는 ω 이다. 이 구간 동안은 인덕턴스의 변화가 없으므로 속도기전력은 0이며, 전압 방정식은 식 (1)로부터 다음과 같이 된다.

$$V_{cs} = Ri + L_u \frac{di}{dt} \quad (4)$$

여기서 L_u 는 포화되지 않은 최소 인덕턴스이다. 식(4)로부터 전류해를 구하고, 상전류가 0에서 증가하기 시작하여 토크 발생에 필요한 크기인 I_c 가 되는데 소요되는 시간 t_s 를 구하면 식 (5)와 같다.

$$t_s = \frac{\theta_s - \theta_{on}}{\omega} = -\frac{L_u}{R} \ln\left(1 - \frac{R}{\sigma K \omega}\right) \quad (5)$$

이 식으로부터 θ_{on} 을 구하면 식 (6)과 같다.

$$\theta_{on} = \theta_s - \frac{\omega L_u}{R} \ln\left(1 - \frac{R}{\sigma K \omega}\right) \quad (6)$$

그러므로 스위칭 온각은 최저 인덕턴스, 회전속도 및 포화율에 의해 결정되는 것을 알 수 있다. 식 (6)을 사용하여 포화율 및 속도에 대한 스위칭 온각을 계산하면, 그림 3 같이 속도에 대하여 거의 일정한 스위칭각을 사용할 수 있으며, 단지 포화율을 고려하여 스위칭각 조정이 필요한 것을 알 수 있다.

그러나, 실제 운전시, 운전 속도 및 포화를 고려하여 스위칭

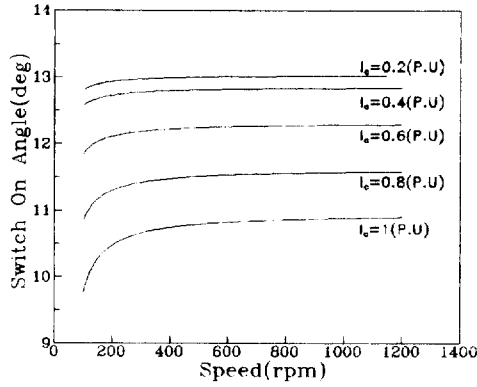


그림 3 속도에 따른 스위칭 온각의 변화
Fig. 3 Changes of switching on angle as speed changed

각을 조정하는 제어를 구성하기는 복잡하므로 제어기의 구성을 간단히 하기 위해 본 논문에서는 스위칭 온각을 변화범위의 중심에 고정하여 운전하는 방식을 사용한다.

2.2 구간 III : $\theta_{off} \leq \theta \leq \theta_1$ (스위칭 오프각 설정)

이 구간은 스위치가 오프되어 전류가 감소하는 구간이며, 그림 2와 같이 2개(III-1과 III-2)의 구간으로 나누어 해석하기로 한다. 스위칭 오프각은 이 구간의 전류 크기와 관계되며, 구동 인버터의 토폴로지에 따라 전류가 감소하는 형태가 다르지만 본 논문의 해석은 인가전압 V_{cs} 와 크기는 같고 방향이 반대인 전압을 인가하는 것으로 한다. 이 구간에는 전류 및 포화율의 변화로 해석이 복잡하므로 저항강하 및 자기포화 영향을 무시하고 해석한다.

2.2.1 구간 III-1

구간 III-1에 해당하는 전압방정식은 식 (7)과 같으며, 저항 성분을 무시하고 전류해를 구하면 (8)과 같다.

$$-V_{cs} = R i + L \frac{di}{dt} + \sigma K \omega i \tag{7}$$

$$i = I_c \left(2e^{-\frac{\sigma K \omega}{L} t} - 1 \right) \tag{8}$$

단, 이 식은 회전자 위치가 $\theta_{off} \leq \theta \leq \theta_1$ 인 구간동안 유효하다.

2.2.2 구간 III-2

이 구간은 인덕턴스가 최대값 L_{ai} 로 일정하기 때문에 속도기 전력은 0이고 저항강하를 무시하면 전류는 식 (9)와 같다.

$$i = -\frac{V_{cs}}{L_{ai}} t + I_0 \tag{9}$$

단, 이 식은 $\theta_1 \leq \theta \leq \theta_2$ 기간에서 유효하다. 또한 I_0 는 회전자의 위치가 θ_1 일 때의 전류값이다. 위의 식 (8)과 (9)를 이용하여 스위칭 오프각을 선정한다. 스위칭 오프각은 SRM이 상전류 I_N , 회전속도 ω_N 및 인가전압이 V_N 인 상태로 운전되고 있을 경우에 대하여 고려한다. 그림 2로부터 스위칭 오프각 선

정을 위한 순서를 요약하면 다음과 같다.

- ① 스위치 오프각 선정을 위한 경계점을 선정한다.
- ② 회전자 위치 θ_1 에서 경계점까지의 시간을 계산하고,
- ③ III-2)구간의 전류식을 이용하여 θ_1 위치에서 전류 크기 I_0 를 계산한다.
- ④ III-1)구간의 전류식을 이용하여 평균 상전류가 I_0 값이 되는 시간을 구한다.
- ⑤ 이 시간으로부터 회전속도에 대한 θ_{off} 각을 계산한다.

스위칭 오프각을 선정하기 위한 경계 조건은 상전류가 감소하기 시작하여 완전히 영으로 되는 위치가 θ_2 가 되도록 한다. 이것은 권선에 남은 전류가 음의 토오크를 발생하지 못하도록 하는 경계점이기 때문이다.

III-2의 구간에 대한 전류해인 식 (9)에서 전류가 영으로 되는 데 필요한 시간을 계산하고, 이를 각도로 나타내면 다음과 같이 된다.

$$(\theta_2 - \theta_1) = \frac{L_a}{\sigma K} \frac{I_0}{I_N} \tag{10}$$

여기서 조정 가능한 값은 θ_{off} 에 의해 결정되는 I_0 크기이다. 그러므로 회전자 위치가 θ_1 일 때 전류값 I_0 로부터 θ_{off} 값을 결정할 수 있다. 즉,

$$I_0 = (\theta_2 - \theta_1) \frac{\sigma K I_N}{L_{ai}} \tag{11}$$

이며, 이 값이 $t = (\theta_1 - \theta_{off})\omega$ 시간 후에 식 (11)의 값이 되어야 하므로, 이를 식 (8)에 대입하여 정리하면 θ_{off} 값을 구할 수 있다.

$$\theta_{off} = \theta_1 + \frac{L}{\sigma K} \ln \left(\frac{\sigma K (\theta_2 - \theta_1) + L_{ai}}{2L_{ai}} \right) \tag{12}$$

식 (12)로부터 알 수 있듯이, 스위칭 오프각 θ_{off} 는 인덕턴스 변화율 및 최대, 최소 인덕턴스에 의해 정해지는 일정한 값이다. 그러므로 적정 여자전압으로 운전하는 SRM은 스위칭 오프각을 일정한 값으로 고정하여 운전할 수 있다.

2.3 구간 II : $\theta_s \leq \theta \leq \theta_{off}$ (적정 여자전압 산정)

이 구간은 적정 여자전압으로 운전하는 SRM이 토오크를 발생하는 구간이며, 발생토오크는 전류 크기와 인덕턴스 변화율에 비례한다. 전류 크기 I_c 는 인가전압 V_s 및 속도 ω 와 직접적인 관계가 있으며, 이 기간동안의 전압식은 전류 크기가 일정하므로 식 (1)과 (3)으로부터 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$V_{cs} = R I_c + \sigma K I_c \omega \tag{13}$$

식 (13)에서 저항강하를 무시하면 식(3)과 같으며, 전류를 일정하게 유지하기 위해서는 속도기전력과 같은 크기의 여자전압을 인가하여야 한다. 이 구간동안에 발생하는 평균토오크 T는 전류원 여자방식의 토오크 식과 유사하게 다음과 같이 나타낼 수 있다.[4,5]

$$T = \frac{q\sigma K}{2\alpha_r} (\theta_{off} - \theta_s) I_c^2 \quad (14)$$

여기서, α_r 은 회전자 자극피치이며, q 는 상 수이다.

식 (13)과 (14)로부터 적정 여자전압과 발생토크 사이의 관계를 구하면 식 (15)와 같다.

$$V_{cs} = \sqrt{\frac{2\alpha_r}{q(\theta_{off} - \theta_s)} \left(R\sqrt{\frac{1}{\sigma K}} + \omega\sqrt{\sigma K} \right) \sqrt{T}} \quad (15)$$

위 식으로부터, 여자전압 V_s 는 스위칭각이 결정되면 발생토크와 속도로부터 얻을 수 있다. 토크와 속도에 대한 여자전압을 계산하기 위해서는 토크 크기에 대한 인덕턴스 포화율을 알아야 하므로, 전류에 대한 포화율로부터 토크를 구하고 그 결과로부터 토크에 대한 포화율을 구한다. 전류에 대한 포화율은 피시험전동기에서 측정된 인덕턴스 프로파일과 식 (14)로부터 구하여 그림 4에 나타내었다.

포화율 계산은 측정된 전류 단계별로 계산한 값을 적용하고, 단계별 구간으로 전류크기에 비례하는 포화율을 적용하였다.

적정 여자전압을 얻기 위한 전압보상기의 구성은 그림 5에 나타내었다. 보상기 1은 지령토크 크기에 따라 구간별 포화율을 사용하여 자기포화에 의한 영향을 고려한 전압보상기이다. 보상기 2는 저항성분에 대한 보상기이며, 상전류와 관계되는 지령토크 크기를 이용하여 저항강하에 대한 보상을 행한다. 속도제어기 출력은 전동기를 지령속도 ω^* 로 운전하기 위해 필요한 토크 크기이며, 토크는 식 (14)에 근거한 보상기를 통하여 SRM의 여자전압을 결정한다.

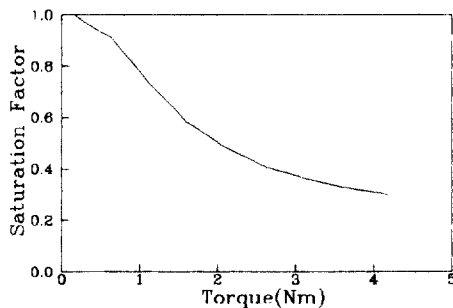


그림 4 인덕턴스 프로파일로부터 계산한 토크에 대한 포화율
Fig. 4 Saturation factor calculated from inductance profiles

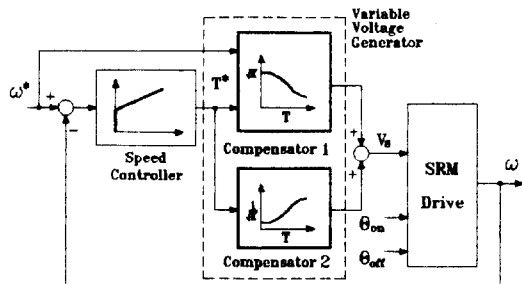


그림 5 적정 여자전압 조정을 위한 전압 보상기
Fig. 5 Scheme of voltage compensator for regulating of proper voltage excitation

SRM의 속도조정은 가변 전압원의 출력전압을 조정하여 행한다. 속도오차는 속도제어기를 통하면 SRM이 필요한 토크의 크기로 해석된다. 부하토크에 맞는 토크를 발생하기 위하여, 속도 지령값과 속도제어기에서 처리된 토크 지령값은 새로운 여자전압을 결정하고, SRM은 새로운 여자전압에 해당되는 토크를 발생하면서 지령속도로 회전한다.

3. 전동기 운전 시뮬레이션

앞 절에서 제안한 가변 전압원과 고정 스위칭각에 의한 적정 여자방식의 타당성을 확인하기 위해 시뮬레이션을 행하였다.

회전속도 1000[rpm]으로 일정하게 운전할 때, 전동기에 인가된 부하토크가 변할 경우의 여자전압과 전류를 계산하면 그림 6과 같다. 부하 토크가 변화하더라도 전동기의 여자전압이 부하토크의 증가에 따라 전압이 조정되어 부하토크에 맞는 여자전류가 흐른다. 그러므로 전동기는 일정한 속도로 운전할 수 있다. 부하토크가 증가함에 따라 인덕턴스가 증가하는 시점에서 전류 상승이 완만하거나 지나치는 현상을 보인다. 이는 인덕턴스포화율을 구간별로 정하고 스위칭각은 고정하여 포화를 완전히 보상하지 못한 때문이다.

이상과 같이 스위칭각은 일정한 값으로 고정하고, 가변 전압원의 출력 전압만을 조정함으로써 속도 및 토크 조정이 가능하며, 또한 상전류도 거의 평탄하게 유지되는 것을 확인하였다. 그러므로 가변 전압원을 사용한 적정 전압원 여자방식 SRM은 제어 변수가 단지 전압 뿐이므로 제어가 간편하다.

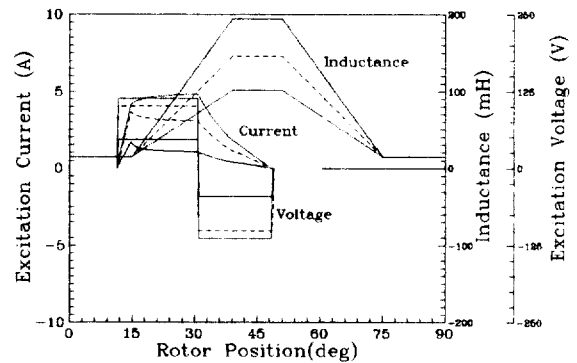


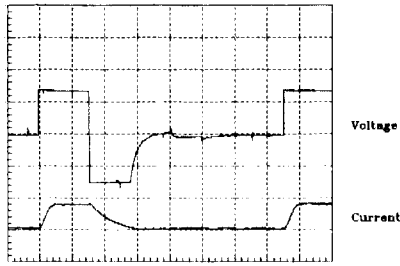
그림 6 정속도 운전시 부하 토크 변화에 따른 여자 전압 특성
Fig. 6 Excitation voltage characteristics as load torque changed at constant speed

4. 실험 및 결과

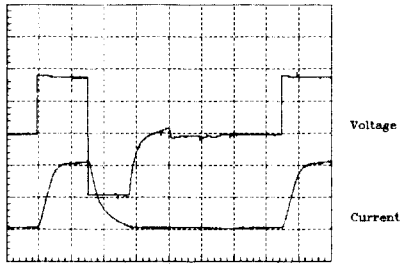
본 논문에서 제안한 적정 전압원 여자시스템의 타당성을 확인하기 위하여 실험을 행하였다. 실험에 사용한 전동기는 6/4극 SRM이며, 제원은 부록에 있다. 전력변환기는 클래식형이며, 전압조정은 강압형 효과를 사용하였다.

4.1 정속도 구동시 적정 여자전압 특성

일정 속도로 운전하는 전동기의 부하토크가 변화할 때, 부하토크에 대한 상전압 및 상전류를 그림 7에 나타내었다.



(a)



(b)

ver.: 100[V/div],4[A/div], hor.: 2[ms/div]

그림 7 부하토크 변화시 적정 전압여자에 의한 상전압과 상전류 (a) 0.98[Nm], (b) 4.9[Nm]

Fig. 7 Phase voltages and currents by proper voltage excitation as load torque changed (a) 0.98[Nm] (b) 4.9[Nm]

부하토크가 변화하더라도 적정 여자전압이 인가되어 상전류가 부하토크에 비례하여 거의 평활함을 알 수 있다.

4.2 정토크 구동시 적정 여자전압 특성

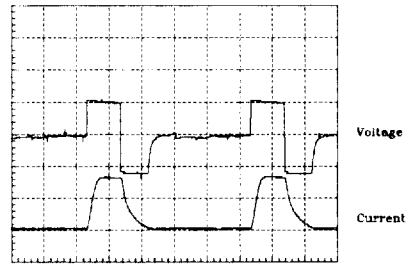
그림 8은 부하토크가 일정할 때, 회전속도가 변할 경우의 여자전압 및 전류 파형을 보여준다.

부하토크는 3.92[Nm]으로 일정하므로 전류 크기는 거의 변화하지 않고, 여자전압이 회전속도에 비례하여 변화하며, 이로부터 부하토크가 일정할 때, 여자전압 크기를 조정하여 정동기 속도를 제어할 수 있음을 알 수 있다. 스위칭각은 일정값으로 고정시켜 두고, 단지 여자전압 크기만을 조정함으로써 상전류를 거의 평탄하게 할 수 있음을 알 수 있다. 그러므로 본 논문에서 제안한 여자시스템은 부하토크가 변화하더라도 고정된 스위칭각으로 여자전압 크기만을 조정하여 정속도 운전이 가능하며, 부하토크가 일정할 경우에는 여자전압 크기를 조정하여 회전속도를 조정할 수 있다.

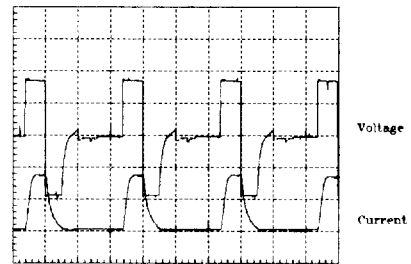
4.3 적정 여자전압 구동시 효율 특성

본 연구에서 제안한 여자방식의 효율을 기존의 전류제어방식과 비교한 결과는 다음과 같다. 그림 9는 회전속도 600[rpm], 그림 10은 1000[rpm]으로 운전할 때의 효율을 측정된 것이다.

그림 9와 같이 저속도 운전영역에서는 효율의 차이가 현저하게 됨을 알 수 있다. 이는 전류제어방식은 저속도영역에서 상전류 제어를 위해 구동인버터의 상스위치가 빠른 속도로 스위칭 동작을 행하며, 전류제어기간 동안 회로의 저항 손실 및 스위



(a)



(b)

ver.: 100[V/div],4[A/div], hor.: 5[ms/div]

그림 8 속도 변화시 적정 전압 여자에 의한 상전압 및 상전류 (a) 600[rpm], (b) 1000[rpm]

Fig. 8 Phase voltages and currents by proper voltage excitation as speed changed (a) 600[rpm], (b) 1000[rpm]

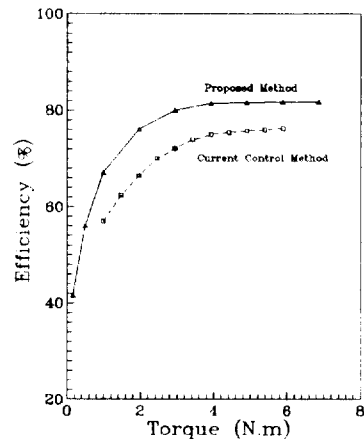


그림 9 제안한 적정전압 여자방식과 기존의 전류제어방식의 효율 특성, 600[rpm]

Fig. 9 Efficiency characteristics of proper voltage excitation method and conventional current control method, 600[rpm]

칭 손실이 증가하며, 제안한 제어기법으로 전류를 평탄하게 할 수 있어 맥동토크가 저감되기 때문으로 생각된다. 그러므로 저토크 영역에서는 효율의 차이가 현저하게 나타나고, 부하토크가 증가할 수록 차이가 줄어드는 것을 알 수 있다.

그림 10과 같이 정격속도부근에서는 효율의 차이가 줄어들는데, 이것은 전류제어방식도 부하토크가 증가함에 따라 속도

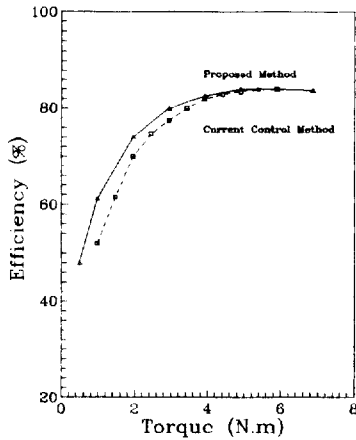


그림 10 제안한 적정전압 여자방식과 기존의 전류제어방식의 효율 특성, 1000[rpm]
Fig. 10 Efficiency characteristics of proper voltage excitation method and conventional current control method, 1000[rpm]

기전력이 인가전압과 같게 되어 스위칭 동작을 하지 않기 때문이다.

5. 결 론

본 연구에서는 SRM 구동에 있어, 전압원 여자방식과 같이 구성이 간단하면서 전류원 여자특성을 가지는 적정 전압원 여자방식을 검토하였다. 즉 가변 릴럭턴스 특성에 맞는 적정 전압원 여자방식을 도출하였으며, 이를 실제 SRM 여자시스템에 적용하여 특성을 검토하였다. 제안한 여자시스템은 가변 전압원과 고정된 스위칭각으로 평탄한 전류가 흐를 수 있도록 한 방식이다.

또한 회로상에 존재하는 저항 및 자기회로의 포화 영향을 고려하기 위하여 전압 보상을 추가하였다. 그리하여 여자전압의 조정만으로 거의 평탄한 상전류를 흘리는 것이 가능하며, 토오크 및 속도 제어를 위한 제어변수가 전압만으로 제어기 구성이 간단하고 스위칭 동작을 쉽게 하며, 시스템 효율은 저속·저토크 영역에서 기존의 전류제어방식에 비하여 현저히 향상되었다.

본 논문은 1993년도 한국과학재단 협력연구 (과제번호: 93-09-00-04-2)에 의해 연구되었음

부 록 피시험 전동기의 정수

Appendix Dimensions and parameters of a prototype SRM

정격전압	200 V	회전자 자극수	4
정격전류	10 A	고정자 극호	24°
정격속도	1200 rpm	회전자 극호	36°
정격출력	3 Hp	최소인덕턴스	14 mH
고정자 자극수	6	최대인덕턴스	194 mH

참 고 문 헌

[1] P. J. Lawrenson, J. M. Stephenson, P. T. Blenkinsop, J.

Corda, and N. Fulton, "Variable speed reluctance motors," IEE Proc., vol. 127, pt. B, no.4, pp. 253-265, July 1980.
 [2] R. M. Davis, "A Comparison of Switched Reluctance Rotor Structures," IEEE Trans. Indu. Elec., vol. 35, no. 4, pp. 524-529, Nov. 1988.
 [3] L. Vukosavic and V. R. stefanovic, "SRM Inverter Topologies : A Comparative Evaluation," IEEE Trans. Indu. Appl., vol. 27, no. 6, pp. 1034-1047, Nov./Dec. 1991.
 [4] G. S. Buja and M. I. Valla, "Control Characteristics of the SRM Drives-Part I: Operation in the Linear Region," IEEE Trans. Indu. Elec., vol. 38, no. 5, pp. 313-321, October 1991.
 [5] G. S. Buja and M. I. Valla, "Control Characteristics of the SRM Drives-Part II : Operation in the Saturated Region," IEEE Trans. Indu. Elec., vol. 41, no. 3, pp. 316-325, June 1991.
 [6] T. J. Miller, "Converter Volt-Ampere Requirements of the Switched Reluctance Motor Drive," IEEE Trans. Indu. Appl., vol. IA-21, no. 5, pp. 1136-1144, Sep/Oct. 1985.

저 자 소 개



안 영 주 (安永珠)

1957년 1월 22일생. 1986년 부산공업대학교 전기공학과 졸업. 1988년 부산대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1995년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학). 부산공업대학교 전기공학과 조교



안 진 우 (安珍雨)

1958년 5월 26일생. 1984년 부산대 공대 전기공학과 졸업. 1992년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학). 현재 경성대 공대 전기공학과 조교수



조 철 제 (趙哲濟)

1936년 4월 2일생. 1961년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1982년 고려대 전기공학과 대학원 졸업(석사). 1992년 도 대학원 전기공학과 대학원 졸업(공학). 1974년 부산대 공대 전기공학과 교수. 1981년 창원기능대학 전기공과 교수, 현재 부산공업대학교 전기공학과 부교수



황 영 문 (黃煥文)

1934년 4월 13일생. 1957년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1959년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1972년 동 대학원 전기공학박사 졸업(공학). 1991년~1992년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학). 1991~1992년 당 학회 회장 역임. 현재 부산대 공대 전기공학과 교수.