

2.2. VRM Drive Inverter

현재까지 발표된 VRM 구동용인버터는 여러가지가 발표되어 있다[2]. 본 연구에서는, 그림 2에서와 같이 기존의 C-dump 인버터 회로에 전동기의 상호인덕턴스의 영향을 줄이기 위해 프리휠링 다이오드와 댄퍼용 콘덴서 사이에 전력용 스위치 SS를 추가한 회로를 사용하였다.

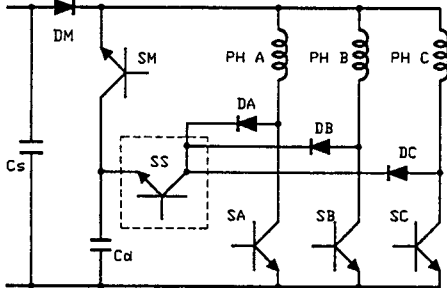


그림 2. SRM 구동용 인버터

2.3. SRM의 기본 동작원리

SRM의 동작은 한 상에 대한 working stroke를 고려함으로써 설명될 수 있다.

그림 1의 경우, 상 A를 여자시키면 회전자는 상 A에 대하여 자기회로의 인덕턴스가 최소가 되는 방향 - 즉 시계 방향으로 토크를 발생하게 된다. 계속하여 각 상들을 A,C,B,A... 순으로 순차적으로 working stroke를 반복함으로써 회전자는 동일한 방향으로 계속 회전하게 된다.

SRM의 동작은 각 상의 전압과 토크 등식으로 기술할 수 있다. 한 상에 대한 전압방정식은 다음과 같다.

$$v = R \cdot i + \frac{d\lambda}{dt} \\ = R \cdot i + L(\theta) \frac{di}{dt} + \frac{dL(\theta)}{d\theta} \cdot i \cdot \omega \quad (1)$$

단, R : 한 상당의 저항, v : 상에 인가되는 전압
 λ : $L(\theta) \cdot i$ 한 상의 자속쇄교수, i : 상전류
 ω : $d\theta/dt$ 전동기 속도

상 A에서 발생된 순시토크 τ 는 권선에 저장된 코에너지의 변화율로 나타내면 식(2)와 같이 된다.

$$\tau = \frac{\partial W'(\theta, i)}{\partial \theta} = \frac{1}{2} \frac{dL(\theta)}{d\theta} \cdot i^2 \quad (2)$$

즉, 전동기에서 발생된 순시토크 τ 는 상에 흐르는 전류의 방향과는 관계없이 전류크기의 제곱과 인덕턴스변화율의 곱에 비례한다.

3. 상호인덕턴스의 영향

퍼시픽전동기에서 측정된 인접상간의 유도전압의 크기의 변화는 그림 3과 같다. A상에 인가된 전원은 상용교류 60Hz로 자기회로가 포화되지 않을 정도의 낮은 전압을 사용하였다. 상

A에 인가하는 단자전압을 기준으로 하여 각각의 회전자 위치 변화에 대한 상 B에 유도되는 전압의 크기를 비로 나타낸 것이다.

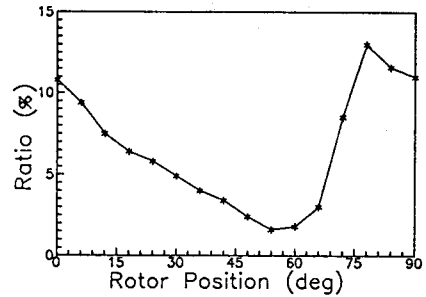


그림 3. 인접상간의 유도전압의 크기

SRM이 토크를 발생하기 위해서는 인덕턴스가 변화하는 구간에서 상권선에 전류가 흘러야 하며, 전압원으로 구동되는 인버터는 회로의 인덕턴스와 저항 및 전동기의 역기전력 때문에 전류는 천천히 변화한다. 보통, 인덕턴스가 변화하는 구간에 원하는 크기의 전류를 빠르게 확립하기 위하여 인덕턴스가 가장 낮은 구간에서 상권선에 전압을 인가한다. 상 A의 여자는 그림에서 0-7.5[deg]의 구간에서 시작하며, 상여자를 끝내는 시점은 상전류의 크기 및 회로의 상태에 따라 다르지만, 보통 인덕턴스가 감소하는 기간에 전류가 존재하게 되면 음의 토크를 발생하기 때문에, 가능한 한 전류의 감쇄부분이 여기에까지 이르지 않도록 보다 일찍이 상여자를 끝내도록 한다.

그림 3에서 알 수 있듯이, A상의 인덕턴스가 최대값에서 감소하기 시작하여 최소값에 도달하는 시점 부근에서 유도전압의 크기가 최대임을 나타낸다. 그리고 A상을 여자하는 시점에서 다른 구간에 비하여 유도전압의 크기가 상당히 크게 나타날 수 있다.

만일 B상에 유도된 전압으로 인하여 전류가 흐르게 되면, 이 유도전류는 그림에서 처음 인덕턴스가 감소되는 구간에 존재하므로, 원래의 전동기의 회전방향에 대하여 음의 토크를 발생하고 전체적인 평균토크를 감소시킨다.

그림 4는 상호인덕턴스의 영향을 받고 있는 전류파형의 예를 나타낸다.

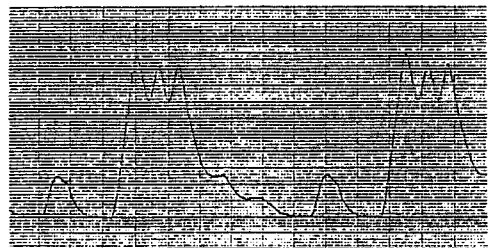


그림 4. SRM에서 상호인덕턴스의 영향을 받는 상전류 파형에

4. 구동용 인버터의 동작

3절에서 조사된 상호인덕턴스의 영향을 줄이기 위하여 제시한 인버터의 동작을 고려하면 다음과 같다.

4.1. 전류확립기간

인접상간의 상호인덕턴스는 상당히 큰 값을 갖고 있으며, 여자 초기에 A상에서의 전류상승도 인덕턴스가 낮기 때문에 급격하게 된다. 따라서 B상에 유도되는 전압은 A상의 전류변화율에 직접적으로 비례하므로 크게 된다. A상에서 발생한 자속은 B상과는 역방향으로 쇄교하게 되고 권선에서는 이 자속의 변화율 감소시키려는 방향으로 역기전력이 유도된다(그림 5에 제시된 방향). 이 역기전력은 상스위치 SB가 off되어 있으므로 상스위치 쪽으로는 흐를수가 없다. 그러나 프리휠링 다이오드 DB와 SS, Cd의 경로를 고려할 수 있으나, 현재의 경우 SS의 스위치가 off되어 있으므로 B상에는 전류가 흐를 수 없게 된다.

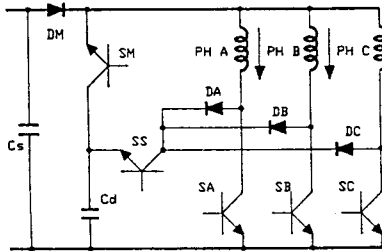


그림 5. A상에서의 전류확립시 B상에서의 유도전압

4.2. 전류감소기간

상스위치를 오프하면, A상에서 흐르는 전류는 상 A -> DA -> SS -> Cd -> 전원 -> 상 A의 경로를 경유하여 흐르게 된다. 상 A의 전류는 탭퍼콘덴서의 전압이 상승함에 따라 감소하게 되고, 따라서 발생 자속 및 B상과 쇄교하는 자속도 감소하게 된다. 이때 B상에 유기되는 기전력은 자속을 일정하게 유지하기 위하여 자속을 증가시키려는 방향으로 발생한다. B상에 유도된 역기전력에 의한 전류의 방향은 스위치 SM, SS 및 프리휠링 다이오드 DB에 대해 역방향 바이어스가 되므로 전류가 흐를 수 없다.

5. 실험결과

그림 6은 본 연구에서 제시한 인버터와 연구실에서 제작한 피시험전동기를 사용하여 구성된 SRM 구동시스템에 있어서의 상전류의 파형이다. 그림 6은 부하토크 0.495 [Nm], 직류링크전압은 DC 50[V], 탭퍼콘덴서의 전압 169[V], 전동기의 속도 1040[rpm]일 때의 전류파형이다.

그림 7은 기존의 C-dump 인버터와 본 연구에서 제시한 C-dump 인버터를 사용하여, 각각의 속도-토크 곡선을 측정한

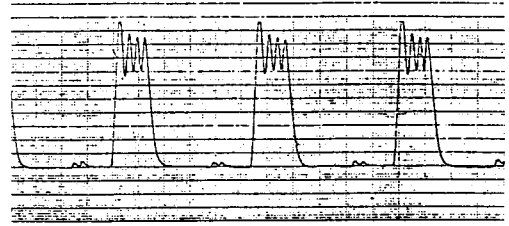


그림 6. 피시험 전동기의 상전류 파형

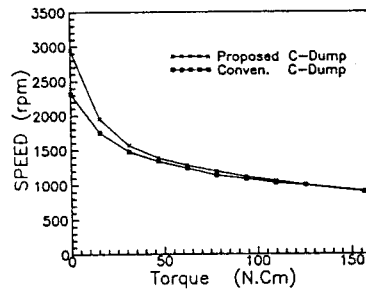


그림 7. 속도-토크 특성

6. 결론

본 연구에서는 SRM의 상호인덕턴스에 관한 영향을 고려하였고, 상호인덕턴스에 의해 발생된 전류는 상인덕턴스와 결합하여 음의 토크를 발생하며, 전체적으로는 전동기의 평균 토크를 감소시키고, 결과적으로 전동기의 효율을 저하시키게 된다. 이러한 상호인덕턴스의 영향을 줄이기 위해 수정된 새로운 SRM구동용 인버터 회로를 제시하였고, 실험결과 측정된 파형에 의해 상호인덕턴스의 영향이 크게 감소되는 것을 알았다. 그리고 이러한 상호인덕턴스 영향의 감소로 전동기의 평균 토크가 증가하고, 또한 SRM 시스템의 효율도 또한 증가된 것을 알 수 있다.

REFERENCES

1. P.J.Lawrenson, J.M.Stephenson, P.T.Blenkinsop, J.Corda, and N.N.Fulton, " Variable speed reluctance motors," IEE Proc., vol. 127, pt. B, no. 4, pp. 253-265, July 1980.
2. Slobodan Vukosavic and V.R.stefanovic, " SRM Inverter Topologies:A Comparative Evaluation," IEEE Trans. Ind. Appl., vol.27, no.6, pp.1034-1047, Nov./Dec. 1991.
3. M.Ehsani, I.Husain, K.R.Ramani and S.Mahajan, " Sensor Elimination in Switched Reluctance Motor Drives:An Overview and State of the Art," Proc. ISPE, pp.378-386, april 1992.
4. Thomas A. Lipo, Vladimir Blasko and Ahmet M. Hava, " A Modified C-Dump Converter for Variable-Reluctance Machines," IEEE Trans. Industry Applications, vol. 28, no. 5, pp.1017-1022, Sept./Oct. 1992.