RDC를 사용하지 않는 PMSM의 토크제어 기법

서안식, 이준영
명지대학교

Torque Controlling Technic of PMSM not using RDC

An-Sik Seo, Jun-Yeong Lee
Myongji University

Abstract

영구자석 동기전동기(PMSM)를 제어 하기 위해서는 정확한 회전자 위치 검출장치가 필요하다. 일반적으로 위치 검출을 위한 장치로는 엔코더와 레졸버가 사용된다. 정확한 회전자의 위치를 검출하기 위해서는 엔코더보다 레졸버를 사용하게 되는데 레졸버를 사용하기 위해서는 RDC(Resolver-to-Digital Converter)가 필요하게 된다.

본 논문에서는 RDC회로를 사용하지 않고 회전자의 위치 검출을 위한 인터페이스를 구상하였고 RDC회로를 사용하지 않아도 동일 한 성능을 보인다는 것을 실험을 통하여 검증하였다.

1. 서론

최근 친환경 자동차에 대한 관심이 증가하고 있다. 이에 따라 전기 자동차의 동력원이 되는 전동기 제어의 필요성이 증대되고 있다. 전동기 제어에는 회전자의 위치 검출 장치가 중요하다. 위치 검출 장치로는 일반적으로 엔코더와 레졸버를 사용한다.

엔코더는 모터의 축과 함께 회전하는 디스크와 고정된 슬릿에 빛을 투과시켜서 발생하는 신호를 얻는 방식이다. 이것은 구조가 간단하고 신호전달이 쉽다는 장점이 있다. 엔코더는 보통 90도의 위상차를 갖는 AB펄스와 Zero포인트인 Z신호를 출력한다. 이 디지털 신호들을 이용하여 회전자의 위치를 검출하게 된다.

레졸버는 모터와 마찬가지로 고정자와 회전자로 구성되어 있다. 고정자의 권선은 여자신호 권선과 전기적으로 90도 위상차가 나도록 신호권선으로 되어있다. 회전자의 위치에 따라서 릴럭턴스 값이 바뀌게 된다. 출력되는 신호는 아날로그 값이며 그 값을 디지털로 변환해 주는 장치로 RDC회로가 필요하다.

본 논문에서는 RDC회로가 없이 회전자의 위치 검출을 하여도 RDC회로를 사용 하였을 때와 동일한 성능을 보인다는 것을 실험을 통하여 검증하였다.

2. 본론

2.1 레졸버 원리

그림1은 일반적으로 사용하는 레졸버의 기본 권선 회로도이다. 앞서 말한 레졸버의 구조에서 고정자에는 여자권선(R1-R2)과 신호권선(S1-S3, S2-S)이 감겨 있다. 신호권선은 각각 SIN(S1-S3)과 COS(S2-S4)신호가 출력되도록 구조가 되어있으며 회전자의 위치에 따라 릴럭턴스의 값이 변화하게 된다. 그림2와 같이 여자권선에 수 kHz의 정현파를 인가하고 회전자를 회전시키면 그 위치에 따라서 신호권선에는 90도의 위상차를 가지는 SIN과 COS 파형을 출력하게 되는데 이것을 RDC회로를 이용하여 아날로그 값을 컨버팅하여 고정자의 위치를 검출한다.

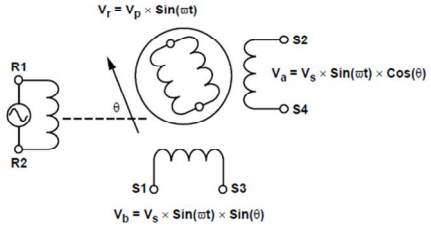

그림1. 레졸버 권선 회로도

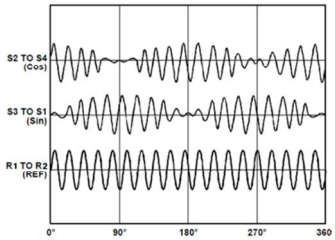

그림2. 레졸버 권선 출력파형

2.2 시뮬레이션

아래의 수식을 기반으로 입▪출력 회로를 구성하고 매틀랩 시뮬링크를 이용하여 시뮬레이션 하였다.

$$E_{R1-R2} = E_0 \sin \omega t \quad (1)$$

$$E_{S1-S3} = KE_0 \sin \omega t \times \cos \theta \quad (2)$$

$$E_{S2-S4} = KE_0 \sin \omega t \times \sin \theta \quad (3)$$

K : Transformation Ratio
Θ : Shaft Angle (deg)
ω : 2πf
T : Time(s)
f : Excition Frequency (Hz)
E_0 : Excition Voltage (V)

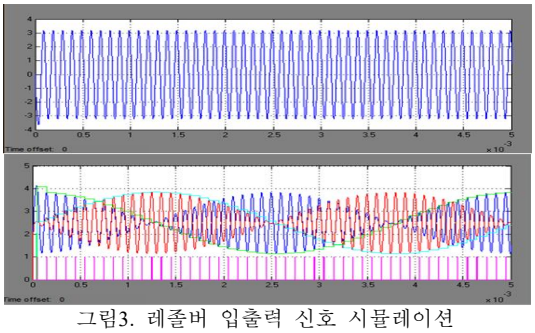

그림3. 레졸버 입출력 신호 시뮬레이션

2.3 회로구성

회로의 전체적인 구성은 그림4와 같다. RDC회로를 사용하였을 때와 RDC회로를 사용하지 않았을 때를 비교하기 위하여 그림5에서 입력 부분을 원으로 표시한 부분을 각각 여자 신호를 선택할 수 있도록 하였다. 상단의 표시된 화살표는 RDC회로에서 주는 여자 신호이다. RDC 칩으로는 상용 소자인 AnalogDevices社의 AD2S1200을 사용하였다. RDC회로를 사용하지 않았을 때를 구현하기 위해서는 SWG(Sine Wave Generator) 기능을 포함한 MCU로써 Freescale社 MPC5643L를 사용하였다. 중앙에 표기된 화살표가 SWG에서 생성한 여자 신호 입력 부분이다.

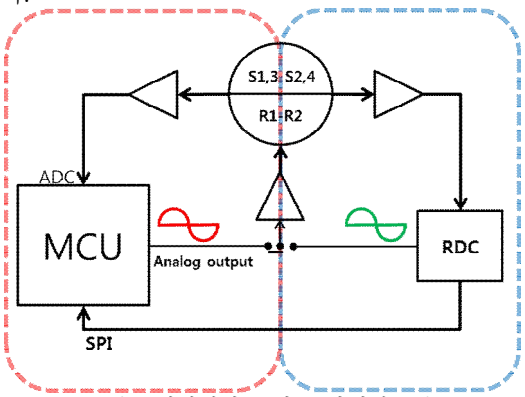

그림4. 인터페이스 블록 다이어그램

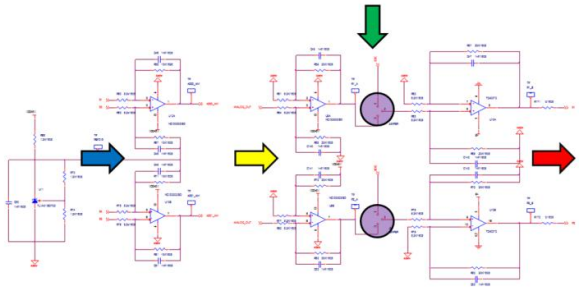

그림5. 입▪출력 증폭 회로

MCU의 Analog output에서 10kHz의 정현파를 발생 하게 된다. 레졸버 사양에 맞게 증폭시킨 후에 레졸버를 거쳐 ADC로 읽어 드린다. 그림3의 하단 파형과 같이 PWM의 스위칭 주파수와 동기화 되어 있으며 정현파의 피크점을 샘플링 하게 된다. 샘플링 한 값은 각각 SIN과 COS으로 PLL제어 알고리즘을 거쳐서 Theta값으로 변환 한다.

RDC회로에서는 위 과정을 IC 내부에서 연산을 하게 된다. 그 후 Theta값을 Data bus로 디지털 값으로 출력하거나 MCU와 RDC간 SPI통신을 통해 회전자의 위치를 검출한다.

2.4 실험결과

실험에 사용한 사양은 표1과 같다.

	parameters	Values
Resolver	Input votage	AC 7Vrms, 10kHz
	Transformation Ratio	0.286
	Function	4X-VRX
Motor	Pole number	8
	Rated Capacity	15kW
	Type	IPMSM

표 1 레졸버, 모터 사양

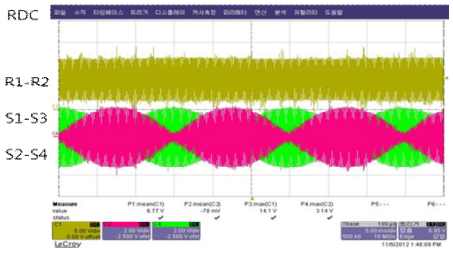

그림6. RDC회로 여자 및 출력신호

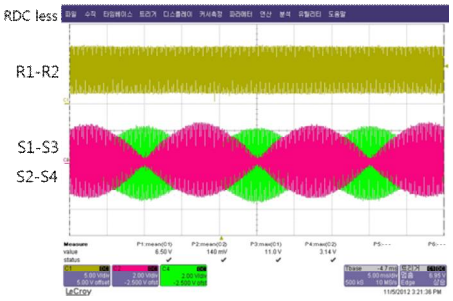

그림7. Analog output 여자 및 출력신호

그림8. PLL을 통한 Theta

그림 6에서 보는 것처럼 레졸버 IC에서 생성한 여자 신호는 신호 자체에 노이즈가 있어서 Theta에 오차가 생겼고 통신으로 데이터를 받기에 모터 회전 속도가 증가함에 따라서 데이터의 지연이 생겨서 보정을 하였다. 반면에 그림 7의 RDC less의 경우 Analog output으로 생성한 신호는 노이즈가 없었다. 그림 8과 같이 ADC를 통하여 Sin, Cos값을 받아 PLL제어를 통해 Theta값을 생성하였다.

3. 결론

본 논문에서는 RDC회로를 사용한 것과 사용하지 않았을 때의 인터페이스를 구상 및 비교 실험을 하였고 회전자의 위치 검출함에 있어서 RDC less 방식이 회로가 심플하고 위치 검출하는데 더 정확하다는 것을 실험을 통해 알 수 있었다.

참고문헌

[1] 전찬용, 오병구, 목형수, 이진우, “디지털신호처리기를 이용한 레졸버구동 알고리즘 구현” 전력전자학회 2010 년도 하계학술대회 논문집.

[2] 권영화, 황선환, 김장목, “영구자석 동기 전동기의 레졸버 신호 오차 보상에 관한 연구” 전력전자학회 2008 년도 추계학술대회 논문집