

TMS320F2812를 이용한 3상 유도 전동기의 속도제어

이진표, 양 오
청주대학교

The Speed Control of 3 Phase Induction Motor using TMS320F2812

Jin-Phyo Rhee, Oh Yang
School of Electronics and Information Engineering, Cheong-Ju University

Abstract - 과거에는 하나의 제어시스템을 구축하기 위해서는 여러 개의 주변소자를 접목시켜서 구현해 왔다. 하지만 근래에 들어서 소형화, 간략화를 통해 계속해서 원 칩 마이크로프로세서의 사용이 늘고 있는 실정이다. 본 논문에서는 고성능의 원 칩 마이크로프로세서 및 Digital Signal Processor인 TMS320F2812를 이용하여 구동회로를 간략화 하여 3상모터 구동시스템을 구성하고 PI제어 알고리즘을 이용하여 3상 유도전동기의 속도제어 시스템을 구현하였다.

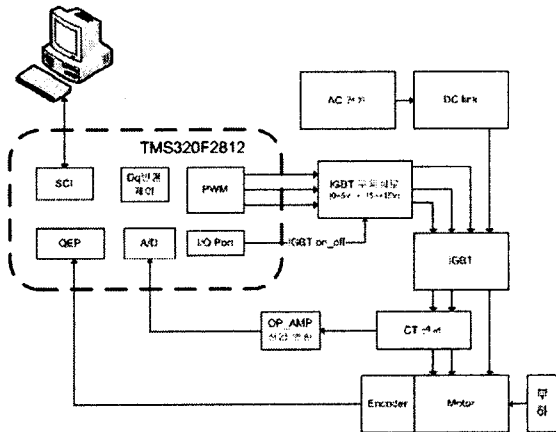
1. 서 론

과거에는 하나의 시스템을 구축하기 위해서는 여러 개의 주변소자를 접목시켜서 구현해 왔으나, 근래에 들어서는 하나의 프로세서에 여러 가지 기능을 접목시켜서 하나의 칩만으로 구현이 가능한 원 칩 프로세서를 이용하여 시스템을 구성하는 추세이다. 이러한 칩들 가운데 가장 대표적인 프로세서가 TI사에서 나온 DSP이다. DSP는 각각 시리즈로 구별되어, 목적에 맞도록 여러 가지 기능이 구현되어 있다^[1]. 그 중 2000시리즈는 제어에 적합한 프로세서로, PWM(Pulse Width Modulation), QEP(Quadrature Encoder Pulse), AD(Analog to Digital)등의 제어에 관련된 기능이 내장되어 있다. 특히 TMS320F2812는 150MHz의 고속으로 연산을 처리하기 때문에 제어와 관련된 수식을 처리 하는데 탁월한 성능을 발휘한다^[2].

본 논문에서는 TMS320F2812를 이용하여 3상 유도전동기를 제어하는 회로를 구축하여 속도를 제어하였다.

2. 본 론

2.1 제어시스템의 구성



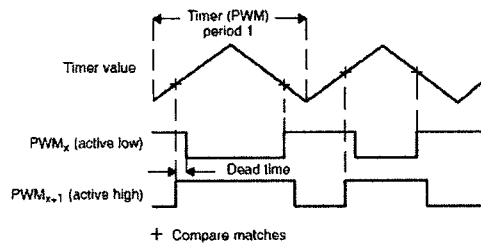
〈그림 1〉 3상 유도전동기의 속도제어를 하기위한 시스템 구성도

본 제어시스템은 크게 네 부분으로 분류된다. 첫째로 2812의 변수를 모니터링하고 제어 명령을 내린다. 둘째로 연산을 담당하는 2812는 엔코더 신호로부터 속도를 측정하여 PC로부터 받은 속도와 비교하여 출력신호를 제어함으로써 속도를 제어한다. 또한 출력되는 신호는 dq변환에 따른 신호이다. dq변환을 위하여 모터로 출력되는 전류를 CT를 통하여 측정된 값을 AD변환을 통해 프로세서로 가져오고, 이 값을 dq변환에 대입하여 출력되는 PWM을 제어한다. 세 번째로 IGBT구동부에서는 보드에서 출력되는 PWM 신호를 +15V와 -15V로 변환시켜 인버터로 출력하며, 인버터에서는 IGBT의 신호를 통해 모터에 인가되는 전압을 제어한다. 네 번째로는 인버터에서 모터로 출력되는 전류의 값을 CT를 통해 읽어 들여서 dq변환에 대입함으로써 좌표변환을 수행한다^[3].

2.1.1 PWM 신호의 출력

모터구동을 위한 PWM신호는 일정 시간 내에 ON되는 시간과 OFF되는

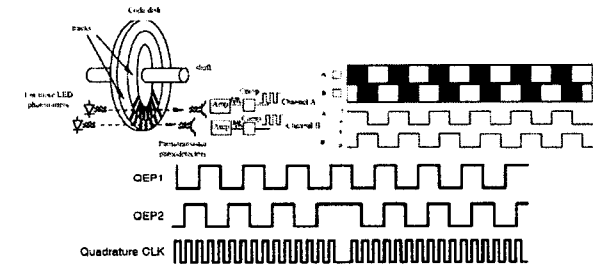
시간의 비(Duty)를 조정하여 공급되는 전압의 양을 제어하는 방법이다.



〈그림 2〉 PWM의 발생원리

〈그림 2〉와 같이 PWM 파형 발생은 카운터와 비교방식을 이용하고 있다. 업다운 카운트 되는 타이머 카운트 값과 비교되는 값이 Match되면 PWM 파형이 설정된 옵션에 따라 변화한다. 모터의 제어에서 PWM 한번에 2개의 신호를 필요로 한다. 하나는 active high의 신호이고, 하나는 active low의 신호로, IGBT에서 스위치 역할을 하며 한 번에 작동되어 short상태를 방지하기 위하여 Dead time을 신호에 추가함으로써 방지할 수 있다^{[4][5]}.

2.1.2 Encoder를 통한 속도의 측정

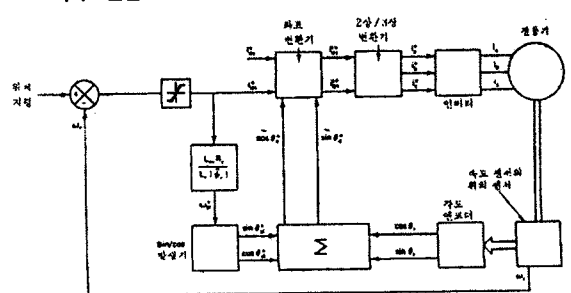


〈그림 3〉 Encoder의 구조와 출력펄스

〈그림 3〉을 보면 현재 사용되는 엔코더의 특성과 펄스생성의 구조를 알 수 있다. 중심축이 모터와 같이 회전하면서 원판의 구멍 사이로 포토다이오드에 의해 펄스파가 만들어 진다. 모터의 속도가 빨라지게 되면 펄스파가 더욱 빠르게 출력된다.

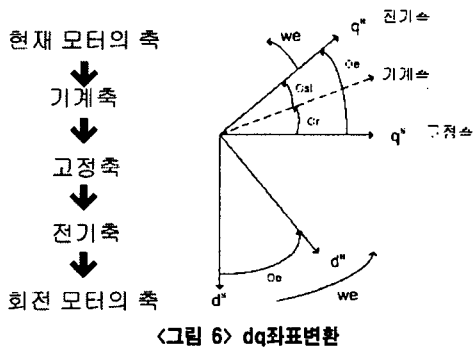
QEP의 동작으로는 Encoder에서 출력되는 한 번의 변화마다 카운터의 값이 1씩 증가하게 된다. A신호와 B신호가 입력되어 들어오고, 각각의 신호가 한 주기 당 2번의(상승과 하강 에지) 변화가 생긴다. 즉, 모터에서 1번의 엔코더 출력이 발생될 때마다 카운터의 값은 4씩 증가하게 된다. 이것을 4체배 라고 하며, 본 논문에서 사용한 엔코더의 경우 1000P/R이므로, 1회전 시 카운터의 값이 4000씩 증가하게 된다. 즉, 일정시간마다 카운터의 값을 측정함으로써 모터의 속도를 측정할 수 있다.

2.1.3 dq좌표변환



〈그림 5〉 dq좌표변환 과정^[1]

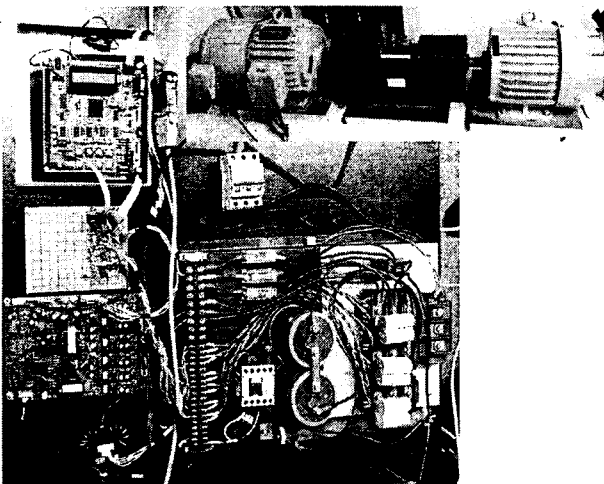
본 논문에서는 간접형 벡터제어 방식을 사용하고 있다. 직접형 벡터 제어 방식에서는 단위 벡터의 합성이 전동기의 단자조건에 의존하고 있다. 그러나 간접형 벡터제어에서는 이 의존성이 없으므로 과형 왜곡 문제가 없다.



<그림 6> dq좌표변환

d^s - q^s 축은 고정자 위에 고정되어 있지만, d^r - q^r 축은 그림에 나타난 대로 동기속도 ω_e 로 회전하고 있다. dq변환에서는 현재 회전중인 위상차 120° 인 삼상신호 값인 a, b, c축의 값을 기계축으로 변환시킨 뒤에 고정축인 d^s - q^s 으로 변환시키고, 고정축을 원하는 동기속도인 ω_e 로 회전시킨 d^r - q^r 으로 변환시키며, 이 값을 다시 삼상신호 값인 a, b, c의 값으로 변환함으로써 좌표의 회전이 이루어진다.

2.2 실험방법 및 결과



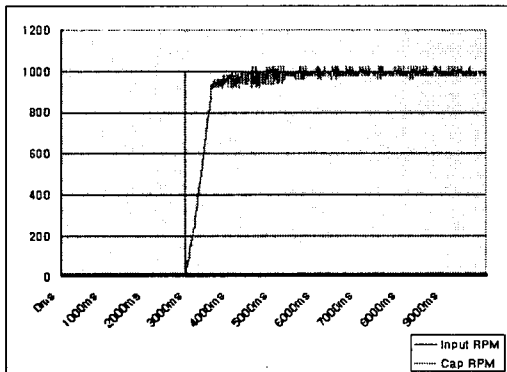
<그림 7> 실험 사진

본 논문에서는 모터 구동 시스템을 구성하기 위해 <그림 7>과 같이 시스템을 구축하였다. 좌측 위부터 TMS320F2812 테스트 보드, 좌측 중단은 IGBT 구동회로, 좌측 하단은 CT 센서이고, 우측 하단은 인버터, 우측 중단은 제어하고자 하는 모터이다.

본 논문에서 사용된 모터의 사양은 2.2kw급 3PH, 1750rpm, 4극 그리고 엔코더의 출력 펄스는 회전당 1000 Pulse이다.

2.2.1 정지 상태에서 목표속도 도달까지의 속도제어

정지된 상태에서 1000RPM의 속도로 목표 RPM을 입력 하였을 경우, 목표 하는 RPM에 도달하는 시간을 측정하였다.

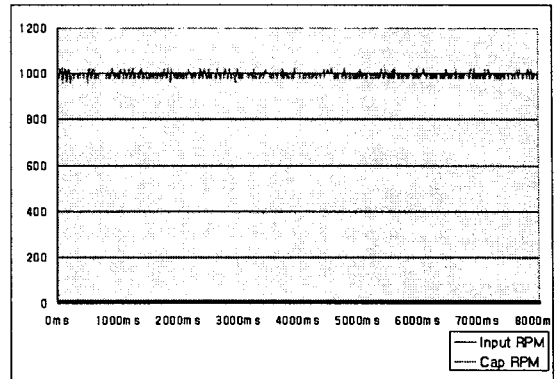


<그림 8> 정지 상태에서 목표 속도까지의 실험결과

모터가 정지된 상태에서 1000RPM으로 속도를 변경하여 시험하였다. <그림 8>에서 2.9초 지점에서 목표 RPM을 1000RPM으로 설정 하였으며, 모터의 속도가 1000RPM에 도달한 시간은 약 1100ms임을 알 수 있다.

2.2.2 일정속도 유지시 오차범위 측정

1000RPM에서 모터를 유지시킨 후, 이때 측정되는 모터의 속도를 측정하여 <그림 9>과 같은 결과를 얻었다.

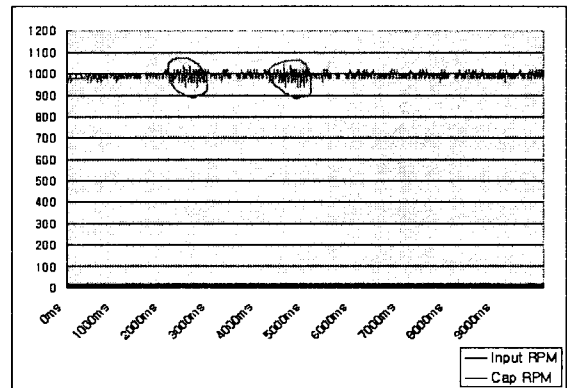


<그림 9> 일정 속도제어에 대한 실험 결과

<그림 9>로부터 알 수 있듯이 목표속도 1000RPM의 회전속도 지령에서 약 20RPM단위로 속도 오차가 발생하는 것을 알 수 있다.

2.2.3 부하를 부여한 경우

1000RPM에서 모터를 유지시킨 후, 부하를 부여하여 보았다.



<그림 10> 부하변동에 따른 응답 특성

<그림 10>과 같은 속도의 변화가 측정되었다. 부하를 부여하는 순간 약 40RPM이 감속되었으며, 안정화 되는데 940ms가 소비되었다.

3. 결 론

본 논문은 기존에 나와 있는 제어기를 기능이 많은 원칩 프로세서 및 DSP를 사용함으로써 시스템을 간단하게 구성하는데 중점을 두었다. 실험결과, 작동오차 2%이내의 삼상 유도전동기의 속도제어를 구현할 수 있었다.

또한 유도전동기의 속도 측정에서 나오는 오차의 경우, 임의의 주기로 ± 20 RPM씩의 오차가 발생하였다. 이 부분은 제어기에서 Gain값을 시퀀셜로 통해 최적의 상태로 튜닝을 한다면 좀 더 낮은 오차로 줄일 수 있을 것으로 사려 된다. 고속의 연산기능을 갖는 TMS320F2812를 사용하여 간단히 모터 구동시스템을 구현하였고 속도 제어의 경우 양호한 실험결과를 얻을 수 있었다. 향후 개선된 알고리즘을 적용하여 상용화의 가능성을 제고하고자 한다.

[참 고 문 헌]

- [1] B.K. Bose, "파워 일렉트로닉스 AC드라이브", 1999년
- [2] Toliyat, Hamid A, "DSP-BASED ELECTRO MECHANICAL MOTION CONTROL", 2004년
- [3] 김윤서, "PD제어기와 신경회로망 제어기를 이용한 유도전동기의 속도제어에 관한 연구", 석사학위 논문, 2002년
- [4] TMS320C/F28X DSP Controllers Reference Guide, Texas Instruments, 2003
- [5] TMS320C/F28X Peripherals, "EV, ADC, eCAN, McBSP, SPI, SCI" Reference Guide, Texas Instruments, 2003