

## 마이크롬을 이용한 BLDC 드라이버의 모터 초기기동 회로 설계개선

정대원, 김동환, 허봉현  
호남대학교 전기공학과

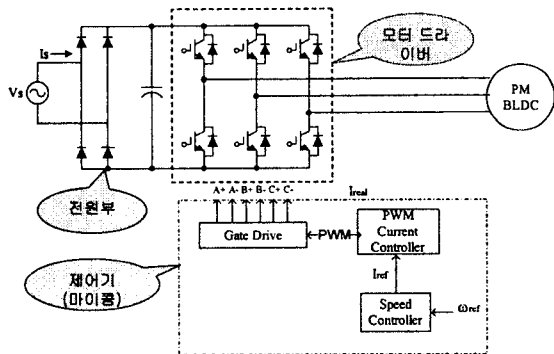
### Initial Startup Software Design for Brushless DC motor using Digital Microm

Chung Dae-Won, Kim Dong Hwan, Hur Bong Hyon  
Honam University, Department of Electrical Engineering

**Abstract** - BLDC 모터는 전자적인 스위칭에 의해 轉流가 수행되므로 정상적인 동작만을 고려하여 모터 드라이버를 설계한 경우에는 초기 기동에 실패하는 사례가 빈번히 발생한다. 그 원인은 대개의 참고문헌이나 기술자료에서 초기 기동에 관한 요구사항은 찾아보기 매우 힘들고 전자부품의 특성상 사용자의 제조자가 서로 다른 다수의 부품을 조합하여 회로를 구성해야 하기 때문이다. 본 논문에서는 저자가 경험한 개발 사례를 중심으로 초기 기동실패의 원인분석과 그 해결책을 소개한다. 논문의 지면관계상 구체적인 이론에 근거한 기술보다는 회로설계에서 경험하는 실용적인 노하우를 중심으로 간추려서 소개한다.

### 1. 서 론

브러시리스 전동기의 구동용 인버터 회로는 회로설계의 복잡성을 피하고 하고 단순화를 위해서 그림 1에서 나타낸 바와 같이 주로 구형과 전압과 PWM 파형을 인가하여 전압원 인버터형으로 주로 설계되어 사용된다. 이 경우 전동기 권선의 인덕턴스 성분과 인버터의 제한된 직류링크 전압으로 인하여 이상적인 구동과 전류를 공급해줄 수 없기 때문에 상전류 전환시에 비전환된 상전류에 맥동이 나타나고 이 맥동 전류는 코딩 토-크를 발생시키는 원인으로 작용하기도 한다. BLDC 모터 전류작용을 위한 핵심 키는 영구자석인 회전자 위치에 따른 적절한 상의 전기자 코일을 여자시키도록 적절한 스위칭이다. 이러한 스위칭 작용을 하는 소자는 인버터 소자로서 이 인버터 소자는 하나의 IC 칩 형태로 제작되어 공급됨으로써 설계의 단순성과 회로의 복잡성을 피하고 있으며, 세계적으로 일본 및 독일산 제품의 전력 반도체 IC 소자가 널리 이용되고 있다.



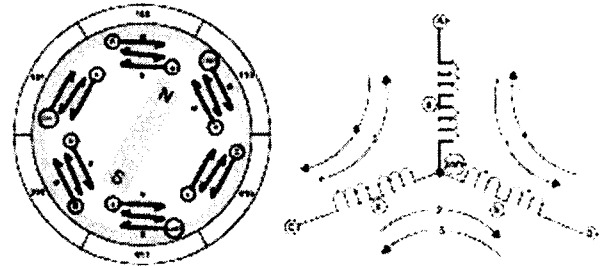
〈그림 1〉 전압형 BLDC 모터 드라이버회로

이러한 전압형 인버터 회로에서는 항상 어느 두 개의 코일이 회전자의 위치에 따라 적절히 전류를 흘려 보냄으로써 회전자계를 발생하여 BLDC 전동기가 연속적으로 회전을 할 수 있도록 한다. 모터 구동회로 개발시 자주 접하게 되는 하나의 문제점은 초기 기동시에는 원하는 방향으로 회전자계를 발생시키기 위하여 초기 스위칭이 필요하나, 대부분의 경우 실패하는 경우를 경험하게 된다. 본 논문에서는 이와 같이 초기 기동 실패가 발생하는 원인과 그 대책을 간추려서 고찰한다.

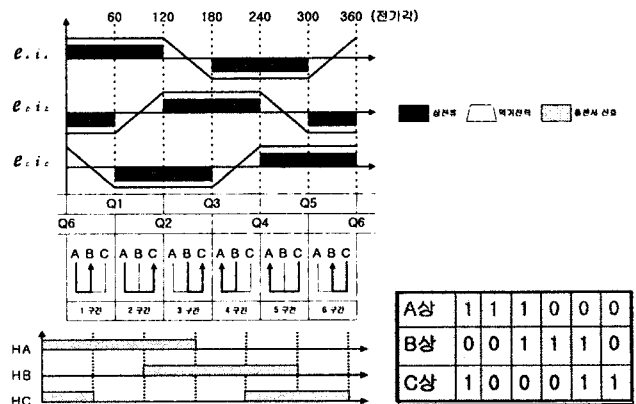
### 2. 기동실패 발생 문제점 분석 및 해결대책

#### 2.1 BLDC 전동기 구동 기초

지금까지 보고된 BLDC 전동기 드라이버는 마이크롬 형태의 디지털 컨트롤러를 주로 사용하고 있으며 드라이버는 모터 용량에 적합한 전용 IC칩을 사용하여 제작하고 있다. 여기서 잠깐 BLDC 모터의 기동원리를 살펴본다. 그림 2에서 회전자인 영구자석의 위치에 따라 각 상의 전기자 권선이 적절히 스위칭이 되어야 한다. 즉, 그림 2와 같이 나타낸 바와 같이 대부분의 BLDC 모터는 매 시간 간격마다 2개의 상에서 勵磁되어 회전자계를 발생하도록 한다. 다시 말해, 그림 3에서 나타낸 각 상의 권선이 120도 위상을 갖고 스위칭이 되어야 한다. 120도 간격을 갖고 3상의 코일을 스위칭 함으로써 영구자석의 자계와 회전자계가 서로 작용하여 모터를 회전시키게 된다. 이때, 발생하는 회전 토-크는 고정자 자계와 회전자 자계가 서로 90도 간격으로 떨어져 있을 경우에 최대 토-크를 발생하면서 회전을 얻게 된다.



〈그림 2〉 BLDC 모터 회전자리

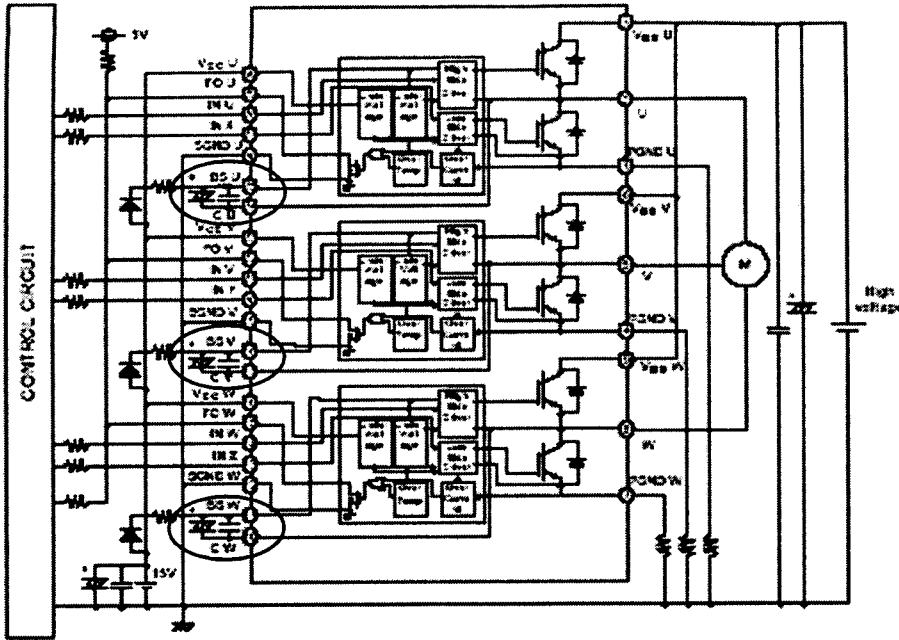


〈그림 3〉 BLDC 모터 스위칭 시퀀스

그러나 초기 기동시에는 회전자계가 형성된 상태가 아니므로 마이크롬에 의해 결정되는 외부 인버터의 스위칭 순서에 따라 정, 역회전을 하게 되고 일단 회전 토-크가 발생하면 그때부터 홀센서에 의해 검출되는 영구자석의 회전자 위치에 따라 그림 3에서와 같이 해당되는 전기자 코일을 스위칭 함으로써 계속하여 회전을 하게 된다. 즉 정회전시에는 순방향으로 스위칭이 되도록 해야 하고 역회전시에는 역방향의 순서대로 스위칭이 되어 회전을 하게 된다.

#### 2.2 기동실패 발생원인 분석

앞서 언급한 바와 같이 초기 기동실패의 발생 원인을 인버터 회로에서 쉽게 발견할 수 있다. 전압 인버터는 그림 4와 같이 고전압 스위칭을 위해 다이링턴(Darlington) 회로로 된 연속된 2개의 전력(TR)소자를 이용하고 있다. 앞단의 전력소자는 디지털 마이크롬 소자의 출력신호를 입력받아 후단의 충전 펌프 역할을 하는 고전압 전력변환 소자를 게이팅한다. 이때, 각 전력 변환소자의 게이팅 전압이 각각 다르게 설계되어 앞단의 소자는 오픈 드레인 형태의 마이크롬 디지털 출력 전압을 입력받아 해당 소자의 게이팅 전압으로 사용할 수 있으나, 후단의 전력소자는 외부에서 별도의 전압공급이 필요하다. 이를 위해 각 상별로 전해 콘덴서를 사용하고 있으며, 그림 4에서 이를 보이고 있다. 그림 4에서 각상의 충전 콘덴서는 모터 코일에 전압이 정상적으로 인가되어 일단 회전을 시작하면 자체적으로 전압을 충전하여 정상적으로 후단 전력소자의 게이팅 전압을 공급할 수 있으나, 초기 기동시에는 모터에 인가되는 전압이 없는 상태에서 마이크롬에서 轉流용 스위칭 신호로 게이팅을 하게 되어 이 게이팅 신호가 전단 소자에 인가되어도 후단 소자에는 게이팅 할 수 있는 전압이 없는 상태이므로 후단 전력소자를 게이팅 할 수 없게 된다. 그 결과로 마이크롬에서의 轉流용 스위칭 신호가 정상적으로 출력되어 전단 전력소자에 입력되어도 인버터의 후단 전력소자에는 게이팅을 할 수 없게 되어 실제로 인버터의 역할을 수행할 수 없기 때문에 초기 기동에 실패해 버린다.



〈그림 4〉 BLDC 드라이버 인버터(MIG15J503H) 및 주변회로

2.3 개선방법

이와 같은 문제점은 전자부품의 특성상 각 부품제조업체가 서로 다른 이유로 인하여 주로 발생하며 각 부품의 공급자(제조회사)는 외부와의 인터페이스를 충분히 보장해 줄 수 없기 때문에 사용자(혹은 개발자)가 해당되는 문제점을 스스로 찾아 해결할 수밖에 없다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 다음과 같은 점들이 고려되었다. 우선 초기 기동시에는 충전용 콘덴서의 초기 충전을 일정시간(0.5초 이내)에 우선 수행하고, 충전이 완료된 이후에는 정상적인 동작으로 게이팅 신호에 의해 동작할 수 있도록 설계한다. 즉, 그림 5에서 A+, B+, C+의 TR을 동시에 게이팅하여 단락상태가 되도록 함으로써 충전 콘덴서 A, B, C가 초기 충전이 되도록 한다. 그렇게 함으로써 충전 콘덴서를 일시적으로 단락하고 초기충전을 수행할 수 있도록 한다. 결국, TR소자 A,B,C 3개의 게이팅 신호를 모두 동시에 On 시킴으로써 일시적인 강제적인 단락현상을 유도한다. 일단 단락 현상이 발생하면 3개의 충전 콘덴서의 2차 회로가 모터 권선을 거쳐 폐회로를 구성하여 충전 전류를 흐를 수 있게 된다. 이 충전 전류에 의해 충전 콘덴서는 초기 충전이 가능하게 된다. 초기 충전이 완료된 상태에서는 정상적인 게이팅 신호에 의해 앞서 언급된 게이팅 순서에 의해 모터의 轉流신호를 발생시킬 수 있게 된다.

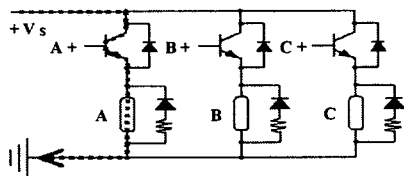


그림 4 제한된 초기 콘덴서 충전원리

이를 위해 요구되는 설계의 고려사항은 마이크로 제어 소프트웨어에서 초기화 작업에서 약 0.5초 이내에 앞에서 요구되는 게이팅 신호를 발생할 수 있도록 추가적인 설계가 필요하다. 다음 그림 5에서 추가 기능이 필요한 부분을 원호(O)에서 표시한 소프트웨어 흐름도를 나타내고 있다. 이 추가적인 기능은 모터 초기 기동시에만 필요한 기능으로 정상 동작 시에는 불필요한 기능이므로 마이크로 소프트웨어 설계에서는 이점이 중요하게 고려되어야 한다.

2.4 설계 개선의 성능시험

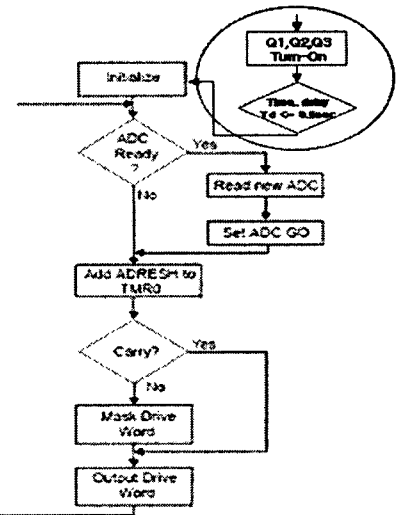
본 기능의 성능을 평가하기 위해 성능시험을 수행하였다. 이 기능이 없던 설계된 BLDC 모터 드라이버 회로에서는 초기 기동에 모두 실패하였으나 본 기능의 추가로 인하여 매우 만족되어 기동되었다. 또한 성능을 평가하기 위해 마이크로 출력신호 및 모터 상전압 전류파형을 측정하였으며 모두 정상적인 출력을 얻을 수 있었다. 그림 6에서 마이크로 출력 파형을 나타내고 있다. 즉, 홀센서 입력에 따른 게이팅 출력파형은 정상적으로 나타나고, PWM 출력파형을 얻을 수 있었다. 또한, 그림 7에서 모터 각 상의 전압파형과 전류 파형을 측정하여 나타내고 있다.

3. 결 론

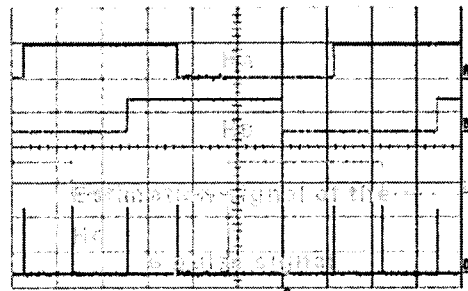
지금까지 마이콤을 이용한 BLDC 모터 드라이버 회로에서 흔히 발생하기 쉬운 초기 기동실패 현상에 대한 원인 분석과 그 개선점을 본 시스템을 개

발한 경험을 바탕으로 소개하였다. 본 개선점은 이 분야의 회로 설계 및 개발 경험이 있는 개발자에게 중요한 정보가 될 것으로 보이며, 이는 회로 개발의 경험에서 축적되는 기술이라 하겠다. 본 회로 설계에는 마이콤 응용 하드웨어 회로 설계는 물론 소프트웨어 설계가 충분히 고려된다. 그러나, 중요한 점은 본 추가적인 기능은 하드웨어의 추가 혹은 별도의 고려사항이 없어도 가능하며, 단지 마이콤 소프트웨어 설계에서 특별히 고려해야 할 사항으로 인지되어야 한다.

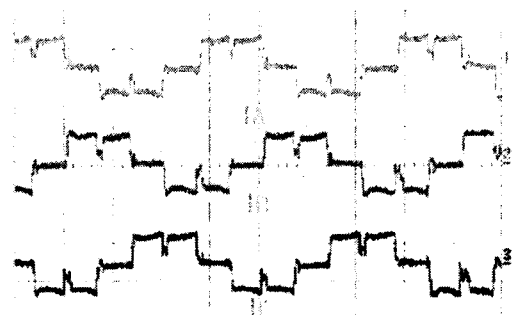
결론적으로 간단한 소프트웨어의 기능을 추가함으로써 초기 기동 실패의 원인을 제거하여 매우 성공적인 드라이버의 기능을 발휘할 수 있었다. 또한 개발된 시제품의 성능 평가에서도 매우 만족할 만한 특성을 얻을 수 있었다.



〈그림 5〉 초기충전을 위한 마이크로 제어 흐름도



〈그림 6〉 홀센서 및 마이크로 출력 측정파형



〈그림 7〉 BLDC 모터 각상 전압 측정파형

[참 고 문 헌]

- [1] "MIG15J503H 사용자 매뉴얼", 도시바, 2000
- [2] 정대원, "가전기기(세탁기용) BLDC 모터 드라이버 기술보고서", 호남대 RIS기술지도 보고서, 2006