

Common 단자를 이용한 3상 Spindle Motor 안정제어

서문 기태
아주대학교

A 3-Phase Spindle Motor Stable Control by Using Common Terminal

Kite Seomoon
Ajou University

Abstract - 80년대 초에 개발된 CD(Compact Disc) Disc는 지난 27여 년간 급속한 발전을 하였다. 95년에 DVD가 발표되면서 영화 Title제작이 되어 우리는 안방에서 고화질의 DVD를 감상할 수 있었다. CD-R(Recordable)로부터 시작된 기록 기술은 CD-RW를 거쳐 DVD-Recordable, DVD-ReWritable 및 DVD-RAM, Light Scribe 등 거쳐 BD(Blu-Ray) 기술에 까지 이르게 되었다. 광 Disc 기술은 3가지 분야로 나눌 수 있다. 안정된 제어를 위한 Servo 기술, Mechanical 기술, PC와communication 할 수 있는 Interface 기술 등으로 나눌 수 있다. Servo 제어 기술은 다음과 같이 4가지 분야로 구성되어 있다. Focus Servo, Tracking Servo, Sled Servo, Spindle Servo. Disc 회전을 제어를 담당하고 있는 Spindle Servo Block에서는 Hall Sensor를 이용하여 Disc의 회전을 Count하여 Feedback 하였다. 그러나 갈수록 심화 되고 있는 가격 경쟁 상황에서 Hall Sensor를 대체하여 회전수를 Count하는 방법이 필요 하였다. BEMF(역기전력)을 이용한 Zero Crossing 방법이 이를 대체 하였지만, Motor의 전기적인 특성 편차 등에 안정된 control이 안되어서, Motor를 관리하는 방법으로 진행되어 왔다. 이것은 생산 Loss로 이어져서 Hall Sensorless의 장점을 훼손하게 되었다. 본 논문에서는 이러한 Sensorless Type Spindle Motor의 문제점에 대해 Common 단자를 이용하여 안정된 제어 방법을 제안 한다. less Type의 문제점인 초기 기동 문제를 Common 단자를 이용하여 안정되게 Spindle motor를 Control 하는 방법에 대해 연구 하고자 한다.

1. 서 론

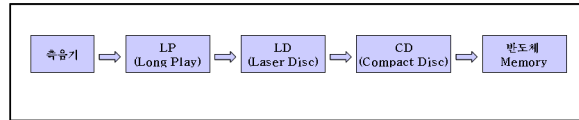
Optical Disc Drive 의 역사는 멀게는 LP에서부터 시작을 알 수 있다. 1982년 필립스와 소니가 공동 개발한 CD-DA는 Red Book 으로 규격화 되었다. Red Book의 물리적인 규격에 컴퓨터용 Data Format을 기록하여 현재의 Multimedia 시대를 주도 하게 되었다. 이것은 Yellow Book으로 규격화 되었고, 2352bytes를 1sector로 구성 하였다. Data Format에 의해 등에 의해 CD-ROM Mode 1, Mode2 등으로 구분되어 지고 있다.Mode1은 ECC가 있고, Mode 2는 ECC가 없는 구조로 대부분 Video CD Data를 저장 하고 있다. Yellow Book에서는 컴퓨터 파일 System에 대한 정의가 없으며, 파일 System은 ISO 9660이라는 표준에서 성립되었다. 이와 같이 ODD는 컴퓨터의 주변기기로서 물리적인 Format은 CD-DA를 기반으로 하고, 컴퓨터 파일 system으로 구성 한 것이다. 이러한 CD-ROM 그 후 읽기 속도를 향상 시키는 방향으로 발전하였다. 읽기 속도를 향상하기 위해서는 Disc의 회전 속도를 높여야 한다. CD-ROM의 표준 선속도(1배속)는 1.2~ 1.4m/s로 규정되어 있다. 이것은 내주에서 약 8회전, 외주에서 약 3회전의 속도를 의미 한다.

현재는 외주에서 Max 52배속 Read (11,000rpm)가 가능 할 정도의 회전에 대응 하도록 Mechanism 기술이 발전 되었다. 이러한 속도가 가능한 배경은 PWM을 이용한 Power 효율 개선, 유체역학적 Disc 부상 방지 기술, Ball Balance를 Disc 회전 안정화 등의 기술이 발전되어 가능 하게 되었다. 최근 시장에서는 ODD 기술의 배속 경쟁에 대해서는 마무리 단계에 있고 Low Cost 제품 개발에 주력을 하고 있다. 본 논문에서는 Disc의 회전을 Control하는 Spindle Block의 Hall Sensor가 없는 Sensorless type 개발의 문제점과 개선 방향에 대해 연구한다.

2. 본 론

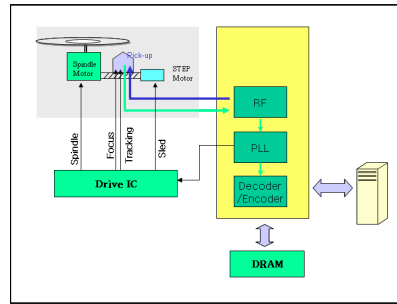
2.1 ODD(Optical Disc Drive)의 구조

Optical Disc는 어떤 장치에 기록하고자 하는 욕구에서 시작한 녹음 기술은 최초로 Edison이 개발한 축음기에서 시작하여 자기 Tape를 거쳐 Compact Disc, DVD, Blu-Ray로 발전 하였다.



<그림 1> 저장매체의 발전

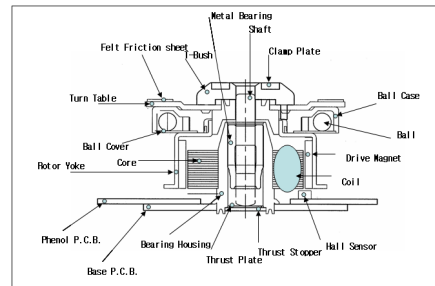
Optical Disc Drive는광학계, 제어계, 재생계, Interface계로 나눌수 있다. 제어계는 Focus 제어, Tracking 제어, Sled 제어, Spindle 제어로 구성되어 있다.



<그림 2> Optical Drive의 block Diagram

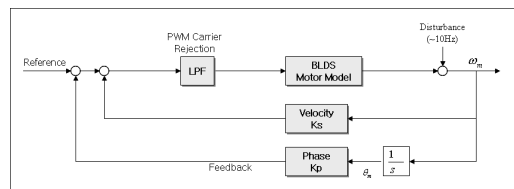
2.2 Spindle Motor 구조와 Spindle 제어 Block

ODD에서 Disc의 회전을 담당하는 Spindle Motor는 3상 구조로 되어 있다. 회전수를 Count하기 위해 Hall Sensor를 사용 하고 있다.



<그림 3>. Spindle Motor 구조

Spindle 제어 Block은 하기 그림과 같다.



<그림 4>. Spindle Motor 제어 Block

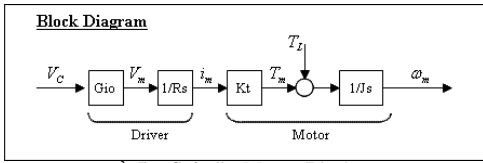
Torque방정식을 이용한 Spindle Block은 다음과 같다.

$$T(t) = J\alpha(t) = J \frac{d\omega(t)}{dt} = J \frac{d^2\theta(t)}{dt^2} \dots\dots\dots(3.1)$$

(α : 각가속도, ω : 각속도, J : 관성)

Gio는 Current Gain으로써 A/V 이고 , Rs는 Sensor Resistor로써 전류 Limit를 걸어 준다. Gio와 Rs의 관계는 Mitsubishi사의 M63028FP Drive IC에서는 식(3.2)와 같다. .

$$G_{io} = \frac{R1}{(R1+R2) * R_s} \dots\dots\dots(3.2)$$



<그림 5> Spindle Motor Block.

Kt : Motor Torque 상수, B: 점성 마찰 계수, J: 관성

Control 전압 Vc에 대한 회전속도 ω의 관계식은 하기와 같이 유도 할 수 있다.

$$V_m = \frac{i_m}{G_{IO}} \dots\dots\dots(3.3)$$

$$K_t i_m = T_m \dots\dots\dots(3.4)$$

$$T_m = J \frac{d\omega}{dt} + B\omega + T_L \approx J \frac{d\omega}{dt} + T_L \dots\dots\dots(3.5)$$

식(3.7)은 전류구동 형 에서 전류를 Feedback하여 일정 전류를 유지 시켜주는 내주 Loop가 존재하여 역기전력에 의한 Ke에 대한 영향을 무시한 것이다. 식(3.3)에 식 (3.4) 및 식(3.5)을 대입하면 다음과 같다.

$$V_m = \frac{T_m}{G_{IO} K_t} = \frac{1}{G_{IO} K_t} (J \frac{d\omega}{dt} + T_L) \dots\dots\dots(3.6)$$

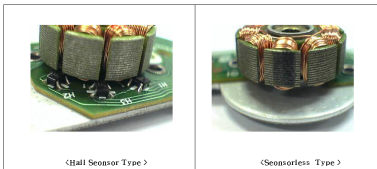
상기 식에서 부하(TL) 가 없을 때 Control 전압 Input VC 에 대한 회전속도 ω에 대한 전달 함수를 구해 보면 하기 식 (3.7)와 같다.

$$\frac{\omega}{V_c} = \frac{G_{IO} K_t}{R_s} \frac{1}{J s} \dots\dots\dots(3.7)$$

2.3 Hall Sensorless Motor의 문제점

상Hall Sensorless Type Spindle Motor 구동시에 하기와 같은 문제점이 제기 되었다.

- 정지상태에서 Rotor 위치 검출 불안
- 초기 구동시 Motor의 상간 Inductance 편차에 의한 구동 불안
- 저 배속 구동 불안.



<그림. 6 > Spindle Motor 비교

< 표 1> Sensor Type과 Sensorless Type의 장,단점 비교

	Sensor Type	Sensorless Type	Note
Good	<ul style="list-style-type: none"> • 정속 제어 특성이 우수 • 초기 기동이 빠름 	<ul style="list-style-type: none"> • 효율이 높음 • 가격적인 Merit가 있음 • Core 안입동 조립성이 좋음. 	
Bad	<ul style="list-style-type: none"> • 비용이 상대적으로 높음. • Hall sensor 위치등 기구적 설계에 유의. 	<ul style="list-style-type: none"> • 정속 제어 (저속) 특성이 떨어져 • Inductance 등 관리 부자식 기동 특성이 떨어져. 	<ul style="list-style-type: none"> • IC 실 증점 사용. • Motor 양산 관리 능력이 중요함.

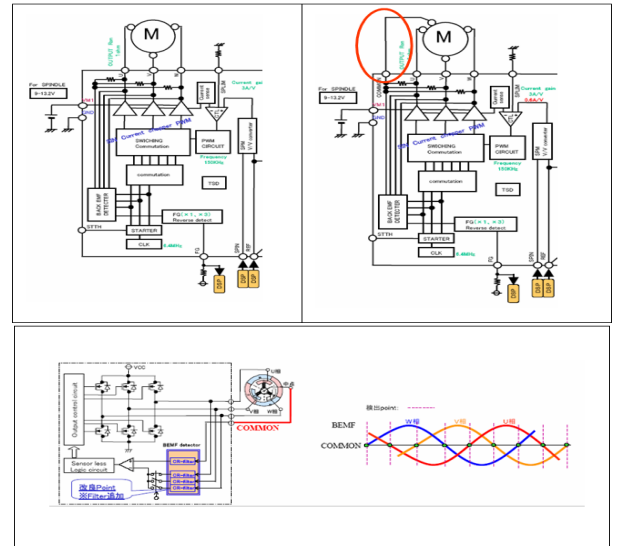
2.4 Common 단자를 이용한 문제점 해결

Common 단자는 하기 그림과 같이 U,V,W 3상 Spindle motor coil단의 중심점이다. 이 중심점을 Drive IC에 연결 함으로써 기존에 가상 중점에서 실 중점을 사용 함으로써 Motor 편차에 의한 Spindle Motor 불안 요소를 줄 일수 있었다.

$$K_e = 0.7rpm/V \dots\dots\dots(3.8)$$

$$N = (Vofs1 + Vofs2)/(K_e/2) \dots\dots\dots(3.9)$$

Vofs2는 Motor 실제 중점과 Drive IC 가상중점의 차이다 . 실제 Motor 중점이 Drive IC에 연결이 되었기 때문에 Common 단자 사용시 에는 Vofs2가 “0”가 된다.



<그림. 7> Common 단자 연결

< 표.2 > Common 단자 연결후의 개선점

Items	가상중점 (3Wire)	실중점 (4Wire)
상간 저항 차	Max 3%	Max 10%
상간 Inductance	Max 3%	Max 10%
FG Jitter	8% 이상	3% 이하

3. 결 론

ODD에서 Disc의 회전을 담당하는 Spindle Motor는 열가화를 위해 회전을 Count하거나 , Rotor의 위치를 알아낼수 있는 Hall Sensor를 삭제하고 대신 Spindle Motor의 역기전력을 Zero Crossing 하여 회전 수를 Count하는 FG 파형을 생성 하였다. 하지만 이 FG 파형을 Motor의 특성에 의해 잘 나오지 않는 경우가 많았다. 역효과가 발생하여 Hall Sensorless Type의 Spindle Motor는 제조업체에서 상간 Inductance관리를 별도로 하여 생산 및 공급 하였다. 그러나 이러한 Motor의 관리 사항은 기존 Hall Sensor Type의 Spindle Motor에는 관리가 필요 없거나 여유가 있었던 사항이었다. 따라서 본 논문에서는 이러한 관리사항에 여유를 확대하여 Spindle Motor 제조상 관리를 하지 않아도 되는 Spindle 제어 Block에 대해 연구 하게 되었다. 결론적으로는 역기전력을 이용한 Zero Crossing 방법에서 기존의 가상 중점을 사용하는 대신, Spindle Motor의 실 중점을 사용하게 하여 문제를 해결 할 수 있었다. 이러한 연구결과는 Spindle Motor 제조업체에서 생산 관리에 여유를 가지고 올 수 있어 , 안정적인 Motor 공급을 이룰 수 있었다.

[참 고 문 헌]

[1] Norman S. Nise ,“Control Systems Engineering ” p77, 2004
 [2] Benjamin C Kuo, “Automatic Control Systems ” p138
 [3] 柳本 薫“マルチメディア CD/CD-ROM技術” P99,P101, 1994
 [4] Ken C. Pohlmann ” The Compact Disc Handbook ” p4 ,p105 1992