

## Digital DC/BLDC Servo Motor Driver

# MoonWalker *i*-Servo User's Manual

SERIES No.

SDC24D200S-U, SBL24D200S-U



사용자 매뉴얼에 포함된 정보는 정확하고 신뢰성이 있는 내용입니다. 그러나 출판 당시 발견되지 않은 오류가 있을 수 있으니 사용자는 자신의 제품 검증을 수행하시기 바라며, 전적으로 사용자 매뉴얼에 포함된 정보에 의존하지 마시기 바랍니다.

## 사용전 유의 사항

본 매뉴얼은 제품의 취급 방법과 안전상의 주의 사항이 기재되어 있습니다. 제품을 사용하기 전에 매뉴얼을 반드시 숙지 하시기 바랍니다.

1. 인명이나 재산상의 큰 기기, 또는 이동형 로봇에 사용할 경우 안전장치(use, 기계적 브레이크 장치)를 설치 후 사용 하시기 바랍니다.(인명사고의 위험이 있습니다.)
2. 제품을 분해 또는 개조하지 마십시오. 점검 또는 수리해야 하는 상황 발생시 본사에 문의해 주시기 바랍니다.(화재, 감전, 파손의 위험이 있습니다.)
3. 제품의 주변에 폭발성 물질이나, 인화성 가스가 있는 장소, 부식성 분위기, 물이 닿을 가능성이 있는 장소, 가연성 물질이 있는 부근에서는 사용을 피하여 주십시오.
4. 전원을 연결할 경우 반드시 극성(전원공급기의 단자)을 확인하여 주시기 바랍니다.
5. 모든 배선장치의 연결 또는 해제 시 전원이 꺼져 있는지 확인 하시기 바랍니다.
6. 제품을 장시간 운전하였을 경우, 화상에 주의 하십시오
7. 전원이 인가된 상태에서는 이동, 설치, 접속, 점검 등의 작업을 하지 마십시오.
8. 비 정상적으로 전원을 차단 하였을 경우, 다시 전원 인가시 전체적인 설정 상태를 재확인 하시기 바랍니다. (갑작스런 모터 기동으로 인한 상해의 위험이 있습니다.)
9. 방열 및 성능 향상을 위하여 통풍이 잘 되도록 유지하여 주시기 바랍니다.
10. 장시간 연속 구동시 되도록 방열판의 열을 흡수할 수 있는 형태의 샷시에 장착 시켜 주시고, 2차 방열판을 권장 합니다.
11. 제품의 정격(전압 또는 전력) 이내의 범위에서 사용하시기 바랍니다.
12. 케이스가 없는 벌크 타입의 제품은 외부 분진 또는 이물질로부터 보호해 주시기 바랍니다.
13. 본 매뉴얼을 장비기기와 가까운 곳에 비치해 두시기 바랍니다.
14. 보조 제동장치가 설치되지 않은 조건에서 수직 상하 운동 장치(Z축)에 사용하지 마십시오.

## 목 차

CHAPTER 1. 소개 .....	4
1.1. 특징점 .....	4
1.2. 성능 및 자원 .....	4
1.3. 크기 및 치수 .....	5
1.4. 커넥터 핀 정보 .....	6
1.4.1. 전원 및 모터 .....	6
1.4.2. 엔코더 & 홀센서 .....	7
1.4.3. 제어신호 .....	7
1.4.3. 1.4.4. LED 표시등 .....	8
CHAPTER 2. 연결 구성 .....	8
2.1. 일반적인 연결 구성 .....	8
2.2. 엔코더 연결 구성 .....	9
2.3. 제어 신호 연결 구성 .....	9
2.4. 통신(USB) 연결 구성 .....	9
CHAPTER 3. Motor Control UI 유틸리티 .....	10
3.1. 소프트웨어 다운로드 및 실행 .....	10
3.1.1. 시스템 요구사항 .....	10
3.1.2. 다운로드 .....	10
3.1.3. 실행 .....	10
3.2. 메인 화면 구성 .....	10
3.2.1. 헤더 .....	10
3.2.2. 탭 윈도우 .....	11
3.3. Firmware Update 대화상자 .....	11
3.4. Connection 대화상자 .....	11
3.5. Real-time Plot창 .....	11
3.6. Motor Control 탭 .....	12
3.6.1. Motor Control Status .....	12
3.6.2. Motor Fault Flags .....	12
3.6.3. Serial(USB) Communication .....	13
3.6.4. Pulse Inputs .....	13
3.6.5. Power Stage Monitoring .....	14
3.7. Configuration 탭 .....	14
3.7.1. Product Information .....	15
3.7.2. Serial Communication .....	15
3.7.3. Pulse Input Signals .....	16
3.7.4. Position Sensors .....	17
3.7.5. Motors – Motor Characteristics .....	18
3.7.6. Motor – Fault Conditions .....	20
3.7.7. Motor – Position Controller Gain .....	21
3.7.8. Motor – Current Limiter Gain .....	22
3.8. Gain Tuning 탭 .....	23
3.8.1. Wave Generation .....	23
3.8.2. Position Controller (PID) 조정 .....	23
3.9. 서보 제어기 구성 .....	24
3.9.1. 제어기 구성 파라미터 설정 .....	24
3.9.2. 홀센서 위상 찾기 (BLDC 모터 제어기만 해당) .....	24
3.9.3. 위치센서 파라미터 찾기 .....	24
3.9.4. 모터의 전기적 파라미터 추정 .....	25
3.9.5. 위치 제어기 이득 조정 .....	25
문서 변경 이력 .....	26
제품의 보증 .....	26

## CHAPTER 1. 소개

로봇, CNC 머신, 산업용 기기 등 고속, 고정밀, 고정도의 제어를 요구하는 장비들은 모션 제어 기술과 기계 설계 기술의 첨단기술에 속합니다. 특히 고정밀, 고정도의 정밀한 제어를 할 수 있는 것은 고성능의 서보 모터 기술과, 전자 제어 기술이 결합된 모션 제어 기술에서 비롯된다고 할 수 있습니다.

저희 엔티렉스는 고성능의 서보 모터 기술과 전자 제어 기술이 결합된 MoonWalker i-Servo 시리즈를 여러분께 소개합니다. MoonWalker i-Servo 시리즈는 가격 대비 고성능을 자랑하며, 모델에 따라 전류, 속도, 위치 제어를 탑재하고 있어서 CNC 머신, 산업용 기기, 로봇 암, 이동 로봇 등을 연구부터 실제 응용까지 광범위한 적용이 가능합니다. 또한, 제품의 통신 연결에 관련된 내용만 숙지하면 바로 사용이 가능한 UI Utility를 무료로 제공하고 있습니다. 모터를 구동하기 전에 PC에서 UI Utility를 가지고 손쉽게 제어기의 각종 설정들을 조절하고 테스트할 수 있으며, 제어기의 상태와 데이터 값을 실시간으로 그래프로 확인하면서 모터의 제어 상태와 성능을 확인할 수 있습니다.

본 사용자 매뉴얼은 MoonWalker i-Servo 시리즈를 올바르게 사용하기 위해 사용자가 알아야 할 내용들은 담고 있습니다. 만약 여러분이 모션 제어에 대한 기본 지식을 가지고 있다면 UI Utility를 내용 부분만 숙지한 후 바로 제품을 사용하셔도 됩니다. 그러나 반대로 모션 제어에 대한 지식이 없거나 공부하기 위해 본 제품을 구매하셨다면 사용자 매뉴얼을 꼭 숙지하신 후 제품을 사용하시기 바랍니다



그림1. MoonWalker i-Servo [SDC24D200S-U]

### 1.1 특·장점

· 입력 전압: 9 ~ 30 VDC	· PID 피드백 위치 제어기 사용, Anti-Wind-UP기능 포함
· 최대 연속 전류: 20A	· 모터의 전기적 파라미터(L, R, Ke) 추정 가능
· 최대 순간 전류: 40A	· 모터의 전기적 모델로부터 Feedforward 제어기 사용
· PC기반 User Interface를 사용한 제어 파라미터 설정 및 구동	· 과전압, 저전압, 과전류, 과열 탐지
· 사다리꼴 속도 프로파일을 사용한 테스트 구동	· RUN, FAULT, COMM LED 표시
· 펄스 입력 방법으로 PUL/DIR, CW/CCW 중 선택	· 엔코더 방향 찾기 기능
· 입력 펄스 값에 전자 기어비 설정	· 피드백 제어기의 과대 위치오차 탐지
· 엔코더 신호를 이용한 위치제어	· 스톱 상황 탐지

### 1.2 성능 및 제원

	SDC24D200S-U	SBL24D200S-U
지원하는 모터	Brushed DC	Brushless DC
입력 전압	24VDC(Typ), 12V ~ 30V(±20%)	
연속 전류	10A	
최대 전류	20A	
정격 전력	200W	
PWM 주파수	20KHz	
엔코더 신호방식	Incremental Encoder, Differential Input(26LS32)	
엔코더 최대 입력 주파수	Max. 10MHz	
최대 입력 펄스 주파수	Max. 1MHz	
파라미터 설정 방식	USB, PC User Interface	
상태 모니터링	BLUE : run, RED : fault, Green : PC communication	
보호기능	Over voltage, Under voltage, Over current, Over heat, Disconnected error(Motor, Encoder)	
전류 제어기 내부 구동 속도	10KHz	
위치 제어기 내부 구동 속도	1KHz	
환경 조건	온도 범위	0 ~ 50℃
	습도 범위	40 ~ 90% RH
	방열 방법	Heat sink plane
	No dust, No oil mist, No corrosive air	
크기	131mm x 75.5mm x 35mm	141mm x 75.5mm x 35mm
무게	260g	320g

표1. SDC24D200S-U, SBL24D200S-U 사양표

### 1.3 크기 및 치수

#### ■ SDC24D200S-U 외경

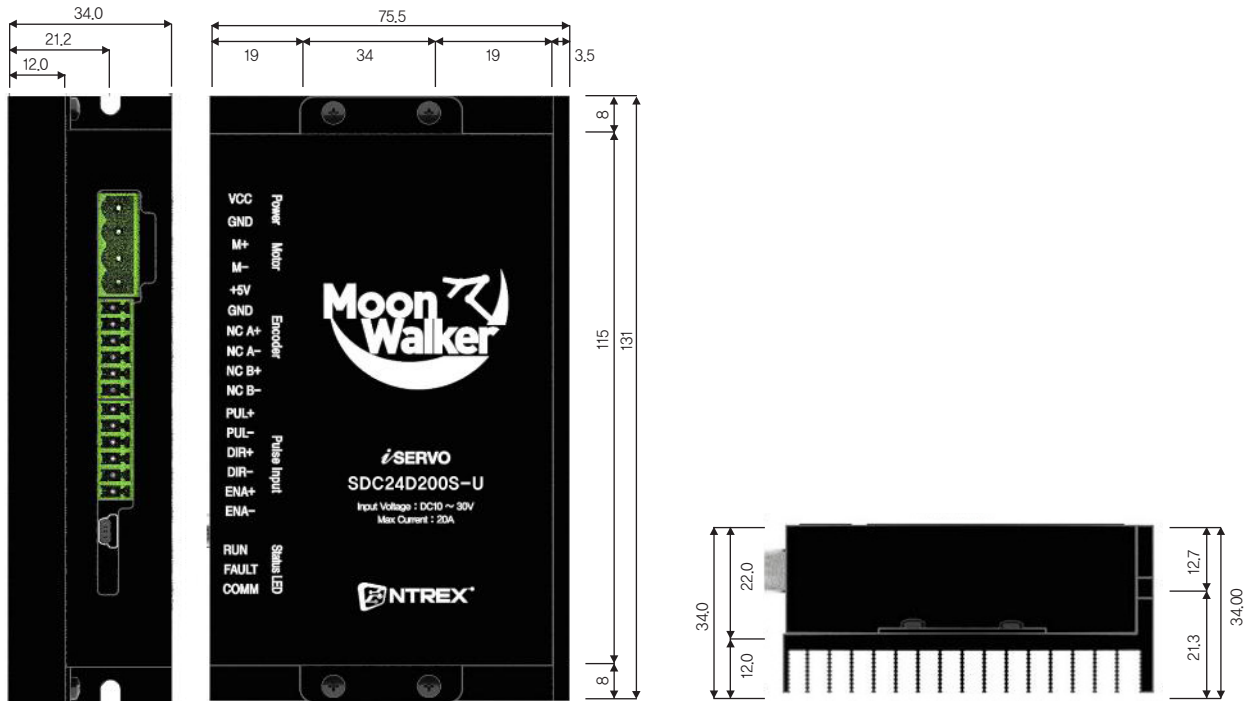


그림 2. SDC24D200S-U 외경

#### ■ SBL24D200S-U 외경

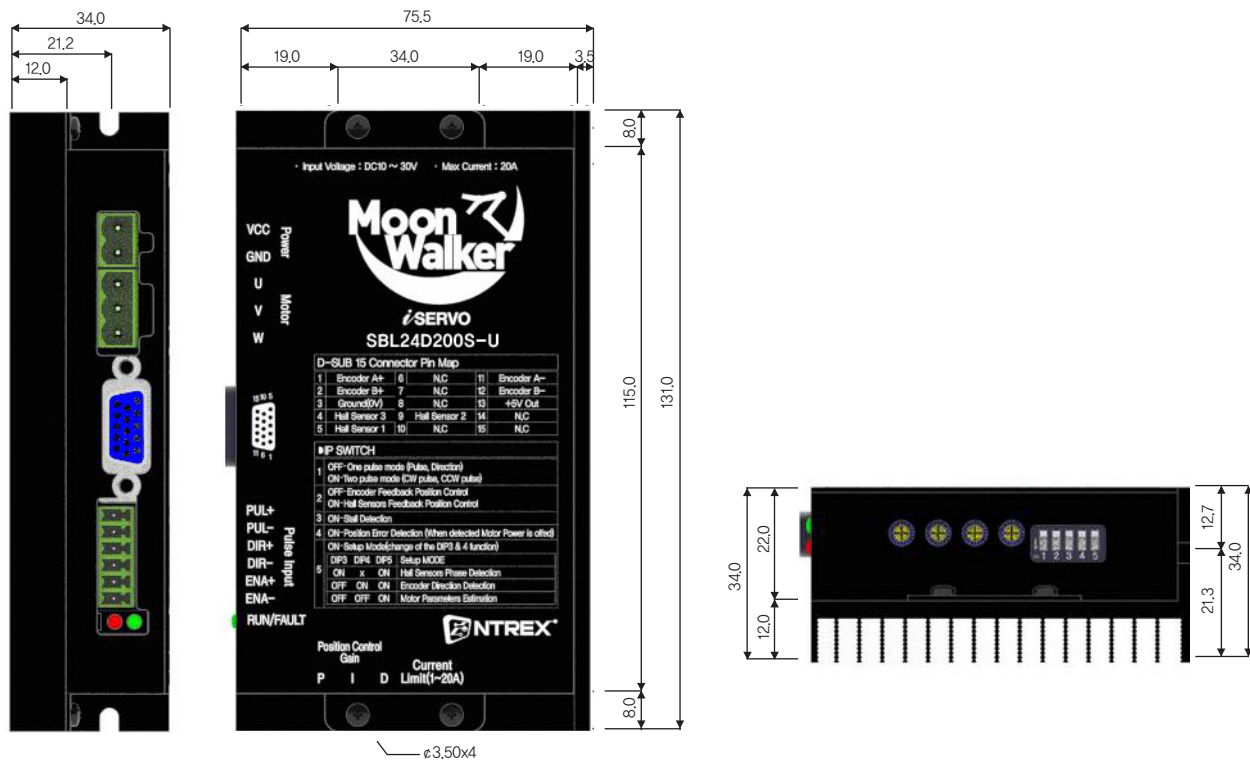


그림 3. SBL24D200S-U 외경

## 1.4 커넥터 핀 정보

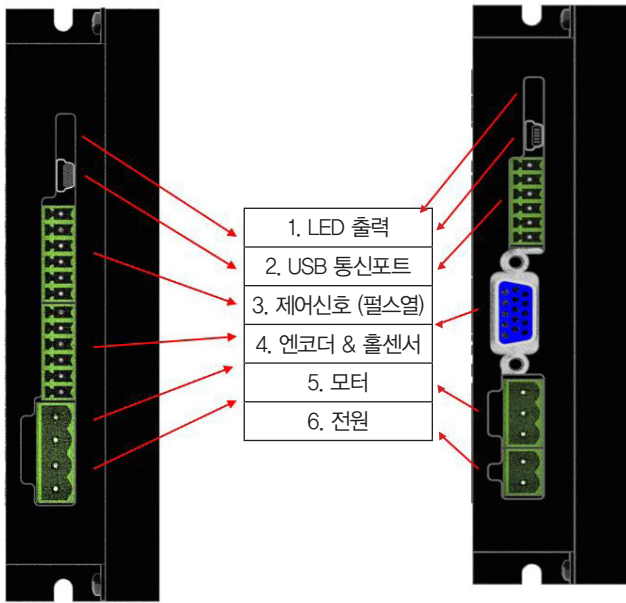


그림4. SDC24D200S-U 외부 커넥터 기능

### 1.4.1 전원 및 모터

No	Function	Description	Direction
1	VCC	Power VCC	IN
2	GND	Power GND	OUT
3	M+	Motor +	IN
4	M-	Motor -	OUT

표2. SDC24D200S-U 전원 및 모터 커넥터 설명

No	Function	Description	Direction
1	VCC	Power VCC	IN
2	GND	Power GND	OUT
3	U	Phase U	IN/OUT
4	V	Phase V	IN/OUT
5	W	Phase W	IN/OUT

표3. SBL24D200S-U 전원 및 모터 커넥터 설명

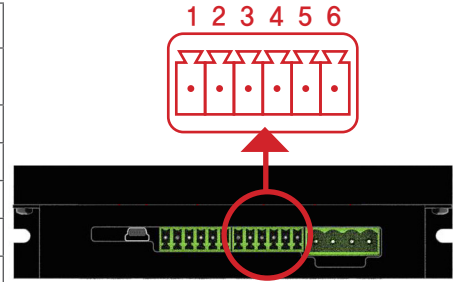
1) Terminal 1	Power VCC / 전원 공급장치의 (+)단자와 연결합니다. 약 +10VDC 부터 +30VDC 이내의 전압을 인가해야 합니다.
2) Terminal 2	Power GND / 전원 공급장치의 (-)단자와 연결합니다.
※ 모터의 최대 소모전류 이상의 출력이 가능한 충분한 전력의 전원공급기 또는 배터리를 사용해야 합니다. 전원 공급이 원활하지 못할 경우, 입력전압이 불안정해지고 제어 성능이 매우 떨어지게 됩니다.	
3) Terminal 3	: M+ or U SDC Series의 경우 ▶ 모터의 (+)단자와 연결합니다. SBL Series 의 경우 ▶ 모터의 U상 단자와 연결 합니다
4) Terminal 4	: M- or V SDC Series 의 경우 ▶ 모터의 (-)단자와 연결합니다. SBL Series 의 경우 ▶ 모터의 V상 단자와 연결 합니다.
5) Terminal 5	: W SDC Series 의 경우 ▶ 단자 없음 SBL Series 의 경우 ▶ 모터의 W상 단자와 연결 합니다.
※ 반대방향으로 연결 하거나(SDC의 경우) 모터의 3상 연결이 올바르지 않을 경우(SBL의 경우) 모터는 반대방향으로 폭주 하거나, 진동하며 탈조 현상을 일으킬 수 있습니다. 이럴 경우 제어기는 과대오차 에러가 발생할 수 있습니다.	

## 1.4.2 엔코더 & 홀 센서

### ■ SDC24D200S-U 엔코더 커넥터 설명

No.	Name	Function	Description
1	+5V	Encoder VCC, Max. 150mA	: +5V / 엔코더의 전원공급 단자입니다. 최대공급전류는 150mA 입니다.
2	GND	Encoder GND	: GND / 엔코더 전원 그라운드 단자입니다
3	ENC A+	Encoder Positive A	: ENCODER A+ / Positive A상 입력단자
4	ENC A-	Encoder Negative A	: ENCODER A- / Negative A상 입력단자
5	ENC B+	Encoder Positive B	: ENC B+ / Positive B상 입력단자
6	ENC B-	Encoder Negative B	: ENC B- / Negative B상 입력단자

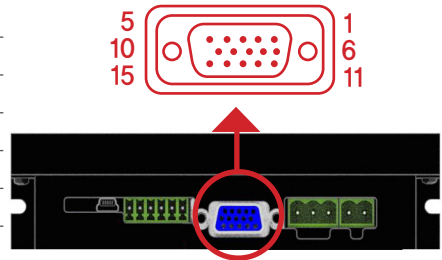
표4. SDC24D200S-U 엔코더 커넥터 설명



### ■ SBL24D200S-U 엔코더 커넥터 설명

No.	Name	Function	Description
1	Encoder A+	Encoder Positive A	: ENCODER A+ / Positive A상 입력
2	Encoder B+	Encoder Positive B	: ENCODER B+ / Positive B상 입력
3	GND	Logic Ground	: GND / 엔코더 전원 그라운드
4	Hall Sensor 3	Hall Sensor W	: HALL SENSOR 3 / Hall Sensor W상 입력
5	Hall Sensor 2	Hall Sensor V	: HALL SENSOR 2 / Hall Sensor V상 입력
6	N.C	Not Connect	: Not Connect
7			: Not Connect
8			: Not Connect
9	Hall Sensor 1	Hall Sensor U	: Hall Sensor 1 / Hall Sensor U상 입력
10	N.C	Not Connect	: Not Connect
11	Encoder A-	Encoder Negative A	: ENCODER A- / Negative A상 입력
12	Encoder B-	Encoder Negative B	: ENCODER B- / Negative B상 입력
13	+5V	Logic VCC	: +5V / 엔코더 전원공급단자. 최대공급전류는 150mA
14	N.C	Not Connect	: Not Connect
15			: Not Connect

표5. SBL24D200S-U 엔코더 커넥터 설명

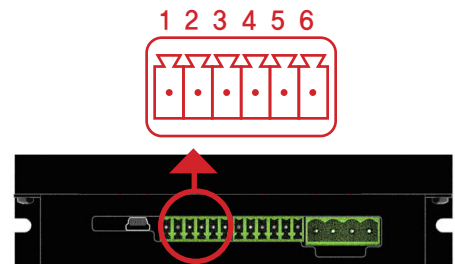


## 1.4.3 제어신호

### ■ SDC24D200S-U, SBL24D200S-U 제어신호 커넥터 설명

No.	Name	Function	Description
1	PUL+	Pulse Signal Positive	: PUL+ / Pulse 또는 CW신호의 Positive 입력 단자
2	PUL-	Pulse Signal Negative	: PUL- / Pulse 또는 CW신호의 Negative 입력 단자
3	DIR+	Direction Signal Positive	: DIR+ / Direction 또는 CCW신호의 Positive 입력 단자
4	DIR-	Direction Signal Negative	: DIR- / Direction 또는 CCW신호의 Negative 입력 단자
5	ENA+	Enable Signal Positive	: ENA+ / Enable 신호의 Positive 입력 단자
6	ENA-	Enable Signal Negative	: ENA- / Enable 신호의 Negative 입력 단자

표6. SDC24D200S-U, SBL24D200S-U 제어신호 커넥터 설명





#### 1.4.4 LED 표시등

제어기는 동작 상태를 표시하는 청색, 적색, 녹색의 LED를 가지고 있습니다. 각각의 LED가 표시하는 상태는 다음 표10 에서 정리하고 있습니다.

제어기에 전원이 투입되면 3개의 LED가 동시에 0.5초 동안 켜졌다가 꺼지며, 이후 동작상태를 표시하는 청색 LED만 깜박이게 됩니다. 이는 정상적으로 제어기가 켜진 상태를 표시하는 것입니다. 제어기에 전원을 투입 후, 3개의 LED가 모두 꺼져있거나 켜져 있는 경우는 모터제어기가 정상적으로 초기화되지 않은 상태입니다. 만일 모터제어기가 정상적으로 초기화 되었다면 동작상태를 표시하는 LED는 항상 1초 주기로 깜박이게 됩니다.

3개의 LED가 모두 0.25초 주기로 깜박이는 경우는 제어기의 하드웨어나 소프트웨어가 오작동을 일으켜 소프트웨어 실행이 중단된 상황으로 제어기를 하드웨어적으로 리셋 하거나 전원을 껐다 켜야 합니다. 근본적으로 제어기의 소프트웨어나 하드웨어에 문제가 있는 것을 의미하며 개발자에게 상황을 리포트 하여 소프트웨어나 하드웨어 수준에서 문제를 수정해야 합니다.

Status	Pattern	Description
BLUE LED (Run)	0000000000	모터에 전력이 공급되지 않는(Power OFF) 상태이고 폴트가 발생한 상태
	1000000000	모터에 전력이 공급되지 않는 상태이고 폴트가 발생하지 않은 상태
	1111000000	모터에 전력이 공급되고(Power ON) 동작 가능한 상태
	1010101010	모터에 전력이 공급되고 모터가 구동 중인 상태
	1110011100	모터에 전력이 공급되고 모터가 목적 위치에 도달한 상태
RED LED (Fault)	0000000000	Fault off – 정상 동작 중
	1000000000	Fault on – Overcurrent error
	1010000000	Fault on – Undervoltage or Overvoltage error
	1010100000	Fault on – Over temperature error
	1010101000	Fault on – Short circuit error (내부 회로 단락 또는 쇼트)
	1010101010	Fault on – Stall detection, 과대 위치 오차 감지, 홀센서 단선 감지, 잘못된 역기전력 상수 입력
GREEN LED (Comm)	0	통신하고 있지 않음
	1	통신하고 있음

표7. SDC24D200S-U, SBL24D200S-U LED상태 표시

상기 표에서 이진수로 표시된 패턴은 100ms마다 수행되면서 0이면 꺼진 상태를 1이면 켜진 상태를 나타냅니다. 점멸 주기는 1초입니다.

## Chapter 2. 연결 구성

### 2.1 일반적인 연결 구성

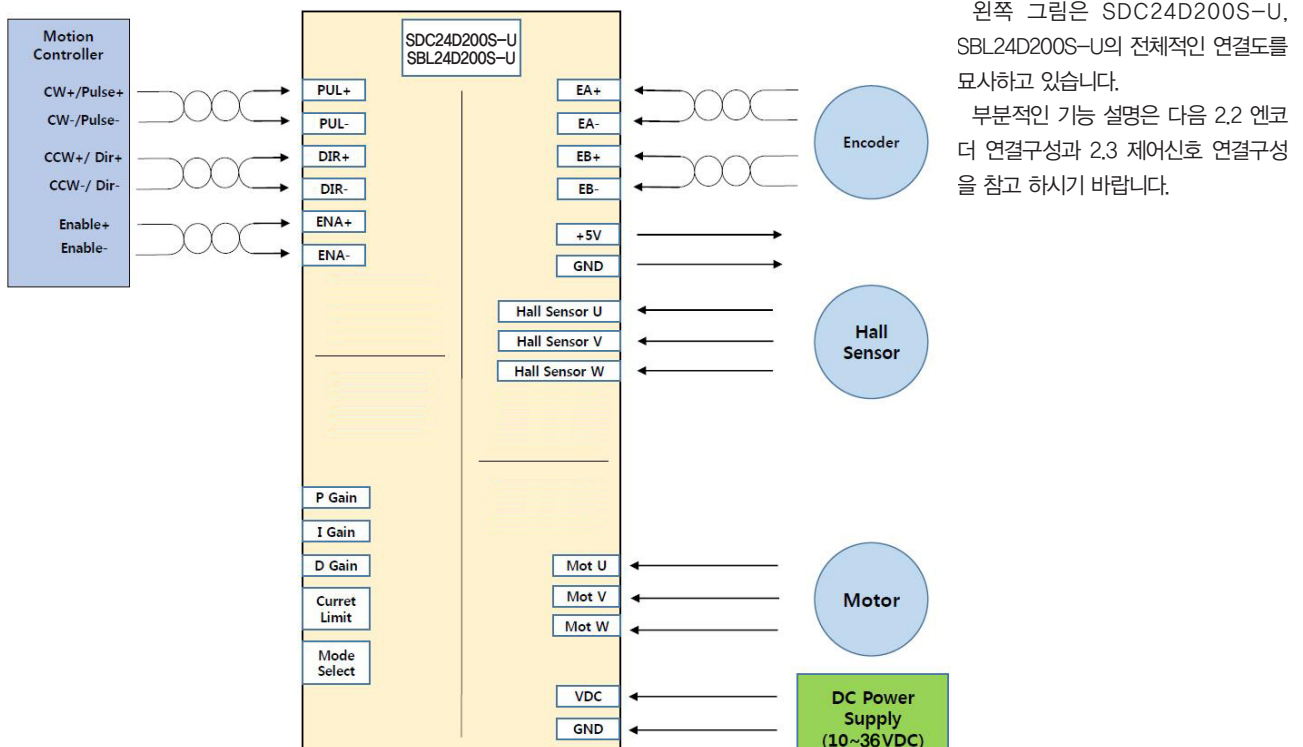


그림5. SBL24D200S-U 일반적 연결구성



## 2.2 엔코더 연결 구성

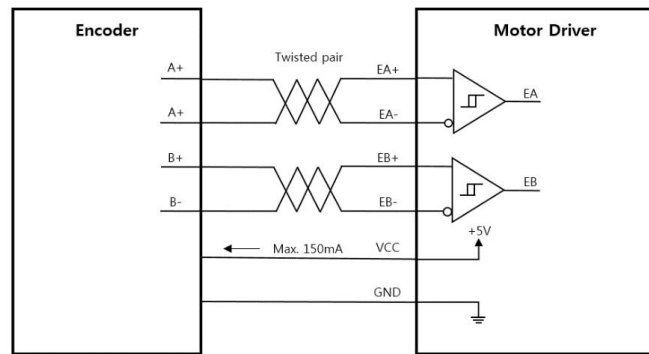


그림6. SDC24D200S-U, SBL24D200S-U 엔코더 연결구성

엔코더의 신호는 라인드라이버 방식의 차동 신호를 입력받는 형태입니다. 따라서 꼬임선 형태, 그리고 외부 노이즈로부터 부터의 쉴드 기능이 갖추어진 통신선(RS-422)의 사용을 권장 합니다. 엔코더 전원공급을 위한 모터드라이버 측의 최대 출력전류는 150mA 입니다. 엔코더의 소요전류가 150mA 이상 일 경우 외부적인 보조전원장치(+5V)를 연결 하시기 바랍니다.

## 2.3 제어 신호 연결 구성

SDC24D200S-U, SBL24D200S-U의 제어신호는 Pulse, Direction, Enable 총 3개의 입력 라인이 제공되며, 외부 노이즈로부터 보호를 위해 모두 전기적 절연이 되어 있습니다. 아래의 예제는 두 가지의 입력방법을 그림을 통하여 설명하고 있습니다.

SDC24D200S-U, SBL24D200S-U의 제어신호 라인은 10mA 에서 20mA사이의 전류가 흐를 수 있도록 설계 되어야 합니다. 그리고 각 신호라인마다 270Ω의 저항이 내장 되어 있습니다. 최대전류가 20mA가 넘지 않도록 외부적으로 저항값을 적절히 조절해야 합니다.

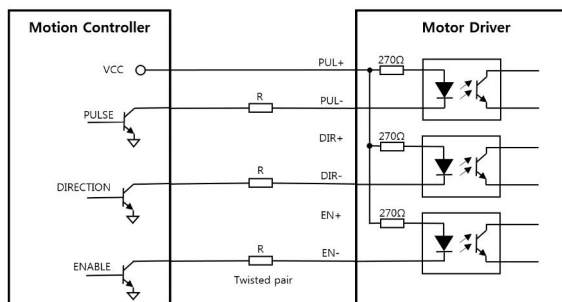


그림7. Open-Collector 연결의 경우(common-anode)결구성

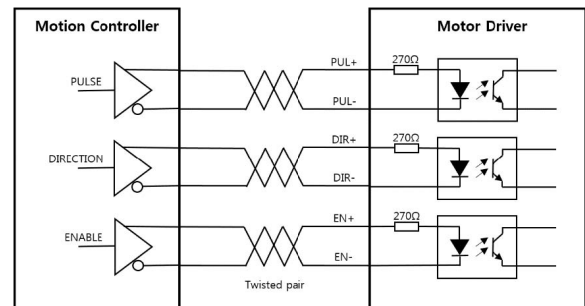


그림8. Line Driver 연결의 경우(Differential Input)

VCC가 5V 일 경우,  $R = 0\Omega$ , VCC가 12V 일 경우,  $R = 1K\Omega$ , VCC 가 24V 일 경우,  $R = 1.6K\Omega$

## 2.4 통신(USB) 연결 구성

사용자가 PC를 사용하여 제어기의 구성(Configuration)을 설정하고 운용 하는 가장 간단한 방법은 제어기와 PC 간에 USB 연결을 구성하고 PC에서 Motor Control UI 유틸리티를 사용하는 것입니다.

제어기의 Mini-USB (B type) 단자에 USB 케이블을 연결합니다. 그러면 PC는 새로운 하드웨어를 감지하고 USB 장치 드라이버를 설치합니다. 그리고 PC에 가상 시리얼 포트(VCP)가 자동으로 설치됩니다. 정상적으로 설치가 끝나면 PC에서 Motor Control UI 유틸리티를 실행하여 제어기를 설정하고 운용 할 수 있습니다.

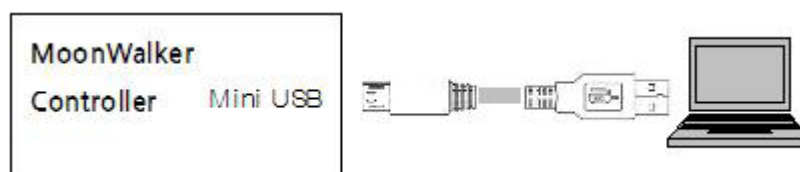


그림9. SDC24D200S-U, SBL24D200S-U의 USB 연결

## Chapter 3. Motor Control UI 유틸리티

PC 기반의 Motor Control UI 유틸리티는 무료로 다운로드 하여 사용 가능합니다. 이 프로그램은 직관적인 GUI를 제공하며, 사용자는 버튼 및 슬라이더를 사용하여 제어를 설정하고 운영합니다.

### 3.1 소프트웨어 다운로드 및 실행

#### 3.1.1 시스템 요구사항

이 유틸리티를 실행하기 위해서는 다음과 같은 PC 환경이 필요합니다:

- Window XP/7/8 32bit/64bit OS
- 10MByte의 HDD 여유공간
- 1GByte 이상의 RAM
- USB 포트

Motor Control UI 유틸리티는 제품에 동봉되어 있지 않습니다. 이 유틸리티를 다운로드 하기 위해서 PC는 인터넷에 연결되어 있어야 합니다.

#### 3.1.2 다운로드

UI 유틸리티 프로그램은 엔티렉스 로봇연구소 홈페이지에서 다운로드 받을 수 있습니다:

다운로드 경로: <http://www.ntrexgo.com/archives/19482>

다운로드 파일은 zip으로 압축되어 있습니다. 압축 파일을 풀면 "Motor Control UI v1.xx" 폴더 안에 MotorControlUI.exe 파일이 있습니다.

**MoonWalker Motor Control UI Program 다운로드 받기**  
**Motor Control UI v1.02**

#### 3.1.3 실행

Motor Control UI 유틸리티는 설치 과정이 필요 없습니다. 압축을 푼 폴더 안에 있는 MotorControlUI.exe 파일을 실행하면 됩니다. 이 유틸리티의 첫 실행 화면은 그림 10 에서 보여주고 있습니다.

이 유틸리티를 올바르게 사용하려면 모터 제어가 PC에 연결되어 있어야 합니다. 그렇지 않으면 유틸리티의 모든 기능이 활성화 되지 않습니다.

※ Motor Control UI 유틸리티는 수시로 업데이트될 수 있습니다. 따라서 사용자는 최신 버전을 확인하고 사용하기 바랍니다.

### 3.2 메인화면 구성

MCUI 프로그램의 메인 화면은 헤더와 탭 윈도우 부분으로 구성됩니다.

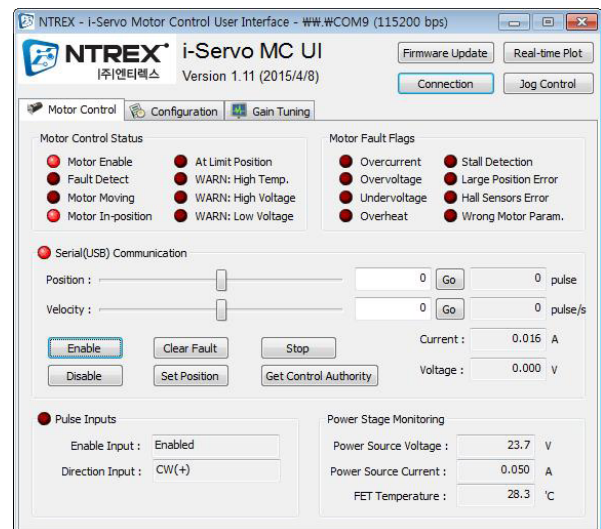


그림10. SDC24D200S-U의 Motor Control UI 메인화면

#### 3.2.1 헤더

헤더에는 연결된 제어기의 펌웨어를 업데이트 하기위한 [Firmware Update] 버튼, UI 유틸리티를 제어기에 연결하기 위한 [Connection] 버튼, Real-time Plot 창 의 표시와 숨기기에 사용되는 [Real-time Plot] 버튼, 모터의 조그 운전을 위한 [Jog Control] 버튼과 같은 기능이 있습니다. 헤더의 제일 왼쪽에는 (주)엔티렉스 상호와 프로그램 이름(Motor Control UI)과 버전이 표시됩니다.

[Firmware Update] 버튼을 누르면 연결된 제어기의 펌웨어를 업데이트하기 위한 대화상자를 표시합니다.

펌웨어 업데이트 기능은 뒤에서 자세히 설명합니다.

[Connection] 버튼을 누르면 PC에 연결된 제어기를 연결하기 위한 대화상자를 표시합니다.

이 대화상자에서 연결을 위한 COM 포트와 통신속도를 설정하여 제어기를 제어기와 연결합니다.

[Real-time Plot] 버튼은 Real-time Plot 창 의 표시를 토글합니다. 현재 창이 표시되지 않는 상태에서 버튼을 누르면 창이 표시되고, 반대로 창이 표시되는 상태에서 버튼을 누르면 창이 표시되지 않습니다.

[Jog Control] 버튼은 조그 운전이 가능한 창 의 표시를 토글합니다.

### 3.2.2 탭 윈도우

탭 윈도우는 기본적으로 Motor Control, Configuration, Parameter Tuning의 3가지 탭으로 구성되어 있습니다.

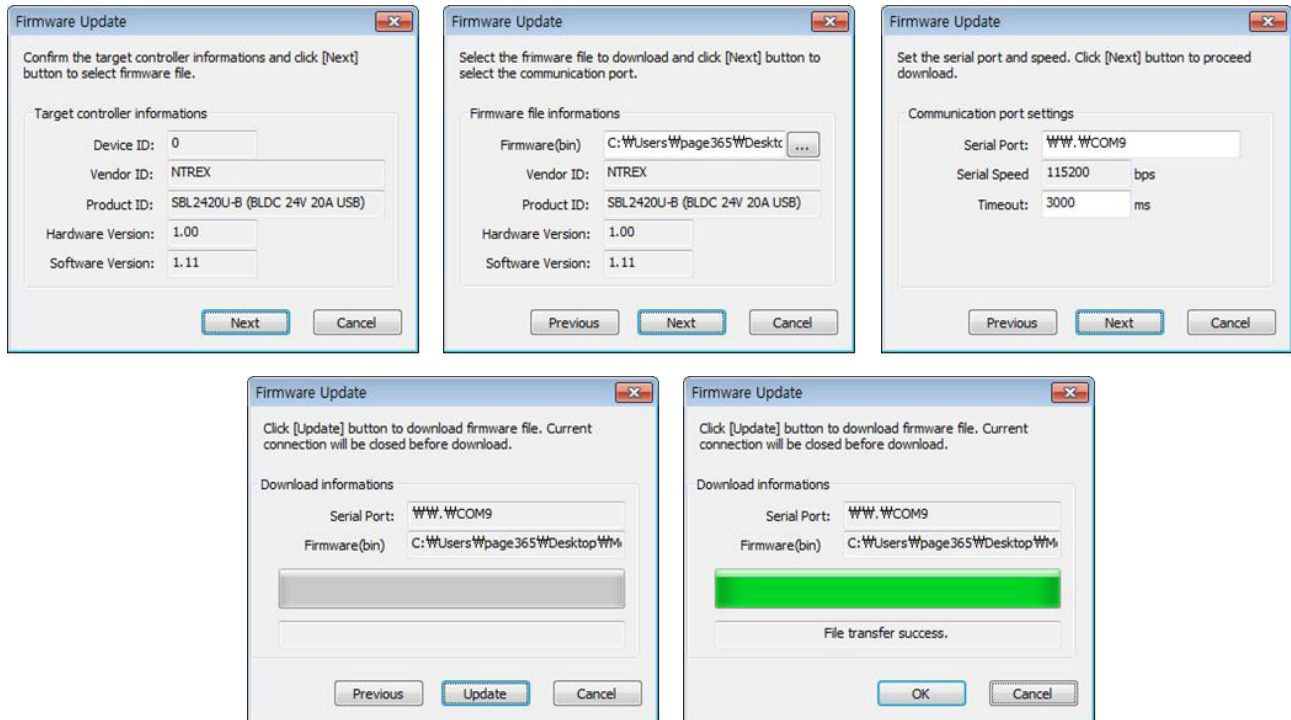
- Motor Control Tab: 제어기에 구동 명령 인가 및 상태 모니터링
- Configuration Tab: 제어기와 모터의 구성 파라미터 설정
- Parameter Tuning Tab: 위치 제어기와 전류 리미터의 이득 설정

사용자는 필요에 따라 해당 탭 선택하여 사용하면 됩니다.

탭에 대한 더 자세한 설명은 '3.6 Motor Control 탭', '3.7 Configuration 탭' 에서 볼 수 있습니다.

### 3.3 Firmware Update 대화상자

(MoonWalk for Mobility 에서 가져온다.)



### 3.4 Connection 대화상자

Connection 대화상자는 메인 화면의 헤더에서 [Connection] 버튼을 클릭해서 화면에 표시합니다. 이 대화상자는 PC의 USB 포트를 통해 연결된 제어기에 연결하는데 필요한 설정을 하게 됩니다.

'Serial Port'에서는 USB(VCP)의 COM 포트를 선택합니다. 여기에는 PC에 설치된 모든 COM 포트가 표시되기 때문에 사용자는 제어기가 설치된 COM 포트를 선택하여야 합니다. 만일 연결된 제어기의 가상 COM 포트가 표시되지 않는다면, COM 포트 번호를 직접 편집할 수 있습니다.

'Serial Baudrate'에서는 USB(VCP)의 통신 속도(9600, 19200, 38400, 57600, 115200, 230400, 460800, 921600 bits/s)를 선택합니다. 만일 'Auto detect'를 선택하면, 모든 통신 속도를 차례로 검색하여 제어기가 응답하는 통신 속도를 선택하게 됩니다.

'Response Time'에는 제어기에 패킷을 보내고 되돌아올 때까지 기다리는 응답 시간을 밀리세컨드(ms) 단위로 설정합니다.

설정이 끝나면 [OK] 버튼을 눌러 변경된 설정 사항을 저장하고 연결을 시도합니다. 만일 [Close] 버튼을 누르면 변경된 설정을 저장하지 않고 대화상자를 닫습니다.

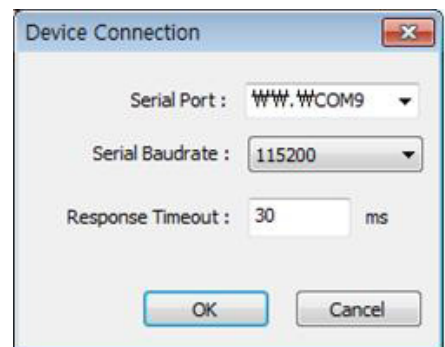


그림11. SDC24D200S-U의 Comm Port Configuration

### 3.5 Real-time Plot 창

Real-time Plot 창은 전원 전압, 전류, 모터에 내려지는 위치, 속도 명령과 모터의 위치, 속도, 전류, 전압 등 제어기 내부에서 사용되는 각종 변수(오브젝트)들 중 사용자가 선택한 항목들의 값을 실시간 그래프로 모니터링 합니다.

이 창은 메인 화면의 헤더에서 [Real-time Plot] 버튼을 눌러 표시하거나 닫습니다. 화면에 표시되는 Real-time Plot 창은 다음 그림과 같습니다.

그림 12 그래프 왼쪽에 표시되는 스케일(Scale)은 마우스 휠을 위아래로 굴려 확대하거나 축소할 수 있습니다. 이 기능은 Scale 항목의 수치를 선택 하여서도 조절 가능합니다. 그래프의 왼쪽에는 스케일 값이 표시되고 그래프의 하단에는 그래프로 표시되는 항목들에 대한 세부 정보가 표시됩니다.

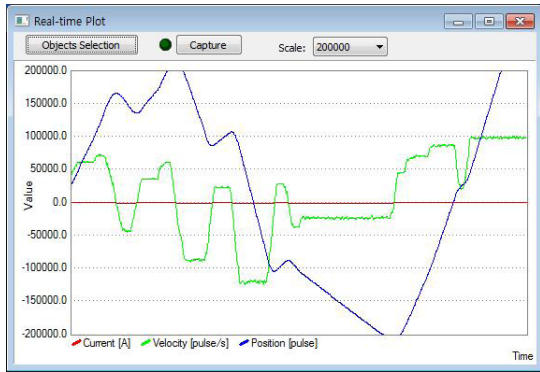


그림12. SDC24D200S-U의 Real-time Plot

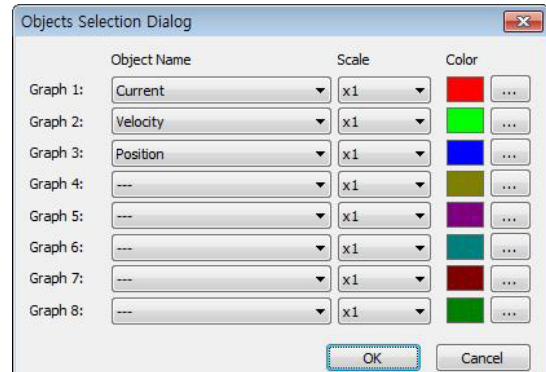


그림13. SDC24D200S-U의 Objects Selection

[Capture] 버튼은 선택된 데이터를 시간에 따라 파일로 저장하는데 사용합니다. 이 버튼을 눌러 저장할 파일 이름을 지정하고 파일로 저장을 시작합니다. 저장하는 파일의 확장자는 csv가 됩니다. 파일로 저장 중에는 버튼 왼쪽의 LED가 점등되며, 저장 중 다시 누르게 되면 파일 저장을 종료합니다.

[Objects Selection] 버튼을 클릭하면 다음 그림과 같이 Objects Selection 대화상자가 표시됩니다. 사용자는 최대 8개의 오브젝트를 선택할 수 있으며, Object에서 모니터링하고 싶은 오브젝트를, Channel에서는 모터 채널 혹은 I/O 채널을 그리고 Scale에서는 해당 오브젝트에 곱해질 값과 색을 선택합니다.

오브젝트(Object)는 아래와 같은 항목을 선택할 수 있습니다.

- Power Source Voltage, Power Source Current
- Desired Position, Desired Velocity
- Temperature, Voltage, Current, Velocity, Position
- Position Error, Velocity Error

### 3.6 Motor Control Tab

Motor Control 탭은 제어기의 모터 상태와 모터 폴트를 LED로 표시하고, 모터에 위치, 속도 명령을 내릴 수 있습니다. 또한, 모터 및 파워 스테이지의 전류, 전압, 온도를 모니터링하고 엔코더나 홀센서로부터의 위치와 속도 피드백 값을 모니터링 합니다.

#### 3.6.1 Motor Control Status

Motor Control Status 그룹에서는 제어기의 모터 구동 상태 및 제어기의 I/O 상태 등을 확인할 수 있습니다. 표시되는 상태를 정리하면 다음과 같습니다.

Motor Enable	모터에 전원이 공급되고 구동 가능한 상태
Fault Detected	모터에 폴트가 발생한 상황
Motor Moving	모터가 회전하고 있는 상태
Motor In-position	모터가 목적 위치에 도달하였음을 표시
At Limit Position	모터가 Low/High Limit 범위를 벗어남을 표시
WARN: High Temp.	방열판의 온도가 Overheat Limit의 90%를 넘어간 경우 경고
WARN: High Voltage	전원 전압이 Overvoltage Limit의 90%를 넘어간 경우 경고
WARN: Low Voltage	전원 전압이 Undervoltage Limit의 120%를 내려간 경우 경고

제어기의 모터 상태와 모터 폴트를 표시하는 LED는 다음과 같습니다:

- 활성 상태 표시
- 비활성 상태 표시
- 제어기와 연결이 끊긴 상태 표시

Fault Detected 이 활성화되면 Motor Fault Flags 창에 어느 폴트 플래그가 활성화 되었는지 확인 할 수 있습니다. 이는 다음 절에 자세히 설명됩니다.

#### 3.6.2 Motor Fault Flags

Motor Fault Flags는 모터에서 폴트가 발생한 세부 내역을 확인합니다. 모터의 폴트 플래그 목록은 다음과 같습니다:

제어기에서 Fault가 발생하면 모터에 공급되는 전원은 차단(Power OFF)되며, Fault 조건이 해제된 이후에 모터는 Power ON 가능합니다.

- Overcurrent: 모터에 과전류가 흐름 (Overcurrent Limit/Delay 설정 참조)
- Overvoltage: 제어기에 과전압이 걸림 (Overvoltage Limit 설정 참조)

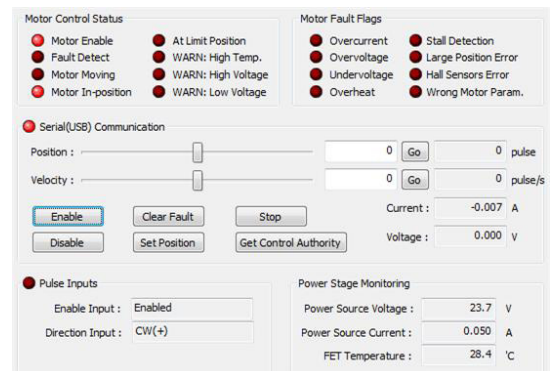


그림14. SDC24D200S-U의 Motor Control Tab

Undervoltage	제어기에 저전압이 걸림 (Undervoltage Limit 설정 참조)
Overheat	내부 FET와 방열판이 과열 됨 (Overheat Limit 설정 참조)
Stall Detection	모터에 전력이 공급되지만, 회전하지 못하고 있는 상태 감지 (Motor Stall Detection 설정 참조)
Large Position Error	위치 제어기에서 위치 오차가 지정된 값 이상이 됨 (Position Error Detection 설정 참조)
Hall Sensors Error	홀센서의 결선이나 입력 신호가 잘못 됨. 또는 Hall Sensors Phase 설정이 되지 않은 상태
Wrong Motor Param.	제어기가 역기전력(B-EMF)을 잘못 계산함

제어기에서 폴트가 발생하면 모터에 공급되는 전원은 차단(Disable 상태)되며, 폴트 조건이 해제된 이후에 모터는 Enable 가능합니다.  
폴트가 발생하는 조건과 대처에 대해서는 “오류! 참조 원본을 찾을 수 없습니다. 오류! 참조 원본을 찾을 수 없습니다.”를 참조하기 바랍니다.

### 3.6.3 Serial(USB) Communication

Serial(USB) Communication 그룹에서는 모터에 위치, 속도 명령을 내리고 모터의 현재 위치, 속도, 전류, 전압을 읽습니다.

Serial(USB) Communication 그룹 내의 Position과 Velocity 명령 항목들을 활성화 하려면 [Get Control Authority] 버튼을 누릅니다. 그러면 Serial(USB) Communication 그룹 박스 앞의 LED가 켜지면서 UI에서 모터의 위치와 속도 제어가 가능해 집니다.



그림15. SDC24D200S-U의 Motor Control by Serial Communication

Position, Velocity에 대한 각각의 슬라이드 바를 움직이면 슬라이드 바 오른쪽 편집 박스에 바뀐 값이 표시되고 이 값이 제어기에 명령으로 전달됩니다. 이는 편집 박스에 값을 직접 입력하고 [Go] 버튼을 누르는 것과 같은 효과를 냅니다. 슬라이드 바 오른쪽 편집 불가능한 박스에는 모터의 현재 상태(위치, 속도, 전류, 전압)가 표시됩니다. 이 값은 주기적으로 업데이트 됩니다.

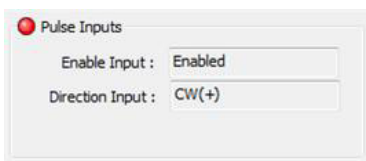
다음은 그룹 하단의 버튼에 대한 기능 설명입니다:

- [Enable]과 [Disable] 버튼은 모터에 Enable이나 Disable 명령을 내림
- [Clear Fault] 버튼은 제어기에 발생한 모든 폴트 플래그를 리셋 함
- [Set Position] 버튼은 모터 제어기의 위치 센서 값을 사용자가 원하는 값으로 설정함
- [Stop] 버튼은 모터를 감속하여 멈추도록 함
- [Get Control Authority] 버튼은 UI로 모터 제어권한 가져오기에 사용됨

※ UI로 모터 제어권한을 가져오려면 모터가 구동중인 상황이 아니어야 합니다. 즉, 모터 제어기에 입력되는 펄스 명령이 없는 상태에서만 제어권한을 가져올 수 있습니다.

### 3.6.4 Pulse Inputs

Pulse Inputs 그룹에서는 상위 모션 컨트롤러로부터 모터 제어기에 입력되는 펄스 명령을 수신하는 입력 포트의 상태가 표시됩니다.



- Enable Input – 제어 신호 입력의 활성화 여부 (ENA+, ENA- 핀의 신호에 의해 결정됨)
- Direction Input – 제어 신호 입력의 방향 (DIR+, DIR- 핀의 신호에 의해 결정됨)

상기 그림에서와 같이 Pulse Inputs 그룹의 LED가 꺼진 상태를 표시하면, 상위 모션 컨트롤러로부터의 제어 신호 입력은 차단되고 UI의 Serial Communication 그룹에서 모터의 위치와 속도 명령을 직접 내릴 수 있게 됩니다. 반대로 LED가 켜져 있으면, UI의 Serial Communication 그룹에서 모터의 위치와 속도 명령은 차단되고 상위 모션 컨트롤러로부터의 제어 신호 입력을 받아들이게 됩니다.

이 때 UI의 Serial Communication 그룹의 Position, Velocity 명령을 표시하는 항목에는 상위 모션 컨트롤러로부터의 제어 신호 입력의 위치와 속도 명령이 표시됩니다(다음 그림에서 붉은색 박스로 표시한 위치).



※ 모터가 정지해 있으며 UI로 모터에 명령을 내리지 않는 상황에서 펄스가 입력되면 Pulse Inputs 그룹으로 모터의 제어권한이 넘어오게 됩니다.

그림 16. SDC24D200S-U의 위치 및 속도 지령값 표시



### 3.6.5 Power Stage Monitoring

Power Stage Monitoring 그룹에서는 모터에 공급되는 전력을 조절하는 파워 스테이지에서의 각종 측정 값을 표시합니다.

Power Stage Monitoring	
Power Source Voltage :	23.7 V
Power Source Current :	0.050 A
FET Temperature :	29.9 °C

- Power Source Voltage – 제어기에 공급되는 전원의 전압 (VDC, GND 단자간 전압)
- Power Source Current – 제어기에 흐르는 전류 (모터 전류와 구분)
- FET Temperature – FET와 방열판의 온도

제어기는 전원에서 공급하는 전류가 아닌 모터를 통해 흐르는 전류를 측정하고 제어합니다. 일반적으로 모터를 통해 흐르는 전류는 전원 전류보다 높습니다. 이러한 현상은 모터의 인덕턴스에 의한 플라이백(Flyback) 전류 때문이며, 전원 전류가 낮게 흐르더라도 모터 전류는 극단적으로 높게 흘러 제어기의 잠재적인 손상을 가져올 수도 있습니다.

다음 그림과 같이 모터 전류는 플라이백 효과로 인해 PWM 스위칭에 의해 FET가 OFF 되었을 때에도 ON 되었을 때와 같은 수준의 전류 양이 연속으로 흐릅니다.

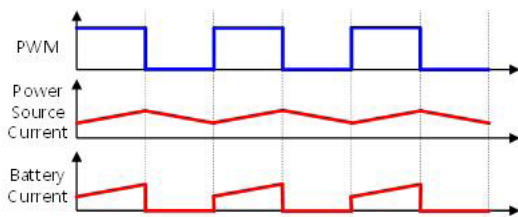


그림 17. SDC24D200S-U 의 Motor 상전류

전원 전류(Power Source Current)와 모터 전류(Motor Current) 사이의 관계식은 다음과 같습니다:

$$PowerSourceCurrent = PWM\_DutyRatio \times MotorCurrent$$

만약 제어기가 20% PWM 듀티비(Duty Ratio)에서 전원 전류가 1A로 측정되면 모터에 흐르는 전류는 5A가 될 것으로 예상할 수 있습니다.

### 3.7 Configuration 탭

Configuration 탭에서는 제어기의 구성 파라미터를 변경할 수 있습니다. 또한 변경한 값들을 제어기에 다운로드 하여 플래시 메모리에 저장하거나 플래시 메모리에 저장된 설정 값들을 불러올 수 있습니다.

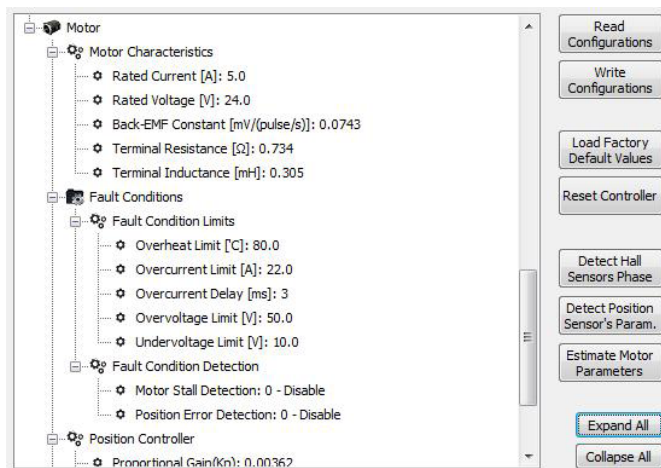


그림 18. SDC24D200S-U의 Configuration Tab

탭의 왼쪽에는 현재 연결된 제어기의 구성 파라미터를 트리 구조로 보여줍니다. 트리의 각 노드들은 마우스로 클릭하여 선택한 후 설정된 값을 변경할 수 있습니다.

탭의 오른쪽 버튼들에 대한 기능을 요약하면 다음과 같습니다:

- Read Configurations– 제어기에서 구성 파라미터 설정 값들을 읽기
- Write Configurations– 편집한 구성 파라미터 값들을 제어기로 쓰기
- Load Factory Default Values– 제품 출시 초기 설정 값으로 되돌리기
- Reset Controller– 제어기의 소프트웨어 리셋
- Detect Hall Sensors Phase – 홀센서 위상 감지 모드로 진입 (BLDC 모터 전용)
- Detect Position Sensor's Param. – 엔코더 방향 감지 모드로 진입
- Estimate Motor Parameters – 모터의 전기적 파라미터 추정 모드로 진입
- Expand All – 트리 메뉴를 모두 펼침
- Collapse All – 트리 메뉴를 모두 접기

※주의※ 모터 제어기에 새로운 모터를 연결한 경우에 [Detect Hall Sensors Phase], [Detect Position Sensor's Param.], [Estimate Motor Parameters] 버튼이 제공하는 기능은 필히 수행되어야 합니다. 자세한 설명은 '3.9 서보 제어기 구성'의 내용을 참고하기 바랍니다.

### 3.7.1 Product Information

Product Information 그룹에서는 현재 연결된 제품 공급자 ID, 제품 ID, 제어기와 펌웨어 버전을 확인할 수 있습니다. 이 설정은 사용자가 임의로 변경할 수 없습니다.

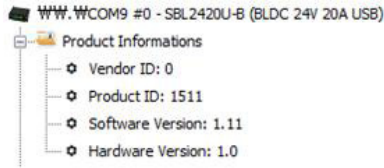


그림 19. SDC24D200S-U의 Production Information

이 그룹의 항목에 대해서는 다음 설명을 참조하십시오:

- |                    |                          |
|--------------------|--------------------------|
| · Vendor ID        | – 제품 공급자 ID (항상 0으로 표시됨) |
| · Product ID       | – 제품 ID                  |
| · Software Version | – 제어기 펌웨어 버전             |
| · Hardware Version | – 제어기 하드웨어 버전            |

#### (1) Product ID

제품 공급자 ID는 항상 0으로 표시됩니다.

#### (2) Product ID

현재 제어기에 적용된 제품 ID는 다음과 같습니다:

- 1401 – MoonWalker i-Servo SDC2420S-B; 1축 DC모터 제어기(30V, 20A), Trim-pot 타입
- 1501 – MoonWalker i-Servo SDC2420U-B; 1축 DC모터 제어기(30V, 20A), USB 타입
- 1411 – MoonWalker i-Servo SBL2420S-B; 1축 BLDC모터 제어기(30V, 20A), Trim-pot 타입
- 1511 – MoonWalker i-Servo SBL2420U-B; 1축 BLDC모터 제어기(30V, 20A), USB 타입
- 1421 – MoonWalker i-Servo SAC2420S-B; 1축 PMSM모터 제어기(30V, 20A), Trim-pot 타입
- 1521 – MoonWalker i-Servo SAC2420U-B; 1축 PMSM모터 제어기(30V, 20A), USB 타입

이 값은 Motor Control UI 유틸리티가 제어기의 종류를 구분하기 위해 사용합니다. 새로운 제품이 출시됨에 따라 제품 ID의 종류는 늘어날 수 있습니다.

#### (3) Software/Hardware Version

제어기 펌웨어 버전과 하드웨어 버전은 다음과 같이 소수점을 기준으로 상위 1~2자리와 하위 2자리로 구분됩니다.

- 버전: XX.YY

XX는 메이저 버전이고 YY는 마이너 버전입니다. 메이저 버전이 변경된 경우에는 제어기와 Motor Control UI 유틸리티 및 기타 응용 소프트웨어들간에 호환되지 않습니다. 제어기와 관련 소프트웨어들이 서로 호환되는 범위 내에서 마이너 버전은 변경될 수 있습니다. 제어기 펌웨어 버전과 하드웨어 버전은 제어기의 생산 일자에 따라 달라질 수 있으며 제어기에 최신 펌웨어를 업데이트 하는 경우에도 달라질 수 있습니다.

### 3.7.2 Serial Communication

Serial Communication 그룹에서는 USB의 가상 COM 포트(VCP) 통신 속도를 설정하고 확인할 수 있습니다. 또한 시리얼 포트로 내려지는 위치와 속도 명령에 대한 사다리꼴 속도구동 프로파일을 만드는 인수(Rated Velocity, Acceleration, Deceleration)를 설정하고 위치 구동 범위(Min Position, Max Position)를 설정합니다.

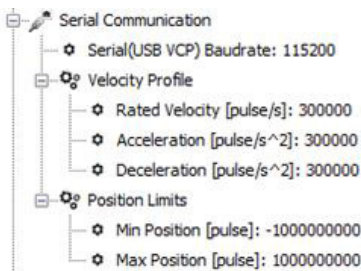


그림 20. SDC24D200S-U의 Serial 그룹

이 그룹의 항목에 대해서는 다음 설명을 참조하십시오:

- |                            |   |
|----------------------------|---|
| · Serial(USB VCP) Baudrate | – PC와 연결되는 USB의 가상 COM 포트(VCP)통신 속도               |
| · Rated Velocity           | – 사다리꼴 속도 그래프에서 최고 속도 (단위: pulse/sec)             |
| · Acceleration             | – 사다리꼴 속도 그래프에서 가속도 (단위: pulse/sec <sup>2</sup> ) |
| · Deceleration             | – 사다리꼴 속도 그래프에서 감속도 (단위: pulse/sec <sup>2</sup> ) |
| · Min Position             | – 위치 구동 범위의 최소 값                                  |
| · Max Position             | – 위치 구동 범위의 최대 값                                  |

#### (1) Serial(USB VCP) Baudrate

Serial(USB VCP) Baudrate의 값으로 다음 중 하나를 설정하여 시리얼 통신 속도를 변경합니다:

- 9600 – 9600bps
- 19200 – 19200bps
- 38400 – 38400bps
- 57600 – 57600bps
- 115200 – 115200bps (기본값)
- 230400 – 230400bps
- 460800 – 460800bps
- 921600 – 921600bps

※ Serial(USB VCP) Baudrate 값을 변경한 경우에는 제어기를 재시작해야 변경된 값이 반영됩니다.



## (2) 사다리꼴 속도 프로파일: Rated Velocity, Acceleration, Deceleration

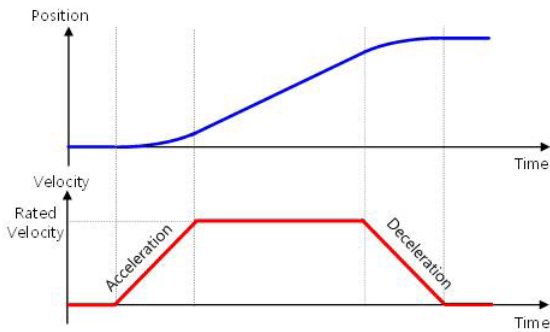


그림 21. SDC24D200S-U의 가감속 프로파일

USB(VCP)를 통해 속도 구동 명령을 내리면, 제어기는 사용자가 설정한 Acceleration과 Deceleration으로 현재 속도에서 원하는 속도로 이동합니다. 위치 구동 명령도 속도 구동 명령과 마찬가지로 속도 프로파일을 생성하여 원하는 위치까지 이동하게 됩니다.

다음 그림과 같이 제어기는 모터를 일정한 힘으로 가감속 하기 위해 사다리꼴 모양의 속도 프로파일을 사용합니다. 여기서 사용되는 Rated Velocity, Acceleration, Deceleration은 속도 프로파일을 만드는 주요 요소입니다.

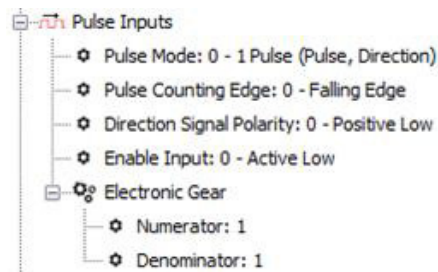
※ 사다리꼴 속도 그래프의 Rated Velocity, Acceleration, Deceleration은 제어 신호 입력(Pulse Inputs)에는 적용되지 않습니다.

## (3) 위치구동 범위: Min Position, Max Position

위치구동 범위는 Serial(USB VCP) 포트에 내려지는 위치와 속도 명령에 의해 모터의 위치 값이 Min Position부터 Max Position까지 설정된 범위를 벗어나지 않도록 합니다.

※ Position Limit의 Min Position, Max Position은 제어 신호 입력(Pulse Inputs)에는 적용되지 않습니다.

## 3.7.3 Pulse Input Signals



Pulse Input Signals 그룹에서는 펄스 입력 신호(PUL+, PUL-; DIR+, DIR-; ENA+, ENA-)의 운영 방법을 설정합니다.

이 그룹의 항목에 대해서는 다음 설명을 참조하십시오:

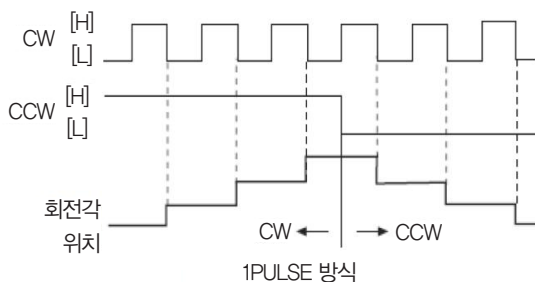
- Pulse Mode - 제어 신호 입력의 펄스 방식을 선택
- Pulse Counting Edge - PUL+, PUL- 입력에서 펄스를 세기 위한 에지 선택
- Direction Signal Polarity - DIR+, DIR- 입력에서 방향 신호의 극성 선택
- Enable Input - ENA+, ENA- 입력에서 활성화 신호의 극성 선택
- Numerator, Denominator - 전자 기어로 입력 펄스의 감속비 설정

그림 22. SDC24D200S-U의 Control Signal Inputs 그룹

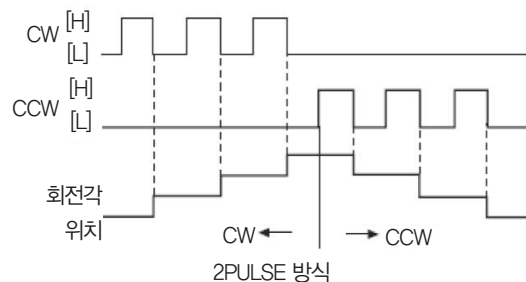
### (1) Pulse Mode

펄스 입력 신호의 Pulse Mode는 입력 펄스의 카운트 방식을 결정합니다. 다음 중 하나로 선택합니다:

- 0 - One pulse: Pulse와 Direction 입력을 받아들임. Pulse는 구동 펄스 카운트가 되고 Direction은 카운터의 방향이 됨 (기본값)
- 1 - Two Pulse: CW pulse와 CCW pulse 입력을 받아들임. CW pulse는 정방향 구동 펄스 카운트가 되고 CCW pulse는 역방향 구동 펄스 카운트가 됨



1PULSE 방식

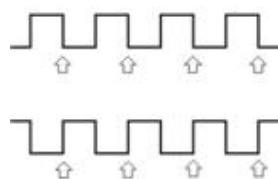


2PULSE 방식

### (2) Pulse Counting Edge

Pulse Counting Edge는 입력 펄스의 카운트 시점을 결정합니다. 다음 중 하나로 선택합니다:

- 0 - Falling Edge: PUL+, PUL- 입력의 하강 에지에서 펄스 카운트 (기본값)
- 1 - Rising Edge: PUL+, PUL- 입력의 상승 에지에서 펄스 카운트



### (3) Direction Signal Polarity

Direction Signal Polarity는 입력 펄스의 카운트 방향에 대한 논리 레벨을 결정합니다. 다음 중 하나로 선택합니다:

- 0 – Positive Low: DIR+, DIR 입력이 0일 때 정방향 펄스 카운트 (기본값)
- 1 – Positive High: DIR+, DIR 입력이 1일 때 정방향 펄스 카운트

### (4) Enable Input

Enable Input은 입력 신호를 활성화 하는 논리 레벨을 결정합니다. 다음 중 하나로 선택합니다:

- 0 – Active Low: ENA+, ENA- 입력이 0일 때 펄스 입력 신호 활성화 (기본값)
- 1 – Active High: ENA+, ENA- 입력이 1일 때 펄스 입력 신호 활성화

### (5) Electronic Gear

전자 기어를 사용하기 위한 Numerator와 Denominator는 전자 기어의 분자와 분모 값이 됩니다. 다음 식을 이용하여 펄스 입력 신호의 펄스를 카운트 하게 됩니다.

$$PulseCounter = \frac{Numerator}{Denominator} \times InputPulse$$

## 3.7.4 Position Sensors

Position Sensor 그룹에서는 Encoder와 Hall Sensors 등 위치 센서에 관련된 설정을 합니다.

이 그룹의 항목에 대해서는 다음 설명을 참조하십시오:

- Position Sensor – 위치 센서로 사용할 센서를 선택 (BLDC 전용)
- Hall Sensors Phase – 연결된 홀센서의 위상 조합 선택 (BLDC 전용)
- Encoder Direction – 엔코더의 회전 방향 선택
- In-position Threshold – In-position 상태를 표시하는 최대 펄스 오차 설정

### (1) Position Sensor (BLDC 전용)

Position Sensor는 위치 센서로 사용할 센서를 선택합니다:

- 0 – Encoder: 위치 카운트 센서로 Encoder 사용
- 1 – Hall Sensors: 위치 카운트 센서로 Hall Sensors 사용

DC 모터 제어기에서는 피드백 센서가 Encoder로 고정되며 바꿀 수 없습니다. 그러나 BLDC 모터 제어기에서는 피드백 센서로 Encoder 또는 Hall Sensors를 사용할 수 있습니다. 엔코더가 없는 BLDC 모터를 제어할 때는 Hall Sensors를 위치 센서로 사용해야만 합니다. 하지만 홀센서는 엔코더에 비해 해상도가 떨어지기 때문에, 홀센서를 사용하여 저속에서 좋은 속도 제어 성능을 기대하기 어렵습니다.

※ 제어기를 처음 셋업 하는 경우, [Detect Position Sensor's Param.] 버튼을 눌러 제어기에서 사용 가능한 위치 센서를 자동으로 찾을 수 있습니다.

### (2) Hall Sensors Phase (BLDC 전용)

BLDC 모터에서 회전자가 위치한 섹터 정보를 읽는데 3개의 홀센서 출력 신호가 사용됩니다. 하지만 모터 제조사마다 홀센서 출력 신호선의 이름이나 순서, 반전여부 등이 제각기 달라, 홀센서 출력 신호선을 제어기에 연결하는데 어려움을 겪게 됩니다.

다음은 홀센서 출력 신호의 순서와 반전여부에 따른 가지 수를 나열한 것으로, 이 중 하나의 값으로 Hall Sensors Phase를 설정합니다.

- 0 – Normal
- 1 – 60° Phase lead
- 2 – 120° Phase lead
- 3 – Opposite direction (Hall2 ↔ Hall3)
- 4 – Opposite direction, 60° Phase lead
- 5 – Opposite direction, 120° Phase lead
- 6 – Inverted input
- 7 – Inverted input, 60° Phase lead
- 8 – Inverted input, 120° Phase lead
- 9 – Inverted input, Opposite direction
- 10 – Inverted input, Opposite direction, 60° Phase lead
- 11 – Inverted input, Opposite direction, 120° Phase lead

※ 제어기에 새로운 BLDC 모터를 연결할 때는 [Detect Hall Sensors Phase] 버튼을 눌러 Hall Sensors Phase 감지를 수행하기 바랍니다.

※주의※ 제어기를 처음 셋업 하는 경우, 이 값은 -1로 설정되어 있으며, 올바른 값을 설정하기까지 Hall Sensors Error 폴트를 표시하며 모터는 구동 불가능한 상황이 됩니다.

### (3) Encoder Direction

Encoder Direction은 엔코더 펄스를 카운트 할 때, 방향의 반전 여부를 선택합니다:

- 0 – Normal
- 1 – Invert

단지 모터의 회전 방향을 바꾸기 위해 이 파라미터의 설정을 바꾸지 않도록 합니다. 이 파라미터의 설정을 바꿔야 할 경우는 다음과 같은 경우가 해당합니다: 모터에 양의 전압(정방향 위치이동, 정방향 속도구동)이 가해짐에도 엔코더에서 카운트 되는 값이 음이거나 이와 반대의 현상이 나타날 때, 이 값을 '1-Invert'로 설정해야 합니다.

※ 엔코더의 카운트 방향은 A상과 B상 신호 선을 교체하여 역방향으로 전환 가능합니다.

※ 제어기에 새로운 DC/BLDC 모터를 연결할 때는 [Detect Position Sensor's Param.] 버튼을 눌러 엔코더의 카운트 방향의 반전 여부 감지를 수행하기 바랍니다.

### (4) In-Position Threshold

서보 제어기는 모터의 위치 명령을 추종하도록 모터의 위치 명령과 위치 카운트 값 간의 오차가 최소가 되도록 제어합니다. 이 과정에서 모터가 위치 명령에 도달하더라도 약간의 오차가 발생할 수 있습니다. In-Position Threshold는 이 오차를 허용할 최대 값을 지정합니다.

## 3.7.5 1.1.1 Motors— Motor Characteristics

Motor Characteristics는 제어기에 연결된 모터 자체의 특성에 대한 설정입니다. 모터에 흐르는 최대 연속 전류, 모터를 구동하는 정격 전압 등을 설정할 수 있습니다.

이 그룹의 항목에 대해서는 다음 설명을 참조하십시오:

- Rated Current – 모터의 정격 전류, 모터에 흘리는 최대 전류 (단위: A)
- Rated Voltage – 모터의 정격 전압, 모터에 가하는 최대 전압 (단위: V)
- Back-EMF Constant – 모터의 역기전력 상수 (단위: mV/(pulse/sec))
- Terminal Resistance – 모터 단자간의 저항 수치 (단위:  $\Omega$ )
- Terminal Inductance – 모터 단자간의 인덕턴스 수치 (단위: mH)

Rated Current와 Rated Voltage, Back-EMF Constant, Terminal Resistance, Terminal Inductance는 모터 제조사에서 제공하는 데이터 시트 상의 값을 참조하여 설정합니다.

### (1) Rated Current

정격 전류(Rated Current)는 모터에 흐르는 연속 전류의 최대치를 설정 값 내로 제한합니다. 이는 전류 리미터(Current Limiter)에 의해 구현되는데, 전류 리미터는 위치 제어기의 출력 전압을 모터의 회전 속도와 모터에 흐르는 전류를 고려하여 적절하게 조절합니다.

모터에서 토크는 직접적으로 전류에 관련됩니다. 따라서 최대 연속 전류를 제한하는 것은 모터가 낼 수 있는 최대 토크를 제한하는 것과 같습니다.

Rated Current 값은 모터 특성 파라미터와 모터가 구동하는 기계 시스템의 특성을 고려하여 적절한 값으로 설정해야 합니다. 이 값을 너무 낮게 설정하면 모터는 부하를 구동하기 위한 충분한 토크를 발생하지 못하게 됩니다. 반대로 너무 높게 설정하면 모터 및 모터에 연결된 기계 시스템에 무리를 주거나 피로도를 증가시키게 됩니다.

### (2) Rated Voltage

정격 전압(Rated Voltage)은 모터에 가해지는 전압의 최대치를 설정 값 내로 제한합니다. 만일 모터에 정격 전압 이상을 가하게 되면 모터의 속도가 정격 속도 이상으로 증가합니다. 하지만 모터에서 열이 발생하고 수명을 단축하게 됩니다. 극단적으로는 모터가 탈 수도 있습니다.

12V가 정격인 모터를 24V 전원이 연결된 제어기에 연결해서 사용한다면, 모터 단자에는 최대 24V가 가해질 수 있습니다. 하지만 Rated Voltage를 12V로 설정 함으로 모터에는 최대 12V까지의 전압이 가해집니다. 이는 단일 전압을 출력하는 전원으로부터 서로 정격 전압이 다른 여러 종류의 모터를 함께 사용할 수 있도록 합니다.

### (3) Back-EMF Constant, Terminal Resistance/Inductance

Back-EMF Constant, Terminal Resistance, Terminal Inductance는 모터 제조사에서 제공하는 데이터 시트 상의 값을 참조하여 설정합니다. Back-EMF Constant를 설정할 때는 단위 변환에 주의하여야 합니다. 제어기에 설정하는 값의 단위는 mV/(pulse/sec) 입니다.

DC/BLDC 모터 제조사에서 올바른 데이터 시트를 제공하지 않을 때는, Motor Control UI 유틸리티의 Configuration 탭에서 [Estimate Motor Parameters] 버튼을 눌러 Back-EMF Constant, Terminal Resistance, Terminal Inductance 추정 기능을 수행하기 바랍니다.

※ 모터 파라미터 추정 기능을 실행하여 구한 모터 파라미터 값은 오차를 포함할 수 있습니다. 모터 제조사에서 제공하는 데이터 시트를 참고하여 정확한 값을 사용하는 것이 좋습니다.

#### (4) 데이터 시트 예제1

다음 표는 국내 EM 모터에서 제공하는 모터 모델에 대한 데이터 시트입니다. 데이터 시트에서는 Rated Voltage, Rated Current, Back-EMF Constant, Terminal Resistance, Terminal Inductance 등 모터의 주요 파라미터들에 대한 값을 명시하고 있습니다.

이 표에서 제시하는 Rated Voltage, Rated Current 값을 참조하여 모터 파라미터를 설정합니다. 여기서 Current의 단위가 mA로 표시되어 있기 때문에, Rated Current는 데이터 시트의 값을 1000으로 나누어 설정하여야 합니다.

또한 Back-EMF constant, Terminal Resistance, Terminal Inductance 값들도 데이터 시트에서 제공하는 값을 참조하여 설정하면 됩니다. 여기서 주의할 점은 Back-EMF Constant 값의 mV/RPM으로 표시되어 있다는 것입니다. 상기 표에서 제공하는 예로, 3.35mV/RPM 값은 다음 과정에 따라 mV/(pulse/sec) 단위로 변경하여 사용하여야 합니다.

$$\begin{aligned} & 3.35[\text{mV/rpm}] \\ &= \frac{3.35}{1000} [\text{V/rpm}] \\ &= \frac{3.35}{1000} [\text{V}/(\text{rev}/\text{min})] \\ &= \frac{3.35}{1000} \times \frac{4096}{60} [\text{V}/(\text{pulse}/\text{sec})] \\ &= 0.000049072 [\text{V}/(\text{pulse}/\text{sec})] \end{aligned}$$

여기서 모터 1회전(rev)당 카운트 되는 엔코더 펄스 수는 4096이라 가정합니다.

#### (5) 데이터 시트 예제2

다음 표는 LeadShine 모터 제조사에서 제공하는 모터 모델에 대한 데이터 시트입니다. 여기서도 Rated Voltage, Rated Current, Back EMF Const., Resistance, Inductance 등과 같이 모터 제어기에 설정해야 할 파라미터 값들을 제공하고 있습니다.

#### (6) 데이터 시트 예제3

다음 표는 Maxon 모터 제조사에서 제공하는 모터 모델에 대한 데이터 시트입니다. 여기서도 Nominal voltage, Max. continuous current, Speed constant, Terminal resistance, Terminal inductance 등과 같이 모터 제어기에 설정해야 할 파라미터 값들을 제공하고 있습니다.

$$\begin{aligned} & 1210[\text{rpm}/\text{V}] \\ &= \frac{1}{1210} [\text{V}/\text{rpm}] \\ &= \frac{1}{1210} [\text{V}/(\text{rev}/\text{min})] \\ &= \frac{1}{1210} \times \frac{4096}{60} [\text{V}/(\text{pulse}/\text{sec})] \\ &= 0.000012106 [\text{V}/(\text{pulse}/\text{sec})] \end{aligned}$$

상기 표에서 Back-EMF Constant 항목은 Speed constant로 표기되어 있으며, 단위가 역수인 것을 볼 수 있습니다. 상기 표에서 제공하는 예로, 1210rpm/V 값은 다음 과정에 따라 mV/(pulse/sec) 단위로 변경하여 사용하여야 합니다.

여기서 모터 1회전(rev)당 카운트 되는 엔코더 펄스 수는 4096이라 가정합니다.

#### (7) 실험으로 Back-EMF Constant 구하기

모터 제조사에서 모터에 대한 데이터 시트를 제공하지 않거나 모터 데이터 시트에서 필요한 값을 찾을 수 없을 때는 간단한 실험으로도 모터 파라미터를 구할 수 있습니다.

Back-EMF Constant를 구하기 위해, Motor Control UI로 모터에 적당한 전압을 가하여 모터가 일정한 속도로 회전하게 합니다. 여기서는 40000pulse/s로 회전하도록 하였습니다.



그림 23. SDC24D200S-U의 속도 설정과 전압 표시

Model No.		012003	012004	012005	012009
RATED	Voltage(V)	12	12	12	12
	Current(mA)	400	500	600	1000
	Power(W)	3.1	4.0	5.2	9.0
	Speed(rpm)	2900	3500	4500	4500
	Torque(mN*m)	10.0	10.0	10.0	20.0
ELECTRICAL	Maximum Output Power(W)	6.0	7.5	9.2	16.0
	Maximum Efficiency(%)	63	65	67	75
	No Load Speed(rpm)	3400	4100	5200	5200
	No Load Current(mA)	90	90	100	100
	Stall Torque(mN*m)	67.0	67.0	67.0	120.0
	Torque Constant(mN*m/A)	30.7	25.8	20.5	20.8
	Back EMF Constant(mV/rpm)	3.35	2.55	2.21	2.26
	Terminal Resistance(Ω)	5.40	4.50	3.60	2.10
	Terminal Inductance(mH)	0.13	0.11	0.09	0.09
MECHANICAL	Mechanical Time Const(ms)	6.1	7.2	9.1	5.1
	Armature Inertia(g*cm <sup>2</sup> )	10.6	10.6	10.6	10.6
	Shaft Diameter	φ3	φ3	φ3	φ3
	Bearing Type	Metal Bearing		Ball Bearing	
	Weight(g)	130	130	130	130
	Maximum Armature Temperature	120 °C			
	Motor Operating Temperature Range	-20 ~80°C			

표 8. SDC24D200S-U 모터 파라미터 데이터시트 예제

Model		36	36	60
RATED	Rated Voltage (V)	36	36	60
	Rated Power (W)	100	200	200
	Rated Torque (N.M)	0.318	0.64	0.64
	Peak Torque (N.M)	0.95	1.91	1.91
	Rated Speed (RPM)	3000	3000	3000
ELECTRICAL	Peak Speed (RPM)	4000	4000	4000
	Rated Current (A)	4	7.6	4.7
	Peak Current (A)	11	22	14
	Torque Const. (N.M/A)	0.0866	0.0918	0.15
	Back EMF Const. (V/RPM)	3.03 x10 <sup>-1</sup>	3.213x10 <sup>-1</sup>	5.24x10 <sup>-1</sup>
	Resistance (ohm)	0.38	0.16	0.38
	Inductance (mH)	0.91	0.41	1.07
	Inertia (kg m <sup>2</sup> x 10 <sup>-4</sup> )	0.1032	0.176	0.176
	Allowable radial load (N)	78.6	245	245
MECHANICAL	Allowable axial load (N)	38.2	68	68
	Flange Size (mm)	60	60	60
	Mounting Diameter (mm)	70	70	70
	Shaft Diameter (mm)	8	11 (14)	11 (14)
	Motor Length (mm)	86.7	100.7	100.7
	Pole Pairs (-)	4	4	4
	Encoder Res. (counts/rev.)	2500 **	2500 **	2500 **
	Mass (Kg)	0.701	0.966	0.984
Ambient Temperature (°C)		0 to 40	0 to 40	0 to 40

표 9. SDC24D200S-U 모터 파라미터 데이터 시트 예제

Motor Data		118749	118750	118751	118752
1	Assigned power rating	W	20	20	20
2	Nominal voltage	Volt	9.0	15.0	18.0
3	No load speed	rpm	10100	9760	10300
4	Stall torque	mNm	229	222	218
5	Speed / torque gradient	rpm / mNm	47.6	45.7	49.0
6	No load current	mA	111	62	55
7	Starting current	mA	29100	15700	13500
8	Terminal resistance	Ohm	0.309	0.953	1.33
9	Max. permissible speed	rpm	11000	11000	11000
10	Max. continuous current	mA	1500	1500	1500
11	Max. continuous torque	mNm	11.8	21.2	24.2
12	Max. power output at nominal voltage	W	52800	52900	55800
13	Max. efficiency	%	77	82	83
14	Torque constant	mNm / A	7.88	14.1	16.1
15	Speed constant	rpm / V	1210	677	592
16	Mechanical time constant	ms	6	5	5
17	Rotor inertia	gm <sup>2</sup>	11.3	10.00	9.11
18	Terminal inductance	mH	0.03	0.09	0.12
19	Thermal resistance housing-ambient	K / W	14	14	14
20	Thermal resistance rotor-housing	K / W	3.1	3.1	3.1
21	Thermal time constant winding	s	13	11	10

표 10. SDC24D200S-U 모터 파라미터 데이터 시트 예제

$$\begin{aligned} \text{Back - EMF Constant} &= \frac{\text{Voltage}}{\text{Motor's Angular Velocity}} \\ &= \frac{3.3}{40000} [\text{V}/(\text{pulse}/\text{sec})] \\ &= 0.0000825 [\text{V}/(\text{pulse}/\text{sec})] \end{aligned}$$



## (8) 실험으로 Terminal Resistance 구하기

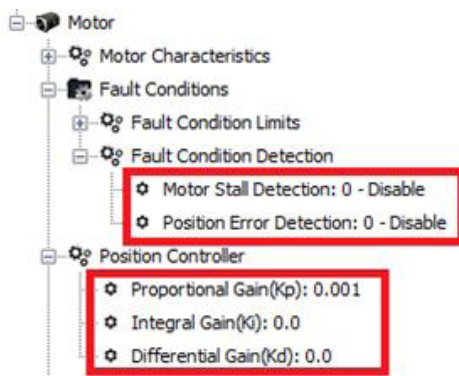


그림 24. SDC24D200S-U의 Terminal Resistance 구하기 위한 계인설정

Terminal Resistance는 옴의 법칙( $V=IR$ )에 의해 간단히 구하게 됩니다. 실험을 진행 할 때 모터가 회전하여 역기전력이 발생하지 않도록 모터 축을 고정해 두는 것이 중요합니다.

Terminal Resistance를 구하기 위해, Motor Control UI의 Configuration 탭에서 위치 제어기의 Proportional Gain(Kp)만 약간 주고 Integral Gain(Ki), Differential Gain(Kd) 값은 0으로 설정합니다. 그리고 Motor Stall Detection, Position Error Detection 값을 Disable로 선택합니다.



그림 25. SDC24D200S-U의 전압, 전류 모니터링

그리고 모터 축에 힘을 주어 약간 돌립니다. 그러면 모터는 원위치로 복귀하기 위해 돌아 간 양에 비례하여 반대의 힘을 발생시킵니다. 이 때 Motor Control UI의 Motor Control 탭에

서 모터 단자에 걸리는 전압과 흐르는 전류를 읽으면 됩니다.

상기 그림에서와 같이 약 1.833V가 가해질 때 2.762A의 전류가 흐릅니다. 모터에 가해지는 전압과 이 때 흐르는 전류를 알기 때문에 다음 식으로부터 모터 양 단자간 저항을 계산할 수 있습니다.

$$R = \frac{V}{I}$$

$$= \frac{1.833}{2.762} [\Omega]$$

$$\approx 0.66 [\Omega]$$

※ 실험에 의해 Terminal Inductance는 구할 수 없습니다.

※주의※ 모터의 Back-EMF constant, Terminal Resistance, Terminal Inductance 값들을 정확히 모를 때는 0으로 설정하기 바랍니다.

## 3.7.6 Motor – Fault Conditions

Fault Condition 그룹은 사용자 그리고 제품의 안전을 위해 Fault 감지 조건을 설정합니다. Fault Condition Limits는 과열온도, 과전류, 과전류 흐르는 시간, 과전압, 저전압 한계값을 설정할 수 있고, Fault Condition Detection은 모터의 Fault 감지 조건을 설정할 수 있습니다.

이 그룹의 항목에 대해서는 다음 설명을 참조하십시오:

- Overheat Limit – FET와 방열판의 과열 한계 (단위: °C)
- Overcurrent Limit – 모터의 과전류 한계 (단위: A)
- Overcurrent Delay – 과전류 허용 지연 시간 (단위: ms)
- Overvoltage Limit – 전원단의 과전압 한계 (단위: V)
- Undervoltage Limit – 전원단의 저전압 한계 (단위: V)
- Motor Stall Detection – 모터의 구동 명령에 대해 움직이지 않는 상황 감지
- Position Error Detection – 펄스 위치제어기에서 명령과 피드백 사이의 오차에 의한 이상 감지

### (1) Overheat Limit

제어기에는 온도 모니터링 센서와 회로가 포함되어 있습니다. 매 1ms마다 온도를 측정하고 방열판의 온도가 설정된 Overheat Limit 값을 초과하면 Overheat 폴트를 발생하고 모터를 Disable 합니다. 온도가 다시 설정 값 아래로 떨어지더라도 모터는 자동으로 Enable 되지 않습니다.

온도는 FET 근처 방열판에서 측정되고 제어기 외부 표면보다 온도가 더 빨리 오르거나 떨어집니다. 방열판의 온도가 상승하는 데 걸리는 시간은 출력 전류와 주위 온도 및 냉각 팬의 사용 여부에 따라 달라집니다.

### (2) Overcurrent Limit, Overcurrent Delay

제어기는 모터에 흐르는 전류를 측정하기 위해 전력단 내부에 전류 센서를 가지고 있습니다. 전류센서는 매 0.1ms 마다 모터에 흐르는 전류를 측정하고 지정된 시간(Overcurrent Delay) 동안 설정된 Overcurrent Limit 값을 초과하면 Overcurrent 폴트를 발생하고 모터를 Disable 합니다. 전류가 다시 설정 값 아래로 내려가더라도 모터는 자동으로 Enable 되지 않습니다.

### (3) Overvoltage Limit, Undervoltage Limit

제어기는 제어기에 공급되는 전원의 전압을 측정하는 전압 센서를 가지고 있습니다. 전원의 전압이 설정된 Overvoltage Limit 값을 초과하면 Overvoltage 폴트를 발생하고 모터를 Disable 합니다. 모터에 공급되는 전원보다 전압이 높아지는 현상은 모터의 회전에 의해 발생된 역기전력을 스위칭 회로가 증폭하고 높아진 전압을 전원이 흡수하지 못할 때 발생합니다.

또한 제어기에 공급되는 전원의 전압이 설정된 Undervoltage Limit 값 이하로 떨어질 경우 Undervoltage 폴트를 발생하고 모터를 Disable 합니다.

모터에 공급되는 전원의 전압이 갑자기 떨어지는 현상은 보통 모터의 가감속 구간에서 전원의 정격 전류보다 높은 전류를 끌어다 씌므로 발생합니다.

측정 된 전압이 다시 Overvoltage Limit 아래로 내려가거나 Undervoltage Limit 위로 올라가더라도 모터는 자동으로 Enable 되지 않습니다.

#### (4) Motor Stall Detection

스톨(stall)이란 모터에 전력이 공급되지만, 부하를 움직이기에는 힘이 부족하여 모터가 멈추어 있는 상황을 의미합니다. 제어기는 일정 시간 동안 모터에 가해지는 전력에 대해 아무런 회전이 감지되지 않을 경우 모터의 전원을 차단하는 안전 기능을 설정할 수 있습니다.

스톨 상황 감지에서는 다음과 같은 전류와 시간의 조합을 사용할 수 있습니다:

- 0 – Disable
- 1 – 100ms at 50% of Rated Current
- 2 – 200ms at 60% of Rated Current
- 3 – 300ms at 70% of Rated Current
- 4 – 400ms at 80% of Rated Current
- 5 – 500ms at 90% of Rated Current

#### (5) Position Error Detection

모터가 구동하는 기계 시스템이나 위치 센서가 고장난 경우, 모터 제어기는 위치 명령을 제대로 추종하지 못하게 됩니다. 이러한 고장으로 인한 위치 오차의 증가를 감지하여 모터의 전원을 차단하는 안전 기능을 사용할 수 있습니다. 위치 오차란 펄스 위치 제어기에서 명령 위치와 피드백 위치 간의 오차를 말합니다.

위치제어 오차 감지에는 다음과 같은 시간과 에러의 크기 조합을 사용할 수 있습니다:

- 0 – Disable
- 1 – 100ms and error > 100 pulse
- 2 – 100ms and error > 500 pulse
- 3 – 100ms and error > 2000 pulse
- 4 – 100ms and error > 5000 pulse
- 5 – 100ms and error > 20000 pulse
- 6 – 100ms and error > 48 pulse
- 7 – 100ms and error > 4096 pulse

※주의※ 사용자는 사용하고자 하는 제어기 매뉴얼과 데이터 시트를 잘 숙지한 후 상기 파라미터 값들을 적용해 주시기 바랍니다. 제어기 사양 이상의 값이 설정되면 제어기가 파손될 위험이 있으니 주의하기 바랍니다.

### 3.7.7 Motor – Position Controller Gain

Position Controller Gain 그룹에서는 위치 제어기의 PID 이득을 설정할 수 있습니다.

이 그룹의 항목에 대해서는 다음 설명을 참조하십시오:

- Proportional Gain(Kp) – PID 위치제어기의 비례제어 이득
- Integral Gain(Ki) – PID 위치제어기의 적분제어 이득
- Differential Gain(Kd) – PID 위치제어기의 미분제어 이득

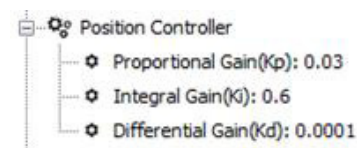
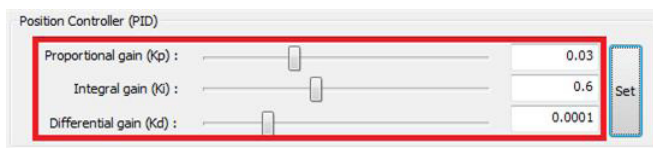


그림 26. SDC24D200S-U의 Position Controller Gain 설정 그룹

상기 파라미터들은 Gain Tuning 탭의 Position Controller (PID) 그룹의 Kp, Ki, Kd 이득에 대한 슬라이드 조정 값과 연동됩니다. 슬라이드를 조정하여 이득을 변경한 경우, 상기 파라미터들에는 변경된 값이 표시됩니다.

#### (1) 전체 제어기 연결 구조

모터 제어기의 전체 구성은 다음 그림에서 보이는 바와 같이, 프로파일 생성기(Profile generator)와 위치 제어기(Position Controller), 전류 리미터(Current Limiter)가 직렬(cascade)로 연결된 구조입니다.

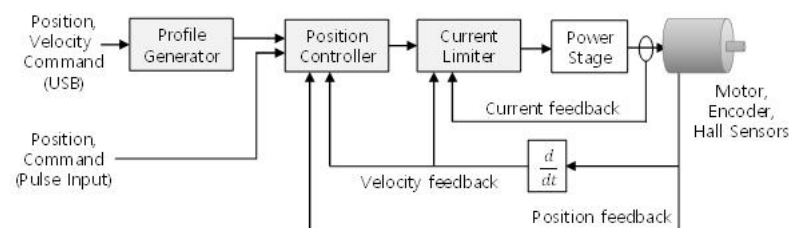


그림 27. SDC24D200S-U의 제어기 연결 구조

USB 포트를 통해 입력된 위치와 속도 명령은 프로파일 생성기를 통해 위치 제어기에 전달되지만, 펄스 입력 (Pulse Input) 포트로부터의 위치 명령은 위치 제어기에 바로 전달됩니다. 위치 제어기는 전압 출력을 내보내고, 이 값을 전류 리미터 받아 실제 모터를 구동하기 위한 전압으로 변환됩니다. 최종적으로 FET로 구성된 전력 단(Power Stage)을 거쳐 모터에 공급되는 전력을 내보냅니다.

## (2) 위치 제어기의 세부 구조

위치 제어기에는 상위 모션 제어기가 내린 위치 명령(Position Command) 및 엔코더 또는 홀센서로부터의 위치 피드백(Position Feedback)과 속도 피드백(Velocity Feedback)이 입력으로 인가되며 출력은 전압(Voltage)이 됩니다. 위치 제어기에 입력되는 속도 피드백은 위치 피드백을 미분하여 얻습니다. 위치 제어기의 동작 주파수는 1kHz 입니다.

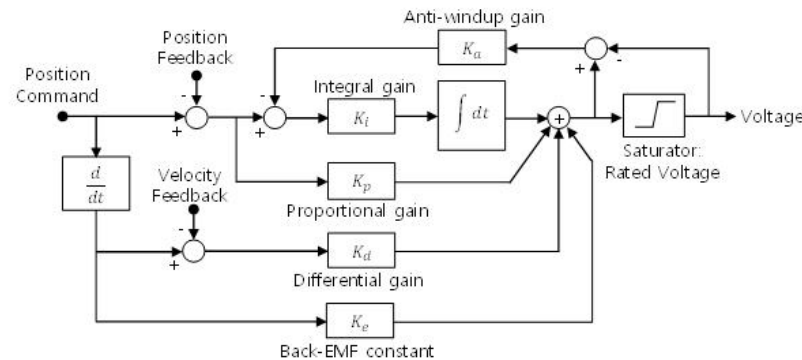


그림 28. SDC24D200S-U의 위치 제어기 구조

다음 그림은 위치 제어기의 내부 구조를 좀 더 상세하게 묘사하고 있습니다.

위치 제어기에는 안티와인드업(Anti-windup) 제어기가 설계되어 있으며, 제어기의 안티와인드업 이득(Anti-windup gain)은 비례 이득의 역수( $K_a=1/K_p$ )를 사용하도록 프로그래밍 되어 있어 사용자가 설정할 수 없습니다. 또한 좋은 위치 제어 성능을 확보하기 위해 역기전력을 전향보상(Feed forward) 하도록 설계되어 있습니다. 역기전력은 위치 명령을 미분한 속도와 역기전력 상수(Back-EMF constant)를 곱하여 추정하게 됩니다.

다음 표에서 PID 이득이 제어기에 미치는 영향을 고려하여 이득을 설정하기 바랍니다.

이득	높일 때	낮출 때
Proportional gain ( $K_p$ )	응답속도가 빨라짐 정상상태 오차가 감소 오버슈트 증가	응답속도가 느려짐 정상상태 오차가 증가 오버슈트 감소
Integral gain ( $K_i$ )	정상상태 오차가 감소 오버슈트 증가	정상상태 오차가 증가 오버슈트 감소
Differential gain ( $K_d$ )	오버슈트 감소 잡음에 민감	오버슈트 증가 잡음에 둔감

표11. SDC24D200S-U 게인 설정에 의한 응답 특성

※주의※ 각각의 이득은 제어기 동작 중에도 변경이 가능합니다. 하지만 제어기 동작 중 이득을 변경하는 것은 제어기의 출력이 갑자기 변하게 되어 위험한 상황을 초래할 수 있습니다.

## (3) Proportional Gain( $K_p$ ) 조정

PID제어기의 비례 이득(Proportional gain)은 위치 명령과 모터 축의 회전 위치 간 오차에 비례하여 출력 전압을 조절합니다. 오차가 크면 높은 전압이 출력되고 모터 축의 회전 위치가 위치 명령에 다가갈수록 전압은 점차 낮아지게 됩니다.

비례 이득을 높이면 제어기의 응답 속도가 빨라지고 정상상태 오차도 감소합니다. 하지만 너무 높이면 오버슈트가 증가하며 불안정해질 수 있습니다.

## (4) Integral Gain( $K_i$ ) 조정

PID제어기의 적분 이득(Integral gain)은 시간에 따른 오차의 합에 비례하여 전압을 조절합니다. 오차가 0으로 접근할수록 제어기가 원하는 위치에 정확히 도착하고 유지하는데 도움을 줍니다.

적분 이득을 높이면 정상상태 오차가 감소하지만 오버슈트가 증가하면서 불안정해질 수 있습니다.

## (5) Differential Gain( $K_d$ ) 조정

PID제어기의 미분 이득(Differential gain)은 오차에 대한 변화를 계산합니다. 이러한 변화는 원하는 위치 또는 측정된 위치 값이 급격하게 변할 때마다 상대적으로 높은 수치가 됩니다. 이 부분의 효과는 원하는 위치 값의 변경으로 인해 모터를 구동하기 시작할 때 추가적인 속도를 더해줍니다.

미분 이득을 높이면 오버슈트를 감소하는 경향이 있지만 노이즈에 민감해져 진동이 발생할 수 있습니다.

## 3.7.8 Motor – Current Limiter Gain

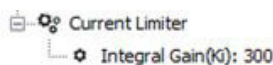


그림 29. SDC24D200S-U의 Current Limiter Gain 그룹

Current Limiter Gain 그룹에서는 전류 리미터의 I 이득을 설정할 수 있습니다.

이 그룹의 항목에 대해서는 다음 설명을 참조하십시오:

- Integral Gain( $K_i$ ) – 전류 리미터의 적분제어 이득

### (1) Integral Gain( $K_i$ ) 조정

전류 리미터는 모터에 현재 흐르는 전류와 Rated Current 설정 값의 차에 Integral Gain( $K_i$ )를 곱하여 적분하는 변수를 가지고 있습니다. 이 변수의 값이 0보다 커질 경우 모터에 가해지는 전압을 낮추어 모터 단자에 흐르는 전류를 제한하게 됩니다.



전류 리미터의 적분제어 이득은 100을 기준으로 0부터 5000 사이의 수로 설정하게 됩니다. 대부분의 모터는 이 값을 조정하지 않아도 잘 동작합니다.

### 3.8 Gain Tuning 탭

Motor Control UI의 Gain Tuning 탭에서는 주기적 파형을 생성하고 이를 모터의 위치 명령으로 인가합니다. 그리고 Real-time Plot에서 목표 명령에 대한 모터의 현재 값을 시간의 흐름에 따라 비교함으로써, 위치 제어기의 이득을 조정하여 최적의 값을 찾는 데 도움을 주게 됩니다.

제어기의 이득 조정 전에 Position Error Detection 기능을 끄는 것이 좋습니다. 끄지 않은 경우, 이득 조정 중 위치 오차로 인해 모터 제어기에 폴트가 발생하고 모터는 Disable 되는 현상이 종종 발생하게 됩니다.

※ 위치 제어기의 이득 조정 과정에서는 모터의 구동 축은 부하 또는 모터가 구동하는 기계 시스템과 연결되어 있어야 합니다.

※주의※ 급작스러운 이득의 변화는 모터 및 기계 시스템의 진동과 충돌 등 각종 사고를 유발할 수 있기 때문에 주의하여 변경하여야 합니다.

#### 3.8.1 Wave Generation

Wave Generation 그룹에서는 모터에 가하는 파형의 모양과 주기, 반복횟수 등을 결정합니다. 주기적 파형은 다음과 같습니다(출처: 위키백과, 파형):

- 정현파 (sine wave):  $\sin(2\pi t)$
- 구형파 (square wave):  $\text{saw}(t) - \text{saw}(t - \text{duty})$ .
- 삼각파 (triangle wave):  $(t - 2 \text{floor}((t + 1)/2)) - 1 \text{floor}((t + 1)/2)$ .
- 톱니파 (sawtooth wave):  $2(t - \text{floor}(t)) - 1$ .

Command Type과 Wave Type을 선택하고 파형의 Magnitude, Period, Repeat Count 값을 조정합니다. 그리고 [Start] 버튼을 누르면 지정된 반복 횟수까지 모터에 지정된 파형을 가하게 됩니다. 파형 출력 과정을 중단하려면 [Stop] 버튼을 누릅니다.

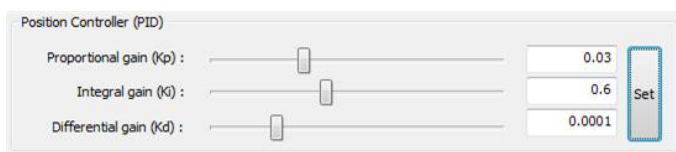
모터는 출력되는 파형에 따라 구동되는데, 여기서 제어기의 PID 이득을 조정하기 위해 모니터링 해야 할 중요한 오브젝트 들을 Real-time Plot에 다음 오브젝트들을 등록합니다:

- Desired Position
- Position
- Position Error

그러면 상기 3개의 오브젝트 값이 다음 그림과 같이 그래프로 표시됩니다. 이 값을 살피면서 하단의 Position Controller Gain 그룹에서 이득을 조정합니다.

#### 3.8.2 Position Controller (PID) 이득 조정

위치 제어기의 이득 조정 전에 Motor Control UI 유틸리티에서는 정현파나 구형파의 위치 명령을 모터 제어기에 지속적으로 가하고 있어야 합니다. 그리고 Position Controller (PID) 그룹의 슬라이드 바를 조금씩 움직여 이득을 조정합니다. 슬라이드 바를 움직일 때 바뀐 이득은 즉시 제어기에 반영됩니다.



1. 위치 제어기의 P, I, D 이득을 0으로 설정합니다.
2. P 이득을 조금씩 증가하여 약간의 오버슈트가 발생하도록 조정합니다.
3. I 이득을 조금씩 증가하여 정상상태 오차가 없어지도록 조정합니다.
4. D 이득을 조금씩 증가하여 오버슈트가 없어지도록 조정합니다.
5. 2에서 4까지의 과정은 제어기의 오버슈트나 진동이 발생하지 않도록 반복하여 조정해야 합니다.

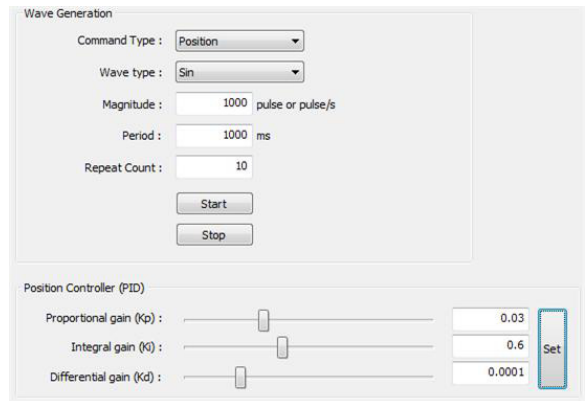


그림 30. SDC24D200S-U의 Gain Tuning Tab

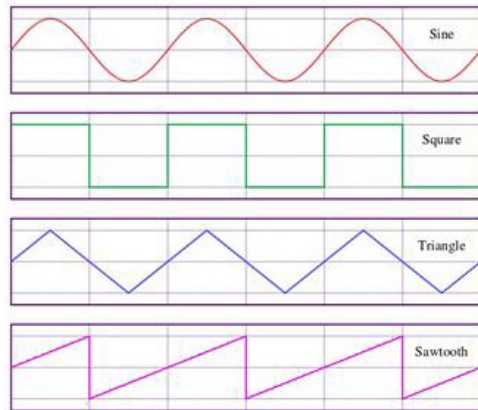


그림 31 SDC24D200S-U의 Wave Generation 그룹

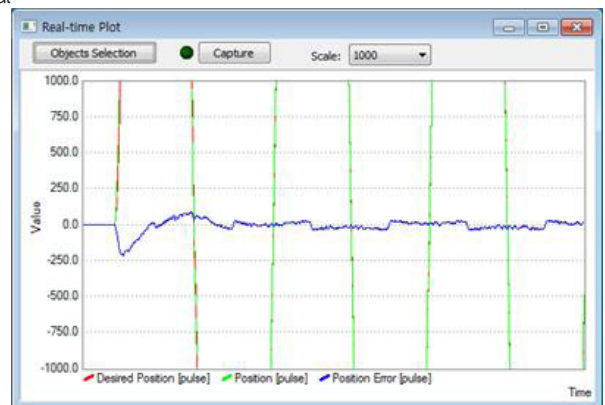


그림 32. SDC24D200S-U의 출력 파형 모니터링

또는 우측 편집 박스에 각각의 Kp, Ki, Kd 값을 입력하고 [Set] 버튼을 누름으로 제어기에 이득을 변경할 수 있습니다.

사용자는 위치 명령의 추종 여부, 즉, Real-time Plot 창에서 Position Error 오브젝트의 값이 0 근처로 수렴하는 것을 목표로 다음 절차에 따라 이득을 조정합니다:

위치 제어기의 이득 조정이 끝나면 Position Error Detection 설정은 항상 켜 두는 것이 좋습니다. 이 설정은 제어기에 잘못된 위치 명령이 전달되거나 제어기의 파라미터가 잘못 설정되어, 제어기가 폭주 또는 이상 동작 하는 것으로부터 모터 및 제어기, 제어기에 의해 구동되는 기계 시스템을 보호하게 됩니다.

※ 모터가 구동하는 상태에서 이득을 조정하면 변경되는 값들이 즉시 제어기에 적용이 되지만, 변경된 값들은 모터의 구동이 멈춘 후 플래시 메모리에 저장됩니다. 이득을 조정하였다면, 제어기를 끄기 전에 모터를 정지 시키거나 Disable 시키고 3초 정도 기다렸다가 전원을 끄도록 합니다.

### 3.9 서보 제어기 구성

※주의※ 모터 제어기에 새로운 모터를 연결한 경우에는 필히 다음 단계를 거쳐 제어기에 올바른 구성 파라미터를 설정하여야 합니다. 이 과정에 따라 제어기를 구성하지 않은 경우, 제어기의 올바른 동작 및 제어 성능을 보장할 수 없게 됩니다.

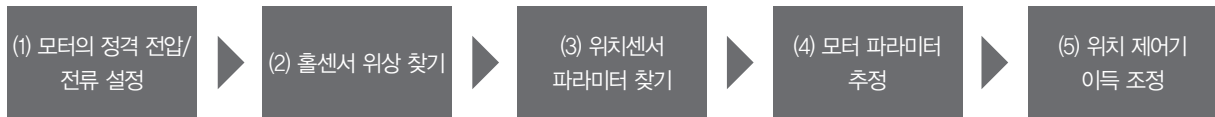


표 12. SDC24D200S-U 기본 설정 순서

#### 3.9.1 제어기 구성 파라미터 설정

제어기에 새로운 모터를 연결하면, 제일 먼저 Motor Control UI 유틸리티의 Configuration 탭에서 다음 항목들을 설정해야 합니다:

- Motor Characteristics – Rated Current, Rated Voltage 항목은 모터 데이터 시트를 참고하여 설정
- Fault Conditions – Fault Condition Detection – Motor Stall Detection 항목은 1 ~ 5의 값 중 하나로 선택
- Fault Conditions – Fault Condition Detection – Position Error Detection 항목은 0-Disable 항목 선택

그리고 [Write Configurations] 버튼을 눌러 변경된 파라미터 값들을 제어기에 적용하고 플래시 메모리에도 저장합니다.

이후, 제어기의 전원을 끄고 켜니다. 다시 Motor Control UI 유틸리티로 제어기에 연결하여 변경된 값들이 올바르게 저장되어 있는지 확인합니다.

#### 3.9.2 홀센서 위상 찾기 (BLDC 모터 제어기만 해당)

※ DC 모터 제어기에서는 이 과정을 생략합니다.

※ 이 과정을 진행하는데 앞서, 모터의 구동 축은 부하 또는 모터가 구동하는 기계 시스템과 분리되어 있어야 합니다.

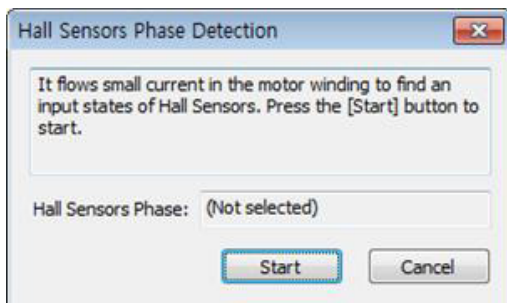


그림 33. SDC24D200S-U의 홀센서 위상 찾기

Configuration 탭의 우측 버튼들 중에서 [Detect Hall Sensors Phase] 버튼을 누릅니다. 그러면 다음과 같은 창이 뜨고 홀센서 위상 검출을 시작할 준비를 합니다.

여기서 [Start] 버튼을 누르면 제어기는 홀센서 위상 검출 모드로 진입하게 됩니다. 이 모드에서는 BLDC 모터를 한 섹터씩 강제로 회전하여 모두 12섹터 이동합니다. 이동 중 각 섹터에서 홀센서의 입력을 기록하여 두고, 이동이 끝난 후 홀센서의 위상(phase)을 찾고 모터 권선의 저항(R)을 계산합니다. 이 과정에서 BLDC 모터는 약 1 회전 하게 됩니다(회전 수는 홀센서의 극 수에 따라 달라짐).

이 모드를 실행하여 얻은 모터 파라미터는

- Hall Sensors Phase
- Winding Resistance(R)

이고, 실행이 성공하였을 때 이 값들은 플래시 메모리에 저장되어 제어기가 재시작 되어도 유지됩니다.

※ 이 모드를 실행할 때 모터가 역방향(모터 축을 내려다볼 때 반시계 방향으로 회전)으로 회전한다면, 정방향 회전으로 바꾸기 위해 제어기 전원을 끄고 모터 Winding V와 Winding W 결선을 교체합니다. 그리고 이 모드를 한번 더 실행합니다.

※ 이 모드의 실행이 실패로 끝나는 경우는 홀센서의 신호 선들이 제어기에 올바르게 연결되지 않은 경우입니다. '2.1.2 엔코더와 홀센서'절을 참고하여 홀센서 배선을 점검해 보시기 바랍니다.

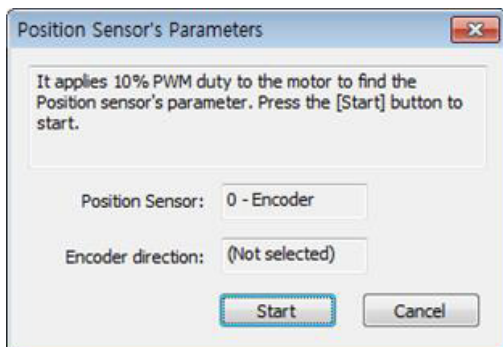


그림 34. SDC24D200S-U의 위치센서 파라미터 찾기

#### 3.9.3 위치센서 파라미터 찾기

※ 이 과정을 진행하는데 앞서, 모터의 구동 축은 부하 또는 모터가 구동하는 기계 시스템과 분리되어 있어야 합니다.

Configuration 탭의 우측 버튼들 중에서 [Detect Position Sensor's Param.] 버튼을 누릅니다. 그러면 다음과 같은 창이 뜨고 위치 피드백에 사용할 센서 종류 및 엔코더 방향 검출을 시작할 준비를 합니다.

여기서 [Start] 버튼을 누르면 제어기는 엔코더 방향 검출 모드로 진입하게 됩니다. 이 모드에서는 모터에 10%의 PWM 듀티 비 전압(제어기 공급 전원의 10% 전압)을 가하여 모터가 회전할 때 엔코더의 회전 방향을 탐지합니다. 이 과정에서 모터는 천천히 수 바퀴 회전하게 됩니다.

이 모드를 실행하여 얻은 모터 파라미터는

- Position Sensor
- Encoder Direction

이고, 실행이 성공하였을 때 이 값은 플래쉬 메모리에 저장되어 제어기가 재시작 되어도 유지됩니다.

### (1) DC 모터의 경우

DC 모터에서는 Position Sensor는 0-Encoder로 고정됩니다. 그리고 제어기에서 Encoder 신호가 탐지되지 않으면 위치센서 파라미터 찾기는 실패하게 됩니다.

### (2) BLDC 모터의 경우

BLDC 모터에서는 Position Sensor로 0-Encoder 또는 1-Hall Sensors를 사용할 수 있습니다. 만일 제어기에 Hall Sensors만 연결된 경우에는 1-Hall Sensors가 Position Sensor로 선택됩니다. 만일 Encoder와 Hall Sensors가 모두 연결된 경우에는 0-Encoder가 Position Sensor로 선택됩니다.

BLDC 모터에서는 Hall Sensors 없이 Encoder 만으로 구동이 불가능합니다.

※ 이 모드의 실행이 실패로 끝나는 경우는 홀센서 또는 엔코더의 신호 선들이 제어기에 올바르게 연결되지 않은 경우입니다. '1.4.2 엔코더와 홀센서'절을 참고하여 엔코더 배선을 점검해 보시기 바랍니다.

## 3.9.4 모터의 전기적 파라미터 추정

※ 이 과정을 진행하는데 앞서, 모터의 구동 축은 부하 또는 모터가 구동하는 기계 시스템과 분리되어 있어야 합니다.

Configuration 탭의 우측 버튼들 중에서 [Estimate Motor Parameters] 버튼을 누릅니다. 그러면 다음과 같은 창이 뜨고 모터 파라미터 추정을 시작할 준비를 합니다. 여기서 [Start] 버튼을 누르면 제어기는 모터 파라미터 추정 모드로 진입하게 됩니다. 이 모드에서는 모터에 주파수가 변하는 구형파 전압을 가하여 모터 단자에 흐르는 전류와 모터 회전축의 속도를 측정합니다. 이 값들로부터 역기전력 상수( $K_e$ )와 모터 권선의 저항( $R$ )과 인덕턴스( $L$ )을 추정합니다. 이 과정에서 모터는 느린 주기에서 빠른 주기로 진동하게 됩니다.

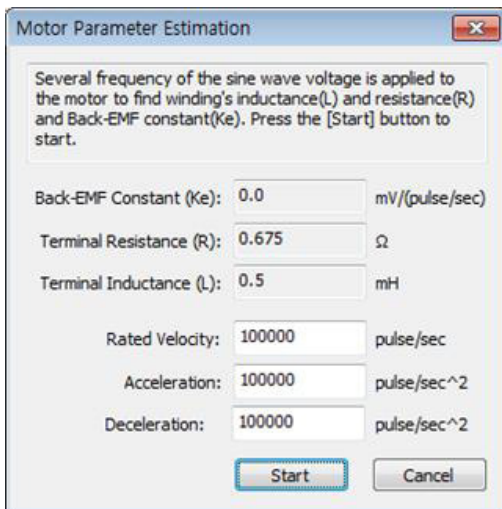


그림 35. SDC24D200S-U의 모터의 전기적 파라미터 추정

이 모드를 실행하여 얻은 모터 파라미터는

- Winding Resistance (R)
- Winding Inductance (L)
- Back-EMF constant ( $K_e$ )

이고, 실행이 성공하였을 때 이 값은 플래쉬 메모리에 저장되어 제어기가 재시작 되어도 유지됩니다.

그리고 실행이 성공하였을 때 다음 파라미터가 변경될 수 있습니다:

- Rated Velocity
- Acceleration
- Deceleration
- Proportional Gain( $K_p$ )
- Integral Gain( $K_i$ )
- Differential Gain( $K_d$ )

## 3.9.5 위치 제어기 이득 조정

위치 제어기의 이득 조정 과정은 '3.8 Gain Tuning 탭'절을 참고하도록 합니다.

위치 제어기의 이득 조정까지 끝나면, Configuration 탭에서 다음 항목들을 다시 설정합니다:

- Fault Conditions – Fault Condition Detection – Position Error Detection 항목은 1~5의 값 중 하나로 선택

그리고 [Write Configurations] 버튼을 눌러 변경된 파라미터 값들을 제어기에 적용하고 플래쉬 메모리에도 저장합니다.

Position Error Detection 항목의 설정은 제어기에 잘못된 위치 명령이 전달되거나 제어기의 파라미터가 잘못 설정되어 제어기가 폭주 또는 이상 동작하는 것으로부터 모터 및 제어기, 제어기에 의해 구동되는 기계 시스템을 보호하게 됩니다.

## 문서 변경 이력

Data	Version	Charges
2014. 11. 25	1.0	첫 출시
2015. 07. 20	1.1	Chapter 3. UI 유틸리티 추가·수정

## 제품의 보증

1. 본 제품은 엄정한 품질관리 및 검사과정을 거쳐서 만들어 진 제품입니다.
2. 제품 구입 후 6개월 이내에 제품 고장 발생 시에 무상으로 A/S를 해드립니다.
3. 정상적인 사용 상태에서 고장이 발생하였을 경우 보증기간 동안은 무상으로 A/S를 해드립니다.
4. 제품 보증기간이 경과한 후에 고장이 발생할 경우, 유상으로 A/S를 해드립니다.
5. 보증기간 이내라 하더라도 본 보증 이내의 유상 서비스 안내에 해당되는 경우 서비스에 따라 유상으로 A/S를 해드립니다.
6. 오용, 남용 및 인가되지 않은 인력에 의한 수리, 부적절한 보관상태 자연 재해로 인한 파손은 유상으로 A/S를 해드립니다.
7. 고객 번심 또는 구매 후 7일 이후에는 반품이 되지 않습니다.



