



# ACOPOS P3 를 이용한 리니어 모터 시운전 안내서

## Linear motor commissioning with ACOPOS P3

Date: July 31, 2019

We reserve the right to change the content of this manual without prior notice. The information contained herein is believed to be accurate as of the date of publication, however, B&R makes no warranty, expressed or implied, with regards to the products or the documentation contained within this document. B&R shall not be liable in the event if incidental or consequential damages in connection with or arising from the furnishing, performance or use of these products. The software names, hardware names and trademarks used in this document are registered by the respective companies.

## I 버전 정보

Version	Date	Comment	Edited by
1.0	June 20, 2019	First Edition 본 문서는 네이버 나눔 고딕을 사용하였습니다.	HeeJun Lee

Table 1: Versions

## II 목차

<b>1 안내.....</b>	<b>4</b>
<b>2 하드웨어 구성 .....</b>	<b>5</b>
2.1 요약 .....	5
2.2 모터 .....	5
2.3 Encoder.....	6
2.4 구성 Configuration .....	6
<b>3 파라미터 설정 .....</b>	<b>8</b>
3.1 파라미터 계산.....	8
3.2 파라미터 내역.....	9
3.3 파라미터 확인(Parameter Identification) .....	10
3.4 Commutation offset 과 Motor phase .....	10
<b>4 튜닝 결과.....</b>	<b>12</b>

## 1 안내

- 본 문서는 ACOPOS P3 를 이용한 리니어 모터 시운전 방법에 관한 매뉴얼입니다.
- 사용된 모터와 인코더를 바탕으로 파라미터 세팅, 시운전 방법을 기술하였습니다.

## 2 하드웨어 구성

리니어 모터를 설정하기 전에 전원선이 연결이 잘 되어있는지 확인해야 합니다. 우선, 모터 전원을 끄고 상간 저항을 측정하고 각 저항 값이 모터 업체에서 보낸 상간 저항 값과 일치하는지 확인해야 합니다. 그리고 각 상과 접지 간의 저항은 무한대(Open)이며 멀티 미터로 측정 시 값이 나오지 않는지를 확인해야 합니다.

ex) R 상과 S 상 -> 16.5Ω, R 상과 접지 -> 무한대(값이 측정되지 않음)

### 2.1 요약

목록	모델명	참조
리니어 모터	CDM10A-140C-H	THK 삼익
인코더(Encoder)	RSF M25.74	RSF
CPU	5APC3100.KBU3-000	ACP3100
서보 드라이버	8EI2X2MWT10.K600-1	ACOPOS P3
인터페이스 카드	8EAC0151.001-1	A, B phase encoder

### 2.2 모터

**철심형 CDM10**

■ 기본사양



- 주변온도 : 0 ~ 40℃
- 절연전압 : AC1500V 1분간
- 주변습도 : 20 ~ 80%
- 냉각방식 : 자연공냉
- 허용권선온도 : 130℃

■ 정격·사양

항 목		CDM10-70C	CDM10-140C	CDM10-240C
정격 추력*	N	70	140	240
최대 추력*	N	175	280	480
연속 전류*	Arms	1.5	1.5	2.8
최대 전류*	Arms	4.5	3.6	5.6
추력 상수	N/Arms	46.7	93.3	85.7
자기흡인력	N	375	750	1,500
드라이버	Panasonic	MADHT1507(200W)	MADHT1507(200W)	MCDHT3520(750W)
	Servotronics	CDHD-1D52A(200W)	CDHD-1D52A(200W)	CDHD-0032A(400W)

(주) 1. 본 사양은 냉각조건으로 알루미늄판(Heat sink)을 이동자에 장착한 경우의 값이다.  
 2. \*의 항목 및 「추력-속도특성」은 서보 드라이버와 조합하여 운전하였을 때 전기자 권선온도가 100℃일 때의 값이다. 그 이외의 항목은 20℃일 때의 값이다.

■ 추력 - 속도 특성

CDM10-70C



CDM10-140C



CDM10-240C



A : 연속영역 B : 순간영역

## 2.3 Encoder

### MS 25, MS 26 with integrated mounting control

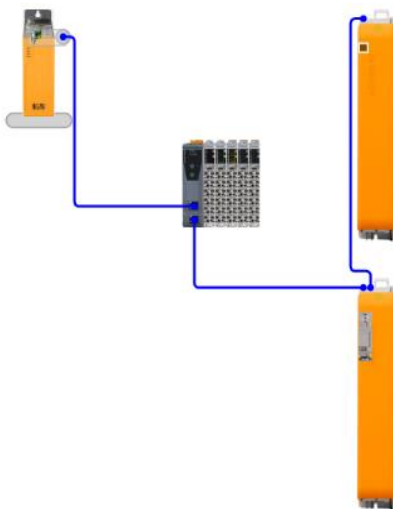


#### Special highlights:

- easy mounting; no test box or oscilloscope needed
- the quality of the scanning signal is visible via a tricolored LED - directly at the reading head
- permanent-control of the scanning signals over the whole measuring length
- function-control of the reference impulse
- **MS 25:** two independent switch signals for individual functions
- **MS 26:** position of reference mark can be selected by the customer  
one switch signal for special functions

## 2.4 구성 Configuration

Automation Studio 에서 하드웨어 구성은 다음과 같습니다.



## ACOPOS P3 를 이용한 리니어 모터 시운전 안내서

A, B 상 인코더 카드(8EAC0151.001-1)는 Incremental(ABR)로 설정합니다.

Line Count 는 리니어 모터의 ENCODER: Line (Signal period) length 값을 기입하고 엑셀을 통해 도출된 값 6750 Lines/ $\tau_M$ 을 기입합니다.

※ 해당 ENCODER: Line (Signal period) length 은 인코더 제조사, 제품 모델에 따라 각기 다르므로 해당 제원을 참조해야 합니다.

Name	Value	Unit	Description
8EAC0151.001-1			
Encoder X41K			Configured as Encoder2 of axis 1
Interface type	Incremental (ABR)		
Power supply	5V		Power supply of the encoder
Line resistance	0.0		Resistance of the encoder supply line (1 line) [Ohm]
Symmetry	Symmetrical		Symmetry of the encoder signals
Line termination	Active (RS422)		
Reference pulse detection	Normal Mode		
Line count	6750		Number of pulses per encoder revolution [lines/revolution]

A, B 상 인코더 카드(8EAC0151.001-1)가 붙어있는 ACOPOS P3 드라이브는 Axis 1 의 인코더 설정만 변경합니다.

Name	Value	Unit	Description
8EbootMxT1x000x-1			
Simulation			
Power Supply			
POWERLINK configuration			
Encoder configuration			
Encoder X41			Configured as Encoder1 of axis 1
Interface type	Not used		
Encoder X42			Configured as Encoder1 of axis 2
Interface type	Not used		
Encoder X43			Configured as Encoder1 of axis 3
Interface type	Not used		
Axes configuration			
Axis 1			
Drive Control	One encoder control		
Encoder Link			
Motor-/Position encoder	Encoder X41x (Plug-in module)		Encoder, whose actual position is used for vector- and position control For each technology function one license (1TGACP0000.00-01) is required
License required axis functions			
Axis 2			
Drive Control	One encoder control		
Encoder Link			
Motor-/Position encoder	Encoder X42		Encoder, whose actual position is used for vector- and position control For each technology function one license (1TGACP0000.00-01) is required
License required axis functions			
Axis 3			
Drive Control	One encoder control		
Encoder Link			
Motor-/Position encoder	Encoder X43		Encoder, whose actual position is used for vector- and position control For each technology function one license (1TGACP0000.00-01) is required
License required axis functions			

### 3 파라미터 설정

#### 3.1 파라미터 계산

타사 리니어 모터(3<sup>rd</sup> party)는 Parameter table 에 해당 모터 데이터를 직접 입력해야 합니다. Parameter table 에 적절한 값을 입력하기 위해서 계산된 값이 필요하며 이는 excel sheet 를 참고하면 됩니다.

- Automation Studio Help Guid: c472ed70-2413-4cf1-930b-efb9f9729000

Name	Value	Unit
MOTOR_POLEPAIR_WIDTH	0.027	m
ENCODER: Type	SinCos/INC	

Name	Value	Unit
$\tau_M$ Motor reference length	0.027	m
SCALE_ENCOD_INCR	110592000	Inc/ $\tau_M$
ENCOD_LINES_PER_REVO	6750	Lines/ $\tau_M$
Scaling error	0	Inc/ $\tau_M$
Increments per line	16384	Inc/line
Increment length (INC)	0.000244141	um/Inc

MOTOR_LINEAR_SPEED_NOMINAL	0.5	m/s
MOTOR_LINEAR_SPEED_MAX	2	m/s
MOTOR_FORCE_STALL	140	N
MOTOR_FORCE_RATED	140	N
MOTOR_FORCE_MAX	280	N
MOTOR_LINEAR_VOLTAGE_CONSTANT	107.39	$V_{rms}/(m/s)$
MOTOR_FORCE_CONST	93.3	$N/A_{rms}$
MOTOR_MASS	1.3	kg
MOTOR_BRAKE_FORCE_RATED	0	N



MOTOR_POLEPAIRS	1	-
MOTOR_SPEED_RATED	1111	$min^{-1}$
MOTOR_SPEED_MAX	4444	$min^{-1}$
MOTOR_TORQ_STALL	0.60	Nm
MOTOR_TORQ_RATED	0.60	Nm
MOTOR_TORQ_MAX	1.20	Nm
MOTOR_VOLTAGE_CONST	48.33	$mV/min$
MOTOR_TORQ_CONST	0.401	$Nm/A_{rms}$
MOTOR_INERTIA	0.0000240	$kgm^2$
MOTOR_BRAKE_TORQ_RATED	0.00	Nm

Input fields: Enter values  
 Output fields



### 3.2 파라미터 내역

사용된 리니어 모터 파라미터는 다음과 같습니다.

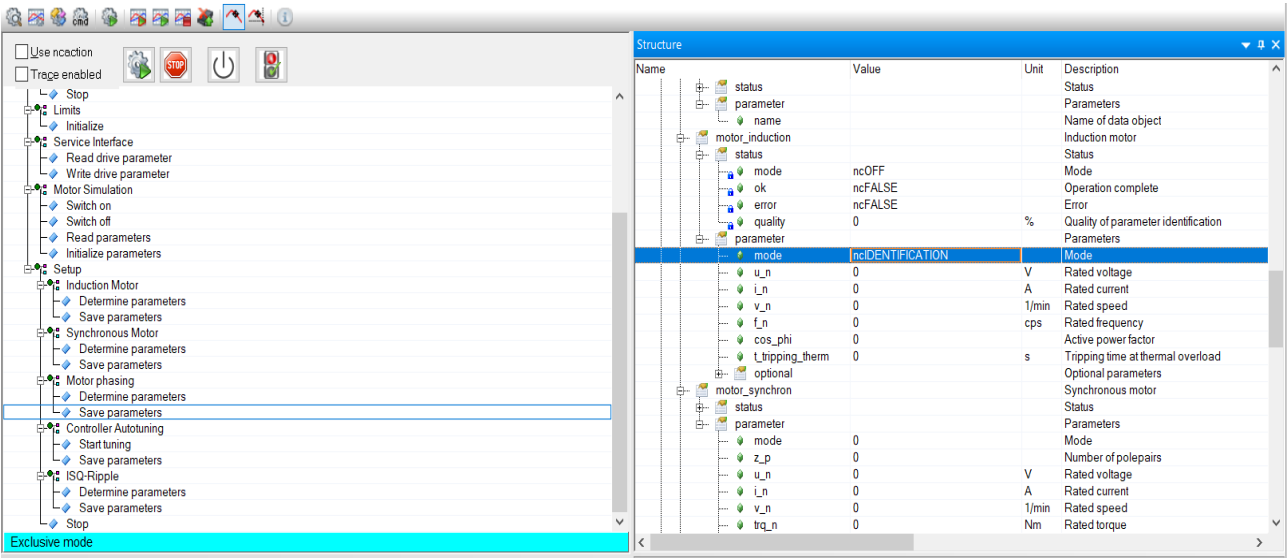
Parameter ID	Parameter name	Value 1	Value 2	Unit	Description
145	CTRL_CYCLE_TIME_MODE	0			CTRL Controller: Mode of controller cascade cycle times
390	UDC_NOMINAL	220		V	CTRL DC bus: Nominal voltage
Linear Motor Configuration					
Motor Parameter					
30	MOTOR_TYPE	2			Motor: Type
31	MOTOR_COMPATIBILITY	513			Motor: Software compatibility
48	MOTOR_VOLTAGE_RATED	220		V	Motor: Rated voltage
49	MOTOR_VOLTAGE_CONST	24.184		mV*min	Motor: Voltage constant
50	MOTOR_SPEED_RATED	2222		1/min	Motor: Rated speed
51	MOTOR_SPEED_MAX	3333		1/min	Motor: Maximum speed
52	MOTOR_TORQ_STALL	0.6		Nm	Motor: Stall torque
53	MOTOR_TORQ_RATED	0.6		Nm	Motor: Rated torque
54	MOTOR_TORQ_MAX	1.2		Nm	Motor: Peak torque
55	MOTOR_TORQ_CONST	0.401		Nm/A	Motor: Torque constant
56	MOTOR_CURR_STALL	3		A	Motor: Stall current
57	MOTOR_CURR_RATED	1.5		A	Motor: Rated current
58	MOTOR_CURR_MAX	3.6		A	Motor: Peak current
59	MOTOR_WIND_CROSS_SECT	0		mm <sup>2</sup>	Motor: Phase cross section
60	MOTOR_STATOR_RESISTANCE	15.335		Ohm	Motor: Stator resistance
61	MOTOR_STATOR_INDUCTANCE	0.0515		Henry	Motor: Stator inductance
62	MOTOR_INERTIA	0.0000240		kgm <sup>2</sup>	Motor: Moment of inertia
63	MOTOR_COMMUT_OFFSET	0		rad	Motor: Commutation offset
849	MOTOR_TAU_THERM	0.251		s	Motor: Thermal time constant
42	MOTOR_BRAKE_CURR_RATED	0		A	Motor holding brake: Rated current
43	MOTOR_BRAKE_TORQ_RATED	0		Nm	Motor holding brake: Rated torque
44	MOTOR_BRAKE_ON_TIME	0		s	Motor holding brake: Engaging delay
45	MOTOR_BRAKE_OFF_TIME	0		s	Motor holding brake: Release delay
47	MOTOR_POLEPAIRS	1			Motor: Number of pole-pairs
Isolation Parameter					
Motor Phasing					
276	PHASING_MODE	0			Motor: Phasing: Mode
275	PHASING_CURR	3.2		A	Motor: Phasing: Current
872	MOTOR_CURR_ROT_DIR	255			Motor: Rotational direction of current

Parameter ID	Parameter name	Description
MOTOR_BRAKE_CURR_RATED	42	해당하는 모터가 Brake type 일 때 값을 입력합니다. (Help 참조)
MOTOR_BRAKE_TORQ_RATED	43	
MOTOR_BRAKE_ON_TIME	44	
MOTOR_BRAKE_OFF_TIME	45	
MOTOR_POLEPAIRS	47	Motor 의 극 개수 (Excel sheet 참조)
MOTOR_VOLTAGE_RATED	48	Motor 의 Rated voltage (Excel sheet 참조)
MOTOR_VOLTAGE_CONST	49	Motor 의 Voltage constant (Excel sheet 참조)
MOTOR_SPEED_RATED	50	Motor 의 Rated Speed
MOTOR_SPEED_MAX	51	Motor 의 Maximum Speed
MOTOR_TORQ_STALL	52	Motor 의 Stall Torque
MOTOR_TORQ_RATED	53	Motor 의 Rated Torque
MOTOR_TORQ_MAX	54	Motor 의 Maximum Torque
MOTOR_TORQ_CONST	55	Motor 의 Torque Constant
MOTOR_CURR_STALL	56	Motor 의 Stall Current
MOTOR_CURR_RATED	57	Motor 의 Rated Current
MOTOR_CURR_MAX	58	Motor 의 Maximum Current
MOTOR_WIND_CROSS_SECT	59	Motor 의 Winding 단면적
MOTOR_STATOR_RESISTANCE	60	Motor 의 Stator Resistance
MOTOR_STATOR_INDUCTANCE	61	Motor 의 Stator Inductance
MOTOR_INERTIA	62	Motor 의 Inertia
MOTOR_COMMUT_OFFSET	63	Motor 의 Commutation Offeset

### 3.3 파라미터 확인(Parameter Identification)

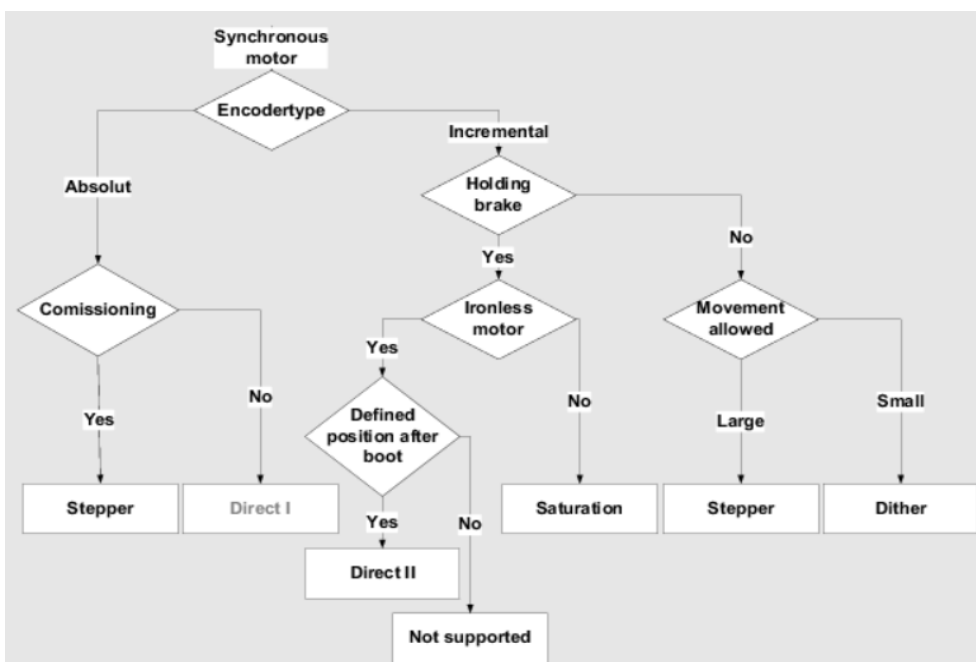
파라미터를 입력한 후 Test 창으로 들어가 파라미터를 Identification 할 수 있습니다.

Identification 진행 후 품질(Quality)를 확인하고 최종 파라미터를 ACOPOS Parameter table 의 파라미터에 저장합니다. 해당 품질과 파라미터 결정은 엔지니어 재량입니다.



### 3.4 Commutation offset 과 Motor phase

리니어 모터의 경우 초기의 정류자 offset 을 찾기 위해서는 motor phase 가 필요합니다. 해당하는 motor phase mode 는 다음의 그림을 토대로 선택하면 됩니다.

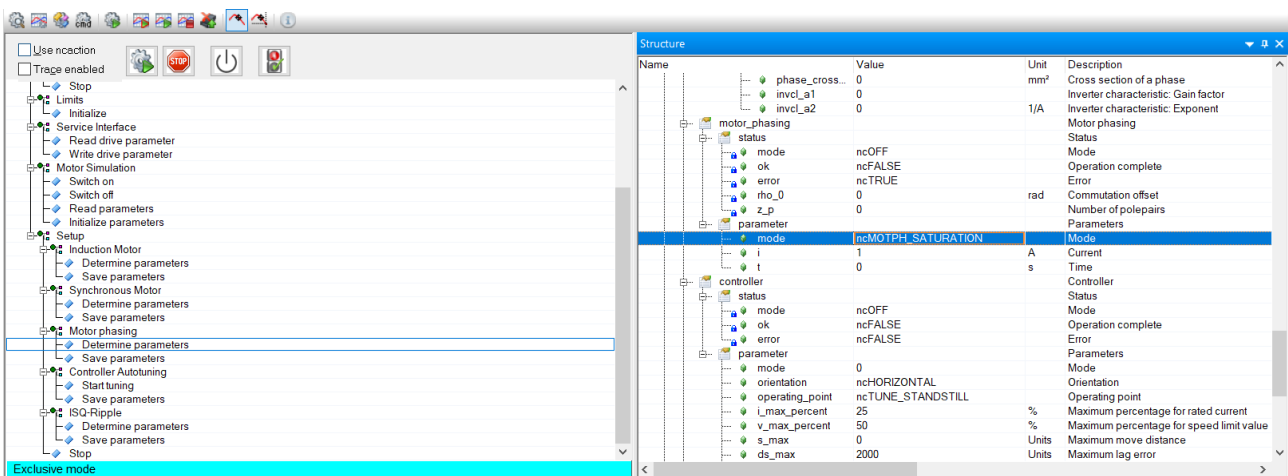


THK 리니어 모터에 사용된 motor phase 는 saturation mode 이며 saturation mode 는 자기포화현상을 이용하여 초기의 정류자 offset 을 찾는 phase 방법입니다.

만약 리니어 모터의 Forcer(회전자)가 철심이 아닌(Ironless) 경우 자기 포화가 일어나지 않기 때문에 offset 을 찾을 수 없습니다. 또한 PHASING\_CURR 의 초기 설정 값(default 값)은 중요합니다. PHASING\_CURR 값이 default 값보다 적은 경우에는 적절한 정류자 offset 을 찾을 수 없습니다. 적절한 정류자 offset 을 찾지 못한 경우에는 초기 위치에서 가해지는 전류의 위상이 정확하지 않기 때문에 리니어 모터는 시작하자마자 Lag error 를 동반하며 멈춥니다. PHASING\_CURR 은 다음 표와 같이 계산되며 각 phase mode 에 따라 다릅니다. 또한 PHAISNG\_TIME 을 통해 시간 설정도 가능합니다.

PHASING_CURR	RD,WR	R4	A	<p>Motor: Phasing: Current</p> <p>Default value The default value depends on the phasing mode. SATURATION: <math>1.5 * \sqrt{2} * \text{MIN}(\text{MOTOR\_CURR\_RATED}, \text{ACOPOS\_CURR\_RATED})</math> STEPPER: <math>\sqrt{2} * \text{MIN}(\text{ACOPOS\_CURR\_RATED}, 0.8 * \text{MOTOR\_CURR\_RATED})</math> DITHER: <math>0.1 * \sqrt{2} * \text{MOTOR\_CURR\_RATED}</math></p> <p>Value range <math>0 \dots 0.75 * \sqrt{2} * \text{MIN}(\text{MOTOR\_CURR\_PEAK}, \text{ACOPOS\_CURR\_PEAK})</math></p>
PHASING_TIME	RD,WR	R4	s	<p>Motor: Phasing: Time</p> <p>Default value The default value depends on the phasing mode. SATURATION: 0 STEPPER: 4.0 DITHER: 0.02 DIRECT I: 0 DIRECT II: 0</p> <p>Value range SATURATION: 0 STEPPER: 0.2 .. 100.0 (from V2.340) DITHER: 0.02 .. 0.1 DIRECT I: 0 DIRECT II: 0</p>

Test 창에서 해당 Phase mode 를 통해 Commutation Offset 을 찾을 수 있습니다. Commutation Offset 은 모터 위치에 따라 항상 달라지는 값이고 드라이브 재 시작 시에 Commutation Offset 을 찾는 과정을 진행합니다. (Direct 제외)



## 4 튜닝 결과

-----목표치-----

속도 목표치 = 0.5m/s

위치 목표치 = 0.45m

