



설계 지침서

VLT[®] AutomationDrive FC 360



차례

1 소개	5
1.1 본 설계 지침서 이용 방법	5
1.1.1 기호	5
1.1.2 약어	5
1.2 정의	6
1.2.1 Frequency Converter(주파수 변환기)	6
1.2.2 입력	6
1.2.3 모터	6
1.2.4 지령	6
1.2.5 기타	7
1.3 안전 주의사항	8
1.4 폐기물 처리 지침	9
1.5 문서 및 소프트웨어 버전	9
1.6 승인 및 인증	9
1.6.1 CE 마크	9
1.6.2 저전압 규정	10
1.6.3 EMC 규정	10
2 제품 개요	11
2.1 외함 용량 개요	11
2.2 전기적인 설치	12
2.2.1 일반 요구사항	14
2.2.2 접지 요구사항	14
2.2.3 주전원, 모터 및 접지 연결	14
2.2.4 제어부 배선	15
2.3 제어 구조	18
2.3.1 제어 방식	18
2.3.2 제어 모드	18
2.3.3 FC 360 제어 방식	19
2.3.4 VVC ⁺ 의 제어 구조	20
2.3.5 VVC ⁺ 모드에서의 내부 전류 제어	21
2.3.6 현장(Hand On) 및 원격(Auto On) 제어	21
2.4 지령 처리	22
2.4.1 지령 한계	23
2.4.2 프리셋 지령 및 버스통신 지령의 범위 설정	24
2.4.3 아날로그/펄스 지령 및 피드백의 범위 설정	24
2.4.4 0에 가까운 사용하지 않는 대역	26
2.5 PID 제어	29
2.5.1 속도 PID 제어	29

2.5.2	공정 PID 제어	32
2.5.3	공정 제어 관련 파라미터	33
2.5.4	공정 PID 제어의 예	34
2.5.5	공정 조절기의 최적화	36
2.5.6	Ziegler Nichols 튜닝 방법	36
2.6	EMC 방사 및 방지	37
2.6.1	EMC 방사의 일반적 측면	37
2.6.2	EMC 방사 요구사항	38
2.6.3	EMC 방지 요구사항	38
2.7	갈바닉 절연	40
2.8	접지 누설 전류	40
2.9	제동 기능	41
2.9.1	기계식 역속 제동 장치	41
2.9.2	다이나믹 제동	42
2.9.3	제동 저항 선정	42
2.10	스마트 로직 컨트롤러	43
2.11	극한 운전 조건	44
3	유형 코드 및 선택	46
3.1	주문	46
3.2	발주 번호: 옵션 및 액세스리	47
3.3	발주 번호: 제동 저항	48
3.3.1	발주 번호: 제동 저항 10%	48
3.3.2	발주 번호: 제동 저항 40%	49
4	사양	50
4.1	출력에 따른 사양	50
4.2	일반사양	52
4.3	퓨즈	56
4.3.1	소개	56
4.3.2	CE 준수	56
4.4	효율	57
4.5	청각적 소음	57
4.6	dU/dt 조건	57
4.7	특수 조건	58
4.7.1	수동 용량 감소	58
4.7.2	자동 용량 감소	59
5	RS485 설치 및 셋업	60
5.1	소개	60
5.1.1	개요	60

5.1.2 네트워크 연결	61
5.1.3 하드웨어 셋업	61
5.1.4 Modbus 통신을 위한 파라미터 설정	61
5.1.5 EMC 주의사항	61
5.2 FC 프로토콜	61
5.3 네트워크 구성	62
5.4 FC 프로토콜 메시지 프레임 구조	62
5.4.1 문자 용량(바이트)	62
5.4.2 텔레그램 구조	62
5.4.3 텔레그램 길이(LGE)	62
5.4.4 주파수 변환기 주소(ADR)	63
5.4.5 데이터 제어 바이트(BCC)	63
5.4.6 데이터 필드	63
5.4.7 PKE 필드	63
5.4.8 파라미터 번호(PNU)	64
5.4.9 색인(IND)	64
5.4.10 파라미터 값(PWE)	64
5.4.11 주파수 변환기가 지원하는 데이터 유형	64
5.4.12 변환	64
5.4.13 프로세스 워드(PCD)	65
5.5 예시	65
5.6 Modbus RTU	66
5.6.1 필수 지식	66
5.6.2 개요	66
5.6.3 Modbus RTU가 있는 주파수 변환기	66
5.7 네트워크 구성	66
5.8 Modbus RTU 메시지 프레임 구조	66
5.8.1 소개	66
5.8.2 Modbus RTU 메시지 구조	67
5.8.3 시작/정지 필드	67
5.8.4 주소 필드	67
5.8.5 기능 필드	67
5.8.6 데이터 필드	67
5.8.7 CRC 검사 필드	68
5.8.8 코일 레지스터 주소 지정	68
5.8.9 주파수 변환기 제어 방법	70
5.8.10 Modbus RTU에서 지원하는 기능 코드	70
5.8.11 Modbus 예외 코드	70
5.9 파라미터 액세스 방법	70
5.9.1 파라미터 처리	70

5.9.2 데이터 보관	71
5.10 예시	71
5.10.1 코일 상태 읽기(01 hex)	71
5.10.2 단일 코일 강제/쓰기(05 hex)	71
5.10.3 다중 코일 강제/쓰기(0F hex)	72
5.10.4 고정 레지스터 읽기(03 hex)	72
5.10.5 프리셋 단일 레지스터(06 hex)	73
5.10.6 다중 레지스터 프리셋(10 hex)	73
5.11 댄포스 FC 제어 프로파일	74
5.11.1 FC 프로파일에 따른 제어 워드(8-10 프로토콜 = FC 프로파일)	74
5.11.2 FC 프로파일에 따른 상태 워드(STW) (8-30 Protocol = FC 프로파일)	75
5.11.3 버스통신 속도 지령 값	77
6 적용 예	78
6.1 소개	78
6.1.1 엔코더 연결	80
6.1.2 엔코더 방향	81
6.1.3 폐회로 인버터 시스템	81
인덱스	82

1 소개

1.1 본 설계 지침서 이용 방법

이 설계 지침서에는 주파수 변환기의 선정, 작동 및 발주 방법에 관한 정보가 수록되어 있습니다. 기계적인 설치와 전기적인 설치에 관한 정보 또한 수록되어 있습니다.

설계 지침서는 공인 기사용입니다.

설계 지침서를 읽어 보고 이를 준수하여 주파수 변환기를 안전하면서도 전문적으로 사용하고 특히 안전 지침 및 일반 경고에 유의합니다.

VLT®는 등록 상표입니다.

- VLT® AutomationDrive FC 360 요약 지침서는 주파수 변환기의 준비 및 구동에 필요한 정보를 제공합니다.
- VLT® AutomationDrive FC 360 프로그래밍 지침서는 프로그래밍 방법에 관한 정보와 자세한 파라미터 설명을 제공합니다.

FC 360 기술 자료는 홈페이지에서도 확인할 수 있습니다. www.danfoss.com/fc360.

1.1.1 기호

본 문서에 사용된 기호는 다음과 같습니다.

⚠경고

사망 또는 중상으로 이어질 수 있는 잠재적으로 위험한 상황을 나타냅니다.

⚠주의

경상 또는 중등도 상해로 이어질 수 있는 잠재적으로 위험한 상황을 나타냅니다. 이는 또한 안전하지 않은 실제 상황을 알리는 데도 이용될 수 있습니다.

주의 사항

장비 또는 자산의 파손으로 이어질 수 있는 상황 등의 중요 정보를 나타냅니다.

1.1.2 약어

Alternating current(교류)	AC
American wire gauge(미국 전선 규격)	AWG
Ampere(암페어)/AMP	A
Automatic Motor Adaptation(자동 모터 최적화)	AMA
Current limit(전류 한계)	I _{LIM}
Degrees Celsius(섭씨도)	°C
Direct current(직류)	DC
Drive dependent(인버터 의존적)	D-TYPE
Electromagnetic Compatibility(전자기 호환성)	EMC
Electronic Thermal Relay(전자 썬열 릴레이)	ETR
Gram(그램)	g
Hertz(헤르츠)	Hz
Horsepower(마력)	hp
Kilohertz(킬로헤르츠)	kHz
Local Control Panel(현장 제어 패널)	LCP
Meter(미터)	m
Millihenry Inductance(밀리헨리 인덕턴스)	mH
Milliamperere(밀리암페어)	mA
Millisecond(밀리초)	ms
Minute(분)	min
Motion Control Tool(모션컨트롤 소프트웨어)	MCT
Nanofarad(나노패럿)	nF
Newton meter(뉴턴 미터)	Nm
Nominal motor current(모터 정격 전류)	I _{M,N}
Nominal motor frequency(모터 정격 주파수)	f _{M,N}
Nominal motor power(모터 정격 출력)	P _{M,N}
Nominal motor voltage(모터 정격 전압)	U _{M,N}
Permanent magnet motor(영구 자석 모터)	PM motor
Protective Extra Low Voltage(방호초저전압)	PELV
Printed Circuit Board(인쇄회로기판)	PCB
Rated Inverter Output Current(인버터 정격 출력 전류)	I _{INV}
Revolutions Per Minute(분당 회전수)	RPM
Regenerative terminals(재생 단자)	Regen
Second(초)	s
Synchronous Motor Speed(동기식 모터 속도)	n _s
Torque limit(토크 한계)	T _{LIM}
Volts(볼트)	V
Maximum output current(최대 출력 전류)	I _{VLT,MAX}
주파수 변환기에서 공급하는 정격 출력 전류입니다.	I _{VLT,N}

1.2 정의

1.2.1 Frequency Converter(주파수 변환기)

코스팅

모터 축이 코스팅(프리런) 상태입니다. 모터에 토크가 없습니다.

I_{VLT, MAX}

최대 출력 전류입니다.

I_{VLT, N}

주파수 변환기에서 공급하는 정격 출력 전류입니다.

U_{VLT, MAX}

최대 출력 전압입니다.

1.2.2 입력

제어 명령

LCP 및 디지털 입력으로 연결된 모터를 기동 및 정지합니다.

기능은 두 그룹으로 구분됩니다.

그룹 1의 기능은 그룹 2의 기능에 우선합니다.

그룹 1	리셋, 코스팅 정지, 리셋 및 코스팅 정지, 순간 정지, 직류 제동, 정지 및 [OFF].
그룹 2	기동, 펄스 기동, 역회전, 역회전 기동, 조그 및 출력 고정.

표 1.1 기능 그룹

1.2.3 모터

모터 구동 중

출력 축에서 생성된 토크와 모터의 0 RPM에서 최대 속도까지의 속도입니다.

f_{JOG}

디지털 단자를 통해 조그 기능이 활성화되었을 때의 모터 주파수입니다.

f_M

모터 주파수입니다.

f_{MAX}

최대 모터 주파수입니다.

f_{MIN}

최소 모터 주파수입니다.

f_{M, N}

모터 정격 주파수(모터 명판)입니다.

I_M

(실제) 모터 전류입니다.

I_{M, N}

모터 정격 전류(모터 명판)입니다.

n_{M, N}

모터 정격 회전수(모터 명판)입니다.

n_s

동기식 모터 속도

$$n_s = \frac{2 \times par. 1 - 23 \times 60 s}{par. 1 - 39}$$

n_{slip}

모터 미끄럼입니다.

P_{M, N}

모터 정격 출력(모터 명판, kW 또는 HP 단위)입니다.

T_{M, N}

모터 정격 토크입니다.

U_M

순간 모터 전압입니다.

U_{M, N}

모터 정격 전압(모터 명판)입니다.

비선형 토크

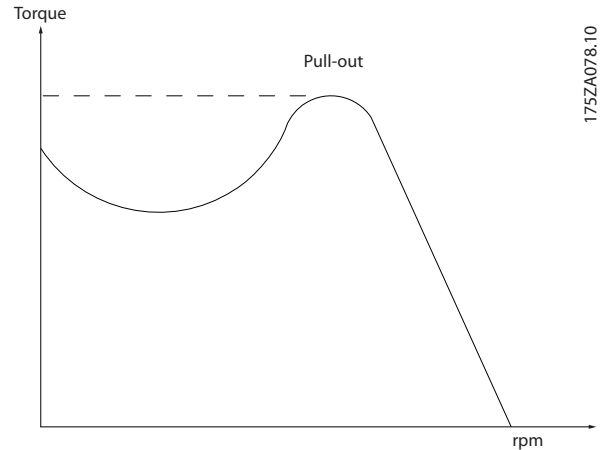


그림 1.1 비선형 토크

η_{VLT}

주파수 변환기 효율은 입력 전원 및 출력 전원 간의 비율로 정의됩니다.

기동 불가 명령

제어 명령 그룹 1에 속하는 정지 명령입니다. 자세한 내용은 장을 1.2.2 입력을 참조하십시오.

정지 명령

제어 명령 그룹 1에 속하는 정지 명령입니다. 자세한 내용은 장을 1.2.2 입력을 참조하십시오.

1.2.4 지령

아날로그 지령

아날로그 입력 단자 53 또는 54에 전달되는 신호이며 전압 또는 전류일 수 있습니다.

이진수 지령

직렬 통신 포트에 전달되는 신호입니다.

프리셋 지령

프리셋 지령은 -100%에서 +100% 사이의 지령 범위에서 설정할 수 있는 지령입니다. 디지털 단자를 통해 8개의 프리셋 지령을 선택할 수 있습니다.

펄스 지령

디지털 입력(단자 29 또는 33)에 전달된 펄스 주파수 신호입니다.

RefMAX

100% 전체 범위 값(일반적으로 10V, 20mA)에서의 지령 입력과 결과 지령 간의 관계를 결정합니다. 최대 지령 값은 3-03 최대 지령에서 설정됩니다.

RefMIN

0% 값(일반적으로 0V, 0mA, 4mA)에서의 지령 입력과 결과 지령 간의 관계를 결정합니다. 최소 지령 값은 3-02 최소 지령에서 설정됩니다.

1.2.5 기타

아날로그 입력

아날로그 입력은 주파수 변환기의 각종 기능을 제어하는데 사용됩니다. 아날로그 입력에는 다음과 같은 두 가지 형태가 있습니다.

- 전류 입력, 0-20mA 및 4-20mA
- 전압 입력, 0 ~ +10 V DC

아날로그 출력

아날로그 출력은 0-20mA 신호, 4-20mA 신호를 공급할 수 있습니다.

자동 모터 최적화, AMA

AMA 알고리즘은 정지 상태에서 연결된 모터의 전기적 인 파라미터를 결정합니다.

제동 저항

제동 저항은 재생 제동 시에 발생하는 제동 동력을 흡수하기 위한 모듈입니다. 재생 제동 동력은 매개 회로 전압을 증가시키고, 제동 초퍼는 이 때 발생한 동력을 제동 저항에 전달되도록 합니다.

CT 특성

컨베이어 벨트, 배수 펌프나 크레인 등에는 일정 토오크 특성이 사용됩니다.

디지털 입력

디지털 입력은 주파수 변환기의 각종 기능을 제어하는데 사용할 수 있습니다.

디지털 출력

주파수 변환기는 24V DC(최대 40mA) 신호를 공급할 수 있는 두 개의 고정 상태 출력을 가지고 있습니다.

DSP

Digital Signal Processor(디지털 신호 처리 장치)의 약자입니다.

ETR

Electronic Thermal Relay(전자 써멀 릴레이)의 약자이며 실제 부하 및 시간을 기준으로 한 써멀 부하 계산입니다. 모터 온도의 측정을 그 목적으로 합니다.

FC 표준 버스통신

FC 프로토콜이나 MC 프로토콜이 있는 RS485 버스통신이 여기에 해당합니다. 8-30 Protocol을(를) 참조하십시오.

초기화

초기화가 실행(14-22 Operation Mode)되면 주파수 변환기가 초기 설정으로 복원됩니다.

단속적 듀티 사이클

단속적 듀티 정격은 듀티 사이클의 시퀀스를 나타냅니다. 각각의 사이클은 부하 기간과 부하 이동 기간으로 구성되어 있습니다. 단속 부하로 운전하거나 정상 부하로 운전할 수 있습니다.

LCP

현장 제어 패널은 주파수 변환기를 제어하고 프로그래밍하기에 완벽한 인터페이스로 구성되어 있습니다. 제어 패널은 운전 중에도 분리가 가능하며 주파수 변환기로부터 최대 3미터 내에 설치(즉, 설치 키트 옵션으로 전면 패널에 설치)할 수 있습니다.

NLCP

주파수 변환기를 제어하고 프로그래밍하기 위한 숫자 방식의 현장 제어 패널 인터페이스입니다. 표시창은 숫자로 되어 있으며 패널은 공정 값을 표시하는 데 사용됩니다. NLCP에는 저장 및 복사 기능이 있습니다.

lsb

Least significant bit(최하위 비트)의 약자입니다.

msb

Most significant bit(최상위 비트)의 약자입니다.

MCM

미국의 케이블 단면적 측정 단위인 Mille Circular Mil의 약자입니다. 1 MCM = 0.5067 mm².

온라인/오프라인 파라미터

온라인 파라미터에 대한 변경 사항은 데이터 값이 변경되면 즉시 적용됩니다. [OK]를 눌러 오프라인 파라미터에 대한 변경 사항을 활성화합니다.

공정 PID

PID 제어부는 변화하는 부하에 따라 출력 주파수를 자동 조정하여 속도, 압력, 온도 등을 원하는 수준으로 유지합니다.

PCD

Process control data(공정 제어 데이터)의 약자입니다.

전원 사이클

표시창(LCP)이 꺼질 때까지 주전원을 차단한 다음 다시 전원을 켭니다.

역률

역률은 I₁과 I_{RMS}의 관계를 나타냅니다.

$$\text{역률} = \frac{\sqrt{3} \times U \times I_1 \times \cos\phi_1}{\sqrt{3} \times U \times I_{RMS}}$$

FC 360 주파수 변환기의 경우, $\cos\phi_1=1$, 따라서:

$$\text{역률} = \frac{I_1 \times \cos\phi_1}{I_{RMS}} = \frac{I_1}{I_{RMS}}$$

역률은 주파수 변환기가 주전원 공급에 가하는 부하의 크기입니다.

역률이 낮을수록 동일한 kW(출력)를 얻기 위해 I_{RMS}가 높아집니다.

$$I_{RMS} = \sqrt{I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 + \dots + I_n^2}$$

또한 역률이 높으면 다른 고조파 전류는 낮아집니다.

1

내장 DC 코일은 역률을 높이고 주전원 공급에 가해지는 부하를 최소화합니다.

펄스 입력/인크리멘탈 엔코더

모터 회전수에 대한 정보를 피드백하는 외부 디지털 펄스 전송 장치입니다. 엔코더는 정밀한 속도 제어가 요구되는 작업에 사용됩니다.

RCD

Residual current device(잔류 전류 장치)의 약자입니다.

셋업

2개의 셋업에 파라미터 설정을 저장할 수 있습니다. 2개의 파라미터 셋업을 서로 변경할 수 있으며 하나의 셋업이 활성화되어 있더라도 다른 셋업을 편집할 수 있습니다.

SFAVM

Stator Flux oriented Asynchronous Vector Modulation(고정자속 지향성 비동기식 벡터 변조) 스위칭 방식을 설명하는 약어입니다.

슬립 보상

주파수 변환기는 모터의 미끄럼 보상을 위해 모터의 회전수를 거의 일정하도록 하는 모터 부하를 측정하고 그에 따라 주파수를 보완하여 줍니다.

스마트 로직 컨트롤러(SLC)

SLC는 관련 사용자 정의 이벤트가 스마트 로직 컨트롤러에 의해 TRUE(참)로 연산될 때 실행되는 사용자 정의 동작 단계입니다. (파라미터 그룹 13-** *Smart Logic Control*(스마트 로직 컨트롤러)).

STW

상태 워드입니다.

THD

총 고조파 왜곡은 고조파 왜곡의 총 기여도를 나타냅니다.

써미스터

온도에 따라 작동되는 저항이며, 주파수 변환기 또는 모터의 온도를 감시하는데 사용됩니다.

트립

결함이 발생한 상태입니다. 예를 들어, 주파수 변환기가 과열되는 경우 또는 주파수 변환기가 모터, 공정 또는 기계장치의 작동을 방해하는 경우입니다. 결함의 원인이 사라져야 재기동할 수 있으며 리셋을 실행하거나 자동으로 리셋하도록 프로그래밍하여 트립 상태를 해제할 수 있습니다. 사용자의 안전을 위해 트립을 사용하지 마십시오.

트립 잠금

주파수 변환기의 출력 단자가 단락된 경우 등 주파수 변환기에 결함이 발생하여 사용자의 개입이 필요한 상태입니다. 주전원을 차단하고 결함의 원인을 제거한 다음 주파수 변환기를 다시 연결해야만 잠금 트립을 해제할 수 있습니다. 리셋을 실행하거나 자동으로 리셋하도록 프로그래밍하여 트립 상태를 해제해야만 재기동할 수 있습니다. 사용자의 안전을 위해 트립 잠금을 사용하지 마십시오.

VT 특성

펌프와 팬에 사용되는 가변 토오크 특성입니다.

VVC+

표준 V/f(전압/주파수) 비율 제어와 비교했을 때 전압 벡터 제어(VVC+)는 가변되는 속도 지령 및 토오크 부하에서 유동성과 안정성을 향상시킵니다.

60° AVM

스위칭 방식 *60° Asynchronous Vector Modulation*(60° 비동기식 벡터 변조)을 참조하십시오.

1.3 안전 주의사항



주전원이 연결되어 있는 경우 주파수 변환기의 전압은 항상 위험합니다. 모터, 주파수 변환기 또는 필드버스가 올바르게 설치되지 않으면 사망, 심각한 신체 상해 또는 장비 손상의 원인이 될 수 있습니다. 따라서, 이 설명서의 내용 뿐만 아니라 국내 또는 국제 안전 관련 규정을 반드시 준수해야 합니다.

안전 규정

1. 수리 작업을 수행하기 전에는 항상 주전원에 연결된 주전원 공급을 차단합니다. 모터와 주전원 공급을 분리하기 전에 주전원 공급이 차단되었는지 확인하고 표 1.2에 명시된 방전 시간을 관찰합니다.
2. LCP의 [Off/Reset]으로는 주전원 공급 장치를 차단할 수 없으며 안전 스위치로 사용해서는 안 됩니다.
3. 관련 국제 및 국내 규정에 의거, 장비를 올바르게 접지하고 공급 전압으로부터 사용자를 보호하며 과부하로부터 모터를 보호합니다.
4. 모터 과부하 보호 기능은 초기 설정에 포함되어 있지 않습니다. 이 기능을 원하는 경우에는 *1-90 Motor Thermal Protection*을 [4] ETR trip 1(ETR 트립 1) 또는 [3] ETR warning 1(ETR 경고 1)로 설정합니다.
5. 부하 공유(직류단 매개회로의 링크)가 있는 경우에 주파수 변환기에는 L1, L2, L3 이상의 전압 소스가 있습니다. 수리 작업을 수행하기 전에 모든 전압 소스가 차단되었는지 또한 충분히 시간이 경과했는지 확인합니다.

의도하지 않은 기동에 대한 경고

1. 주파수 변환기가 주전원에 연결되어 있는 동안에는 디지털 명령, 버스통신 명령, 지령 또는 현장 정지로 모터가 정지될 수 있습니다. 의도하지 않은 기동이 발생하지 않도록 하는 등 신체 안전(예를 들어, 의도하지 않은 기동 후 움직이는 부품 접촉에 의한 신체 상해 위험)을 많이 고려하는 경우에는 이와 같은 정지 기능은

로도 부족합니다. 이러한 경우, 주전원 공급을 차단합니다.

2. 파라미터를 설정하는 동안 모터가 기동할 수도 있습니다. 만일 이러한 상황이 신체 안전에 해가 될 수 있는 경우, 예를 들어, 모터 연결을 차단하여 모터 기동을 막아야 합니다.
3. 일시적인 과부하가 발생하거나 전원 공급장치 그리드에 결함이 발생하거나 모터 연결이 끊어져 주파수 변환기의 전자부품에 결함이 발생한 경우에는 정지된 모터가 기동할 수 있습니다. 신체 안전상의 이유로 의도하지 않은 기동을 막아야 하는 경우, 주파수 변환기의 정상 정지 기능만으로는 충분하지 않습니다. 이러한 경우, 주전원 공급을 차단합니다.
4. 드물기는 하지만 주파수 변환기에서의 제어 신호 또는 내부의 제어 신호가 잘못 활성화되거나 지연되거나 전체적으로 결함이 발생할 수 있습니다. 안전이 최우선인 상황에서 사용되는 경우(예를 들어, 호이스트 어플리케이션의 전자기식 제동 기능을 제어하는 경우), 이러한 제어 신호에 전적으로 의존하지 마십시오.

경고

고전압

주전원으로부터 장치를 차단한 후에도 절대로 전자부품을 만지지 마십시오. 치명적일 수 있습니다.

부하 공유(직류단) 뿐만 아니라 역학적 백업용 모터 연결부 등 모든 전압 입력이 차단되었는지 점검해야 합니다.

주파수 변환기가 설치된 시스템에는 필요한 경우 유효한 안전 규정(예를 들어, 기계 공구 관련 법규, 사고 예방 관련 규정 등)에 따라 감시 및 보호 장치를 추가로 장착해야 합니다. 운전 소프트웨어를 통한 주파수 변환기의 개조는 허용됩니다.

주의 사항

필요한 예방 수단을 고려할 책임이 있는 기계 제조업체/설치업체에 의해 위험한 상황이 파악되어야 합니다. 추가적인 감시 및 보호 장치가 포함될 수 있으며 이러한 장치를 추가할 때는 반드시 유효한 안전 규정(예를 들어, 기계 공구 관련 법규, 사고 예방 관련 규정)에 따라 장착해야 합니다.

경고

방전 시간

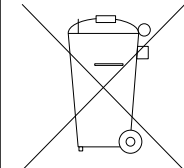
주파수 변환기에는 주파수 변환기에 전원이 인가되지 않더라도 충전을 지속할 수 있는 직류단 커패시터가 포함되어 있습니다. 전원을 분리한 후 서비스 또는 수리를 진행하기 전까지 지정된 시간 동안 기다리지 않으면 사망 또는 중상으로 이어질 수 있습니다.

1. 모터를 정지합니다.
2. 교류 주전원, 영구 자석 모터 및 원격 직류단 전원 공급장치(배터리 백업장치, UPS 및 다른 주파수 변환기에 연결된 직류단 연결장치 포함)를 차단합니다.
3. 서비스 또는 수리 작업을 수행하기 전에 커패시터가 완전히 방전될 때까지 기다립니다. 대기 시간은 표 1.2에 명시되어 있습니다.

전압[V]	최소 대기 시간(분)	
	4	15
380-480	0.37-7.5 kW	11-75 kW
경고 LED가 꺼져 있더라도 고전압이 있을 수 있습니다.		

표 1.2 방전 시간

1.4 폐기물 처리 지침



전기 부품이 포함된 장비를 일반 생활 폐기물과 함께 처리해서는 안됩니다. 해당 지역 법규 및 최신 법규에 따라 전기 및 전자장비 폐기물과 함께 분리 수거해야 합니다.

1.5 문서 및 소프트웨어 버전

본 설명서는 정기적으로 검토 및 업데이트됩니다. 개선 관련 제안은 언제든지 환영합니다.

버전	비고	소프트웨어 버전
MG06B4xx	MG06B3xx에서 변경	1.4x

1.6 승인 및 인증

주파수 변환기는 이 절에 설명된 규정을 준수하도록 설계되어 있습니다.

승인 및 인증서에 관한 자세한 정보를 확인하려면 다음 웹사이트의 다운로드 영역으로 이동합니다.

www.danfoss.com/fc360.

1.6.1 CE 마크

CE 마크(Communauté européenne)는 해당 제품 제조업체가 모든 관련 EU 규정을 준수함을 의미합니다. 주파수 변환기의 설계 및 제조에 해당하는 EU 규정은 저

전압 규정, EMC 규정 및 (안전 기능이 통합된 유닛을 위한) 기계류 규정입니다.

CE 마크는 ECU 내 EC 국가들과 EFTA 국가들 간의 자유 무역 기술 장벽을 제거하기 위한 용도입니다. CE 마크는 제품의 품질을 규제하지 않습니다. CE 마크에서 기술 사양을 추론해 낼 수는 없습니다.

1.6.2 저전압 규정

주파수 변환기는 전자 구성품으로 분류되며 저전압 규정에 따라 CE 라벨을 획득해야 합니다. 이 규정은 50–1000 V AC 및 75–1600 V DC 전압 범위의 모든 전기 장비에 적용됩니다.

이 규정은 장비 설계 시 장비가 올바르게 설치, 유지보수 및 용도에 맞게 사용되어 인간과 가축의 안전과 건강 및 재료의 보존을 보장하도록 규정하고 있습니다. 덴포스 CE 라벨은 저전압 규정을 준수하며 덴포스는 요청 시 적합성 선언을 제공합니다.

1.6.3 EMC 규정

전자기 호환성(EMC)은 장비 간의 전자기적 간섭이 해당 장비의 성능을 저해하지 않음을 의미합니다. EMC 규정 2004/108/EC의 기본 보호 요구사항에 따르면 전자기 간섭(EMI)을 유발하거나 EMI에 의해 그 작동이 영향을 받을 수 있는 장치는 전자기 간섭의 유발을 제한하도록 설계되어야 하며 올바르게 설치, 유지보수 및 용도에 맞게 사용할 경우 적절한 EMI 방지 수준을 갖춰야 합니다.

주파수 변환기는 독립형 장치로 사용할 수도 있고 보다 복잡한 설비의 일부로 사용할 수도 있습니다. 2가지 경우의 장치 모두 CE 마크를 고려해야 합니다. 시스템이 반드시 CE 마크를 획득할 필요는 없지만 EMC 규정의 기본 보호 요구사항은 반드시 준수해야 합니다.

2 제품 개요

2.1 외함 용량 개요

외함 용량은 출력 범위에 따라 다릅니다.

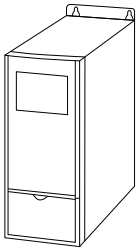
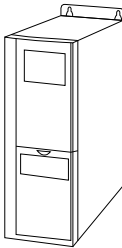
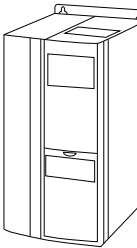
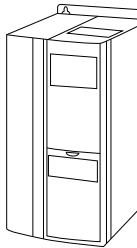
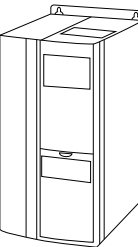
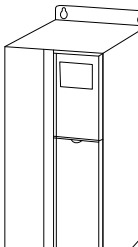
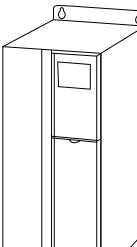
외함 용량	J1	J2	J3	J4
	 130BA870.10	 130BA809.10	 130BA810.10	 130BA810.10
외함 보호	IP20	IP20	IP20	IP20
높은 과부하 정격 출력 - 최대 160% 과부하 ¹⁾	0.37-2.2 kW (380-480 V)	3.0-5.5 kW (380-480 V)	7.5 kW (380-480 V)	11-15 kW (380-480 V)
외함 용량	J5	J6	J7	
	 130BA810.10	 130BA826.10	 130BA826.10	
외함 보호	IP20	IP20	IP20	
높은 과부하 정격 출력 - 최대 160% 과부하 ¹⁾	18.5-22 kW (380-480 V)	30-45 kW (380-480 V)	55-75 kW (380-480 V)	

표 2.1 외함 용량

1) 용량 11-75 kW 정상 과부하 유형: 1분간 110% 과부하
 용량 0.37-7.5 kW 높은 과부하 유형: 1분간 160% 과부하
 용량 11-22 kW 높은 과부하 유형: 1분간 150% 과부하
 용량 30-75 kW 높은 과부하 유형: 1분간 150% 과부하

2.2 전기적인 설치

이 절에서는 주파수 변환기 배선 방법을 설명합니다.

2

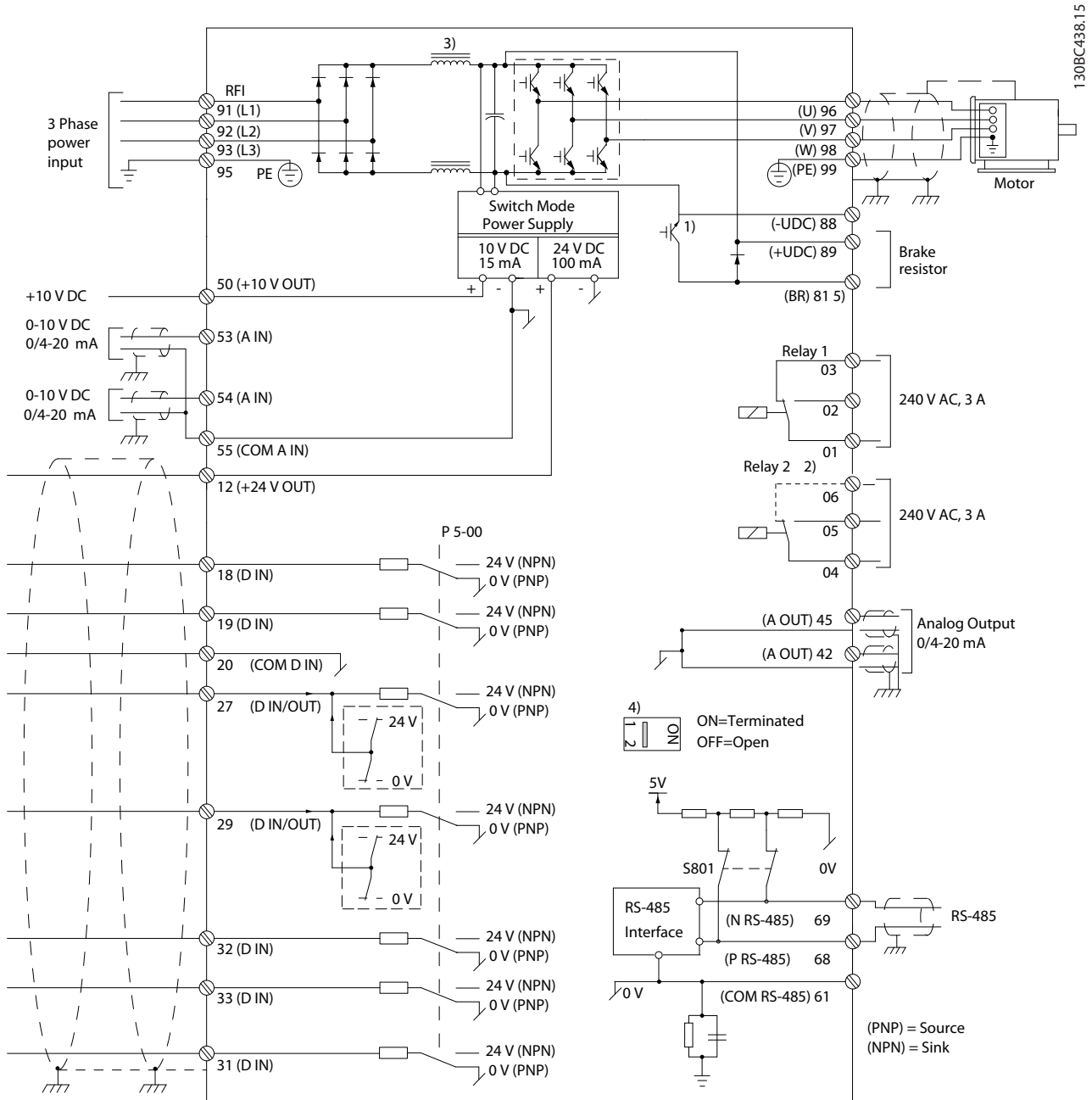
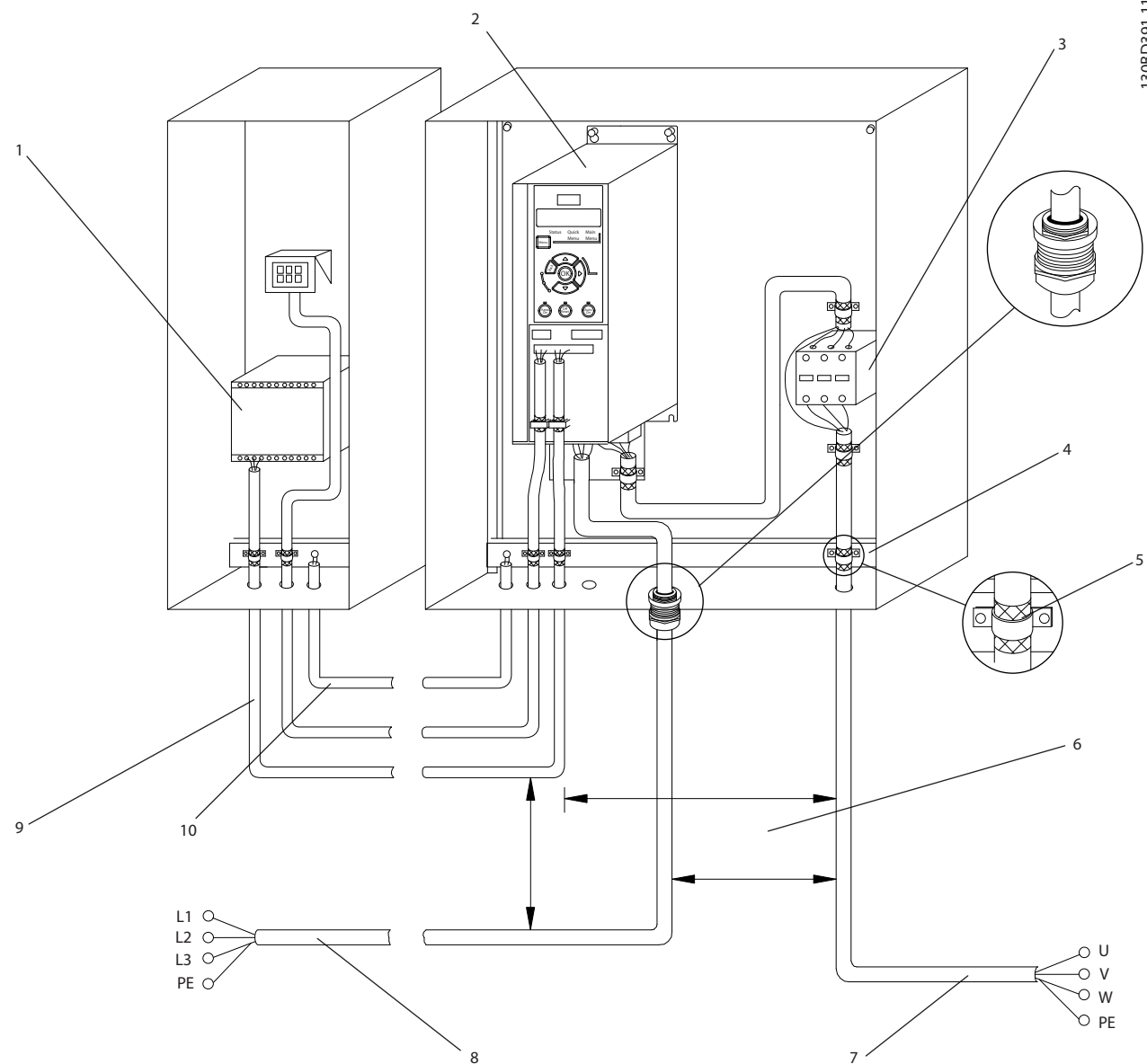


그림 2.1 기본 배선 약도

A=아날로그, D=디지털

- 1) 0.37-22 kW의 용량에 한해서 내장 제동 초퍼를 사용할 수 있습니다.
- 2) 릴레이 2는 J1-J3의 경우 2극이며 J4-J7의 경우 3극입니다. 단자 4, 5 및 6이 있는 J4-J7의 릴레이 2는 NO/NC 논리가 릴레이 1과 동일합니다. 릴레이는 J1-J5의 경우 플러그형이며 J6-J7의 경우 고정형입니다.
- 3) 0.37-22 kW 기준 단일 DC 리액터(J1-J5), 30-75 kW 기준 듀얼 DC 리액터(J6-J7).
- 4) S801 스위치(버스 중단 스위치)는 RS485 포트(단자 68 및 69)를 중단하는데 사용할 수 있습니다.
- 5) 30-75 kW의 경우 제동 초퍼가 없습니다(J6-J7).



1	PLC	6	제어 케이블, 모터 및 주전원 케이블 간 최소 200 mm (7.9 인치)
2	주파수 변환기	7	모터, 3상 및 PE
3	출력 콘택터(일반적으로 권장되지 않음)	8	주전원, 3상 및 보강 PE
4	접지 레일 (PE)	9	제어 배선
5	케이블 차폐 (피복 벗김)	10	최소 16 mm ² (6 AWG)을 사용하여 등전위 접지

그림 2.2 일반적인 전기 연결

2.2.1 일반 요구사항

▲경고

장비 위험!

회전축 및 전기 장비는 위험할 수 있습니다. 유닛에 전원을 공급할 때는 전기적인 위험이 노출되지 않도록 보호하는 것이 중요합니다. 모든 전기 작업은 국제 및 국내 전기 규정을 준수해야 하며 설치, 기동 및 유지보수는 반드시 교육을 받은 공인 기사가 수행해야 합니다. 이러한 지침을 준수하지 못하면 사망 또는 중상으로 이어질 수 있습니다.

▲주의

배선 절연!

고주파 노이즈 절연을 위해 3개의 별도 금속 도관을 배치하거나 별도의 차폐 케이블을 사용하여 입력 전원, 모터 배선 및 제어부 배선을 분리합니다. 전원, 모터 및 제어부 배선을 적절히 분리하지 못하면 주파수 변환기 및 관련 장비가 최적의 성능을 발휘하지 못할 수 있습니다.

여러 대의 주파수 변환기에 있는 모터 케이블을 각각 따로 배치합니다. 나란히 배열된 출력 모터 케이블의 유도 전압은 장비가 꺼져 있거나 잠겨 있어도 커패시터를 충전할 수 있습니다.

- 주파수 변환기 내에서 전자적으로 활성화된 기능은 모터에 과부하 보호 기능을 제공합니다. 과부하 기능은 클래스 20 모터 보호 기능을 제공합니다.

와이어 유형 및 등급

- 모든 배선은 단면적 및 주위 온도 요구사항과 관련하여 국내 및 국제 규정을 준수해야 합니다.
- 덴포스는 모든 전원 연결부를 최소 75°C 정격의 구리 와이어로 할 것을 권장합니다.
- 권장 와이어 용량은 *장을 4 사양*을 참조하십시오.

2.2.2 접지 요구사항

▲경고

접지 위험!

사용자의 안전을 위해 공인 전기 설치업자가 이 문서에 수록된 지침 뿐만 아니라 국제 및 국내 전기 규정을 준수하여 주파수 변환기를 올바르게 접지해야 합니다. 접지 전류는 3.5mA보다 높습니다. 주파수 변환기를 올바르게 접지하지 못하면 사망 또는 중상으로 이어질 수 있습니다.

- 3.5mA 이상의 접지 전류에 대응할 수 있도록 장비를 올바르게 보호 접지해야 합니다. 자세

한 내용은 *장을 2.8 접지 누설 전류*를 참조하십시오.

- 입력 전원, 모터 전원 및 제어부 배선에는 각각 다른 접지 와이어가 필요합니다.
- 올바른 접지 연결을 위해 장비와 함께 제공된 클램프를 사용합니다.
- 하나의 주파수 변환기를 다른 주파수 변환기에 "데이지 체인(연쇄)" 방식으로 접지하지 마십시오(그림 2.3 참조).
- 접지 와이어를 가능한 짧게 연결합니다.
- 고-스트랜드 와이어를 사용하여 전기 노이즈를 줄입니다.
- 모터 제조업체 배선 요구사항을 준수합니다.

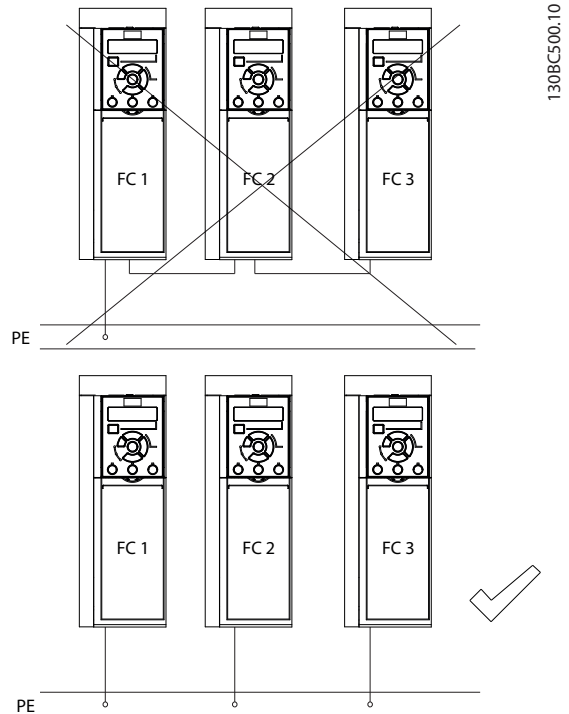


그림 2.3 접지 원칙

2.2.3 주전원, 모터 및 접지 연결

▲경고

유도 전압!

여러 대의 주파수 변환기에 있는 출력 모터 케이블을 각각 배치합니다. 나란히 배열된 출력 모터 케이블의 유도 전압은 장비가 꺼져 있거나 잠겨 있어도 커패시터를 충전할 수 있습니다. 출력 모터 케이블을 적절히 분리하지 못할 경우 사망 또는 중상으로 이어질 수 있습니다.

모터 배선을 위해 접지 클램프가 제공됩니다(그림 2.4 참조).

- 주파수 변환기와 모터 사이에 역률 보정 커패시터를 설치하지 마십시오.
- 주파수 변환기와 모터 사이에 기동 또는 극 전환 장치를 배선하지 마십시오.
- 모터 제조업체 배선 요구사항을 준수합니다.
- 모든 주파수 변환기는 1상 접지 전원 뿐만 아니라 비접지 입력 전원에서도 사용할 수 있습니다. 절연된 주전원 소스(IT 주전원, 또는 비접지 델타) 또는 접지된 레그가 있는 TT/TN-S 주전원(접지형 델타)에서 전원이 공급되는 경우, 14-50 RFI 필터를 OFF(꺼짐)로 설정(외함 용량 J6-J7)하거나 RFI 나사를 제거(외함 용량 J1-J5)합니다. 꺼짐(OFF) 상태에서 중간 회로의 손상을 방지하고 IEC 61800-3에 따라 접지 용량형 전류를 줄이기 위해 채시와 중간 회로 간의 내부 RFI 필터 커패시터가 차단됩니다.
- 주파수 변환기와 IT 주전원의 모터 사이에 스위치를 설치하지 마십시오.

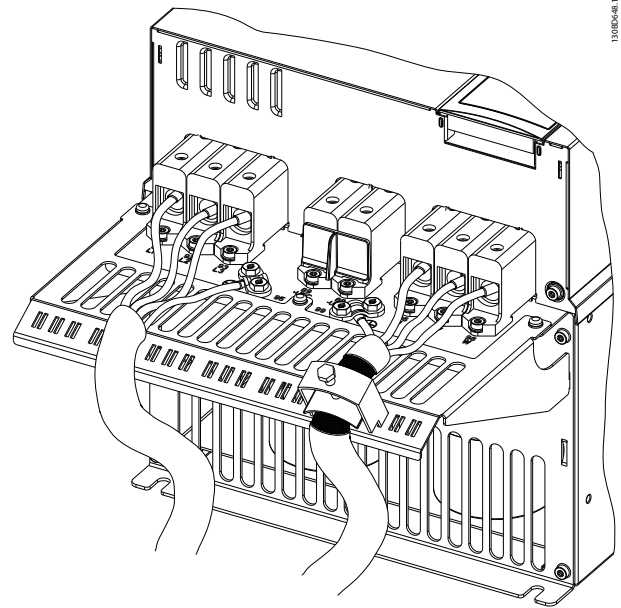


그림 2.5 외함 용량 J7의 주전원, 모터 및 접지 연결

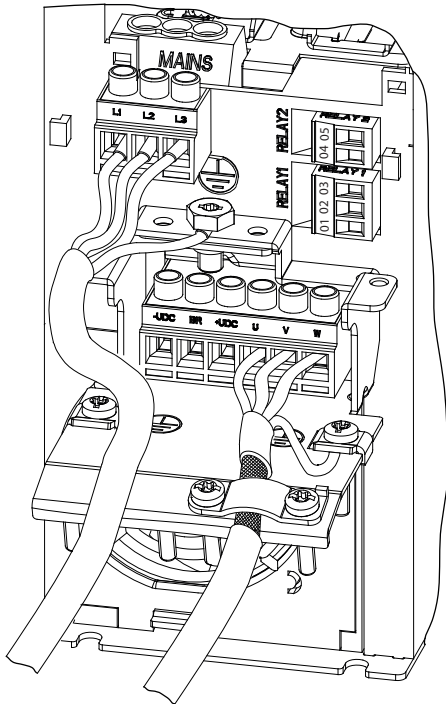


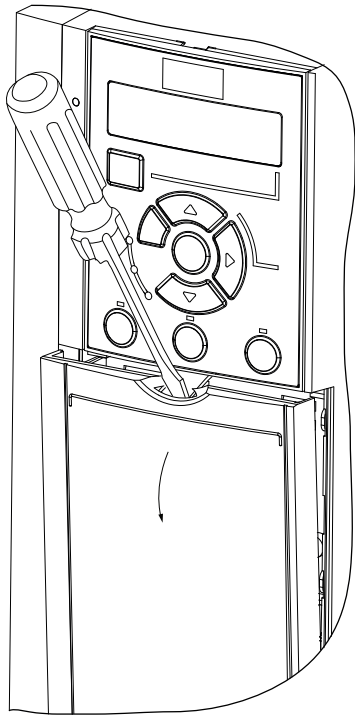
그림 2.4 외함 용량 J1-J5의 주전원, 모터 및 접지 연결

그림 2.4는 외함 용량 J1-J5의 주전원 입력, 모터 및 접지를 표시합니다. 그림 2.5는 외함 용량 J7의 주전원 입력, 모터 및 접지를 표시합니다. 실제 구성은 유닛 유형 및 옵션 장비에 따라 다릅니다.

2.2.4 제어부 배선

연결

- 스크류드라이버로 덮개 플레이트를 분리합니다. 그림 2.6을(를) 참조하십시오.

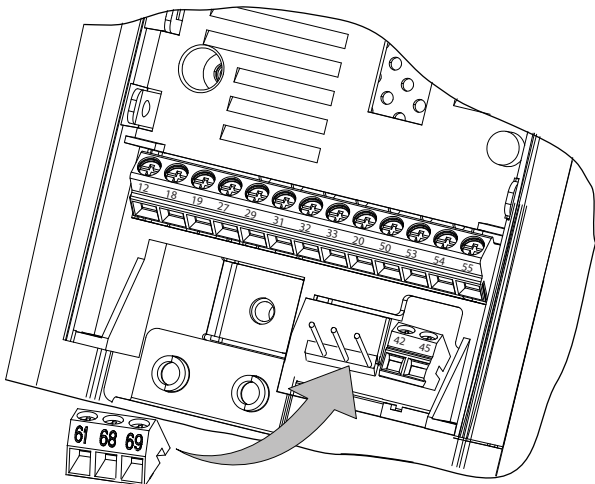


1308C504.10

그림 2.6 외함 유형 J1-J7의 제어부 배선 접근

제어 단자 유형

그림 2.7는 주파수 변환기 제어 단자를 나타냅니다. 단자 기능 및 초기 설정은 표 2.2에 요약되어 있습니다.



1308C505.12

그림 2.7 제어 단자 위치

단자 등급 세부 내용은 장을 4.2 일반사양을 참조하십시오.

단자	파라미터	초기 설정	설명
디지털 I/O, 펄스 I/O, 엔코더			
12	-	+24 V DC	24V DC 공급 전압. 최대 출력 전류는 모든 24V 부하에 대해 100mA입니다.
18	5-10 Terminal 18 Digital Input	[8] Start(기동)	디지털 입력.
19	5-11 Terminal 19 Digital Input	[10] Reversing(역회전)	
31	5-16 Terminal 31 Digital Input	[0] No operation(운전 안함)	디지털 입력
32	5-14 Terminal 32 Digital Input	[0] No operation(운전 안함)	디지털 입력, 24 V 엔코더. 단자 33은 펄스 입력에 사용할 수 있습니다.
33	5-15 Terminal 33 Digital Input	[0] No operation(운전 안함)	
27	5-12 Terminal 27 Digital Input 5-30 Terminal 27 Digital Output	DI [2] Coast inverse(코스팅 인버스) DO [0] No operation(운전 안함)	디지털 입력, 디지털 출력 또는 펄스 출력에 대해 선택할 수 있습니다. 초기 설정은 디지털 입력입니다.
29	5-13 Terminal 29 Digital Input 5-31 Terminal 29 Digital Output	DI [14] Jog(조그) DO [0] No operation(운전 안함)	단자 29는 펄스 입력에 사용할 수 있습니다.
20	-	-	디지털 입력용 공통 및 24V 공급에 대한 0V.
아날로그 입력/출력			
42	6-91 Terminal 42 Analog Output	[0] No operation(운전 안함)	프로그래밍 가능한 아날로그 출력. 아날로그 신호는 최대 500 Ω에서 0-20mA 또는 4-20mA입니다. 또한 디지털 출력으로도 구성할 수 있습니다.
45	6-71 Terminal 45 Analog Output	[0] No operation(운전 안함)	
50	-	+10 V DC	10V DC 아날로그 공급 전압. 최대 15mA가 가변 저항기 또는 써미스터에 공통으로 사용됩니다.

단자	파라미터	초기 설정	설명
53	6-1* 파라미터 그룹	Reference(지령)	아날로그 입력. 전압 또는 전류에 대해 선택할 수 있습니다.
54	6-2* 파라미터 그룹	Feedback(피드백)	
55	-		
직렬 통신			
61	-		케이블 차폐선을 위한 통합형 RC 필터. EMC 문제가 있을 때 차폐선을 연결하는 용도도만 사용.
68 (+)	8-3* 파라미터 그룹		RS485 인터페이스. 중단 처리할 수 있도록 제어 카드에 스위치가 제공됩니다.
69 (-)	8-3* 파라미터 그룹		
Relays(릴레이)			
01, 02, 03	5-40 [0]	[0] No operation(운전 안함)	C형 릴레이 출력. 이러한 릴레이는 주파수 변환기 구성 및 용량에 따라 다양한 위치에 배치됩니다. 교류 또는 직류 전압, 저항 부하 또는 유도 부하에 사용할 수 있습니다.
04, 05, 06	5-40 [1]	[0] No operation(운전 안함)	J1-J3 외함의 RO2는 2극이며 단자 04와 05만 사용할 수 있습니다.

표 2.2 단자 설명

제어 단자 기능

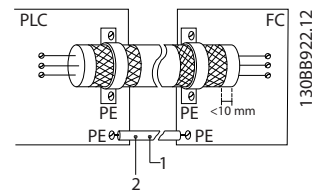
제어 입력 신호를 수신함으로써 주파수 변환기 기능이 명령됩니다.

- 각 단자를 해당 단자와 관련된 파라미터에서 지원하는 기능에 맞게 프로그래밍합니다.
- 제어 단자가 올바른 기능에 맞게 프로그래밍되어 있는지 확인합니다. 파라미터 접근 및 프로그래밍에 관한 자세한 내용은 요약 지침서의 *현장 제어 패널 및 프로그래밍 장을* 참조하십시오.
- 초기 단자 프로그래밍은 일반적인 운전 모드에서 주파수 변환기의 기능을 사용할 수 있게 합니다.

차폐 제어 케이블 사용

대부분의 경우, 선호하는 방법은 제공된 차폐 클램프로 제어 및 직렬 통신 케이블의 양쪽 끝을 고정하여 최적의 높은 주파수 대역의 케이블 연결이 되도록 하는 것입니다.

주파수 변환기와 PLC 간의 접지 전위가 다를 경우에는 전기적 노이즈가 발생하여 전체 시스템에 문제가 발생할 수 있습니다. 이럴 경우 등전위 케이블을 제어 케이블에 최대한 가깝게 연결하여 이 문제를 해결합니다. 이때, 등전위 케이블의 최소 단면적은 16 mm² (6 AWG) 입니다.



1	최소 16 mm ² (6 AWG)
2	등전위 케이블

그림 2.8 양쪽 끝의 차폐 클램프

50/60Hz 그라운드 루프

매우 긴 제어 케이블을 사용하면 그라운드 루프가 발생할 수 있습니다. 그라운드 루프를 없애려면 차폐-접지선의 한쪽 끝과 100 nF 커패시터를 연결합니다. 이 때, 리드선을 가능한 짧게 합니다.

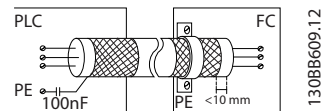
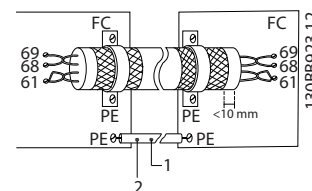


그림 2.9 100 nF 커패시터 연결

직렬 통신에 EMC 노이즈가 생기지 않게 하는 방법

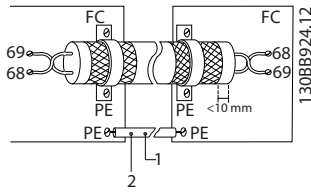
이 단자는 내부 RC 링크를 통해 접지에 연결됩니다. 트위스트 페어 케이블을 사용하여 도체 간의 간섭을 줄입니다. 권장 방법은 그림 2.10에서 보는 바와 같습니다.



1	최소 16 mm ² (6 AWG)
2	등전위 케이블

그림 2.10 트위스트 페어 케이블

혹은 단자 61 연결을 생략할 수 있습니다.



1	최소 16 mm ² (6 AWG)
2	등전위 케이블

그림 2.11 단자 61 연결 없는 트위스트 페어 케이블

2.3 제어 구조

2.3.1 제어 방식

주파수 변환기는 주전원으로부터의 교류 전압을 정류하여 직류 전압으로 변환한 다음 이 직류 전압을 가변 진폭과 주파수를 가진 교류 전류로 변환시킵니다.

이로 인해 모터 측에 가변 전압/전류와 가변 주파수를 공급할 수 있어 3상 표준형 교류 모터와 PM 동기식 모터의 가변 속도를 제어할 수 있습니다.

2.3.2 제어 모드

주파수 변환기는 모터 축의 속도 또는 토크를 제어할 수 있습니다. *1-00 Configuration Mode*을 설정하여 제어 형태를 결정합니다.

속도 제어

속도 제어는 다음과 같은 두 가지 형태로 이루어집니다.

- 개회로 속도 제어는 모터로부터의 피드백이 필요 없습니다(센서리스).
- 속도 폐회로 PID 제어는 입력으로의 속도 피드백이 필요합니다. 최적화된 폐회로 속도 제어를 사용하면 개회로 속도 제어를 사용할 때에 비해 정밀도가 높아집니다.

*7-00 Speed PID Feedback Source*에서 속도 PID 피드백으로 사용할 입력을 선택합니다.

토크 제어

토크 제어 기능은 모터 출력 축의 토크가 인장 제어로서 어플리케이션을 제어하고 있는 어플리케이션에 사용됩니다. 토크 제어는 *1-00 Configuration Mode*에서 선택할 수 있습니다. 아날로그, 디지털 또는 버스 통신 제어 지령을 설정하면 토크가 설정됩니다. 토크 제어를 구동할 때는 최적 성능을 위해 올바른 모터 데이터가 중요하므로 완전 AMA 절차를 실행할 것을 권장합니다.

- VVC+ 모드의 폐회로. 이 기능은 축의 다이내믹 변동성이 낮은 수준에서 중간 수준인 어플리케이션에 사용되며 모든 4 사분면 및 모든

모터 회전수에서 탁월한 성능을 제공합니다.

속도 피드백 신호는 필수 조건입니다.

MCB102 옵션 카드의 사용을 권장합니다. 속도 피드백 신호의 정밀도가 중요하므로 엔코더 분해능이 최소 1024 PPR인지 또한 엔코더의 차폐 케이블이 올바르게 접지되었는지 확인합니다. 최상의 속도 피드백 신호를 위해 *7-06 Speed PID Lowpass Filter Time*를 미세 조정합니다.

- VVC+ 모드의 개회로. 이 기능은 기계적으로 견고한 어플리케이션에 사용되지만 그 정밀도는 제한적입니다. 개회로 토크 기능은 두 방향으로 작동합니다. 토크는 주파수 변환기의 내부 전류 측정을 기준으로 계산됩니다.

속도/토크 지령

이 제어에 대한 지령은 단일 지령이거나 비교적 범위가 설정된 지령 등 여러 지령의 합일 수 있습니다. 지령의 처리에 대해서는 [장을 2.4 지령 처리](#)에 자세히 설명되어 있습니다.

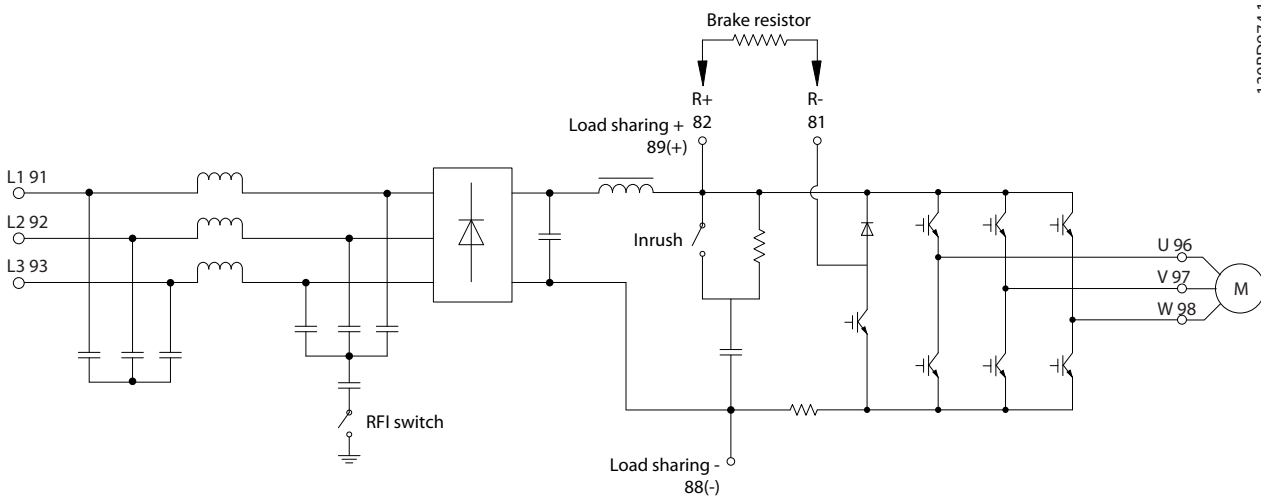
2.3.3 FC 360 제어 방식

FC 360은 가변 속도 제어에 일반적으로 사용되는 주파수 변환기입니다. 제어 방식은 전압 벡터 제어 모드(VVC+)를 기준으로 결정됩니다.

0.37-22 kW

FC 360 0.37-22 kW 주파수 변환기는 비동기식 모터와 최대 22 kW의 영구자석형 동기식 모터를 취급할 수 있습니다.

FC 360 0.37-22 kW 주파수 변환기의 전류 감지 방식은 직류단 저항의 전류 측정을 기준으로 합니다. 접지 결함 보호 및 단락 동작은 동일한 저항에서 취급합니다.



130BD9/4.10

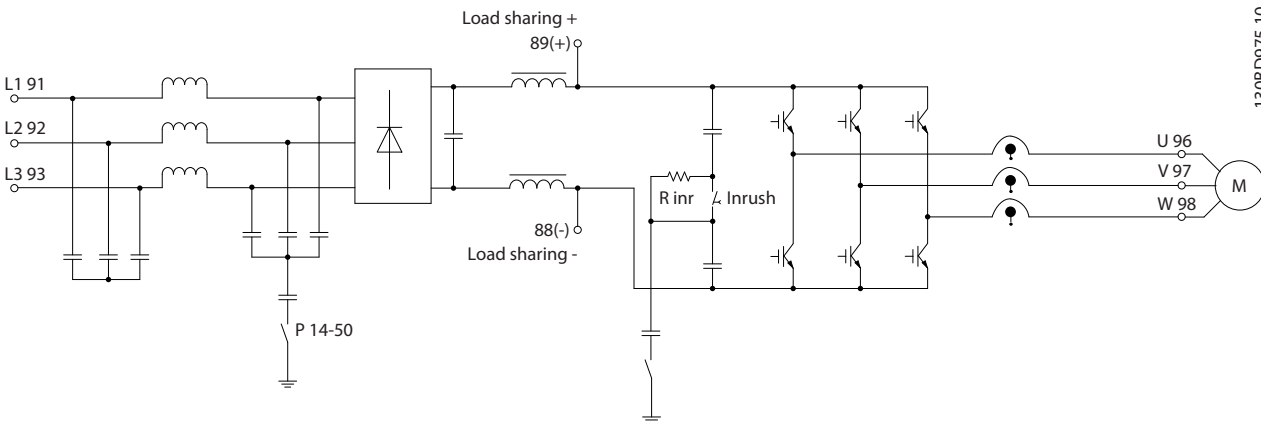
그림 2.12 FC 360 0.37-22 kW의 제어 다이어그램

30-75 kW

FC 360 30-75 kW 주파수 변환기는 비동기식 모터만 취급할 수 있습니다.

FC 360 30-75 kW 주파수 변환기의 전류 감지 방식은 모터 위상의 전류 측정을 기준으로 합니다.

FC 360 30-75 kW 주파수 변환기의 접지 결함 보호 및 단락 동작은 모터 위상의 전류 변환기 3개에서 취급합니다.



130BD9/75.10

그림 2.13 FC 360 30-75 kW의 제어 다이어그램

2.3.4 VVC+의 제어 구조

2

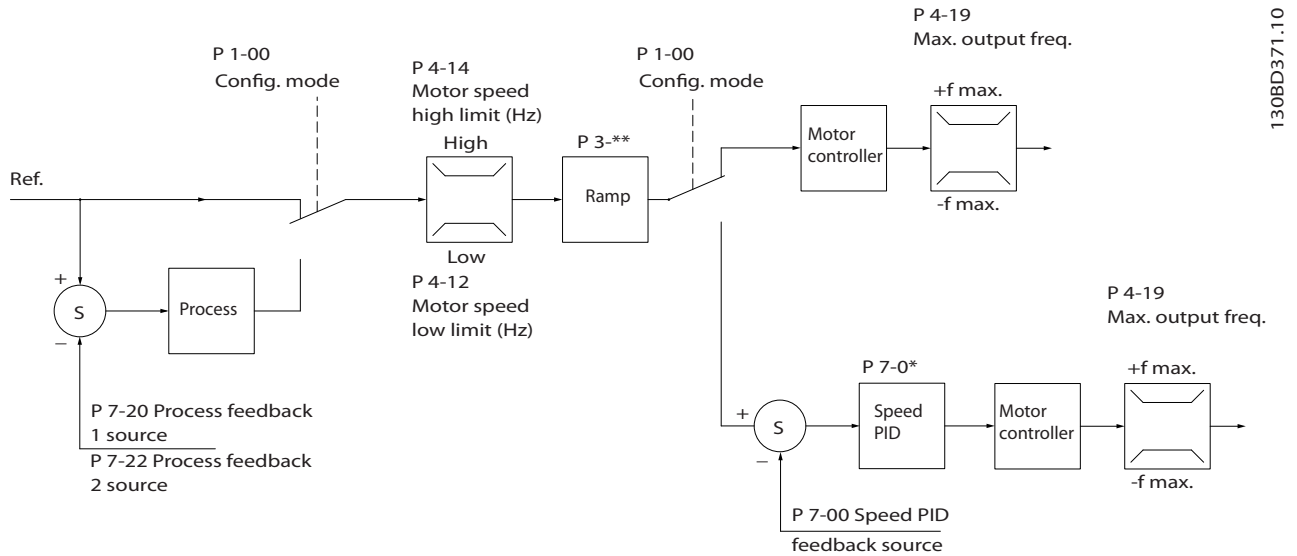


그림 2.14 VVC+ 개회로 및 폐회로 구성의 제어 구조

그림 2.14에서와 같은 구성에서 1-01 Motor Control Principle은 [1] VVC+로 설정되어 있으며 1-00 Configuration Mode은 [0] Speed open loop(속도 개회로)로 설정되어 있습니다. 모터 제어기로 전달되기 전에 가감속 한계 및 속도 한계를 통해 지령 처리 시스템에서 결과 지령이 수신되고 보내집니다. 그러면 모터 제어기의 출력이 최대 주파수 한계로 제한됩니다.

1-00 Configuration Mode가 [1] Speed closed loop(속도 폐회로)로 설정되면 결과 지령이 가감속 한계와 속도 한계를 통해 속도 PID 제어기로 전달됩니다. 속도 PID 제어 파라미터는 파라미터 그룹 7-0* Speed PID Ctrl(속도 PID 제어)에 있습니다. 속도 PID 제어기에서의 결과 지령은 최대 주파수 한계에 의해 제한된 모터 제어로 전달됩니다.

제어가 요구되는 어플리케이션에서의 속도 또는 압력 폐회로 제어에 공정 PID 제어를 사용하려면 1-00 Configuration Mode에서 [3] Process(공정)를 선택합니다. 공정 PID 파라미터는 파라미터 그룹 7-2* Process Ctrl. Feedb(공정 제어 피드백) 및 7-3* Process PID Ctrl.(공정 PID 제어)에 있습니다.

2.3.5 VVC+ 모드에서의 내부 전류 제어

주파수 변환기에는 모터 전류와 토크가 4-16 Torque Limit Motor Mode, 4-17 Torque Limit Generator Mode 및 4-18 Current Limit에서 설정한 토크 한계보다 높을 때 작동하는 통합 전류 한계 제어 기능이 있습니다. 모터 운전 또는 재생 운전 시 주파수 변환기가 전류 한계에 도달했을 때, 주파수 변환기는 모터 제어의 손실 없이 가능한 한 빨리 프리셋 토크 한계 아래로 낮추려고 합니다.

2.3.6 현장(Hand On) 및 원격(Auto On) 제어

주파수 변환기를 현장 제어 패널(LCP)을 통해 수동으로 작동하거나 아날로그/디지털 입력 또는 직렬 버스통신을 통해 원격으로 작동합니다.

LCP의 [Hand On] 및 [Off/Reset] 키를 눌러 주파수 변환기를 기동 및 정지합니다. 셋업 필요 사항:

- 0-40 [Hand on] Key on LCP.
- 0-44 [Off/Reset] Key on LCP.
- 0-42 [Auto on] Key on LCP.

단자가 Reset(리셋)으로 프로그래밍되면 [Off/Reset] 키 또는 디지털 입력을 통해 알람을 리셋합니다.

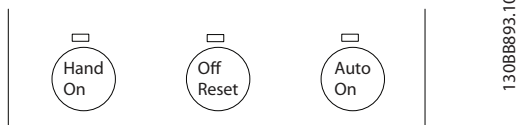


그림 2.15 LCP 제어 키

현장 지령은 1-00 Configuration Mode(구성 모드)의 설정과 관계 없이 구성 모드를 개회로로 강제 전환합니다.

현장 지령은 전원 차단 시 복원됩니다.

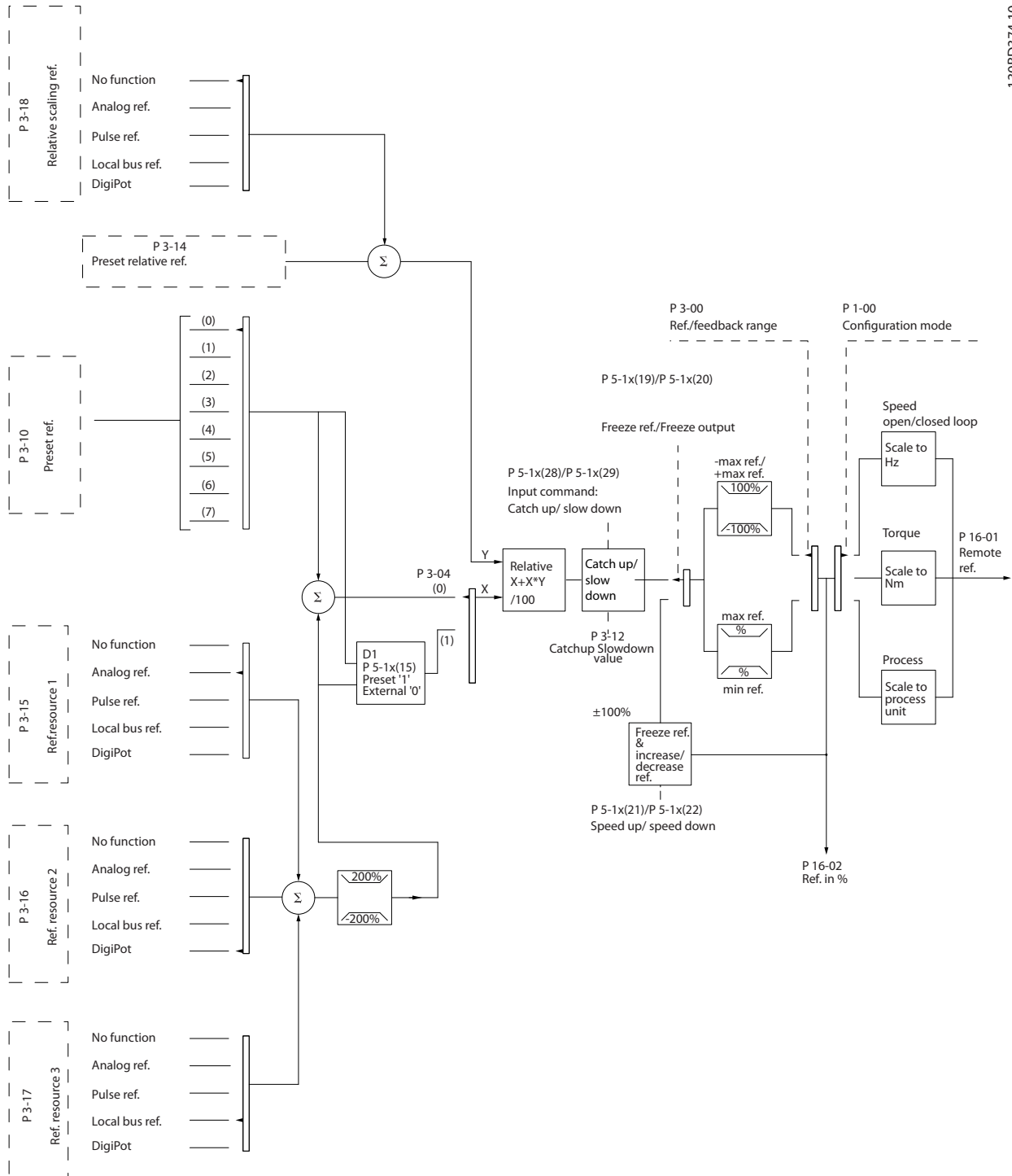
2.4 지령 처리

현장 지령

[Hand On]이 활성화된 상태로 주파수 변환기가 운전할 때 현장 지령이 활성화됩니다. [▲]/[▼] 및 [◀]/[▶]으로 지령을 조정합니다.

원격 지령

원격 지령 계산을 위한 지령 처리 시스템은 그림 2.16에서 보는 바와 같습니다.



130BD374.10

그림 2.16 원격 지령

원격 지령은 매 스캐닝 시간/입력마다 한 번씩 계산되며 다음 두 가지 지령 입력 유형으로 구성되어 있습니다.

1. X(외부 지령): [Hz], [RPM], [Nm] 등 주파수 변환기가 모니터링하는 모든 단위의 고정 프리셋 지령(3-10 Preset Reference), 가변 아날로그 지령, 가변 디지털 펄스 지령 및 각종 직렬 버스통신 지령의 가능한 모든 조합(3-15 Reference 1 Source, 3-16 Reference 2 Source 및 3-17 Reference 3 Source의 설정에 따라 결정)으로서, 최대 4개의 외부에서 선택된 지령의 합(3-04 Reference Function 참조).
2. Y(상대 지령): [%]로 표시되는 단일 고정 프리셋 지령(3-14 Preset Relative Reference)과 단일 가변 아날로그 지령(3-18 Relative Scaling Reference Resource)의 합.

두 가지 유형의 지령 입력은 다음과 같은 공식으로 결합됩니다. 원격 지령= $X + X \cdot Y / 100\%$. 상대 지령을 사용하지 않는 경우, 3-18 Relative Scaling Reference Resource는 [0] No function(기능 없음)으로, 3-14 Preset Relative Reference는 0%로 각각 설정합니다. 캐치업/슬로우다운 기능과 지령 고정 기능은 둘 다 주파수 변환기의 디지털 입력으로 활성화할 수 있습니다. 해당 기능과 파라미터는 VLT® AutomationDrive FC 360 프로그래밍 지침서에 설명되어 있습니다. 아날로그 지령의 범위 설정은 파라미터 그룹 6-1* Analog Input 53(아날로그 입력 53) 및 6-2* Analog Input 54(아날로그 입력 54)에 설명되어 있으며 디지털 펄스 지령의 범위 설정은 파라미터 그룹 5-5* Pulse Input(펄스 입력)에 설명되어 있습니다. 지령 한계 및 범위는 파라미터 그룹 3-0* Reference Limits(지령 한계)에서 설정합니다.

2.4.1 지령 한계

3-00 지령 범위, 3-02 최소 지령 및 3-03 최대 지령은 모든 지령 합의 허용 범위를 정의합니다. 모든 지령의 합은 필요할 때 잠깁니다. 잠긴 후의 결과 지령과 모든 지령의 합 간의 관계는 그림 2.17 및 그림 2.18에서 보는 바와 같습니다.

P 3-00 Reference Range= [0] Min-Max

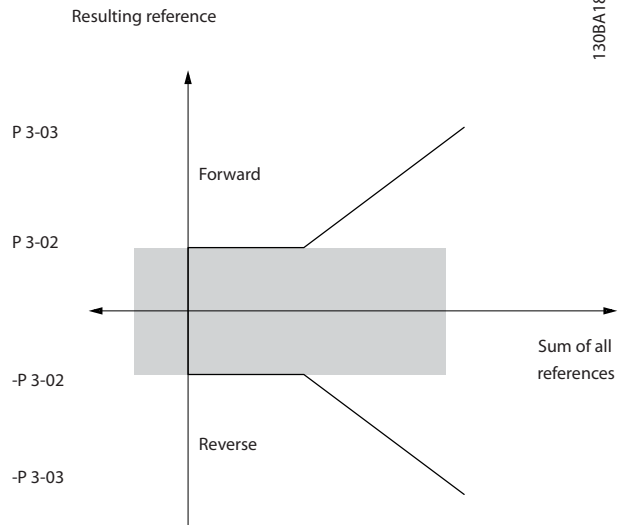


그림 2.17 지령 범위가 0으로 설정될 때 모든 지령의 합

P 3-00 Reference Range =[1]-Max-Max

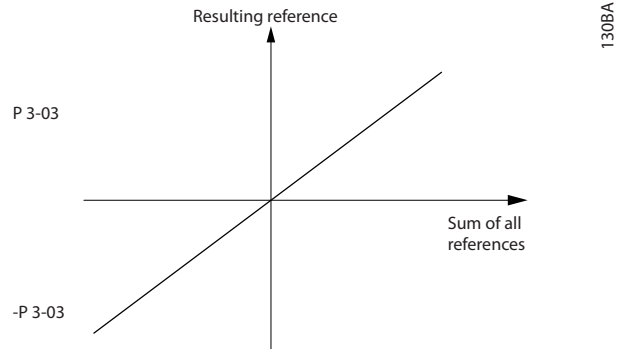


그림 2.18 지령 범위가 1로 설정될 때 모든 지령의 합

1-00 구성 모드가 [3] Process(공정)로 설정되어 있지 않으면 3-02 최소 지령 값을 0 미만으로 설정할 수 없습니다. 이 경우에 잠긴 후의 결과 지령과 모든 지령의 합 간의 관계는 그림 2.19에서 보는 바와 같습니다.

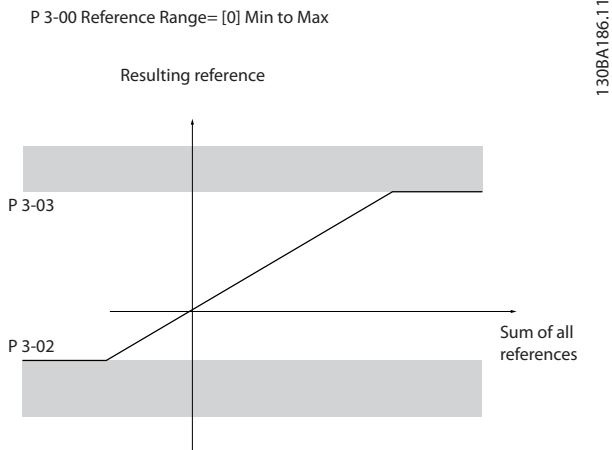


그림 2.19 최소 지령이 음수의 값으로 설정될 때 모든 지령의 합

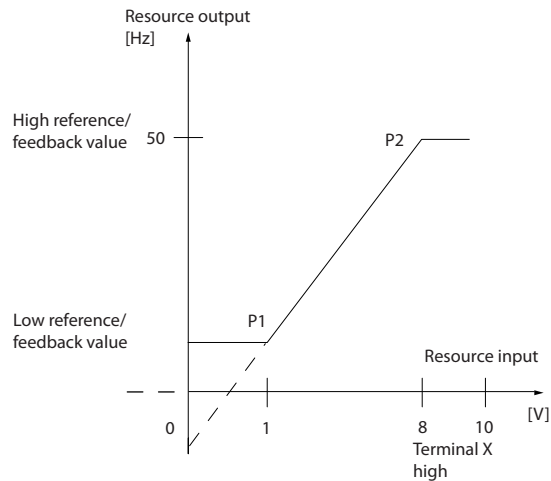


그림 2.20 최소 및 최대 중단점

2.4.2 프리셋 지령 및 버스통신 지령의 범위 설정

프리셋 지령의 범위는 다음과 같은 규칙에 따라 설정됩니다.

- 3-00 Reference Range가 [0] Min-Max(최소-최대)로 설정된 경우 0% 지령은 0 [단위]와 같으며(여기서 단위는 RPM, m/s, bar 등 아무 단위일 수 있음) 100% 지령은 최대값(절대값 (3-03 Maximum Reference), 절대값 (3-02 최소 지령)과 같습니다.
- 3-00 Reference Range가 [1] -Max+Max(-최대+최대)로 설정된 경우 0% 지령은 0 [단위]와 같으며 100% 지령은 최대 지령과 같습니다.

버스통신 지령의 범위는 다음과 같은 규칙에 따라 설정됩니다.

- 3-00 Reference Range가 [0] Min-Max(최소-최대)로 설정된 경우 0% 지령은 최소 지령과 같으며 100% 지령은 최대 지령과 같습니다.
- 3-00 Reference Range가 [1] -Max+Max(-최대+최대)로 설정된 경우 -100% 지령은 -최대 지령과 같으며 100% 지령은 최대 지령과 같습니다.

2.4.3 아날로그/펄스 지령 및 피드백의 범위 설정

아날로그 입력과 펄스 입력의 각각 지령과 피드백의 범위는 동일한 방법으로 설정됩니다. 유일한 차이점은 지령값이 피드백 값과는 달리 지정된 최소 중단점 이하이거나 최대 중단점 이상일 때 잠긴다는 점입니다(그림 2.20에서 P1과 P2).

종단점 P1과 P2는 선택한 입력에 따라 표 2.3에서 정의됩니다.

입력	아날로그 53 전압 모드	아날로그 53 전류 모드	아날로그 54 전압 모드	아날로그 54 전류 모드	펄스 입력 29	펄스 입력 33
P1=(최소 입력 값, 최소 지령 값)						
최소 지령 값	6-14 단자 53 최저 지령/피드 백 값	6-14 단자 53 최 저 지령/피드백 값	6-24 단자 54 최저 지령/피드 백 값	6-24 단자 54 최 저 지령/피드백 값	5-52 단자 29 최저 지령/피드백 값	5-57 단자 33 최저 지령/피드백 값
최소 입력 값	6-10 단자 53 최저 전압 [V]	6-12 단자 53 최 저 전류 [mA]	6-20 단자 54 최저 전압 [V]	6-22 단자 54 최 저 전류 [mA]	5-50 단자 29 최저 주파수 [Hz]	5-55 단자 33 최저 주파수 [Hz]
P2=(최대 입력 값, 최대 지령 값)						
최대 지령 값	6-15 단자 53 최고 지령/피드 백 값	6-15 단자 53 최 고 지령/피드백 값	6-25 단자 54 최고 지령/피드 백 값	6-25 단자 54 최 고 지령/피드백 값	5-53 단자 29 최고 지령/피드백 값	5-58 단자 33 최고 지령/피드백 값
최대 입력 값	6-11 단자 53 최고 전압 [V]	6-13 단자 53 최 고 전류 [mA]	6-21 단자 54 최고 전압[V]	6-23 단자 54 최 고 전류 [mA]	5-51 단자 29 최고 주파수 [Hz]	5-56 단자 33 최고 주파수 [Hz]

표 2.3 P1 및 P2 종단점

2

2.4.4 0에 가까운 사용하지 않는 대역

지령이 (흔치 않은 경우이기는 하지만 피드백도) 0에 가까운 사용하지 않는 대역을 나타내는 경우가 있습니다 (예를 들어, 지령이 영(0)에 가까울 때 설비가 정지됩니다).

사용하지 않는 대역을 활성화하고 사용하지 않는 대역의 크기를 설정하려면 다음을 수행합니다.

- 0에서 최소 지령 값(관련 파라미터는 표 2.3 참조) 또는 최대 지령 값을 설정합니다. 다시 말해, 그림 2.21에서 P1 또는 P2가 X축에 있어야 합니다.
- 그래프의 범위를 정의하는 양쪽 종단점이 동일한 사분면에 있어야 합니다.

사용하지 않는 대역의 크기는 그림 2.21에서와 같이 P1이나 P2에 의해 정의됩니다.

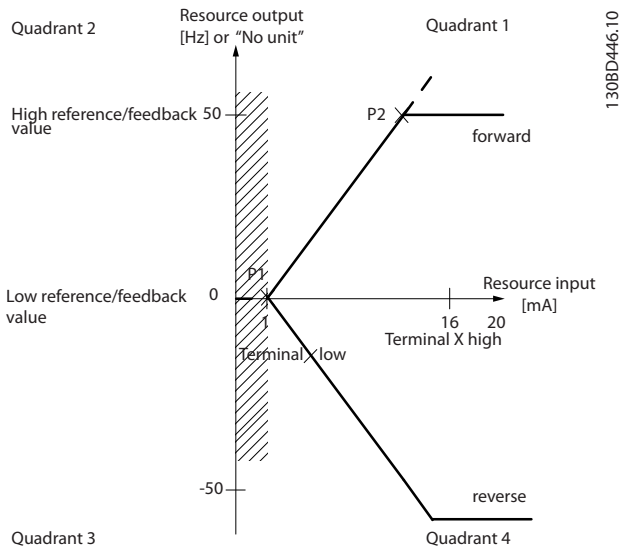


그림 2.21 사용하지 않는 대역의 크기

사례 1: 사용하지 않는 대역이 있는 정 지령, 역회전 기동을 위한 디지털 입력, 1부

그림 2.22는 최소 - 최대 범위 내에 있는 지령 입력이 어떻게 제한하는지를 나타냅니다.

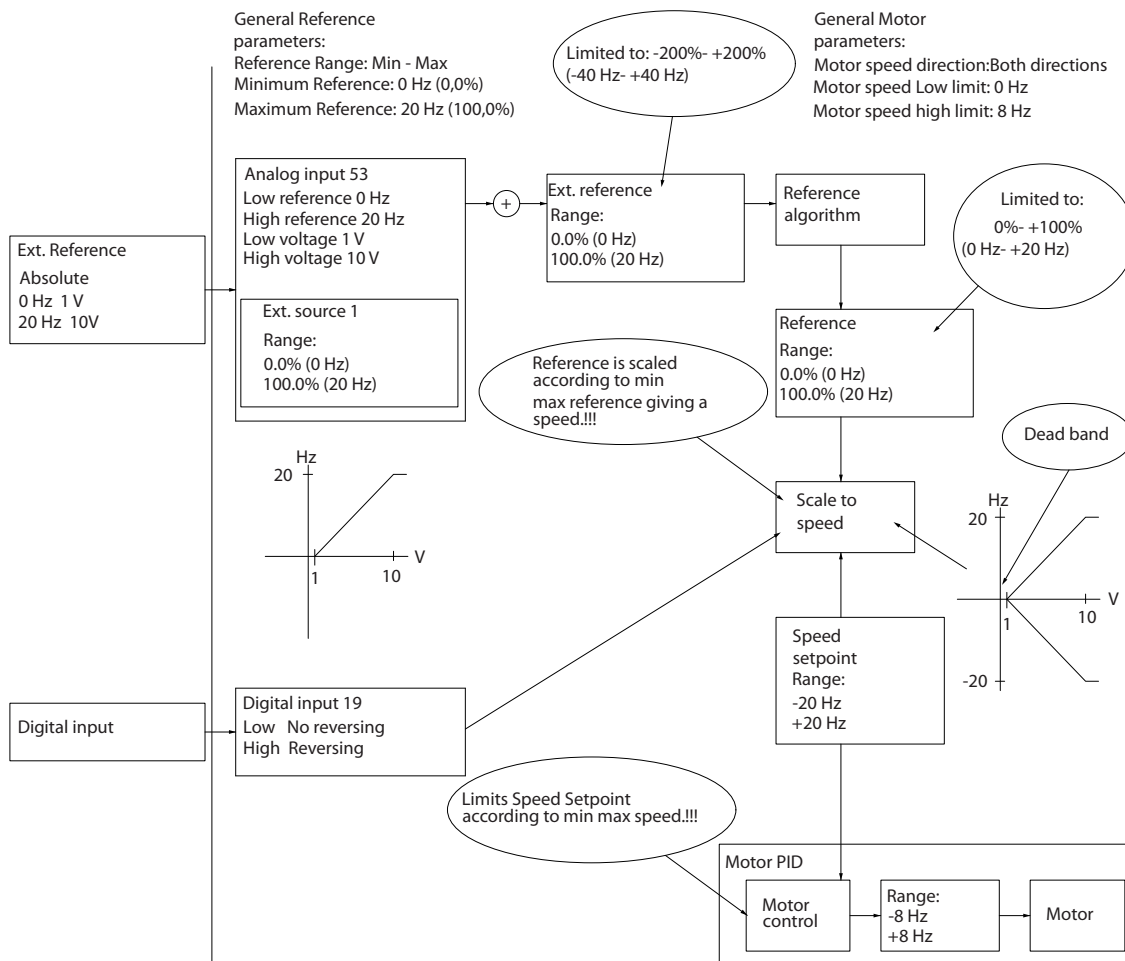
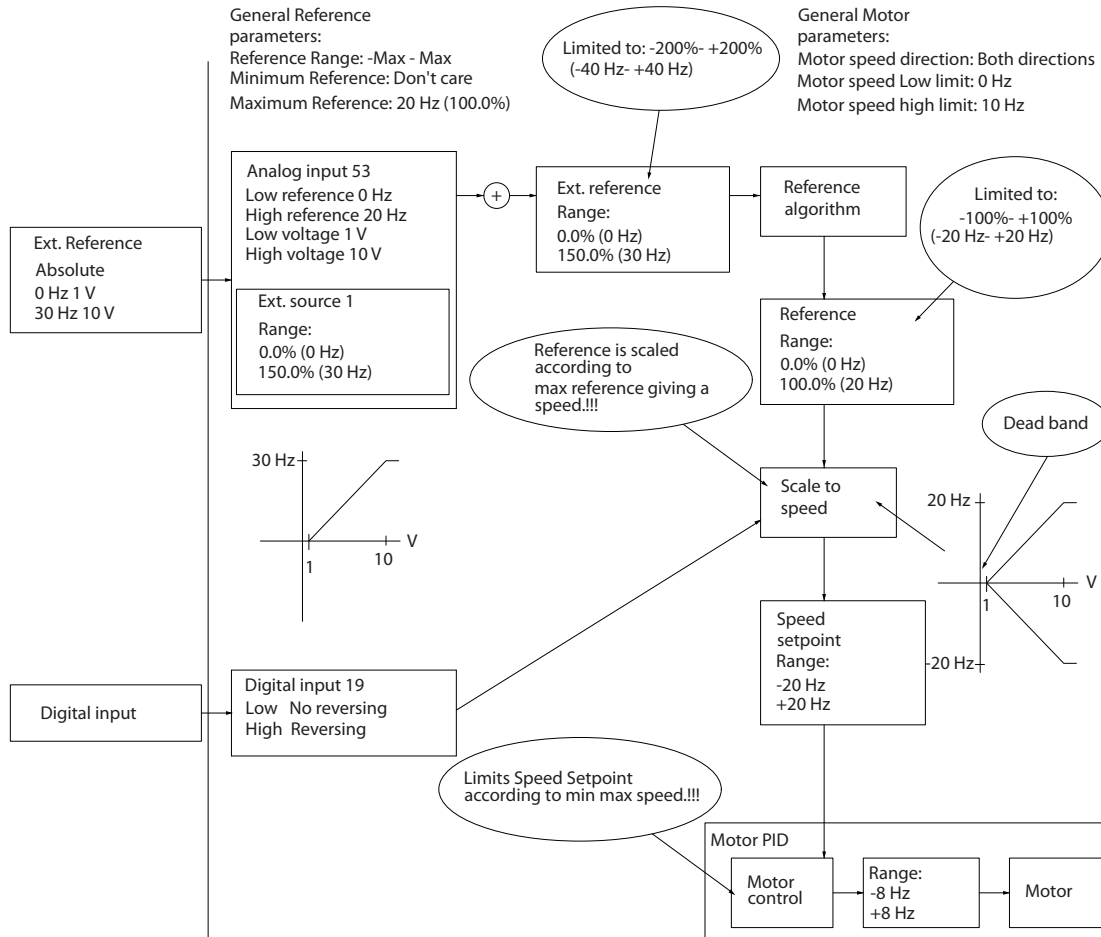


그림 2.22 최소 - 최대 범위 내에 있는 지령 입력의 제한

130BD454.10

사례 2: 사용하지 않는 대역이 있는 정 지령, 역회전 기동을 위한 디지털 입력, 2부

그림 2.23는 외부 지령에 추가하기 전에 -최대 - + 최대 범위를 벗어난 지령 입력이 어떻게 입력을 최저 한계와 최고 한계로 제한하는지 뿐만 아니라 외부 지령이 지령 알고리즘에 의해 어떻게 -최대 - + 최대로 제한되는지를 나타냅니다.



130BD433.10

그림 2.23 -최대 - + 최대 범위를 벗어난 지령 입력의 제한

2.5 PID 제어

2.5.1 속도 PID 제어

1-00 구성 모드	1-01 모터 제어 방식	
	U/f	VVC*
[0] Speed open loop(속도 개회로)	활성화되지 않음 ¹⁾	활성화되지 않음
[1] Speed closed loop(속도 폐회로)	해당 없음 ²⁾	활성화
[2] Torque(토크)	해당 없음	활성화되지 않음
[3] Process(공정)	활성화되지 않음	활성화되지 않음

표 2.4 제어 구성, 활성 속도 제어

1) 활성화되지 않음은 해당 모드가 있기는 하지만 속도 제어가 활성화되지 않음을 의미합니다.

2) 해당 없음은 해당 모드가 전혀 없음을 의미합니다.

다음 파라미터는 속도 제어와 관련된 파라미터입니다:

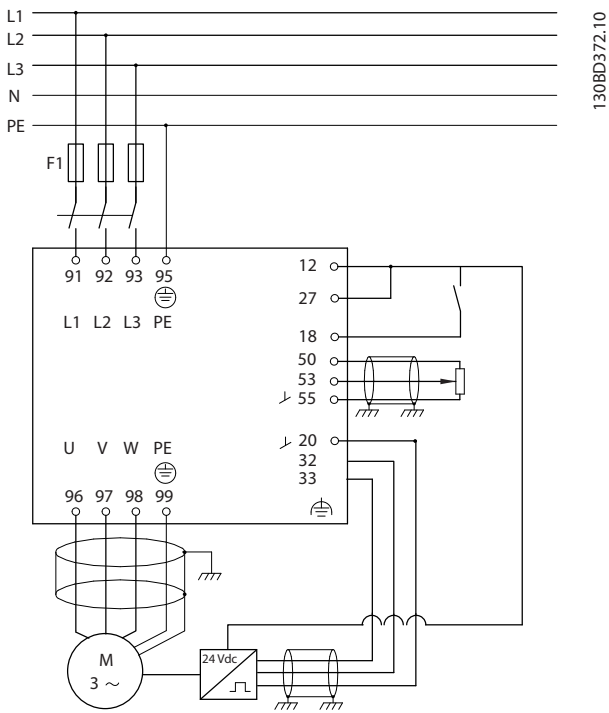
파라미터	기능 설명	
7-00 속도 PID 피드백 소스	속도 PID의 피드백 소스를 선택합니다.	
7-02 Speed PID Proportional Gain	값이 클수록 더욱 신속히 제어할 수 있습니다. 하지만 값이 지나치게 높으면 공진 현상이 발생할 수 있습니다.	
7-03 속도 PID 적분 시간	정상 속도 오류 원인을 제거합니다. 값이 낮을수록 반응이 빠릅니다. 하지만 값이 지나치게 낮으면 공진 현상이 발생할 수 있습니다.	
7-04 속도 PID 미분 시간	피드백 변화율에 대한 비례 이득을 제공합니다. 0으로 설정하면 미분기를 사용할 수 없습니다.	
7-05 속도 PID 미분 이득 한계	어플리케이션에서 지령 및 피드백이 신속히 변화할 때 - 이는 오류가 신속히 변화되는 것을 의미하는데 - 곧 미분기가 과도한 영향력을 지니게 됩니다. 이는 미분기가 오류에서 발생된 변화에 반응하기 때문입니다. 오류가 신속히 변화할수록 미분기 이득은 더욱 커집니다. 따라서 미분기 이득이 완만한 변화에 알맞은 미분 시간과 급격한 변화에 알맞은 순간 이득을 설정하도록 제한할 수 있습니다.	
7-06 속도 PID 저주파 통과 필터 시간	저주파 통과 필터는 피드백 신호의 공진을 감소시키고 정상 상태의 성능을 향상시킵니다. 하지만 필터 시간이 너무 길면 속도 PID 제어의 다이내믹 성능을 저하시킵니다. 엔코더(PPR)의 분해능에 따른 7-06 Speed PID Lowpass Filter Time의 실제 설정:	
	엔코더 PPR	7-06 속도 PID 저주파 통과 필터 시간
	512	10 ms
	1024	5 ms
	2048	2 ms
4096	1 ms	

표 2.5 속도 제어 파라미터

2

속도 제어 프로그래밍 방법에 관한 예

이 예에서 속도 PID 제어는 모터의 부하 변화와 관계 없이 일정한 모터 회전수를 유지하는데 사용됩니다. 필요한 모터 회전수는 단자 53에 연결된 가변 저항을 통해 설정됩니다. 속도 범위는 0-10V에 해당하는 0-1500RPM입니다. 기동과 정지는 단자 18에 연결된 스위치로 제어합니다. 속도 PID는 24V (HTL) 인크리멘탈 엔코더를 피드백으로 사용하여 모터의 실제 RPM을 감시합니다. 피드백 센서는 단자 32와 33에 연결된 엔코더 (회전수당 1,024 펄스)입니다. 단자 32와 33의 펄스 주파수 범위는 4 Hz-32 kHz입니다.



1308D372.10

그림 2.24 속도 제어 프로그래밍

표 2.6의 단계에 따라 속도 제어를 프로그래밍합니다(프로그래밍 지침서의 설정 관련 설명 참조).
표 2.6에서 다른 모든 파라미터와 스위치가 초기 설정값이라고 가정합니다.

기능	파라미터 번호	설정
1) 모터가 정상적으로 운전하는지 확인하려면 다음 사항을 확인합니다.		
명판 데이터에 따라 모터 파라미터를 설정합니다.	1-2* Motor Data(모터 데이터)	모터 명판에 기재된 내용과 동일하게 설정합니다.
자동 모터 최적화를 수행합니다.	1-29 Automatic Motor Adaption (AMA)	[1] Enable complete AMA(완전 AMA 사용함)
2) 모터가 정상적으로 작동하고 엔코더가 올바르게 연결되었는지 점검하려면 다음 사항을 확인합니다.		
[Hand On]을 누릅니다. 모터가 구동 중인지 점검하고 특히 어느 방향으로 회전하는지 확인합니다(이하 “정회전”으로 간주).		정 지령을 설정합니다.
3) 주파수 변환기 한계를 안전한 값으로 설정합니다.		
지령에 대한 허용 한계를 설정합니다.	3-02 Minimum Reference	0
	3-03 Maximum Reference	50
가감속 설정값이 주파수 변환기 용량과 운전 사양에 알맞는지 확인합니다.	3-41 Ramp 1 Ramp Up Time	초기 설정
	3-42 Ramp 1 Ramp Down Time	초기 설정
모터 회전수 및 주파수에 대한 허용 한계를 설정합니다.	4-12 Motor Speed Low Limit [Hz]	0 Hz
	4-14 Motor Speed High Limit [Hz]	50 Hz
	4-19 Max Output Frequency	60 Hz
4) 속도 제어를 구성하고 모터 제어 방식을 선택합니다.		
속도 제어 활성화	1-00 Configuration Mode	[1] Speed closed loop(속도 폐회로)
모터 제어 방식 선택	1-01 Motor Control Principle	[1] VVC+
5) 속도 제어에 대한 지령을 구성하고 범위를 설정합니다.		
아날로그 입력 53을 지령 리소스로 설정합니다.	3-15 Reference 1 Source	필요 없음 (초기 설정값)
아날로그 입력 53의 범위를 0 RPM (0 V)에서 50 RPM (10 V)으로 설정합니다.	6-1* Analog Input 1(아날로그 입력 1)	필요 없음 (초기 설정값)
6) 24V HTL 엔코더 신호를 모터 제어 및 속도 제어에 대한 피드백으로 구성합니다.		
디지털 입력 32와 33을 엔코더 입력으로 설정합니다.	5-14 Terminal 32 Digital Input	[82] Encoder input B(엔코더 입력 B)
	5-15 Terminal 33 Digital Input	[83] Encoder input A(엔코더 입력 A)
단자 32/33을 속도 PID 피드백으로 설정합니다.	7-00 Speed PID Feedback Source	[1] 24 V Encoder(24V 엔코더)
7) 속도 제어 PID 파라미터를 변경합니다.		
직접 변경할 때는 설정 변경 지침을 참조하십시오.	7-0* Speed PID Ctrl.(속도 PID 제어)	
8) 종료합니다.		
안전을 위해 파라미터 설정값을 LCP에 저장합니다.	0-50 LCP 복사	[1] All to LCP(모두 업로드)

표 2.6 속도 PID 제어의 프로그래밍 순서

2.5.2 공정 PID 제어

2

공정 PID 제어는 센서(예를 들어, 압력, 온도, 유량 등)에 의해 측정되고 펌프, 팬 또는 기타 연결된 장치를 통해 연결된 모터에 영향을 줄 수 있는 어플리케이션 파라미터를 제어하는 데 사용할 수 있습니다.

표 2.7는 공정 제어가 가능한 제어 구성을 나타냅니다. 속도 제어가 활성화된 영역은 장을 2.3 제어 구조를 참조하십시오.

1-00 Configuration Mode	1-01 Motor Control Principle	
	U/f	VVC+
[3] Process(공정)	해당 없음	Process(공정)

표 2.7 제어 구성

주의 사항

공정 제어 PID는 초기 파라미터 설정으로 실행되지만 어플리케이션 제어 성능을 최적화하려면 파라미터를 튜닝하는 것이 좋습니다.

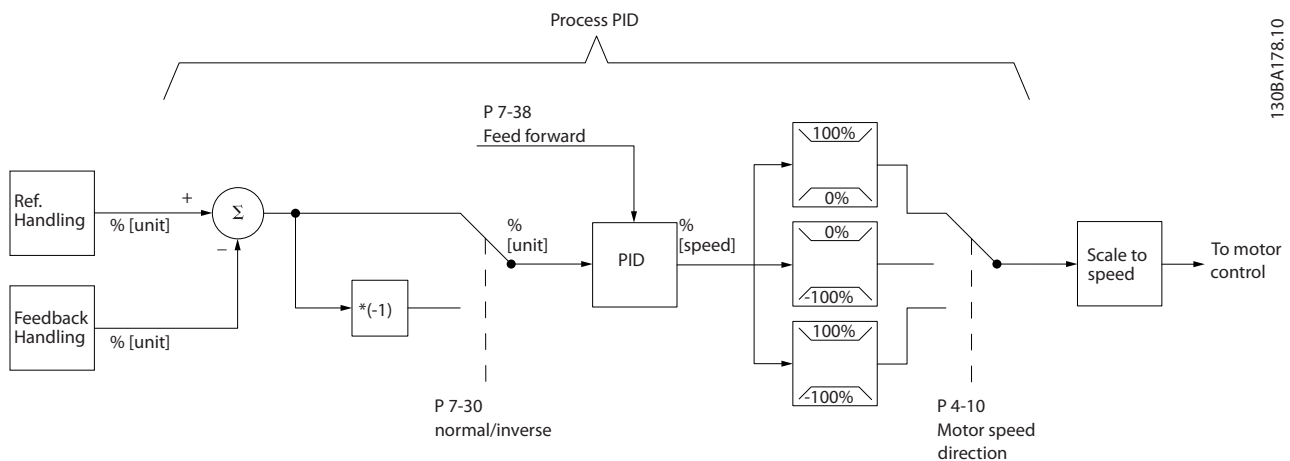


그림 2.25 공정 PID 제어 다이어그램

2.5.3 공정 제어 관련 파라미터

파라미터	기능 설명
7-20 Process CL Feedback 1 Resource	공정 PID의 피드백 소스(예를 들어, 아날로그 또는 펄스 입력)를 설정합니다.
7-22 Process CL Feedback 2 Resource	선택사항: 공정 PID의 추가 피드백 신호 필요 여부와 추가 피드백 리소스를 설정합니다. 추가 피드백 소스를 선택하면 공정 PID 제어에 사용되기 전에 두 개의 피드백 신호가 함께 추가됩니다.
7-30 Process PID Normal/ Inverse Control	[0] Normal(정회전) 운전을 선택하면 공정 제어는 피드백이 지령보다 낮을 경우 모터 회전수를 증가시킵니다. [1] Inverse(역회전) 운전을 선택하면 공정 제어는 모터 회전수를 감소시킵니다.
7-31 Process PID Anti Windup	와인드업 방지 기능은 주파수나 토오크가 한계에 도달했을 때 적분기를 실제 주파수에 해당하는 이득으로 설정합니다. 이는 속도 변화로도 보상할 수 없는 오류의 적분을 방지합니다. 이 기능은 [0] Off(꺼짐)을 선택하여 사용안함으로 설정할 수 있습니다.
7-32 Process PID Start Speed	일부 어플리케이션의 경우, 필요한 속도/설정포인트에 도달하는 데 시간이 오래 걸릴 수 있습니다. 이와 같은 경우 공정 제어가 활성화되기 전에 주파수 변환기에서 고정 모터 속도를 설정하는 것이 좋을 수도 있습니다. 이 작업은 7-32 Process PID Start Speed에서 공정 PID 기동 값(속도)을 설정하면 됩니다.
7-33 Process PID Proportional Gain	값이 클수록 더욱 신속히 제어할 수 있습니다. 하지만 값이 지나치게 크면 공진 현상이 발생할 수 있습니다.
7-34 Process PID Integral Time	정상 속도 오류 원인을 제거합니다. 값이 낮을수록 반응이 빠릅니다. 하지만 값이 지나치게 작으면 공진 현상이 발생할 수 있습니다.
7-35 Process PID Differentiation Time	피드백 변화율에 대한 비례 이득을 제공합니다. 0으로 설정하면 미분기를 사용할 수 없습니다.
7-36 Process PID Diff. Gain Limit	어플리케이션에서 지령 및 피드백이 신속히 변화할 때 - 이는 오류가 신속히 변화되는 것을 의미하는데 - 곧 미분기가 과도한 영향력을 지니게 됩니다. 이는 미분기가 오류에서 발생된 변화에 반응하기 때문입니다. 오류가 신속히 변화할수록 미분기 이득은 더욱 커집니다. 따라서 미분기 이득이 완만한 변화에 알맞은 미분 시간을 설정하도록 제한할 수 있습니다.
7-38 Process PID Feed Forward Factor	공정 지령과 공정 지령을 확보하는데 필요한 모터 회전수 간의 상관관계가 양호하고 (대략적으로 선형인) 어플리케이션의 경우 피드포워드 상수를 공정 PID 제어의 다이내믹 성능을 향상시키는데 사용할 수 있습니다.
<ul style="list-style-type: none"> • 5-54 Pulse Filter Time Constant #29 (펄스 단자 29) • 5-59 Pulse Filter Time Constant #33 (펄스 단자 33) • 6-16 Terminal 53 Filter Time Constant (아날로그 단자 53) • 6-26 Terminal 54 Filter Time Constant (아날로그 단자 54) 	<p>전류/전압 피드백 신호에 공진이 발생한 경우 저주파 통과 필터로 공진을 감소시킬 수 있습니다. 펄스 필터 시정수는 피드백 신호에서 발생하는 리플의 속도 한계를 나타냅니다.</p> <p>예: 저주파 통과 필터 값이 0.1초로 설정되면, 속도 한계는 10 RAD/초 (0.1초의 역수)가 되며 이는 $(10/(2 \times \pi))=1.6\text{Hz}$에 해당합니다. 즉 필터는 초당 1.6 이상의 공진을 발생시키는 모든 전류/전압 신호를 상각합니다. 주파수(속도)가 1.6Hz 이하인 피드백 신호만 제어됩니다.</p> <p>저주파 통과 필터는 정상 상태의 성능을 향상시키지만 필터 시간이 너무 길면 속도 PID 제어의 다이내믹 성능을 저하시킵니다.</p>

표 2.8 공정 제어 파라미터

2.5.4 공정 PID 제어의 예

2

그림 2.26은 공조 시스템에 적용된 공정 PID 제어의 예입니다.

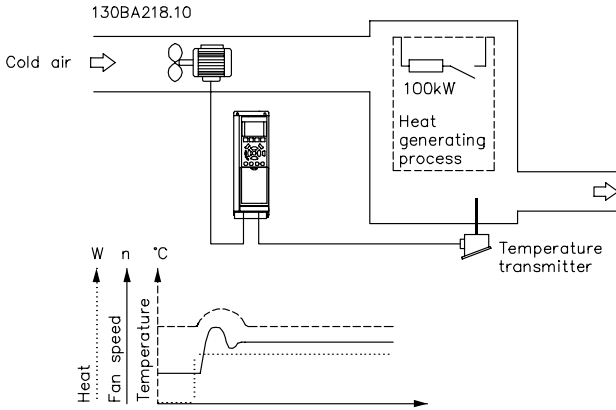


그림 2.26 공조 시스템의 공정 PID 제어

공조 시스템에서 온도는 -5 - 35 °C로, 가변저항기는 0-10 V로 설정할 수 있습니다. 공정 제어를 사용하여 설정된 온도 상수를 유지합니다.

제어 방식은 역회전 제어 방식이며 이는 온도가 상승할 때 팬 회전수도 증가하여 더 많은 공기가 발생하는 것을 말합니다. 온도가 하락하면 팬 회전수도 감소합니다. 적용된 트랜스미터는 -10-40 °C, 4-20mA, 최소/최대 속도 300/1500 RPM의 운전 범위를 가진 온도 센서입니다.

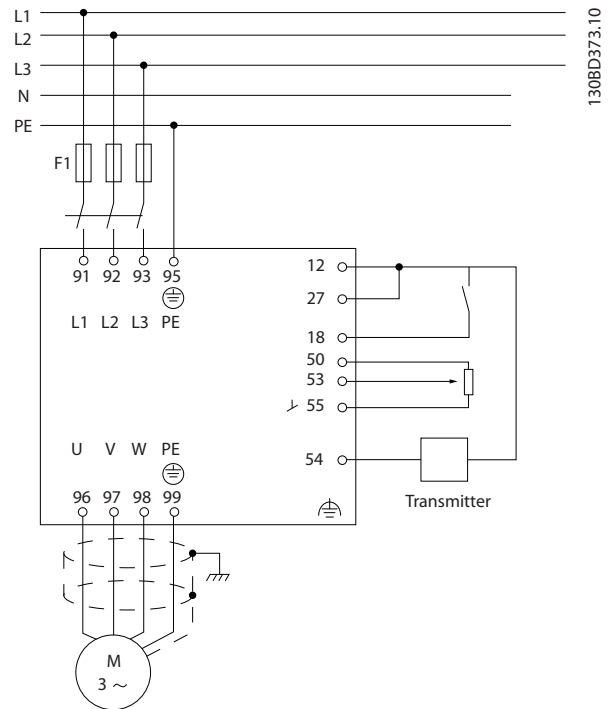


그림 2.27 2선 트랜스미터

1. 단자 18에 연결된 스위치를 통한 기동/정지.
2. 단자 53에 연결된 가변 저항기(-5-35°C, 0-10 VDC)를 통한 온도 지령.
3. 단자 54에 연결된 트랜스미터(-10-40°C, 4-20 mA)를 통한 온도 피드백.

기능	파라미터 번호	설정
주파수 변환기를 초기화합니다.	14-22	[2] Initialisation(초기화) - 전원 ON/OFF - [Reset] 누름
1) 모터 파라미터를 설정합니다:		
명판 데이터에 따라 모터 파라미터를 설정합니다.	1-2*	모터 명판에 기재된 내용과 동일하게 설정
완전 자동 모터 최적화를 수행합니다.	1-29	[1] Enable complete AMA(완전 AMA 사용함)
2) 모터의 회전 방향이 올바른지 점검합니다. 모터가 주파수 변환기에 U-U, V-V, W-W와 같이 정회전 위상 순서로 연결되면 축 끝에서 봤을 때 모터 축이 일반적으로 시계 방향으로 회전합니다.		
[Hand On]을 누릅니다. 수동 지령을 적용하여 축 방향을 점검합니다.		
모터가 원하는 방향과 정반대 방향으로 회전하는 경우: 1. 4-10 Motor Speed Direction에서 모터 방향을 변경합니다. 2. 주전원을 차단하고 직류단이 방전될 때까지 기다립니다. 3. 모터 위상 중 2개를 전환합니다.	4-10	올바른 모터 축 방향을 선택합니다.
구성 모드를 설정합니다.	1-00	[3] Process(공정)
3) 지령 구성(예: 지령 처리를 위한 범위)을 설정합니다. 파라미터 6-**에서 아날로그 입력 범위를 설정합니다.		
지령/피드백 단위를 설정합니다.	3-01	[60] °C 단위(표시창에 나타난 단위)
최소 지령(10 °C)을 설정합니다.	3-02	-5 °C
최대 지령(80 °C)을 설정합니다.	3-03	35 °C
프리셋 값(배열 파라미터)에서 설정 값이 정해진 경우, 다른 지령 소스를 No Function(기능 없음)으로 설정합니다.	3-10	[0] 35% $Ref = \frac{Par. 3-10_{(0)}}{100} \times ((Par. 3-03) - (par. 3-02)) = 24,5^{\circ}C$ 3-14 프리셋 상대 지령 ~ 3-18 상대 스케일링 지령 리소스 [0] = No Function(기능 없음)
4) 주파수 변환기의 각종 한계를 조정합니다:		
가감속 시간으로 알맞은 값인 20초로 설정합니다.	3-41 3-42	20 s 20 s
최소 속도 한계를 설정합니다.	4-12	10 Hz
모터 속도의 최대 한계를 설정합니다.	4-14	50 Hz
최대 출력 주파수를 설정합니다.	4-19	60 Hz
6-19 Terminal 53 mode 및 6-29 Terminal 54 mode를 전압 또는 전류 모드로 설정합니다.		
5) 지령 및 피드백에 사용되는 아날로그 입력의 범위를 설정합니다.		
단자 53 최저전압을 설정합니다.	6-10	0 V
단자 53 최고전압을 설정합니다.	6-11	10V
단자 54 최저 피드백 값을 설정합니다.	6-24	-5 °C
단자 54 최고 피드백 값을 설정합니다.	6-25	35 °C
피드백 소스를 설정합니다.	7-20	[2] Analog input 54(아날로그 입력 54)
6) 기본 PID 설정		
공정 PID 정/역	7-30	[0] Normal(정회전)
공정 PID 와인드업 방지	7-31	[1] On(켜짐)
공정 PID 기동 속도	7-32	300RPM
파라미터를 LCP에 저장합니다.	0-50	[1] All to LCP(모두 업로드)

표 2.9 공정 PID 제어 셋업의 예

2.5.5 공정 조절기의 최적화

장을 2.5.5 프로그래밍 순서의 설명에 따라 기본 설정값을 구성한 후에 비례 이득, 적분 시간 및 미분 시간 (7-33 Process PID Proportional Gain, 7-34 Process PID Integral Time, 7-35 Process PID Differentiation Time)을 최적화합니다. 대부분의 공정에서는 다음의 절차를 따릅니다.

1. 모터를 기동합니다.
2. 7-33 Process PID Proportional Gain을 0.3으로 설정하고 피드백 신호가 다시 지속적으로 변화하기 시작할 때까지 값을 늘립니다. 피드백 신호가 안정적인 상태가 될 때까지 값을 줄입니다. 비례 이득이 40-60%까지 낮아집니다.
3. 7-34 Process PID Integral Time를 20초로 설정하고 피드백 신호가 다시 지속적으로 변화하기 시작할 때까지 값을 줄입니다. 그런 다음 피드백 신호가 안정적인 상태가 될 때까지 적분 시간을 늘리면 결과적으로 적분 시간이 15-50%까지 늘어납니다.
4. 빠르게 작동하는 시스템에만 7-35 Process PID Differentiation Time(미분 시간)를 사용합니다. 일반적으로 미분 시간의 값은 적분 시간의 4배입니다. 비례 이득과 적분 시간이 완전히 최적화된 경우에 미분기를 사용합니다. 저주파 통과 필터로 피드백 신호의 공진을 충분히 감소시켜야 합니다.

주의 사항

필요한 경우 피드백 신호가 변화하도록 하기 위해 기동/정지를 여러 번 반복할 수 있습니다.

2.5.6 Ziegler Nichols 튜닝 방법

주파수 변환기의 PID 제어를 튜닝하기 위해 덴포스는 Ziegler Nichols 튜닝 방법을 권장합니다.

주의 사항

다소 불안정한 제어 설정값에 의해 발생한 공진으로 인해 손상될 수 있는 경우에 Ziegler Nichols 튜닝 방법을 사용하지 마십시오.

응답 결과가 아닌 안정성 한계에 따라 시스템을 연산하는 것이 파라미터 설정 변경 기준입니다. (피드백에서 측정된) 공진이 지속적으로 발생할 때까지, 즉 시스템이 다소 불안정해질 때까지 비례 이득을 증가시킵니다. 해당 이득 (K_u)은 최종 단계의 이득이라고도 하며 공진이 확보되는 시점의 이득입니다. (최종 단계의 시점이라고도 하는) 공진 시점(P_u)은 그림 2.28에서 보는 바와 같이 결정되며 공진의 진폭이 매우 작을 때 측정되어야 합니다.

1. 비례 제어만 선택합니다. 이 때 적분 시간은 최대 값으로 설정되어 있는 반면 미분 시간은 0으로 설정되어 있습니다.
2. 불안정점에 도달 (지속적인 공진)하고 주요 이득 값 K_u 가 한계에 도달할 때까지 비례 이득 값을 늘립니다.
3. 주요 시간상수, P_u 를 얻기 위해 공진 기간을 측정합니다.
4. 필요한 PID 제어 파라미터는 표 2.10를 활용하여 계산합니다.

공정 운영자는 만족할 만한 제어 결과를 얻을 때까지 제어의 최종 설정을 반복적으로 변경할 수 있습니다.

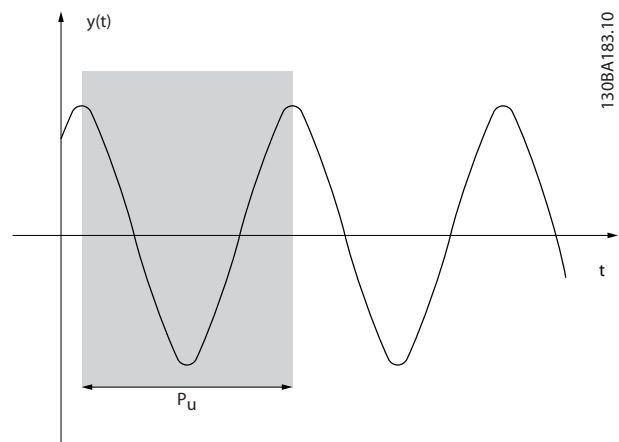


그림 2.28 다소 불안정한 시스템

제어 유형	비례 이득	적분 시간	미분 시간
PI 제어	$0.45 * K_u$	$0.833 * P_u$	-
PID 정밀 제어	$0.6 * K_u$	$0.5 * P_u$	$0.125 * P_u$
PID 과도 현상	$0.33 * K_u$	$0.5 * P_u$	$0.33 * P_u$

표 2.10 조절기에 대한 Ziegler Nichols 튜닝

2.6 EMC 방사 및 방지

2.6.1 EMC 방사의 일반적 측면

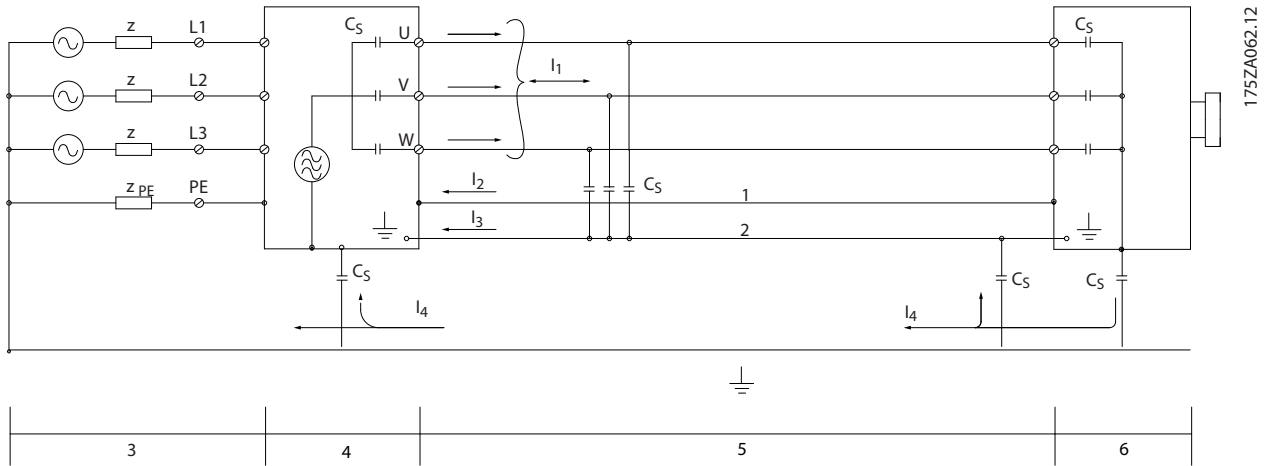
전기적인 간섭은 보통 150kHz에서 30MHz 범위 내의 주파수에서 발생합니다. 30MHz에서 1GHz 범위에 있는 주파수 변환기 시스템의 부유물에 의한 간섭은 주파수 변환기, 모터 케이블, 모터 등에서 발생합니다. 모터 전압에서 높은 dU/dt 가 모터 케이블의 용량형 전류와 결합하면 누설 전류의 원인이 됩니다. 차폐된 케이블은 비차폐 케이블에 비해 접지 용량이 크기 때문에 차폐된 모터 케이블을 사용하면 누설 전류가 증가합니다(그림 2.29 참조). 누설 전류가 필터링되지 않으면 약 5MHz 이하의 무선 주파수 범위에서 주전원에 대한 간섭이 증가합니다. 누설 전류(I_1)는 차폐선(I_3)을 통해 유닛으로 다시 보내지므로 차폐된 모터 케이블의 전자기장(I_4)은 작습니다.

차폐선은 방사 간섭을 감소시키지만 주전원에 대한 저주파수 간섭을 증가시킵니다. 모터 케이블의 차폐선을 주파수 변환기 외함 뿐만 아니라 모터 외함에 연결합니다. 차폐선 클램프를 사용하여 차폐선의 양쪽 끝(돼지꼬리 모양)이 꼬이지 않도록 고정시키는 것이 가장 좋습니다. 꼬아서 연결하게 되면 높은 주파수 대역에서 차폐선의 임피던스를 증가시켜 차폐 효과를 감소시키고 누설 전류(I_4)를 증가시킵니다.

차폐 케이블이 다음의 용도로 사용되는 경우 외함의 양쪽 끝에 차폐선을 설치합니다.

- 필드버스
- 네트워크
- 릴레이
- 제어 케이블.
- 신호 인터페이스.
- 제동 장치.

하지만 전류 루프 발생을 피하기 위해 차폐선을 차단해야 하는 경우도 있습니다.



1	접지 케이블
2	차폐선
3	AC 주전원 공급
4	주파수 변환기
5	차폐된 모터 케이블
6	모터

그림 2.29 EMC 방사

차폐선을 주파수 변환기의 마운팅 플레이트에 연결하는 경우에는 차폐된 전류가 유닛으로 다시 전달되어야 하기 때문에 마운팅 플레이트가 금속 재질이어야 합니다. 마운팅 플레이트에서 주파수 변환기의 새시까지 가능한 높은 전리적 접촉을 얻기 위해 클램프와 나사로 차폐선을 고정시켜야 합니다.

비차폐 케이블을 사용하면 방지 요구 사항은 만족하더라도 방사 요구 사항은 일부 만족하지 않을 수 있습니다.

전체 시스템(유닛 및 설비)의 간섭 수준을 낮추려면 모터 및 제동 케이블을 가능한 짧게 합니다. 케이블을 주전원, 모터 및 제동 케이블 주변의 민감한 신호 수준에 노출시키지 마십시오. 50MHz(공기 중) 이상의 무선 간섭은 제어 전자 장치에 의해 특히 많이 발생합니다.

2.6.2 EMC 방사 요구사항

표 2.11의 시험 결과는 주파수 변환기(마운팅 플레이트 장착), 모터 및 차폐된 모터 케이블이 포함된 시스템을 사용하여 얻은 결과입니다.

표준 및 요구사항	EN 55011과의 상관관계	전도	방사
	EN/IEC 61800-3	클래스 A 그룹 2 공업지역 부문 C3 2차 환경	클래스 A 그룹 1 공업지역 부문 C2 1차 환경에 제한적
J1	0.37-2.2 kW, 380-480 V	25 m	예
J2	3.0-5.5 kW, 380-480 V	25 m	예
J3	7.5 kW, 380-480 V	25 m	예
J4	11-15 kW, 380-480 V	25 m	예
J5	18.5-22 kW, 380-480 V	25 m	예
J6	30-45 kW, 380-480 V	25 m	예
J7	55-75 kW, 380-480 V	25 m	예

표 2.11 EMC 방사 요구사항

2.6.3 EMC 방지 요구사항

주파수 변환기의 방지 요구사항은 설치되는 환경에 따라 다릅니다. 산업 환경은 가정 및 사무실 환경보다 높은 요구사항을 필요로 합니다. 덴포스 주파수 변환기는 모두 산업 환경의 요구사항을 충족할 뿐만 아니라 가정 및 사무실 환경의 보다 낮은 요구사항(안전에 신경 쓸 여유가 보다 많음)을 충족합니다.

다음은 전기 현상으로 인한 간섭에 대한 방지를 측정하기 위해 주파수 변환기(관련 옵션 포함), 차폐된 제어 케이블, 제어 박스 및 가변 저항기, 모터 케이블 및 모터로 구성된 시스템의 방지 시험 결과입니다. 시험은 다음 적용 기준에 따라 이루어졌습니다.

- EN 61000-4-2 (IEC 61000-4-2) 정전기 방전 (ESD): 사용자로부터의 정전기 방전 실험.
- EN 61000-4-3 (IEC 61000-4-3) 방사 방지: 이동 통신 장비, 전파 및 무선방송 장비의 영향에 대한 진폭 변조 실험.
- EN 61000-4-4 (IEC 61000-4-4) 과도 현상: 콘택터 또는 릴레이 등과 같은 장치의 과도 현상에 대한 간섭 실험.
- EN 61000-4-5 (IEC 61000-4-5) 서지 트랜지언트: 기기 주변에 발생할 수 있는 번개 등의 영향 실험.
- EN 61000-4-6 (IEC 61000-4-6) 전도 방지: 연결 케이블에 의해 연결된 무선전송 장비의 영향 실험.

방지 요구사항은 제품 표준 IEC 61800-3을 준수해야 합니다. 자세한 내용은 표 2.12을 참조하십시오.

전압 범위: 380-480 V					
제품 표준	61800-3				
시험	ESD	방사 방지	과도	서지	전도 방지
허용 기준	B	B	B	A	A
주전원 케이블	—	—	2 kV CN	2 kV/2 Ω DM 2kV/12 Ω CM	10 V _{RMS}
모터 케이블	—	—	4 kV CCC	—	10 V _{RMS}
제동 케이블	—	—	4 kV CCC	—	10 V _{RMS}
부하 공유 케이블	—	—	4 kV CCC	—	10 V _{RMS}
릴레이 케이블	—	—	4 kV CCC	—	10 V _{RMS}
제어 케이블	—	—	길이>2m 1 kV CCC	비차폐: 1 kV/42 Ω CM	10 V _{RMS}
표준/필드버스 케이블	—	—	길이>2m 1 kV CCC	비차폐: 1 kV/42 Ω CM	10 V _{RMS}
LCP 케이블	—	—	길이>2m 1 kV CCC	—	10 V _{RMS}
외함	4 kV CD 8 kV AD	10V/m	—	—	—

표 2.12 EMC 방지 요구사항

정의:

CD: Contact Discharge(접촉 방전)

AD: Air Discharge(대기 중 방전)

DM: Differential mode(차동 모드)

CM: Common mode(공통 모드)

CN: 커플링 네트워크를 통한 직접 분사

CCC: 용량형 커플링 클램프를 통한 분사

2.7 갈바닉 절연

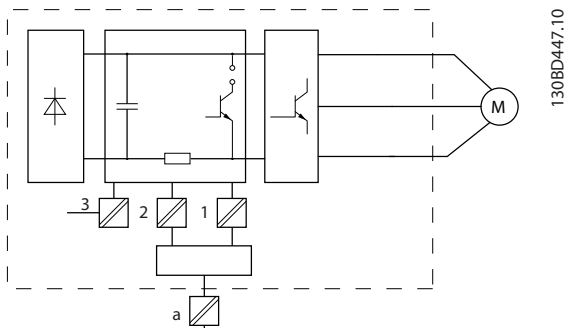
PELV는 초저전압을 통해 보호 기능을 제공합니다. PELV 종류의 전기가 공급되는 경우에는 전기적 충격에 대해 충분히 고려해야 하며, 이 때 설치되는 PELV 공급업체의 국내 또는 국제 규정에 의해 설치해야 합니다.

모든 제어 단자 및 릴레이 단자(01-03/04-06)는 PELV(Protective Extra Low Voltage, 방호초저전압)에 부합합니다. 이는 00 V를 초과하는 접지형 델타 레그에 적용되지 않습니다.

가장 높은 등급의 절연과 적당한 여유 거리를 만족시켜야만 갈바닉 절연이 이루어집니다. 이 규정은 EN 61800-5-1 표준에 명시되어 있습니다.

그림 2.30에서와 같이 전기적 절연이 이루어진 부품은 EN 61800-5-1 규정에 의거, 보다 높은 등급의 절연 요구사항 및 관련 테스트 또한 준수합니다. PELV 갈바닉 절연은 다음과 같이 세 곳에 적용되었습니다(그림 2.30 참조).

PELV를 유지하기 위해서는 제어 단자에 연결된 모든 연결부가 PELV 갈바닉 절연되어 있어야 합니다. 예를 들어, 써미스터는 절연 보강재 처리/이중 절연되어 있어야 합니다.



1	제어 카세트용 전원 공급(SMPS)
2	전원 카드와 제어 카세트 간 통신
3	고객 릴레이

그림 2.30 갈바닉 절연

표준 RS485 및 I/O 회로 (PELV) 간 접점이 기능적으로 분리되었습니다.

⚠경고

전기 부품을 만지기 전에 부하 공유(직류단), 회생동력 백업용 모터 연결부와 같은 전압 입력이 차단되었는지 확인합니다. 최소한 표 1.2에 표시된 시간만큼 기다립니다. 권장사항을 준수하지 못하면 사망 또는 중상으로 이어질 수 있습니다.

2.8 접지 누설 전류

누설 전류가 > 3.5 mA인 장비의 보호 접지는 국내 및 현지 규정을 준수합니다.

주파수 변환기 기술은 높은 출력에서의 높은 주파수 스위칭을 의미합니다. 이는 접지 연결부에 누설 전류를 발생시킵니다. 주파수 변환기의 출력 단자에 잘못된 전류가 흐르면 직류 구성품이 필터 커패시터를 충전하고 과도한 접지 전류를 야기할 수 있습니다.

접지 누설 전류는 몇 가지의 기여도로 구성되며 RFI 필터링, 차폐 모터 케이블 및 주파수 변환기 출력 등 시스템 구성에 따라 다릅니다.

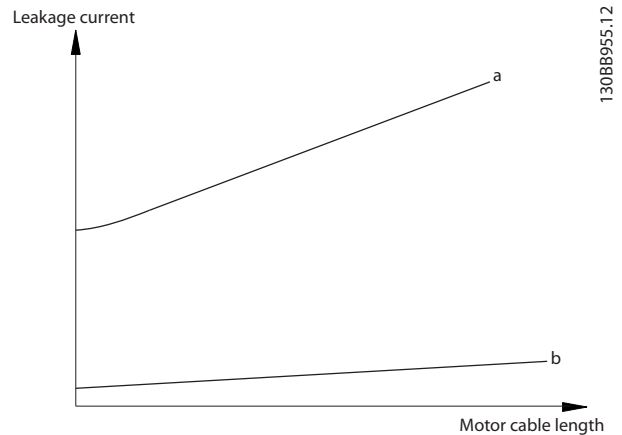


그림 2.31 케이블 길이와 출력 용량에 따른 누설 전류의 영향, $P_a > P_b$

누설 전류는 또한 라인 왜곡에 따라 다릅니다.

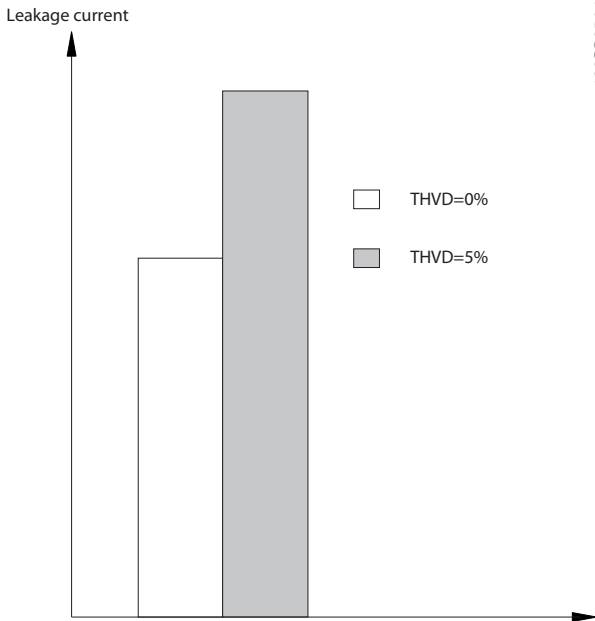


그림 2.32 라인 왜곡에 따른 누설 전류의 영향

주의 사항

누설 전류가 높으면 RCD가 꺼질 수 있습니다. 이 문제를 피하려면 필터가 충전 중일 때 RFI 나사(외함 용량 J1 - J5)를 제거하거나 14-50 RFI 필터를 [0] Off(꺼짐)(외함 용량 J6 및 J7)로 설정합니다.

EN/IEC61800-5-1(고출력 인버터 시스템 제품 표준)은 누설 전류가 3.5mA를 초과하는 경우 특별한 주의를 요구합니다. 접지는 다음과 같은 방법 중 하나로 보강해야 합니다.

- 최소 10mm²의 접지 와이어(단자 95).
- 치수 규칙을 준수하는 개별 접지 와이어 2개.

자세한 정보는 EN/IEC61800-5-1을 참조하십시오.

RCD 사용

접지 누설 회로 차단기(ELCB)라고도 하는 잔류 전류 장치(RCD)를 사용하는 경우에는 다음 사항을 준수해야 합니다.

- 교류 전류와 직류 전류를 감지할 수 있는 B형의 RCD만 사용합니다.
- 과도한 접지 전류로 인한 결함을 방지하기 위해 유입 지연 기능이 있는 RCD를 사용합니다.
- 시스템 구성 및 환경적 고려사항에 따라 RCD 치수를 정합니다.

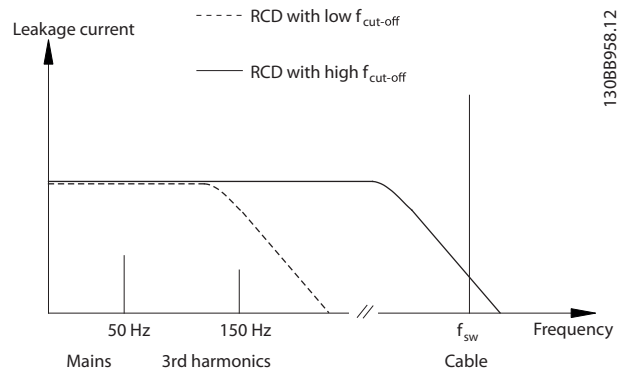


그림 2.33 누설 전류에 대한 주요 기여도

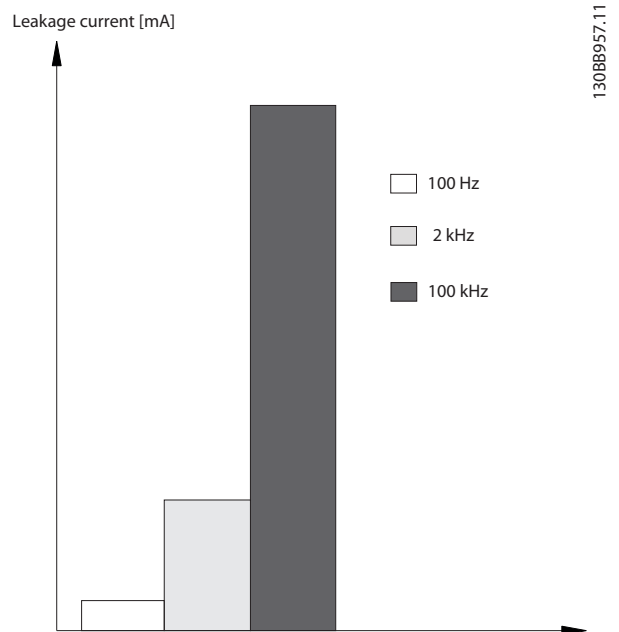


그림 2.34 RCD의 차단 주파수가 응답/측정에 미치는 영향

자세한 내용은 RCD 적용 지침을 참조하십시오.

2.9 제동 기능

2.9.1 기계식 역속 제동 장치

모터 축에 직접 장착된 기계식 역속 제동 장치는 일반적으로 정적 제동을 수행합니다.

주의 사항

역속 제동 장치가 안전망 내에 설치된 경우, 주파수 변환기는 기계식 제동 장치의 안전 제어 기능을 제공할 수 없습니다. 제동 장치 제어용 리턴던시 회로는 종합 설비 내에 설치되어 있어야 합니다.

2

2.9.2 다이내믹 제동

다음에 의한 다이내믹 제동:

- 저항 제동: 제동 IGBT는 제동 에너지를 모터에서 연결된 제동 저항으로 직접 전달함으로써 특정 임계값 하에서 과전압을 유지합니다 (2-10 Brake Function = [1] Resistor brake(저항 제동)). 임계값은 70 V 범위에서 2-14 Brake voltage reduce 단위로 조정할 수 있습니다.
- 교류 제동: 모터의 손실 조건을 변경함으로써 제동 에너지가 모터에 전달됩니다. 고주파 주파수가 모터를 과열시키므로 고주파 주파수가 있는 어플리케이션에 교류 제동 기능을 사용할 수 없습니다(2-10 Brake Function = [2] AC brake(교류 제동)).
- 직류 제동: 교류 전류에 추가된 과변조 직류 전류는 에디 전류 제동의 역할을 합니다 (2-02 DC Braking Time≠0 s).

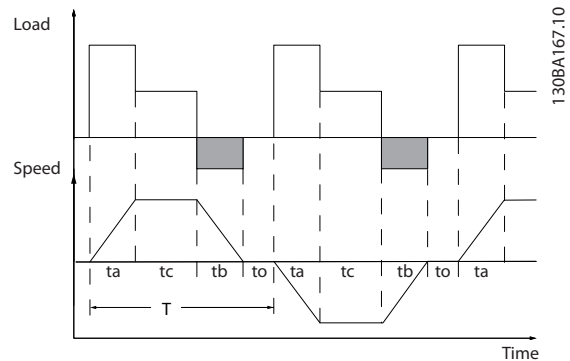


그림 2.35 일반적인 제동 사이클

2.9.3 제동 저항 선정

발전기식 제동 장치로 더 높은 제동 수준을 처리하려면 제동 저항이 필요합니다. 제동 저항을 사용하면 주파수 변환기가 아닌 제동 저항에 열이 흡수됩니다. 자세한 정보는 제동 저항 설계 지침서를 참조하십시오.

각각의 제동 기간 중에 저항으로 전달된 역학 에너지를 알 수 없는 경우, 주기 시간 및 제동 시간을 기준으로 하여 평균 전력을 계산할 수 있습니다. 저항 단속적 듀티 사이클은 저항이 동작하는 시점의 듀티 사이클을 나타냅니다. 그림 2.35은 일반적인 제동 사이클을 보여줍니다.

저항에 대한 단속적 듀티 사이클은 다음과 같이 계산됩니다.

$$\text{듀티 사이클} = t_b/T$$

t_b 는 초 단위 제동 시간입니다.
 T = 초 단위 듀티 사이클

고출력 제품군	0.37-75 kW ¹⁾
380-480 V	
주기 시간 (초)	120
100% 토크 시 제동 듀티 사이클	지속적
과도 토크(150/160%) 시 제동 듀티 사이클	40%

표 2.13 높은 과부하 토크 수준에서의 제동

1) 30-75 kW 주파수 변환기의 경우 표 2.13의 사양을 충족하기 위해서는 외부 제동 저항이 필요합니다.

덴포스는 듀티 사이클이 각각 10%와 40%인 제동 저항을 제공합니다. 만일 듀티 사이클 10%를 적용하면 제동 저항은 주기 시간의 10%에 해당하는 제동 동력을 흡수할 수 있습니다. 주기 시간의 나머지 90%는 잉여 열을 편향시키는 데 사용됩니다.

주의 사항

필요한 제동 시간을 처리하도록 저항이 설계되었는지 확인합니다.

제동 저항의 최대 허용 부하는 단속적 듀티 사이클에 따른 피크 전력으로 표시되며 다음과 같이 계산할 수 있습니다.

제동 저항 계산

$$R_{br} [\Omega] = \frac{U_{dc,br}^2 \times 0.83}{P_{peak}}$$

여기서

$$P_{peak} = P_{motor} \times M_{br} [\%] \times \eta_{motor} \times \eta_{VLT} [W]$$

보는 바와 같이 제동 저항은 매개회로 전압(U_{dc})에 따라 다릅니다.

용량	제동 동작 $U_{dc,br}$	정지 전 경고	정지 (트립)
FC 360 3x380-480 V	770 V	800 V	800 V

임계값은 70 V 범위로 2-14 Brake voltage reduce에서 조정할 수 있습니다.

주의 사항

제동 저항이 410 V 또는 820 V의 전압에서 작동 가능한지 확인합니다.

덴포스는 아래 식에 따른 제동 저항 R_{rec} 의 계산을 권장합니다. 권장된 제동 저항은 주파수 변환기가 가장 높은 제동 토크 ($M_{br}(\%)$) 160%에서 제동이 가능하도록 보장합니다.

$$R_{rec} [\Omega] = \frac{U_{dc}^2 \times 100 \times 0.83}{P_{motor} \times M_{br}(\%) \times \eta_{VLT} \times \eta_{motor}}$$

η_{motor} 값은 일반적으로 0.80 (≤ 75 . kW), 0.85 (11-22 kW)이고

η_{VLT} 값은 일반적으로 0.97입니다.

FC 360의 경우, 제동 토크 160%에서의 R_{rec} 값은 다음과 같습니다.

$$480V : R_{rec} = \frac{396349}{P_{motor}} [\Omega]^{-1}$$

$$480V : R_{rec} = \frac{397903}{P_{motor}} [\Omega]^{-2}$$

- 1) 주파수 변환기 ≤ 7.5 kW 축 출력인 경우
- 2) 주파수 변환기 11-75 kW 축 출력인 경우

주의 사항

제동 저항의 저항 값이 덴포스에서 권장하는 값보다 커서는 안됩니다. 저항 값이 높은 제동 저항을 선정하면 안전상의 이유로 주파수 변환기가 차단될 수 있으므로 제동 토크가 160%까지 도달하지 않습니다. 저항 값은 R_{min} 보다 커야 합니다.

주의 사항

제동 트랜지스터에 단락이 발생하면 주전원 스위치 또는 콘택터를 통해 주파수 변환기에서 주전원을 차단해야만 제동 저항의 전력 손실을 방지할 수 있습니다. (콘택터는 주파수 변환기로 제어할 수 있습니다.)

주의 사항

제동 저항은 제동 중에 매우 뜨거울 수 있으므로 만지지 마십시오. 화재 위험을 피하기 위해 안전한 환경에 제동 저항을 두어야 합니다.

2.9.4 제동 기능의 제어

제동 장치는 제동 저항의 단락으로부터 보호되고 제동 트랜지스터는 트랜지스터의 단락을 감지하기 위해 감시를 받습니다. 릴레이/디지털 출력은 주파수 변환기의 결합에 따른 과부하로부터 제동 저항을 보호하는데 사용됩니다.

또한 제동 장치의 순간 동력 및 마지막 120초 간의 평균 동력이 표시됩니다. 제동 장치는 또한 동력의 에너지를 감시할 수 있으며 2-12 Brake Power Limit (kW)에서 선택한 한계를 초과해서는 안됩니다.

주의 사항

제동 동력 감시는 안전 기능이 아니며 제동 동력이 한계를 초과하지 않도록 써멀 스위치가 필요합니다. 제동 저항 회로는 접지 누설을 방지할 수 없습니다.

과전압 제어 (OVC) (제동 저항 제외)는 2-17 Over-voltage Control에서 선택할 수 있는 기능이며 제동 기능 대신 사용할 수 있습니다. 이 기능은 모든 장치에서 작동합니다. 이 기능은 직류단 전압이 증가한 경우 트립되지 않도록 합니다. 직류단에서 전압을 제한, 출력 주파수를 증가시켜 트립되지 않도록 할 수 있습니다. 이는 특히 감속 시간이 너무 짧을 경우 주파수 변환기가 트립되지 않도록 하는 등 유용한 기능입니다. 이런 경우에는 감속 시간을 늘리면 됩니다.

주의 사항

PM 모터를 구동하는 경우(1-10 Motor Construction가 [1] PM non salient SPM(PM, 비돌극SPM)으로 설정되어 있는 경우) OVC를 활성화할 수 있습니다.

2.10 스마트 로직 컨트롤러

스마트 로직 컨트롤러(SLC)는 기본적으로 관련 사용자 정의 이벤트(13-51 SL 컨트롤러 이벤트 [x] 참조)를 SLC가 TRUE(참)로 연산하였을 때 SLC가 실행한 사용자 정의 동작(13-52 SL 컨트롤러 동작 [x] 참조)의 시퀀스입니다.

이벤트의 조건은 특정 상태이거나 논리 규칙 또는 비교기 피연산자의 출력이 참(TRUE)이 되는 조건일 수 있습니다. 이러한 조건은 그림 2.36에서 보는 바와 같은 관련 동작으로 이어집니다.

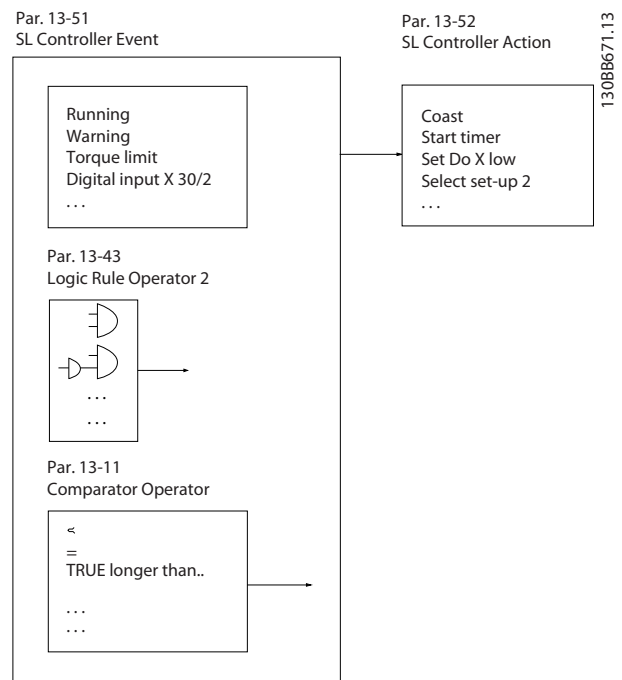


그림 2.36 관련 동작

이벤트와 동작은 각각 번호가 매겨지며 각각의 이벤트와 동작이 한 쌍을 이루어 링크됩니다. 이는 *이벤트* [0]가 완료되면(TRUE (참) 값을 얻으면), *동작* [0]이 실행됨을 의미합니다. 이후, *이벤트* [1]의 조건이 연산되고 그 결과, *TRUE (참)*로 연산되면 *동작* [1]가 실행되는 식으로 반복됩니다. 한 번에 하나의 *이벤트*만 연산할 수 있습니다. 만약 *이벤트*가 *FALSE(거짓)*로 연산되었다면, 현재 스캐닝 시간/입력 중에는 (SLC에서) 아무 일도 발생하지 않으며 어떤 다른 *이벤트*도 연산되지 않습니다. SLC 시작 시, 각 스캔 간격마다 *이벤트* [0](그리고 오직 *이벤트* [0]만)이 연산됩니다. *이벤트* [0]이 *TRUE (참)*로 연산되었을 때만 SLC가 *동작* [0]을 실행하고 *이벤트* [1]의 연산을 시작합니다. 1번부터 20번까지의 *이벤트*와 *동작*을 프로그래밍할 수 있습니다. 마지막 *이벤트/동작*이 실행되면, *이벤트* [0]/*동작* [0]에서부터 다시 위 과정을 반복합니다. 그림 2.37은 4가지 *이벤트/동작*의 예를 나타냅니다.

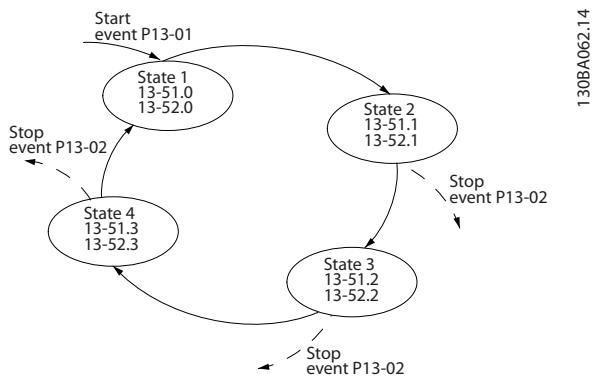


그림 2.37 3가지 이벤트/동작의 시퀀스

비교기

비교기는 연속 변수(즉, 출력 주파수, 출력 전류, 아날로그 입력 등)를 고정 프리셋 값과 비교할 때 사용합니다.

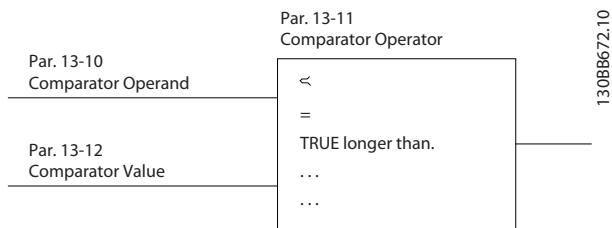


그림 2.38 비교기

논리 규칙

AND, OR 및 NOT 논리 연산자를 사용하는 타이머, 비교기, 디지털 입력, 상태 비트 및 이벤트의 부울 입력(TRUE(참)/FALSE(거짓) 입력)을 최대 3개까지 결합합니다.

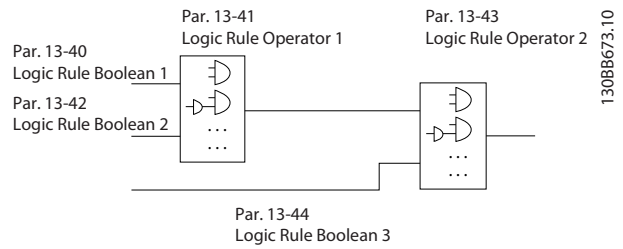


그림 2.39 논리 규칙

2.11 극한 운전 조건

단락 (모터 상간)

주파수 변환기는 모터의 3상 또는 직류단에서 각각 전류를 측정하여 단락으로부터 보호됩니다. 출력 2상이 단락되면 주파수 변환기에서 과전류가 발생합니다. 단락 회로 전류가 허용 범위를 초과하면 주파수 변환기는 개별적으로 동작을 멈춥니다(알람 16 Trip Lock(트립 잠김)).

출력(전원) 차단/공급

모터 및 주파수 변환기 간의 출력(전원) 차단/공급은 무제한으로 허용되며 주파수 변환기를 손상시키지 않습니다. 이런 경우 결함 메시지가 표시될 수 있습니다.

모터에서 발생된 전압에 의한 과전압

매개회로의 전압은 모터를 발전기로 사용하는 경우에 상승합니다. 발생 원인은 다음과 같습니다.

1. 주파수 변환기는 일정 출력 주파수로 운전되지만 부하가 모터를 작동시키는 경우.
2. 감속 중에 관성 모멘트가 크고 마찰력이 작으며 감속 시간이 너무 짧아 에너지가 주파수 변환기, 모터 및 설비에서 소모될 수 없는 경우.
3. 미끄럼 보상을 잘못 설정하면 직류단 전압이 상승할 수 있습니다.

이 때 제어 유닛은 가능한 범위에서 가감속 교정을 시도할 수 있습니다(2-17 과전압 제어).

특정 전압 수준에 이르면 트랜지스터 및 매개회로 콘덴서를 보호하기 위해 주파수 변환기가 꺼집니다.

매개 회로 전압 수준을 제어하는 데 사용되는 방법을 선택하려면 2-10 제동 기능과 2-17 과전압 제어를 참조하십시오.

주전원 저전압

주전원 저전압 중에도 주파수 변환기는 매개회로 전압이 최소 정지 수준인 320 V로 떨어질 때까지 운전을 계속합니다. 인버터가 정지되는데 소요된 시간은 저전압 이전의 주전원 전압 및 모터 부하에 따라 달라질 수 있습니다.

VVC+ 모드에서의 정적 과부하

주파수 변환기에 과부하가 발생(4-16 Torque Limit Motor Mode/4-17 Torque Limit Generator Mode)의 토오크 한계에 도달하면 제어 유닛은 출력 주파수를 감소시켜 부하를 줄입니다.

지나친 과부하가 발생할 경우에는 전류에 의해 약 5-10초 후에 주파수 변환기가 차단될 수 있습니다.

토오크 한계 내에서 운전할 수 있는 시간(0-60초)은 14-25 Trip Delay at Torque Limit에서 제한됩니다.

2.11.1 모터 쉼벌 보호

심각한 손상으로부터 어플리케이션을 보호하기 위해 VLT® AutomationDrive FC 360는 몇 가지 전용 기능을 제공합니다.

토오크 한계

토오크 한계는 모터를 속도와 관계 없이 과부하되지 않게 보호합니다. 토오크 한계는 4-16 Torque Limit Motor Mode 및/또는 4-17 Torque Limit Generator Mode에서 제어되며 토오크 한계 경고로 트립되기 전까지의 시간은 14-25 Trip Delay at Torque Limit에서 제어됩니다.

전류 한계

전류 한계는 4-18 Current Limit에서 제어되며 전류 한계 경고로 인해 트립되기 전까지의 시간은 14-24 Trip Delay at Current Limit에서 제어됩니다.

최소 속도 한계

(4-12 Motor Speed Low Limit [Hz])는 주파수 변환기가 제공할 수 있는 최소 출력 속도를 설정합니다.

최대 속도 한계

(4-14 Motor Speed High Limit [Hz] 또는 4-19 Max Output Frequency)는 주파수 변환기가 제공할 수 있는 최대 출력 속도를 설정합니다.

ETR(Electronic Thermal Relay, 전자 쉼벌 릴레이)

주파수 변환기 ETR 기능은 전류, 속도 및 시간을 측정하여 모터 온도를 계산하고 모터가 과열(경고 또는 트립)되지 않도록 보호합니다. 외부 써미스터 입력 또한 제공됩니다. ETR은 내부 측정값을 기준으로 바이메탈 릴레이를 모의 시험하는 전자 기능입니다. 특성은 그림 2.40에 나타나 있습니다.

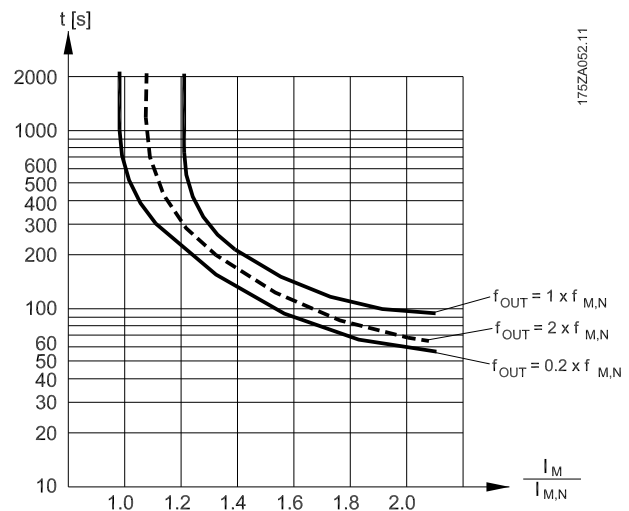


그림 2.40 ETR

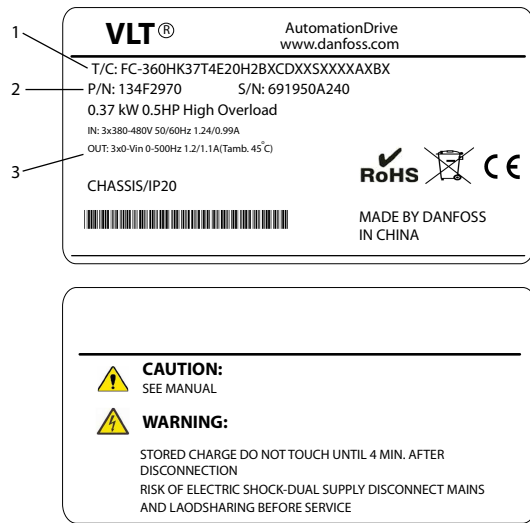
X축은 I_{motor} 와 정격 I_{motor} 간의 비율을 나타냅니다. Y축은 ETR이 차단되고 주파수 변환기가 트립되기 전의 시간을 초 단위로 나타냅니다. 곡선은 정격 속도 2배와 정격 속도 0.2배 시점의 정격 속도 특성을 나타냅니다. 속도가 낮으면 모터의 냉각 성능이 감소하여 낮은 쉼벌 조건에서 ETR이 차단됩니다. 이러한 방식으로 낮은 속도에서도 모터가 과부하되지 않도록 보호됩니다. ETR 기능은 실제 전류와 속도를 기준으로 하여 모터 온도를 계산합니다. 계산된 온도는 16-18 Motor Thermal의 파라미터 읽기 값으로 확인할 수 있습니다.

3 유형 코드 및 선택

3.1 주문

주파수 변환기 명판의 출력 용량, 전압 및 과부하 데이터를 확인하여 장비가 요구사항 및 발주 정보와 일치하는지 확인합니다.

3



1308C435.11

1	유형 코드
2	주문 번호
3	사양

그림 3.1 명판 1과 2

1-6: 제품 이름	
7: 과부하	H: 중 과부하 Q: 정상 과부하 ¹⁾
8-10: 출력 용량	0.37-75 kW 예: K37: 0.37 kW ²⁾ 1K1: 1.1 kW 11K: 11 kW 등
11-12: 전압 클래스	T4: 380-480 V 3상
13-15: IP 클래스	E20: IP20
16-17: RFI	H2: C3 클래스
18: 제동 초퍼	X: 아니오 B: 내장 ³⁾
19: LCP	X: 아니오
20: PCB 코팅	C: 3C3
21: 주전원 단자	D: 부하 공유
29-30: 내장형 필터버스	AX: 아니오 A0: 프로피버스 AL: ProfiNet ⁴⁾

표 3.1 유형 코드: 각기 다른 기능 및 옵션의 선택 항목

옵션 및 액세서리는 설계 지침서의 옵션 및 액세서리 절을 참조하십시오.

- 1) 정상 과부하 관련 제품은 11-75 kW만 해당. 프로피버스와 ProfiNet은 정상 과부하에 사용할 수 없습니다.
- 2) 모든 출력 용량은 장을 4.1.1 주전원 공급 3x380-480V AC 참조.
- 3) 0.37-22 kW 제동 초퍼 내장. 30-75 kW 별도의 외장 제동 초퍼 설치 필요.
- 4) 출시 예정.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
F	C	-	3	6	0	H				T	4	E	2	0	H	2	X	X	C	D	X	X	S	X	X	X	X	A	X	B	X
						Q											B											A	0		
																												A	L		

1308C437.10

그림 3.2 유형 코드 문자열

3.2 발주 번호: 옵션 및 액세서리

설명	발주 번호
VLT [®] 제어 패널 LCP 21	132B0254 ¹⁾
VLT [®] LCP 원격 설치 키트 (3m 케이블 포함)	132B0102 ²⁾
VLT [®] 블라인드 덮개, FC 360	132B0262 ¹⁾
VLT [®] 그래픽 LCP 어댑터	132B0281
VLT [®] 제어 패널 LCP 102	130B1107
VLT [®] 엔코더 입력 MCB 102, FC 360	132B0282
VLT [®] 리졸버 입력 MCB 103, FC 360	132B0283
VLT [®] 단자 덮개(MCB, J1, FC 360용)	132B0263
VLT [®] 단자 덮개(MCB, J2, FC 360용)	132B0265
VLT [®] 단자 덮개(MCB, J3, FC 360용)	132B0266
VLT [®] 단자 덮개(MCB, J4, FC 360용)	132B0267
VLT [®] 단자 덮개(MCB, J5, FC 360용)	132B0268
VLT [®] 디커플링 플레이트 장착 키트, J1	132B0258
VLT [®] 디커플링 플레이트 장착 키트, J2, J3	132B0259
VLT [®] 디커플링 플레이트 장착 키트, J4, J5	132B0260
VLT [®] 디커플링 플레이트 장착 키트, J6	132B0284
VLT [®] 디커플링 플레이트 장착 키트, J7	132B0285

1) 2종 패키지, 6개 또는 72개

2) 1종 패키지, 2개

3.3 발주 번호: 제동 저항

덴포스는 당사 주파수 변환기에 맞게 특별히 설계된 다양한 저항을 제공합니다. 제동 저항의 치수는 [장을 2.9.4 제동 기능의 제어](#)를 참조하십시오. 이 절에는 제동 저항의 발주 번호가 수록되어 있습니다.

3.3.1 발주 번호: 제동 저항 10%

FC 360	P _m (H0)	R _{min}	R _{br. nom}	R _{rec}	P _{br avg}	코드 번호	기간	케이블 단 면적 ¹⁾	써멀 릴레이	R _{rec} 의 최 대 제동 토크
T4	[kW]	[Ω]	[Ω]	[Ω]	[kW]	175Uxxxx	[s]	[mm ²]	[A]	[%]
HK37	0.37	890	1041.98	989	0.030	3000	120	1.5	0.3	139
HK55	0.55	593	693.79	659	0.045	3001	120	1.5	0.4	131
HK75	0.75	434	508.78	483	0.061	3002	120	1.5	0.4	129
H1K1	1.1	288	338.05	321	0.092	3004	120	1.5	0.5	132
H1K5	1.5	208	244.41	232	0.128	3007	120	1.5	0.8	145
H2K2	2.2	139	163.95	155	0.190	3008	120	1.5	0.9	131
H3K0	3	100	118.86	112	0.262	3300	120	1.5	1.3	131
H4K0	4	74	87.93	83	0.354	3335	120	1.5	1.9	128
H5K5	5.5	54	63.33	60	0.492	3336	120	1.5	2.5	127
H7K5	7.5	38	46.05	43	0.677	3337	120	1.5	3.3	132
H11K	11	27	32.99	31	0.945	3338	120	1.5	5.2	130
H15K	15	19	24.02	22	1.297	3339	120	1.5	6.7	129
H18K	18.5	16	19.36	18	1.610	3340	120	1.5	8.3	132
H22K	22	16	18.00	17	1.923	3357	120	1.5	10.1	128
H30K	30	11	14.6	13	2.6	3341	120	2.5	13.3	150
H37K	37	9	11.7	11	3.2	3359	120	2.5	15.3	150
H45K	45	8	9.6	9	3.9	3065	120	10	20	150
H55K	55	6	7.8	7	4.8	3070	120	10	26	150
H75K	75	4	5.7	5	6.6	3231	120	10	36	150

표 3.2 FC 360 - 주전원: 380-480 V (T4), 10% 듀티 사이클

1) 모든 배선은 케이블 단면적과 주위 온도에 관한 국제 및 국내 관련 규정을 준수해야 합니다.

3.3.2 발주 번호: 제동 저항 40%

FC 360	P _m (H0)	R _{min}	R _{br. nom}	R _{rec}	P _{br avg}	코드 번호	기간	케이블 단 면적 ¹⁾	써멀 릴레 이	R _{rec} 의 최 대 제동 토 오크
T4	[kW]	[Ω]	[Ω]	[Ω]	[kW]	175Uxxxxx	[s]	[mm ²]	[A]	[%]
HK37	0.37	890	1041.98	989	0.127	3101	120	1.5	0.4	139
HK55	0.55	593	693.79	659	0.191	3308	120	1.5	0.5	131
HK75	0.75	434	508.78	483	0.260	3309	120	1.5	0.7	129
H1K1	1.1	288	338.05	321	0.391	3310	120	1.5	1	132
H1K5	1.5	208	244.41	232	0.541	3311	120	1.5	1.4	145
H2K2	2.2	139	163.95	155	0.807	3312	120	1.5	2.1	131
H3K0	3	100	118.86	112	1.113	3313	120	1.5	2.7	131
H4K0	4	74	87.93	83	1.504	3314	120	1.5	3.7	128
H5K5	5.5	54	63.33	60	2.088	3315	120	1.5	5	127
H7K5	7.5	38	46.05	43	2.872	3316	120	1.5	7.1	132
H11K	11	27	32.99	31	4.226	3236	120	2.5	11.5	130
H15K	15	19	24.02	22	5.804	3237	120	2.5	14.7	129
H18K	18.5	16	19.36	18	7.201	3238	120	4	19	132
H22K	22	16	18.00	17	8.604	3203	120	4	23	128
H30K	30	11	14.6	13	11.5	3206	120	10	32	150
H37K	37	9	11.7	11	14.3	3210	120	10	38	150
H45K	45	8	9.6	9	17.5	3213	120	16	47	150
H55K	55	6	7.8	7	21.5	3216	120	25	61	150
H75K	75	4	5.7	5	29.6	3219	120	35	81	150

표 3.3 FC 360 - 주전원: 380-480 V (T4), 40% 듀티 사이클

1) 모든 배선은 케이블 단면적과 주위 온도에 관한 국제 및 국내 관련 규정을 준수해야 합니다.

4 사양

4.1 출력에 따른 사양

4

주파수 변환기 적용가능 축동력[kW]	HK37 0.37	HK55 0.55	HK75 0.75	H1K1 1.1	H1K5 1.5	H2K2 2.2	H3K0 3	H4K0 4	H5K5 5.5	H7K5 7.5
의함 IP20	J1	J1	J1	J1	J1	J1	J2	J2	J2	J3
출력 전류										
축동력 [kW]	0.37	0.55	0.75	1.1	1.5	2.2	3	4	5.5	7.5
지속적 (3x380-440 V) [A]	1.2	1.7	2.2	3	3.7	5.3	7.2	9	12	15.5
지속적 (3x441-480 V) [A]	1.1	1.6	2.1	2.8	3.4	4.8	6.3	8.2	11	14
단속적 (60초 과부하) [A]	1.9	2.7	3.5	4.8	5.9	8.5	11.5	14.4	19.2	24.8
지속적 kVA (400V AC) [kVA]	0.84	1.18	1.53	2.08	2.57	3.68	4.99	6.24	8.32	10.74
지속적 kVA (480 V AC) [kVA]	0.9	1.3	1.7	2.5	2.8	4.0	5.2	6.8	9.1	11.6
최대 입력 전류										
지속적 (3x380-440 V) [A]	1.2	1.6	2.1	2.6	3.5	4.7	6.3	8.3	11.2	15.1
지속적 (3x441-480 V) [A]	1.0	1.2	1.8	2.0	2.9	3.9	4.3	6.8	9.4	12.6
단속적 (60초 과부하) [A]	1.9	2.6	3.4	4.2	5.6	7.5	10.1	13.3	17.9	24.2
추가 사양										
케이블 최대 단면적 (주전원, 모터, 제동 장치 및 부하 공유) [mm ² /AWG]	4 mm ²									
경계 최대 부하 시 추정 전력 손실 [W] ²⁾	20.88	25.16	30.01	40.01	52.91	73.97	94.81	115.5	157.54	192.83
중량, 의함 IP20	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.5	3.6	3.6	3.6	4.1
효율 [%] ³⁾	96.2	97.0	97.2	97.4	97.4	97.6	97.5	97.6	97.7	98.0

표 4.1 주전원 공급 3x380-480 V AC - 중 과부하¹⁾

주파수 변환기 적용가능 축동력[kW]	H11K 11	H15K 15	H18K 18.5	H22K 22	H30K 30	H37K 37	H45K 45	H55K 55	H75K 75	
IP20	J4	J4	J5	J5	J6	J6	J6	J7	J7	
출력 전류										
지속적 (3x380-440 V) [A]	23	31	37	42.5	61	73	90	106	147	
지속적 (3x441-480 V) [A]	21	27	34	40	52	65	77	96	124	
단속적 (60초 과부하) [A]	34.5	46.5	55.5	63.8	91.5	109.5	135	159	220.5	
지속적 kVA (400V AC) [kVA]	15.94	21.48	25.64	29.45	42.3	50.6	62.4	73.4	101.8	
지속적 kVA (480 V AC) [kVA]	17.5	22.4	28.3	33.3	43.2	54.0	64.0	79.8	103.1	
최대 입력 전류										
지속적 (3x380-440 V) [A]	22.1	29.9	35.2	41.5	57	70.3	84.2	102.9	140.3	
지속적 (3x441-480 V) [A]	18.4	24.7	29.3	34.6	49.3	60.8	72.7	88.8	121.1	
단속적 (60초 과부하) [A]	33.2	44.9	52.8	62.3	85.5	105.5	126.3	154.4	210.5	
추가 사양										
최대 케이블 규격(주전원, 모터, 제동 장치) [mm ² /AWG]	16 mm ²			50 mm ²					85 mm ²	
경계 최대 부하 시 추정 전력 손실 [W] ²⁾	289.53	393.36	402.83	467.52	630	848	1175	1250	1507	
중량 의함 IP20 [kg]	9.4	9.5	12.3	12.5	22.4	22.5	22.6	37.3	38.7	
효율 [%] ³⁾	97.8	97.8	98.1	97.9	98.1	98.0	97.7	98.0	98.2	

표 4.2 주전원 공급 3x380-480 V AC - 중 과부하¹⁾

주파수 변환기 적용가능 축동력[kW]	Q11K	Q15K	Q18K	Q22K	Q30K	Q37K	Q45K	Q55K	Q75K
IP20	J4	J4	J5	J5	J6	J6	J6	J7	J7
출력 전류									
지속적 (3x380-440 V) [A]	23	31	37	42.5	61	73	90	106	147
지속적 (3x441-480 V) [A]	21	27	34	40	52	65	77	96	124
단속적 (60초 과부하) [A]	25.3	34.1	40.7	46.8	67.1	80.3	99	116.6	161.7
지속적 kVA (400V AC) [kVA]	15.94	21.48	25.64	29.45	42.3	50.6	62.4	73.4	101.8
지속적 kVA (480 V AC) [kVA]	17.5	22.4	28.3	33.3	43.2	54.0	64.0	79.8	103.1
최대 입력 전류									
지속적 (3x380-440 V) [A]	22.1	29.9	35.2	41.5	57	70.3	84.2	102.9	140.3
지속적 (3x441-480 V) [A]	18.4	24.7	29.3	34.6	49.3	60.8	72.7	88.8	121.1
단속적 (60초 과부하) [A]	24.3	32.9	38.7	45.7	62.7	77.3	92.6	113.2	154.3
추가 사양									
최대 케이블 규격(주전원, 모터, 채동 장치) [mm ² /AWG]	16 mm ²				50 mm ²				85 mm ²
정격 최대 부하 시 추정 전력 손실 [W] ²⁾	289.53	393.36	402.83	467.52	630	848	1175	1250	1507
중량 외함 IP20 [kg]	9.4	9.5	12.3	12.5	22.4	22.5	22.6	37.3	38.7
효율 [%] ³⁾	97.8	97.8	98.1	97.9	98.1	98.0	97.7	98.0	98.2

표 4.3 주전원 공급 3x380-480 V AC - 정상 과부하¹⁾

1) 중 과부하=60초간 150-160%의 토오크, 정상 과부하=60초간 110%의 토오크

2) 추정 전력 손실은 정격 부하시 기준이며 그 허용 한계는±15% 내로 예상됩니다(허용 한계는 전압 및 케이블 조건에 따라 다릅니다).

낮은 대표적인 모터 효율 (IE2/IE3 경계선)을 기준으로 합니다. 효율이 낮은 모터는 주파수 변환기에서 전력 손실을 추가로 발생시키고, 효율이 높은 모터는 전력 손실을 줄입니다.

주파수 변환기 냉각 치수에 적용합니다. 스위칭 주파수가 초기 설정보다 높으면 전력 손실이 커질 수 있습니다. LCP와 컨트롤카드의 전력 소비도 포함됩니다. 손실된 부분에 추가 옵션과 고객의 임의 부하를 최대 30W까지 추가할 수도 있습니다(완전히 로드된 제어 카드 또는 슬롯 B의 옵션의 경우 일반적으로 4W만 추가할 수 있습니다).

EN 50598-2에 따른 전력 손실 데이터는 다음을 참조하십시오. www.danfoss.com/vltenergyefficiency.

3) 외함 용량 J1-J5의 경우 정격 부하 및 정격 주파수에서 차폐된 모터 케이블(5m)을 사용하여 측정하고 외함 용량 J6 및 J7의 경우 정격 부하 및 정격 주파수에서 차폐된 모터 케이블(33m)을 사용하여 측정. 에너지 효율 클래스는 장을 4.2 일반사양의 주위 조건 편을 참조하십시오. 부품 부하 손실은 다음 참조. www.danfoss.com/vltenergyefficiency.

4.2 일반사양

주전원 공급 (L1, L2, L3)

공급 단자	L1, L2, L3
공급 전압	380-480 V:-15% (-25%) ¹⁾ - +10%
1) 주파수 변환기는 -25% 입력 전압에서 성능이 약화된 상태로 구동할 수 있습니다. 주파수 변환기의 최대 출력은 -25% 입력 전압의 경우 75%이고 -15% 입력 전압의 경우 85%입니다.	
주전원 전압이 주파수 변환기의 최저 정격 공급 전압보다 10% 이상 낮으면 최대 토크를 기대할 수 없습니다.	
공급 주파수	50/60 Hz ±5%
주전원 상간 일시 불균형 최대 허용값	정격 공급 전압의 3.0%
실제 역률 (λ)	정격 부하 시 정격 ≥ 0.9
기본과 변위 역률 (cos φ)	1에 근접(> 0.98)
입력 전원 L1, L2, L3의 차단/공급(전원인가) ≤ 7.5kW	최대 2회/분
입력 전원 L1, L2, L3의 차단/공급(전원인가) 11-75kW	최대 1회/분

이 유닛은 480V, 실효치 대칭 전류 100,000A 미만의 회로에서 사용하기에 적합합니다.

모터 출력 (U, V, W)

출력 전압	공급 전압의 0-100%
출력 주파수	0-500 Hz
VVC+ 모드에서의 출력 주파수	0-200 Hz
출력 전원 차단/공급	무제한
가감속 시간	0.05-3600 s

토크 특성

기동 토크 (일정 토크)	60초간 최대 160% ¹⁾
과부하 토크 (일정 토크)	60초간 최대 160% ¹⁾
기동 토크 (가변 토크)	60초간 최대 110% ¹⁾
과부하 토크 (가변 토크)	60초간 최대 110%
기동 전류	1초간 최대 200%
VVC+에서의 토크 상승 시간(f _{sw} 에 따라 다름)	10 ms

1) 백분율은 정격 토크와 관련이 있습니다.

2) 토크 응답 시간은 어플리케이션 및 부하에 따라 다르지만 일반적으로 토크는 0에서 지령이 4-5 x 토크 상승 시간이 될 때까지 단계적으로 변합니다.

케이블 길이 및 단면적¹⁾

차폐된 모터 케이블의 최대 허용 길이	50 m
비차폐 모터 케이블의 최대 허용 길이	0.37-22 kW: 75 m, 30-75 kW: 100 m
제어 단자(연선/단선)의 최대 단면적	2.5 mm ² /14 AWG
제어 단자의 최소 단면적	0.55 mm ² / 30 AWG

1) 전원 케이블은 표 4.1 ~ 표 4.3 참조.

디지털 입력

프로그래밍 가능한 디지털 입력 개수	7
단자 번호	18, 19, 27 ¹⁾ , 29 ¹⁾ , 32, 33, 31
논리	PNP 또는 NPN
전압 범위	0-24 V DC
전압 범위, 논리 0 PNP	< 5 V DC
전압 범위, 논리 1 PNP	> 10 V DC
전압 범위, 논리 0 NPN	> 19 V DC
전압 범위, 논리 1 NPN	< 14 V DC
최대 입력 전압	28 V DC
펄스 주파수 범위	4 Hz-32 kHz
(듀티 사이클) 최소 펄스 폭	4.5 ms
입력 저항, R _i	약 4 kΩ

1) 단자 27과 29도 출력 단자로 프로그래밍이 가능합니다.

아날로그 입력	
아날로그 입력 개수	2
단자 번호	53, 54
모드	전압 또는 전류
모드 선택	소프트웨어
전압 범위	0-10 V
입력 저항, R_i	약 10 k Ω
최대 전압	-15 ~ +20 V
전류 범위	0/4 - 20mA (가변 범위)
입력 저항, R_i	약 200 Ω
최대 전류	30 mA
아날로그 입력의 분해능	11비트
아날로그 입력의 정밀도	최대 오류: 전체 측정범위 중 0.5%
대역폭	100 Hz

아날로그 입력은 공급 전압(PELV) 및 다른 고전압 단자로부터 갈바닉 절연되어 있습니다.

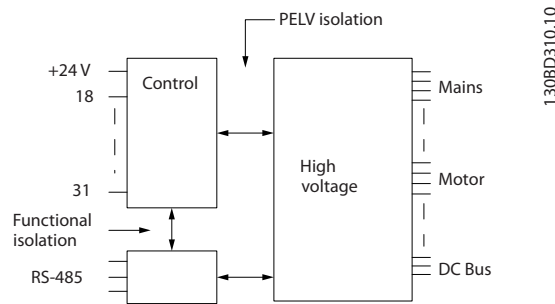


그림 4.1 아날로그 입력

펄스 입력	
프로그래밍 가능한 펄스 입력	2
단자 번호 펄스	29, 33
단자 29, 33의 최대 주파수	32kHz (푸시 풀 구동)
단자 29, 33의 최대 주파수	5kHz (오픈 콜렉터)
단자 29, 33의 최소 주파수	4 Hz
전압 범위	디지털 입력 절 참조
최대 입력 전압	28 V DC
입력 저항, R_i	약 4 k Ω
펄스 입력 정밀도 (0.1-1kHz)	최대 오류: 전체 측정범위 중 0.1%
펄스 입력 정밀도 (1-32 kHz)	최대 오류: 전체 측정범위 중 0.05%

아날로그 출력	
프로그래밍 가능한 아날로그 출력 개수	2
단자 번호	45, 42
아날로그 출력일 때 전류 범위	0/4-20mA
아날로그 출력일 때 공통(common)으로의 최대 저항 부하	500 Ω
아날로그 출력의 정밀도	최대 오차: 전체 측정범위 중 0.8%
아날로그 출력의 분해능	10비트

아날로그 출력은 공급 전압 (PELV) 및 다른 고전압 단자로부터 갈바닉 절연되어 있습니다.

제어카드, RS485 직렬 통신	
단자 번호	68 (P,TX+, RX+), 69 (N,TX-, RX-)
단자 번호 61	단자 68과 69의 공통

RS485 직렬 통신 회로는 공급장치 전압(PELV)으로부터 갈바닉 절연되어 있습니다.

디지털 출력

프로그래밍 가능한 디지털/펄스 출력 개수	2
단자 번호	27, 29 ¹⁾
디지털/주파수 출력의 전압 범위	0-24V
최대 출력 전류 (싱크 또는 소스)	40 mA
주파수 출력일 때 최대 부하	1 kΩ
주파수 출력일 때 최대 용량형 부하	10 nF
주파수 출력일 때 최소 출력 주파수	4 Hz
주파수 출력일 때 최대 출력 주파수	32 kHz
주파수 출력 정밀도	최대 오차: 전체 측정범위 중 0.1%
주파수 출력의 분해능	10비트

1) 단자 27과 29도 입력 단자로 프로그래밍이 가능합니다.

디지털 출력은 공급 전압(PELV) 및 다른 고전압 단자로부터 갈바닉 절연되어 있습니다.

제어카드, 24V DC 출력

단자 번호	12
최대 부하	100 mA

24V DC 공급은 공급 전압(PELV)로부터 갈바닉 절연되어 있지만 아날로그 입출력 및 디지털 입출력과 전위가 같습니다.

릴레이 출력

프로그래밍 가능한 릴레이 출력	2
릴레이 01 및 02	01-03 (NC), 01-02 (NO), 04-06 (NC), 04-05 (NO)
01-02/04-05 (NO)의 최대 단자 부하 (AC-1) ¹⁾ (저항부하)	250 V AC, 3 A
01-02/04-05 (NO)의 최대 단자 부하 (AC-15) ¹⁾ (유도부하 @ cosφ 0.4)	250V AC, 0.2A
01-02/04-05 (NO)의 최대 단자 부하 (DC-1) ¹⁾ (저항부하)	30V DC, 2A
01-02/04-05 (NO)의 최대 단자 부하 (DC-13) ¹⁾ (유도부하)	24V DC, 0.1A
01-03/04-06 (NC)의 최대 단자 부하 (AC-1) ¹⁾ (저항부하)	250 V AC, 3 A
01-03/04-06 (NC)의 최대 단자 부하 (AC-15) ¹⁾ (유도부하 @ cosφ 0.4)	250V AC, 0.2A
01-03/04-06 (NC)의 최대 단자 부하 (DC-1) ¹⁾ (저항부하)	30V DC, 2A
01-03 (NC), 01-02 (NO)의 최소 단자 부하	24V DC 10mA, 24V AC 20mA

1) IEC 60947 4부 및 5부

릴레이 접점은 절연 강화물을 사용하여 회로의 나머지 부분로부터 갈바닉 절연되어 있습니다.

제어카드, +10V DC 출력

단자 번호	50
출력 전압	10.5 V ±0.5 V
최대 부하	15 mA

10V DC 공급은 공급 전압(PELV) 및 다른 고전압 단자로부터 갈바닉 절연되어 있습니다.

제어 특성

0-500Hz 기준 출력 주파수의 분해능	± 0.003 Hz
시스템 반응 시간 (단자 18, 19, 27, 29, 32, 33)	≤ 2 ms
속도 제어 범위 (개회로)	동기 속도의 1:100
속도 정밀도 (개회로)	정격 속도의 ± 0.5%
속도 정밀도 (폐회로)	정격 속도의 ± 0.1%

모든 제어 특성은 4극 비동기식 모터를 기준으로 하였습니다.

주위 조건

외함 용량 J1-J7	IP20
진동 시험, 모든 외함 용량	1.0 g
상대 습도	운전하는 동안 5% - 95%(IEC 721-3-3; 클래스 3K3 (비응축))
열악한 환경 (IEC 60068-2-43) H ₂ S 시험	클래스 Kd
IEC 60068-2-43 H ₂ S에 따른 시험 방식 (10일)	
주위 온도 (60 AVM 스위칭 모드 기준)	

- 용량 감소가 있는 경우	최대 55 °C ¹⁾
- 일부 용량의 경우 최대 출력 전류 기준	최대 50 °C
- 최대 출력 전류(지속적) 기준	최대 45 °C
최소 주위 온도(최대 운전 상태일 때)	0 °C
최소 주위 온도(효율 감소 시)	-10 °C
보관/운반 시 온도	-25 - + 65/70 °C
최대 해발 고도(용량 감소 없음)	1000 m
최대 해발 고도(용량 감소)	3000 m
EMC 표준 규격, 방사	EN 61800-3, EN 61000-3-2, EN 61000-3-3, EN 61000-3-11, EN 61000-3-12, EN 61000-6-3/4, EN 55011, IEC 61800-3
EMC 표준 규격, 방지	EN 61800-3, EN 61000-6-1/2, EN 61000-4-2, EN 61000-4-3, EN 61000-4-4, EN 61000-4-5, EN 61000-4-6
에너지 효율 클래스 ¹⁾	IE2

1) EN50598-2에 따른 판단 기준:

- 정격 부하
- 90% 정격 주파수
- 스위칭 주파수 초기 설정
- 스위칭 방식 공장 설정값

제어카드 성능

스캔 주기	1 ms
-------	------

보호 기능

- 과부하에 대한 전자 쉘터 모터 보호
- 방열판의 온도 감시 기능은 온도가 미리 정의된 수준에 도달한 경우에 주파수 변환기를 트립시킵니다. 방열판의 온도가 온도 한계 아래로 떨어지기 전에는 과열 트립을 리셋할 수 없습니다.
- 인버터의 모터 단자 U, V, W는 단락으로부터 보호됩니다.
- 주전원 결상이 발생하면 주파수 변환기가 트립되거나 경고가 발생합니다(부하 및 파라미터 설정에 따라 다름).
- 직류회로 전압을 감시하여 전압이 너무 높거나 너무 낮으면 주파수 변환기가 트립됩니다.
- 인버터의 모터 단자 U, V, W는 접지 결함으로부터 보호됩니다.

4.3 퓨즈

4.3.1 소개

주파수 변환기 내부의 구성품 고장 (첫 결함) 시 서비스 기사의 상해 및 장비의 파손으로부터 보호할 수 있도록 퓨즈 및/또는 회로 차단기를 공급부 측에 사용합니다.

분기 회로 보호

설비, 개폐기, 기계 등의 모든 분기 회로는 국내/국제 규정에 따라 단락 및 과전류로부터 보호되어야 합니다.

주의 사항

권장 사항은 UL에 대한 분기 회로 보호에는 해당하지 않습니다.

표 4.4는 시험을 거친 권장 퓨즈의 목록입니다.

권장 사항에 따라 퓨즈를 선정하면 손상이 발생하더라도 주파수 변환기 내부 손상에 국한됩니다.

⚠ 경고

권장 사항을 준수하지 않거나 고장이 발생한 경우 신체적인 위험이나 주파수 변환기 및 기타 장비가 손상될 수 있습니다.

4.3.2 CE 준수

주의 사항

퓨즈 또는 회로 차단기 사용은 IEC 60364 (CE) 준수를 위한 필수 조건입니다.

덴포스는 100000 A_{rms} (대칭), (주파수 변환기 전압 등급에 따라) 380-480 V 용량의 회로에서 사용하기에 적합한 표 4.4의 퓨즈 사용을 권장합니다. 퓨즈가 올바르게 설치된 주파수 변환기 단락 회로 전류 등급(SCCR)은 100000 A_{rms}입니다.

외함 용량	출력 [kW]	CE 준수 퓨즈
J1	0.37-1.1	gG-10
	1.5	
	2.2	
J2	3.0	gG-25
	4.0	
	5.5	
J3	7.5	gG-32
J4	11-15	gG-50
J5	18.5	gG-80
	22	
J6	30	gG-125
	37	
	45	
J7	55	aR-250
	75	

표 4.4 CE 퓨즈, 380-480 V, 외함 용량 J1-J7

4.4 효율

주파수 변환기의 효율(η_{VLT})

주파수 변환기의 부하는 효율에 거의 영향을 미치지 않습니다. 일반적으로 모터가 정격 축 토크의 100%를 공급하거나 부분적으로 75%만 공급하더라도 모터 정격 주파수 $f_{M,N}$ 에서 효율은 동일합니다.

이는 다른 U/f 특성을 선택해도 주파수 변환기의 효율은 변하지 않음을 의미하기도 합니다. 하지만 U/f 특성은 모터의 효율에는 영향을 미칩니다.

스위칭 주파수가 초기 설정값 이상으로 설정된 경우 효율이 약간 떨어집니다. 또한 주전원 전압이 480V이거나 모터 케이블의 길이가 30미터 이상인 경우에도 효율이 약간 떨어집니다.

주파수 변환기의 효율 계산

그림 4.2를 기준으로 각각 다른 부하에서 주파수 변환기의 효율을 계산합니다. 이 그래프의 계수는 사양표에 수록된 특정 효율 계수를 곱해야 합니다.

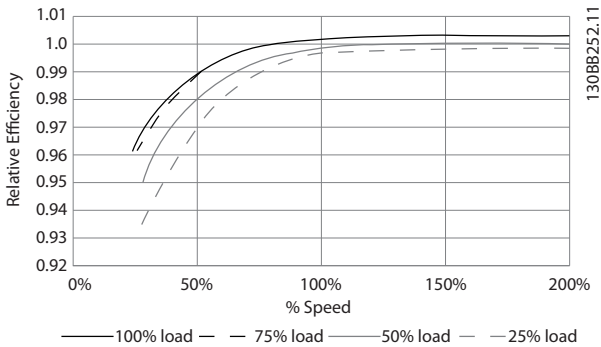


그림 4.2 일반적인 효율 곡선

모터의 효율 (η_{MOTOR})

주파수 변환기에 연결된 모터의 효율은 전류의 사인 곡선에 따라 달라집니다. 일반적으로 효율은 주전원으로 기동하여 운전했을 때와 거의 동일합니다. 모터 효율은 모터 종류에 따라 달라집니다.

정격 토크의 75-100% 범위에서 주파수 변환기에 의해 제어되거나 주전원에서 직접 구동되는 경우에도 실제 모터 효율은 일정합니다.

소형 모터에서 U/f 특성은 효율에 거의 영향을 주지 않습니다. 하지만 11kW 이상의 대형 모터에서는 U/f 특성이 효율에 큰 영향을 미칩니다.

일반적으로 스위칭 주파수는 소형 모터의 효율에는 영향을 미치지 않습니다. 11kW 이상의 모터는 높은 스위칭 주파수에서 모터 전류의 사인 곡선의 모양이 거의 완벽하므로 약 1-2% 정도 효율이 증가합니다.

시스템의 효율(η_{SYSTEM})

시스템 효율을 계산하려면, 다음과 같이 주파수 변환기의 효율 (η_{VLT})에 모터의 효율 (η_{MOTOR})을 곱합니다:

$$\eta_{SYSTEM} = \eta_{VLT} \times \eta_{MOTOR}$$

4.5 청각적 소음

다음 세 가지 원인에 의해 주파수 변환기에 청각적 소음이 발생합니다.

- 직류 매개회로 코일.
- 환기 팬.
- RFI 필터 초크.

다음의 값은 대체로 주파수 변환기로부터 1m 떨어진 지점에서 측정된 값입니다.

의함 용량	50% 팬 회전수 [dBA]	팬 회전수 최대 [dBA]
J1 (0.37-2.2 kW)	해당 없음 ¹⁾	51
J2 (3.0-5.5 kW)	해당 없음 ¹⁾	55
J3 (7.5 kW)	해당 없음 ¹⁾	54
J4 (11-15 kW)	52	66
J5 (18.5-22 kW)	57.5	63
J6 (30-45 kW)	56	71
J7 (55-75 kW)	63	72

표 4.5 대표적 측정 값

1) J1-J3의 경우, 팬 회전수 고정.

4.6 dU/dt 조건

주파수 변환기의 트랜지스터가 브리지 스위칭되면 다음 요인에 따라 다르지만 모터의 전압이 du/dt 비로 증가합니다.

- 모터 케이블 유형.
- 모터 케이블의 단면적.
- 모터 케이블의 길이.
- 모터 케이블의 차폐 여부.
- 인덕턴스

자연적인 유도는 매개 회로의 전압에 따라 모터 전압이 특정 수준으로 안정되기 전에 U_{PEAK} 전압의 과도 현상을 발생시킵니다. 증가 시간 및 피크 전압 U_{PEAK} 는 모터의 수명에 영향을 미칩니다. 피크 전압이 너무 높으면 상 코일 절연이 없는 모터가 영향을 많이 받습니다. 모터 케이블 길이가 길수록 증가 시간과 피크 전압이 증가합니다.

모터 단자의 피크 전압은 IGBT의 스위칭에 의해 발생합니다. FC 360은 주파수 변환기에 의해 제어되도록 설계된 모터에 대하여 IEC 60034-25를 준수합니다. FC 360은 또한 주파수 변환기에 의해 제어되도록 설계된 정격 모터에 대하여 IEC 60034-17을 준수합니다. 다음의 dU/dt 데이터가 모터 단자 측에서 측정됩니다.

케이블 길이 [m]	주전원 전압 [V]	증가 시간 [μ초]	U _{PEAK} [kV]	dU/dt [kV/μ초]
5	400	0.164	0.98	5.4
50	400	0.292	1.04	2.81
5	480	0.168	1.09	5.27
50	480	0.32	1.23	3.08

표 4.6 FC 360, 2.2 kW용 dU/dt 데이터

케이블 길이 [m]	주전원 전압 [V]	증가 시간 [μ초]	U _{PEAK} [kV]	dU/dt [kV/μ초]
5	400	0.18	0.86	3.84
50	400	0.376	0.96	2.08
5	480	0.196	0.97	3.98
50	480	0.38	1.19	2.5

표 4.7 FC 360, 5.5 kW용 dU/dt 데이터

케이블 길이 [m]	주전원 전압 [V]	증가 시간 [μ초]	U _{PEAK} [kV]	dU/dt [kV/μ초]
5	400	0.166	0.992	4.85
50	400	0.372	1.08	2.33
5	480	0.168	1.1	5.2
50	480	0.352	1.25	2.85

표 4.8 FC 360, 7.5 kW용 dU/dt 데이터

케이블 길이 [m]	주전원 전압 [V]	증가 시간 [μ초]	U _{PEAK} [kV]	dU/dt [kV/μ초]
5	400	0.224	0.99	3.54
50	400	0.392	1.07	2.19
5	480	0.236	1.14	3.87
50	480	0.408	1.33	2.61

표 4.9 FC 360, 15 kW용 dU/dt 데이터

케이블 길이 [m]	주전원 전압 [V]	증가 시간 [μ초]	U _{PEAK} [kV]	dU/dt [kV/μ초]
5	400	0.272	0.947	2.79
50	400	0.344	1.03	2.4
5	480	0.316	1.01	2.56
50	480	0.368	1.2	2.61

표 4.10 FC 360, 22 kW용 dU/dt 데이터

케이블 길이 [m]	주전원 전압 [V]	증가 시간 [μ초]	U _{PEAK} [kV]	dU/dt [kV/μ초]
5	400	0.212	0.81	3.08
53	400	0.294	0.94	2.56
5	480	0.228	0.95	3.37
53	480	0.274	1.11	3.24

표 4.11 FC 360, 37 kW용 dU/dt 데이터

케이블 길이 [m]	주전원 전압 [V]	증가 시간 [μ초]	U _{PEAK} [kV]	dU/dt [kV/μ초]
5	400	0.14	0.64	3.60
50	400	0.548	0.95	1.37
5	480	0.146	0.70	3.86
50	480	0.54	1.13	1.68

표 4.12 FC 360, 45 kW용 dU/dt 데이터

케이블 길이 [m]	주전원 전압 [V]	증가 시간 [μ초]	U _{PEAK} [kV]	dU/dt [kV/μ초]
5	400	0.206	0.91	3.52
54	400	0.616	1.03	1.34
5	480	0.212	1.06	3.99
54	480	0.62	1.23	1.59

표 4.13 FC 360, 55 kW용 dU/dt 데이터

케이블 길이 [m]	주전원 전압 [V]	증가 시간 [μ초]	U _{PEAK} [kV]	dU/dt [kV/μ초]
5	400	0.232	0.81	2.82
50	400	0.484	1.03	1.70
5	480	0.176	1.06	4.77
50	480	0.392	1.19	2.45

표 4.14 FC 360, 75 kW용 dU/dt 데이터

4.7 특수 조건

주파수 변환기 운전이 어려운 일부 특수 조건 하에서는 용량 감소를 고려합니다. 일부 조건에서는 용량 감소를 수동으로 해야 합니다.

다른 조건에서는 필요할 때 주파수 변환기가 자동으로 일정 수준의 용량 감소를 수행합니다. 대체 장치가 트립 될 수 있는 심각한 상황에서 성능을 보장하기 위해서는 용량을 감소해야 합니다.

4.7.1 수동 용량 감소

다음과 같은 경우에 수동 용량 감소를 고려해야 합니다.

- 기압 - 1km 이상의 고도에 설치하는 경우.
- 모터 회전수 - 토오크가 일정한 어플리케이션에서 낮은 RPM으로 지속적인 운전을 하는 경우.
- 주위 온도 - 45 °C 이상 (일부 유형의 경우 50 °C 이상), 자세한 내용은 표 4.15 및 표 4.16 참조.

외함 용량	출력 용량 [kW]	45 °C 기준 최대 출력 전류	50 °C 기준 최대 출력 전류
J1	0.37	1.2	1.2
	0.55	1.7	1.7
	0.75	2.2	2.2
	1.1	3.0	3.0
	1.5	3.7	3.0
	2.2	5.3	4.1
J2	3	7.2	7.2
	4	9.0	9.0
	5.5	12.0	10.2
J3	7.5	15.5	13.1
J4	11	23.0	23.0
	15	31.0	26.0
J5	18.5	37.0	37.0
	22	42.5	40.0
J6	30	61	61
	37	73	73
	45	90	77
J7	55	106	106
	75	147	125

- 제어카드 또는 방열판의 온도가 너무 높은 경우.
- 모터 부하가 매우 큰 경우.
- 모터 회전수가 낮은 경우.
- 보호 신호(과전압/저전압, 과전류, 접지 결함 및 단락)가 트리거됩니다.

주파수 변환기는 이렇게 중대한 상황에 대한 응답으로 스위칭 주파수를 조정합니다.

표 4.15 380 V 기준 용량 감소

외함 용량	출력 용량 [kW]	45 °C 기준 최대 출력 전류	50 °C 기준 최대 출력 전류
J1	0.37	1.1	1.1
	0.55	1.6	1.6
	0.75	2.1	2.1
	1.1	3.0	2.8
	1.5	3.4	2.8
	2.2	4.8	3.8
J2	3	6.3	6.3
	4	8.2	8.2
	5.5	11.0	9.4
J3	7.5	14.0	11.9
J4	11	21.0	21.0
	15	27.0	22.6
J5	18.5	34.0	34.0
	22	40.0	37.7
J6	30	52	52
	37	65	65
	45	77	76
J7	55	96	96
	75	124	117

표 4.16 480 V 기준 용량 감소

4.7.2 자동 용량 감소

주파수 변환기는 다음과 같이 중대한 상황이 있는지 지속적으로 확인합니다.

5 RS485 설치 및 셋업

5.1 소개

5.1.1 개요

RS485는 멀티드롭 네트워크 토폴로지와 호환되는 2선식 버스통신 인터페이스이므로 노드를 버스통신으로 연결하거나 일반적인 트렁크 라인의 드롭 케이블을 통해 연결할 수 있습니다. 총 32개의 노드를 하나의 네트워크 세그먼트에 연결할 수 있습니다.

반복자는 네트워크 세그먼트를 분할합니다. 그림 5.1 참조.

5

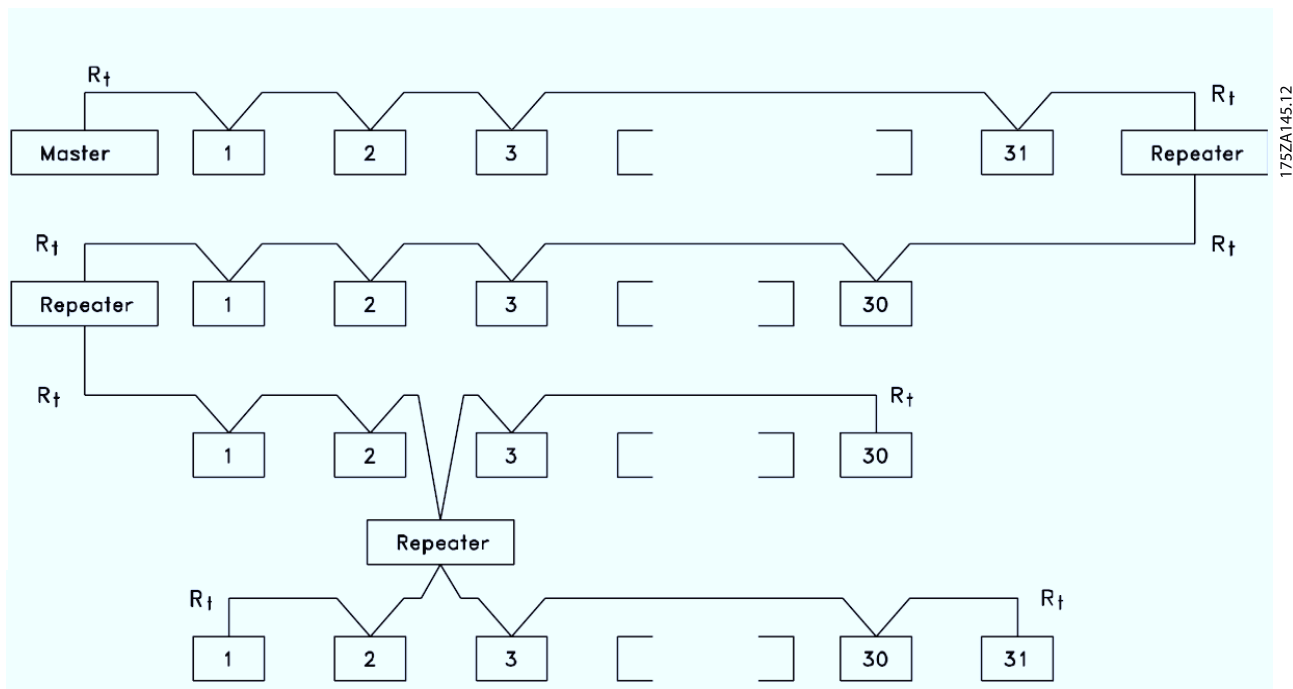


그림 5.1 RS485 버스통신 인터페이스

주의 사항

각각의 반복자는 설치된 세그먼트 내에서 노드로서의 기능을 한다는 점에 유의합니다. 주어진 네트워크 내에 연결된 각각의 노드는 모든 세그먼트에 걸쳐 고유한 노드 주소를 갖고 있어야 합니다.

주파수 변환기의 중단 스위치(S801)나 편조 중단 저항 네트워크를 이용하여 각 세그먼트의 양쪽 끝을 중단합니다. 버스통신 배선에는 반드시 꼬여 있는 차폐 케이블(STP 케이블)을 사용하고 공통 설치 지침을 준수합니다.

각각의 노드에서 차폐선을 낮은 임피던스와 높은 주파수로 접지 연결하는 것은 중요합니다. 따라서 케이블 클램프나 전도성 케이블 글랜드로 차폐선의 넓은 면을 접지에 연결합니다. 전체 네트워크에 걸쳐, 특히 긴 케이블이 설치된 영역에서 동일한 접지 전위를 유지할 수

있도록 전위 등화 케이블을 사용할 필요가 있을 수도 있습니다. 임피던스 불일치를 방지하려면 전체 네트워크에 걸쳐 동일한 유형의 케이블을 사용합니다. 모터를 주파수 변환기에 연결할 때는 반드시 차폐된 모터 케이블을 사용합니다.

케이블	포여 있는 차폐 케이블(STP)
임피던스 [Ω]	120
케이블 길이 [m]	최대 1200 (드롭 라인 포함) 최대 500 (국간)

표 5.1 케이블 사양

5.1.2 네트워크 연결

주파수 변환기를 다음과 같이 RS485 네트워크에 연결합니다(그림 5.2 또한 참조).

1. 신호 와이어를 주파수 변환기 주 제어반의 단자 68 (P+)과 단자 69 (N-)에 연결합니다.
2. 케이블 차폐선을 케이블 클램프에 연결합니다.

주의 사항

도체 간의 노이즈를 감소시키기 위해 꼬여 있는 차폐 케이블의 사용을 권장합니다.

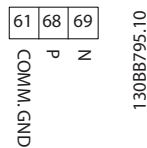


그림 5.2 네트워크 연결

5.1.3 하드웨어 셋업

주파수 변환기 주 제어반의 중단 스위치를 사용하여 RS485 버스통신을 중단합니다.

스위치의 초기 설정은 꺼짐입니다.

5.1.4 Modbus 통신을 위한 파라미터 설정

파라미터	기능
8-30 Protocol	RS-485 인터페이스에서 사용할 어플리케이션 프로토콜을 선택합니다.
8-31 Address	노드 주소를 설정합니다. 주의 사항 주소 범위는 8-30 Protocol에서 선택한 프로토콜에 따라 다릅니다.
8-32 Baud Rate	통신 속도를 설정합니다. 주의 사항 초기 통신 속도는 8-30 Protocol에서 선택한 프로토콜에 따라 다릅니다.
8-33 Parity / Stop Bits	패리티 및 정지 비트 개수를 설정합니다. 주의 사항 초기 선택 사항은 8-30 Protocol에서 선택한 프로토콜에 따라 다릅니다.
8-35 Minimum Response Delay	요청 수신에서 응답 전송까지의 최소 지연 시간을 지정합니다. 이 기능은 모뎀 송수신 지연을 극복하는 데 사용됩니다.
8-36 Maximum Response Delay	요청 전송에서 응답 수신까지의 최대 지연 시간을 지정합니다.

파라미터	기능
8-37 Maximum Inter-char delay	전송이 중단된 경우 타임아웃하기 위한 수신 바이트 간 최대 지연 시간을 지정합니다. 주의 사항 초기 선택 사항은 8-30 Protocol에서 선택한 프로토콜에 따라 다릅니다.

표 5.2 Modbus 통신 파라미터 설정

5.1.5 EMC 주의사항

RS485 네트워크를 장애 없이 운영하기 위해 덴포스는 다음의 EMC 주의사항 준수를 권장합니다.

주의 사항

국제 및 국내 관련 규정(예를 들어, 보호 접지 연결에 관한 규정)을 준수합니다. 고주파 소음이 케이블 사이에서 연결되지 않게 하려면 RS485 통신 케이블을 반드시 모터 케이블과 제동 저항 케이블에서 멀리합니다. 일반적으로 200 mm (8인치)의 간격이면 충분합니다. 특히 긴 거리에 나란히 배선되어 있는 경우에는 케이블 간 간격을 최대한 멀리합니다. 케이블 간 교차가 불가피한 경우에는 RS485 케이블을 모터 케이블 및 제동 저항 케이블과 90° 수직으로 교차하게 해야 합니다.

5.2 FC 프로토콜

5.2.1 개요

FC 버스통신이나 표준 버스통신이라고도 하는 FC 프로토콜은 덴포스의 표준 필드버스입니다. 이는 직렬 버스 통신을 통한 통신 마스터-종동 방식에 따른 접근 기법을 정의합니다. 버스통신에 1개의 마스터와 최대 126개의 종동을 연결할 수 있습니다. 마스터는 텔레그램의 주소 문자를 통해 개별 종동을 선택합니다. 종동 자체는 전송 요청 없이 전송할 수 없으며 개별 종동 간의 직접 메시지 전송이 불가능합니다. 통신은 반이중 모드에서 이루어집니다. 마스터 기능을 다른 노드(단일 마스터 시스템)에 전송할 수 없습니다.

5

물리적 레이어는 RS485이므로 RS485 포트를 활용하여 주파수 변환기에 내장되었습니다. FC 프로토콜은 다음과 같이 각기 다른 텔레그램 형식을 지원합니다.

- 공정 데이터를 위한 8바이트의 짧은 형식.
- 파라미터 채널 또한 포함된 16바이트의 긴 형식.
- 텍스트에 사용되는 형식.

5.2.2 Modbus RTU가 있는 FC

FC 프로토콜은 주파수 변환기의 제어 워드 및 버스통신 지령에 대한 접근 권한을 제공합니다.

제어 워드를 통해 Modbus 마스터는 다음과 같은 주파수 변환기의 일부 중요 기능을 제어할 수 있습니다.

- 기동.
- 다양한 방법으로 주파수 변환기 정지:
 - 코스팅 정지.
 - 순간 정지.
 - 직류 제동 정지.
 - 정상(가감속) 정지.
- 결함 트립 후 리셋.
- 다양한 프리셋 속도로 구동.
- 역회전 구동.
- 활성화 셋업 변경.
- 주파수 변환기에 내장된 2개의 릴레이 제어.

버스통신 지령은 속도 제어에 공통적으로 사용됩니다. 또한 파라미터 접근, 값 읽기 및 가능한 경우, 값 쓰기도 할 수 있습니다. 이는 내장 PI 제어기가 사용되는 경우 주파수 변환기의 설정포인트를 제어하는 등 다양한 제어 옵션을 허용합니다.

5.3 네트워크 구성

주파수 변환기의 FC 프로토콜을 사용 가능하게 하려면 다음 파라미터를 설정합니다.

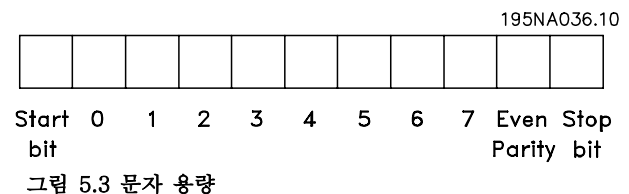
파라미터	설정
8-30 Protocol	FC
8-31 Address	1-126
8-32 Baud Rate	2400-115200
8-33 Parity / Stop Bits	짝수 패리티, 1 정지 비트 (초기 설정값)

표 5.3 프로토콜을 활성화하는 파라미터

5.4 FC 프로토콜 메시지 프레임 구조

5.4.1 문자 용량(바이트)

전송되는 각 문자는 시작 비트로 시작됩니다. 그리고 1 바이트에 해당하는 8 데이터 비트가 전송됩니다. 각 문자는 패리티 비트에 의해 보호됩니다. 이 비트는 패리티에 도달할 때 "1"에서 설정됩니다. 패리티는 8 데이터 비트와 패리티 비트의 합에서 1의 개수가 동일할 때를 의미합니다. 하나의 정지 비트로 하나의 문자가 완성되며 총 11비트로 구성됩니다.



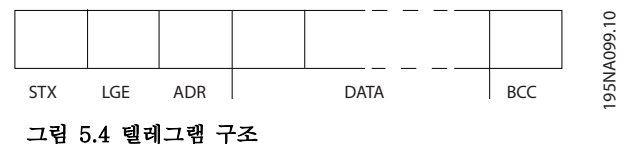
5.4.2 텔레그램 구조

각 텔레그램에는 다음과 같은 구조가 있습니다.

1. 시작 문자(STX)=02 hex.
2. 텔레그램 길이(LGE)를 나타내는 바이트.
3. 주파수 변환기 주소(ADR)를 나타내는 바이트.

그 뒤에 텔레그램의 종류에 따라 가변 데이터 바이트가 붙습니다.

데이터 제어 바이트(BCC)로 텔레그램이 완성됩니다.



5.4.3 텔레그램 길이(LGE)

텔레그램 길이는 데이터 바이트 수에 주소 바이트(ADR) 및 데이터 제어 바이트(BCC)를 더한 것과 같습니다.

4 데이터 바이트	LGE=4+ 1+ 1=6바이트입니다.
12 데이터 바이트	LGE=12+ 1+ 1=14바이트입니다.
텍스트를 포함한 텔레그램	10 ¹ + n바이트입니다

표 5.4 텔레그램 길이

1) 10은 고정 문자를 나타내고 "n"은 (텍스트의 길이에 따른) 변수입니다.

5.4.4 주파수 변환기 주소(ADR)

주소 형식 1-126

- 비트 7=1 (주소 형식 1-126 활성화).
- 비트 0-6=주파수 변환기 주소 1-126.
- 비트 0-6=0 브로드캐스트.

슬레이브는 마스터에 응답 텔레그램을 보낼 때 주소 바이트를 변경하지 않고 그대로 보냅니다.

5.4.5 데이터 제어 바이트(BCC)

체크섬은 XOR 함수로 계산됩니다. 텔레그램의 첫 번째 바이트가 수신되기 전에 계산된 체크섬은 0입니다.

5.4.6 데이터 필드

데이터 블록의 구조는 텔레그램의 구조에 따라 다릅니다. 텔레그램의 종류에는 세 가지가 있으며 제어 텔레그램(마스터⇒중동) 및 응답 텔레그램(중동⇒마스터)에 모두 적용됩니다.

텔레그램의 종류에는 다음과 같이 세 가지가 있습니다.

공정 블록(PCD)

PCD는 4바이트(2단어)의 데이터 블록으로 이루어지며 다음을 포함합니다.

- 제어 워드 및 지령 값(마스터에서 중동으로)
- 상태 워드 및 현재 출력 주파수(중동에서 마스터로)



그림 5.5 공정 블록

파라미터 블록

파라미터 블록은 마스터와 중동 간의 파라미터 전송에 사용됩니다. 데이터 블록은 최대 12바이트(6단어)로 이루어지며 공정 블록이 포함됩니다.



그림 5.6 파라미터 블록

텍스트 블록

텍스트 블록은 데이터 블록을 통해 전송되는 텍스트를 읽거나 쓰는데 사용됩니다.

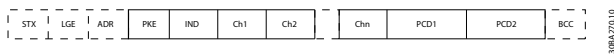


그림 5.7 텍스트 블록

5.4.7 PKE 필드

PKE 필드에는 다음과 같이 2개의 하위 필드가 있습니다.

- 파라미터 명령 및 응답 (AK)
- 파라미터 번호(PNU)

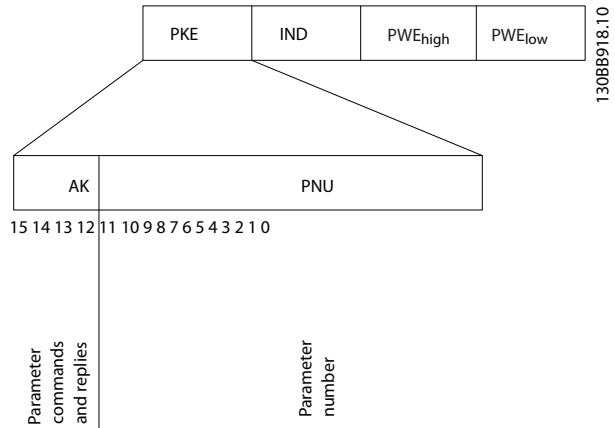


그림 5.8 PKE 필드

비트 12-15는 마스터에서 슬레이브로 파라미터 명령을 전송하고 처리된 슬레이브 응답을 마스터로 나타냅니다.

파라미터 명령 마스터⇒슬레이브				
비트 번호				파라미터 명령
15	14	13	12	
0	0	0	0	명령 없음.
0	0	0	1	파라미터 값 읽기.
0	0	1	0	RAM에 파라미터 값 쓰기(단어).
0	0	1	1	RAM에 파라미터 값 쓰기(2단어).
1	1	0	1	RAM 및 EEPROM에 파라미터 값 쓰기(2단어).
1	1	1	0	RAM 및 EEPROM에 파라미터 값 쓰기(단어).
1	1	1	1	텍스트 읽기.

표 5.5 파라미터 명령

응답 슬레이브⇒마스터				
비트 번호				응답
15	14	13	12	
0	0	0	0	응답 없음.
0	0	0	1	전송된 파라미터 값(단어).
0	0	1	0	전송된 파라미터 값(2단어).
0	1	1	1	명령을 수행할 수 없음.
1	1	1	1	전송된 텍스트.

표 5.6 응답

명령을 수행할 수 없는 경우 슬레이브는 0111 명령을 수행할 수 없음이라는 응답을 보내고 표 5.7에 다음 오류 보고를 전송합니다.

오류 코드	FC 사양
0	잘못된 파라미터 번호.
1	파라미터를 변경할 수 없습니다.
2	상한 또는 하한 초과.
3	하위 색인 손상.
4	배열 없음.
5	잘못된 데이터 유형.
6	사용안함.
7	사용안함.
9	설명 요소 없음.
11	파라미터 쓰기 권한 없음.
15	사용 가능한 텍스트 없음.
17	구동 중 적용 불가.
18	기타 오류.
100	-
>100	-
130	이 파라미터에 대한 버스통신 접근 권한 없음.
131	공장 설정으로 쓰기 불가.
132	LCP에서 사용 불가.
252	알 수 없는 뷰어.
253	요청 지원 안함.
254	알 수 없는 속성.
255	오류 없음.

표 5.7 슬레이브 보고서

5.4.8 파라미터 번호(PNU)

비트 0-11은 파라미터 번호를 전송합니다. 관련 파라미터의 기능은 VLT® AutomationDrive FC 360 프로그래밍 지침서의 파라미터 설명에서 확인할 수 있습니다.

5.4.9 색인(IND)

색인은 파라미터 번호와 함께 인덱싱된 파라미터에 읽기/쓰기 접근하는데 사용됩니다(예: 15-30 Alarm Log: Error Code). 색인은 2바이트 (하위 바이트 및 상위 바이트)로 구성됩니다.

하위 바이트만 색인으로 사용됩니다.

5.4.10 파라미터 값(PWE)

파라미터 값 블록은 2단어(4바이트)로 이루어지며 값은 정의된 명령(AK)에 따라 다릅니다. PWE 블록에 값이 포함되어 있지 않으면 마스터가 파라미터 값을 입력하라는 메시지를 표시합니다. 파라미터 값을 변경(쓰기)하려면 PWE 블록에 새로운 값을 쓴 다음 마스터에서 슬레이브로 보냅니다.

슬레이브가 파라미터 요청(읽기 명령)에 대해 응답하면 현재 PWE 블록에 있는 파라미터 값이 마스터에 반환됩니다. 파라미터에 여러 가지 데이터 옵션이 있는 경우(예: 0-01 Language), PWE 블록에 값을 입력하여 데이터 값을 선택합니다. 직렬 통신은 데이터 유형 9(텍스트 문자열)가 포함된 파라미터만 읽을 수 있습니다.

15-40 FC Type - 15-53 Power Card Serial Number은(는) 데이터 유형 9를 포함합니다.

예를 들어, 15-40 FC Type에서 단위 크기와 주전원 전압 범위를 읽을 수 있습니다. 텍스트 문자열이 전송되는 경우(읽기의 경우) 텔레그램의 길이는 가변적이며 다양한 길이의 텍스트가 전송될 수 있습니다. 텔레그램 길이는 텔레그램의 두 번째 바이트(LGE)에서 정의됩니다. 텍스트 전송을 사용하는 경우에는 색인 문자가 읽기 명령인지 아니면 쓰기 명령인지를 나타냅니다.

PWE 블록을 통해 텍스트를 읽으려면 파라미터 명령(AK)을 F Hex로 설정합니다. 색인 문자 상위 바이트는 반드시 4여야 합니다.

5.4.11 주파수 변환기가 지원하는 데이터 유형

'부호없는'은 텔레그램에 연산 부호가 없음을 의미합니다.

데이터 유형	설명
3	정수 16
4	정수 32
5	부호없는 8
6	부호없는 16
7	부호없는 32
9	텍스트 문자열

표 5.8 데이터 유형

5.4.12 변환

각 파라미터의 여러 속성은 프로그래밍 지침서의 파라미터 목록 장에 표시되어 있습니다. 파라미터 값은 정수로만 전송됩니다. 변환 인수는 소수를 전송하는 데 사용됩니다.

4-12 Motor Speed Low Limit [Hz]에는 변환 인수 0.1이 있습니다. 최소 주파수를 10Hz로 프리셋하려면 값 100을 전송합니다. 변환 인수 0.1은 전송된 값에 0.1을 곱한다는 의미입니다. 따라서 값 100은 10.0으로 인식됩니다.

변환 지수	변환 인수
74	3600
2	100
1	10
0	1
-1	0.1
-2	0.01
-3	0.001
-4	0.0001
-5	0.00001

표 5.9 변환

5.4.13 프로세스 워드(PCD)

프로세스 워드의 블록은 정의 시퀀스에서 항상 발생하는 두 개의 16비트 블록으로 나뉩니다.

PCD 1	PCD 2
제어 텔레그램(마스터⇒종동 제어 워드)	지령 값
제어 텔레그램(종동⇒마스터) 상태 워드	현재 출력 주파수

표 5.10 프로세스 워드(PCD)

5.5 예시

5.5.1 파라미터 값 쓰기

4-14 Motor Speed High Limit [Hz]을(를) 100Hz로 변경합니다.
EEPROM에 데이터를 씁니다.

PKE=E19E Hex - 4-14 Motor Speed High Limit [Hz]에 단일 워드 쓰기:

- IND=0000 hex.
- PWEHIGH=0000 hex.
- PWELOW=03E8 hex.

데이터 값 1000, 100 Hz에 해당, [장을 5.4.12 변환 참조](#).

따라서 텔레그램은 [그림 5.9](#)과 같습니다.

E19E	H	0000	H	0000	H	03E8	H
PKE		IND		PWE _{high}		PWE _{low}	

그림 5.9 텔레그램

130BA092.10

주의 사항

4-14 Motor Speed High Limit [Hz]은(는) 단일 워드이며 EEPROM 쓰기 파라미터 명령은 E입니다.

4-14 Motor Speed High Limit [Hz]은(는) 16진수로 19E입니다.

슬레이브에서 마스터로 전송되는 응답은 [그림 5.10](#)에 나타나 있습니다.

119E	H	0000	H	0000	H	03E8	H
PKE		IND		PWE _{high}		PWE _{low}	

그림 5.10 마스터의 응답

130BA093.10

5.5.2 파라미터 값 읽기

3-41 Ramp 1 Ramp Up Time의 값 읽기

PKE=1155 Hex - 3-41 Ramp 1 Ramp Up Time의 파라미터 값 읽기:

- IND=0000 hex.
- PWEHIGH=0000 hex.
- PWELOW=0000 hex.

1155	H	0000	H	0000	H	0000	H
PKE		IND		PWE _{high}		PWE _{low}	

그림 5.11 텔레그램

130BA094.10

3-41 Ramp 1 Ramp Up Time의 값이 10초인 경우 슬레이브에서 마스터로 전송되는 응답은 [그림 5.12](#)에 나타나 있습니다.

1155	H	0000	H	0000	H	03E8	H
PKE		IND		PWE _{high}		PWE _{low}	

그림 5.12 응답

130BA267.10

3E8 Hex는 10진수로 1000에 해당합니다. 3-41 Ramp 1 Ramp Up Time의 변환 지수는 -2입니다. 예컨대, 0.01.

3-41 Ramp 1 Ramp Up Time은(는) 부호 없는 32 유형입니다.

5.6 Modbus RTU

5.6.1 필수 지식

덴포스는 설치된 컨트롤러가 본 문서의 인터페이스를 지원하고 컨트롤러 및 주파수 변환기에 규정된 모든 요구사항 및 제한사항을 엄격히 준수한다고 가정합니다.

내장된 Modbus RTU(원격 단말 유닛)는 본 문서에 정의된 인터페이스를 지원하는 모든 컨트롤러와 통신하도록 설계되어 있습니다. 사용자가 컨트롤러의 기능 및 제한사항에 대해 완벽한 지식을 갖고 있다고 가정합니다.

5.6.2 개요

이 절은 물리적 통신 네트워크 종류와 관계 없이 다른 장치에 대한 접근을 요청하는 데 컨트롤러를 사용할 수 있게 하는 공정을 설명합니다. 이 공정에는 Modbus RTU가 다른 장치로부터의 요청에 어떻게 응답하는지 또한 오류가 어떻게 감지 및 보고되는지에 관한 내용이 포함되어 있습니다. 또한 메시지 필드의 레이아웃 및 내용에 관한 공통된 형식을 규정합니다.

Modbus RTU 네트워크를 통해 통신하는 동안 프로토콜은

- 각 컨트롤러가 해당 장치 주소를 어떻게 학습하는지 판단합니다.
- 주소가 지정된 메시지를 인식합니다.
- 수행할 동작을 어떻게 결정하는지 판단합니다.
- 메시지에 포함된 데이터 또는 기타 정보를 어떻게 추출하는지 판단합니다.

답신이 필요한 경우, 컨트롤러는 답신 메시지를 구성하고 전송합니다.

컨트롤러는 마스터만으로 트랜잭션(쿼리라고 함)을 시작할 수 있는 마스터-슬레이브 방식을 사용하여 통신합니다. 슬레이브는 마스터에 요청된 데이터를 제공하거나 쿼리에 요청된 동작을 수행함으로써 응답합니다. 마스터는 개별 슬레이브에 주소를 지정하거나 모든 슬레이브에 브로드캐스트 메시지를 전달할 수 있습니다. 슬레이브는 개별적으로 주소가 지정된 쿼리에 대한 응답을 돌려보냅니다. 마스터의 브로드캐스트 쿼리에는 응답이 돌아오지 않습니다. Modbus RTU 프로토콜은 다음의 정보를 제공하여 마스터의 쿼리에 대한 형식을 규정합니다.

- 장치 (또는 브로드캐스트) 주소.
- 요청된 동작을 정의하는 기능 코드.
- 전송할 데이터.
- 오류 검사 필드.

슬레이브의 응답 메시지 또한 Modbus 프로토콜을 사용하여 구성됩니다. 여기에는 수행할 동작, 돌려보낼 데이터 및 오류 검사 필드를 확정하는 필드가 포함되어 있습니다. 메시지 수신 도중에 오류가 발생하거나 슬레이브가 요청된 동작을 수행할 수 없는 경우에는 슬레이브

가 오류 메시지를 구성하고 이를 응답으로 전송하거나 타임아웃이 발생합니다.

5.6.3 Modbus RTU가 있는 주파수 변환기

주파수 변환기는 내장된 RS485 인터페이스를 통해 Modbus RTU 형식으로 통신합니다. Modbus RTU는 주파수 변환기의 제어 워드 및 버스통신 지령에 대한 접근 권한을 제공합니다.

제어 워드를 통해 Modbus 마스터는 다음과 같은 주파수 변환기의 일부 중요 기능을 제어할 수 있습니다.

- 기동.
- 각종 정지:
 - 코스팅 정지.
 - 순간 정지.
 - 직류 제동 정지.
 - 정상(가감속) 정지.
- 결함 트립 후 리셋.
- 다양한 프리셋 속도로 구동.
- 역회전 구동.
- 활성화 셋업 변경.
- 주파수 변환기의 내장 릴레이 제어.

버스통신 지령은 속도 제어에 공통적으로 사용됩니다. 또한 파라미터 접근, 값 읽기 및 가능한 경우, 값 쓰기도 할 수 있습니다. 이는 내장 PI 제어기가 사용되는 경우 주파수 변환기의 설정포인트를 제어하는 등 다양한 제어 옵션을 허용합니다.

5.7 네트워크 구성

주파수 변환기에서 Modbus RTU를 활성화하려면 다음 파라미터를 설정합니다.

파라미터	설정
8-30 Protocol	Modbus RTU
8-31 Address	1-247
8-32 Baud Rate	2400-115200
8-33 Parity / Stop Bits	짝수 패리티, 1 정지 비트 (초기 설정값)

표 5.11 네트워크 구성

5.8 Modbus RTU 메시지 프레임 구조

5.8.1 소개

컨트롤러는 RTU (원격 단말 장치) 모드를 사용하여 Modbus 네트워크에서 통신하도록 셋업되며 메시지의 각 바이트에는 4비트 16진수 문자 2개가 포함되어 있습

니다. 각 바이트의 형식은 표 5.12에서 보는 바와 같습니다.

시작 비트	데이터 바이트								정지/패리티	정지

표 5.12 각 바이트의 형식

코딩 시스템	8비트 이진수, 16진수 0-9, A-F. 메시지의 각 8비트 필드에 16진수 문자 2개 포함.
바이트당 비트	<ul style="list-style-type: none"> 시작 비트 1개. 데이터 비트 8개, 큰 비트 먼저 전송. 짝수/홀수 패리티를 위한 비트 1개, 패리티 없음에는 비트 0개. 패리티가 사용된 경우 정지 비트 1개, 패리티 없음에는 비트 2개.
오류 검사 필드	주기적 잉여 검사(CRC)

표 5.13 바이트 세부 정보

5.8.2 Modbus RTU 메시지 구조

전송 장치는 시작 및 종료 지점이 알려진 프레임에 Modbus RTU 메시지를 배치합니다. 이렇게 하면 수신 장치가 메시지 시작 지점에서 수신을 시작하고 주소 부분을 읽으며 어떤 장치에 주소가 지정되는지 판단하고 (또는 메시지가 브로드캐스트인 경우, 모든 장치에 전달) 메시지가 완료될 때를 인식합니다. 부분 메시지가 감지되고 오류가 결과로 설정됩니다. 전송하기 위한 문자는 각 필드에서 16진수 00 ~ FF 형식이어야 합니다. 주파수 변환기는 '유희' 기간 도중에도 계속해서 네트워크 버스트 통신을 감시합니다. 첫 번째 필드(주소 필드)가 수신되면 각 주파수 변환기 또는 장치는 이를 디코딩하여 어떤 장치에 주소가 지정되는지 판단합니다. 0으로 주소가 지정된 Modbus RTU 메시지는 브로드캐스트 메시지입니다. 브로드캐스트 메시지에 대한 응답은 허용되지 않습니다. 일반적인 메시지 프레임은 표 5.14와 같습니다.

기동	주소	기능	데이터	CRC 검사	종료
T1-T2-T3-T4	8비트	8비트	N x 8비트	16비트	T1-T2-T3-T4

표 5.14 일반적인 Modbus RTU 메시지 구조

5.8.3 시작/정지 필드

메시지는 최소 3.5자 간격의 유희 기간으로 시작합니다. 이는 선택한 네트워크 통신 속도에서 여러 문자 간격으로 구현됩니다(T1-T2-T3-T4 시작과 같이 나타남). 전송할 첫 번째 필드는 장치 주소입니다. 마지막으로 전송된 문자 이후, 최소 3.5자 간격의 유사한 기간은 메시지 종료를 의미합니다. 새 메시지는 이 기간 후에 시작할 수 있습니다.

전체 메시지 프레임은 지속적인 흐름으로 전송되어야 합니다. 프레임 완료 이전에 1.5자 간격 이상의 유희 기간이 발생하면 수신 장치가 불완전한 메시지를 내보내고 다음 바이트가 새 메시지의 주소 필드라고 인식하게 됩니다. 그와 마찬가지로, 이전 메시지 이후 3.5자 간격 이전에 새 메시지가 시작하면 수신 장치가 이를 이전 메시지의 연속으로 간주합니다. 이렇게 되면 결합된 메시지에 대해 마지막 CRC 필드의 값이 유효하지 않기 때문에 타임아웃(슬레이브에서 응답 없음)이 발생합니다.

5.8.4 주소 필드

메시지 프레임의 주소 필드에는 8비트가 포함되어 있습니다. 유효한 슬레이브 장치 주소는 십진수 0-247의 범위 내에 있습니다. 개별 슬레이브 장치는 1-247의 범위 내에서 주소가 할당됩니다(0은 브로드캐스트 모드를 위한 예비용이며 모든 슬레이브가 인식합니다). 마스터는 메시지의 주소 필드에 슬레이브 주소를 배치함으로써 슬레이브에 주소를 지정합니다. 슬레이브가 응답을 전송할 때 이 주소 필드에 자신의 주소를 배치하여 어떤 슬레이브가 응답하고 있는지 마스터가 알 수 있게 합니다.

5.8.5 기능 필드

메시지 프레임의 기능 필드에는 8비트가 포함되어 있습니다. 유효한 코드는 1-FF의 범위 내에 있습니다. 기능 필드는 마스터와 슬레이브 간의 메시지 전송에 사용됩니다. 마스터에서 슬레이브 장치로 메시지가 전송될 때 기능 코드 필드는 어떤 종류의 동작을 수행하는지 슬레이브에 알려줍니다. 슬레이브가 마스터에 응답할 때 기능 코드 필드를 사용하여 (오류가 없는) 정상 응답인지 아니면 (예외 응답이라고 하는) 오류가 발생하는지 여부를 표시합니다.

정상 응답의 경우, 슬레이브는 원래의 기능 코드를 그대로 돌려보냅니다. 예외 응답의 경우, 슬레이브는 논리 1에 설정된 가장 큰 비트와 함께 원래의 기능 코드에 상응하는 코드를 돌려보냅니다. 또한 슬레이브는 응답 메시지의 데이터 필드에 고유 코드를 배치합니다. 이는 발생한 오류 종류나 예외 이유를 마스터에 알려줍니다. 또한 [장을 5.8.10 Modbus RTU에서 지원하는 기능 코드 및 장을 5.8.11 Modbus 예외 코드를 참조하십시오.](#)

5.8.6 데이터 필드

데이터 필드는 16진수 00 ~ FF의 범위 내에 있는 2자리의 16진수 세트를 사용하여 구성됩니다. 이는 하나의 RTU 문자로 구성됩니다. 마스터에서 슬레이브 장치로 전송된 메시지의 데이터 필드에는 슬레이브가 기능 코드에 의해 정의된 동작을 수행하는 데 사용해야 하는 추가 정보가 포함되어 있습니다. 여기에는 코일 또는 레지스터 주소와 같은 항목, 처리할 항목의 수량 및 필드 내 실제 데이터 바이트 개수가 포함될 수 있습니다.

5.8.7 CRC 검사 필드

메시지에는 오류 검사 필드가 포함되어 있으며 오류 검사 필드는 주기적 잉여 검사(CRC) 방식을 기준으로 작동합니다. CRC 필드는 전체 메시지의 내용을 검사합니다. 이는 메시지의 개별 문자에 사용된 패리티 검사 방식과 관계 없이 적용됩니다. CRC 값은 전송 장치에 의해 계산되며 메시지의 마지막 필드로 CRC를 붙입니다. 수신 장치는 메시지를 수신하는 동안 CRC를 다시 계산하고 계산된 값을 CRC 필드에 수신된 실제 값과 비교합니다. 두 값이 서로 다른 경우, 버스통신 타임아웃이 결과로 발생합니다. 오류 검사 필드에는 2개의 8비트 바이트로 구현된 16비트 이진수 값이 포함되어 있습니다. 오류 검사 필드가 완료되면 필드의 낮은 순서 바이트가 먼저 붙고 높은 순서 바이트가 그 다음에 붙습니다. CRC 높은 순서 바이트는 메시지에서 마지막으로 전송된 바이트입니다.

5.8.8 코일 레지스터 주소 지정

Modbus에서 모든 데이터는 코일과 고정 레지스터에 구성됩니다. 코일은 단일 비트를 갖고 있는 반면 고정 레지스터는 2바이트 워드(예: 16비트)를 갖고 있습니다. Modbus 메시지의 모든 데이터 주소는 0으로 귀결됩니다. 데이터 항목의 첫 번째 빈도는 항목 번호 0으로 주소가 지정됩니다. 예를 들어: 프로그래밍 가능한 컨트롤러에서 '코일 1'로 알려진 코일은 Modbus 메시지의 데이터 주소 필드에서 코일 0000으로 주소가 지정됩니다. 코일 127 십진수는 코일 007EHEX(126 십진수)로 주소가 지정됩니다.

고정 레지스터 40001은 메시지의 데이터 주소 필드에서 레지스터 0000으로 주소가 지정됩니다. 기능 코드 필드는 이미 '고정 레지스터' 동작을 지정합니다. 따라서 '4XXXX' 지령은 암묵적인 지령입니다. 고정 레지스터 40108은 레지스터 006BHEX(107 십진수)로 주소가 지정됩니다.

코일 번호	설명	신호 방향
1-16	주파수 변환기 제어 워드(표 5.16 참조)	마스터 ⇒ 슬레이브
17-32	주파수 변환기 속도 또는 설정-포인트 지령 범위 0x0-0xFFFF (~200% ... ~200%)	마스터 ⇒ 슬레이브
33-48	주파수 변환기 상태 워드(표 5.17 참조)	슬레이브 ⇒ 마스터
49-64	개회로 모드: 주파수 변환기 출력 주파수 폐회로 모드: 주파수 변환기 피드백 신호	슬레이브 ⇒ 마스터
65	파라미터 쓰기 제어(마스터 ⇒ 슬레이브)	마스터 ⇒ 슬레이브
	0 파라미터 변경사항은 주파수 변환 = 기의 RAM에 씌여집니다.	
	1 파라미터 변경사항은 주파수 변환 = 기의 RAM 및 EEPROM에 씌여집니다.	
66-65536	예비	

표 5.15 코일 레지스터

코일	0	1
01	프리셋 지령 LSB	
02	프리셋 지령 MSB	
03	직류 제동	직류 제동 안함
04	코스팅 정지	코스팅 정지 안함
05	순간 정지	순간 정지 안함
06	주파수 고정	주파수 고정 안함
07	감속 정지	기동
08	리셋 안함	리셋
09	조그 안함	조그
10	가감속 1	가감속 2
11	유효하지 않은 데이터	유효한 데이터
12	릴레이 1 꺼짐	릴레이 1 켜짐
13	릴레이 2 꺼짐	릴레이 2 켜짐
14	셋업 LSB	
15		
16	역회전 안함	역회전

표 5.16 주파수 변환기 제어 워드(FC 프로파일)

코일	0	1
33	제어 준비 안됨	제어 준비
34	주파수 변환기 준비 안됨	주파수 변환기 준비 완료
35	코스팅 정지	안전 차단
36	알람 없음	알람
37	사용안함	사용안함
38	사용안함	사용안함
39	사용안함	사용안함
40	경고 없음	경고
41	지령 시 이외	지령 시
42	수동 모드	자동 모드
43	주파수 범위 초과	주파수 범위 내
44	정지	구동
45	사용안함	사용안함
46	전압 경고 없음	전압 경고
47	전류 한계 이외	전류 한계
48	써멀 경고 없음	과열 경고

표 5.17 주파수 변환기 상태 워드(FC 프로필)

버스 통신 주소	버스트 통신 레지스터 ID	PLC 레지스터	내용	연결	설명
0	1	40001	예비	-	기본 주파수 변환기 VLT 5000 및 VLT 2800용 예비.
1	2	40002	예비	-	기본 주파수 변환기 VLT 5000 및 VLT 2800용 예비.
2	3	40003	예비	-	기본 주파수 변환기 VLT 5000 및 VLT 2800용 예비.
3	4	40004	여유	-	-
4	5	40005	여유	-	-
5	6	40006	Modbus 구성	읽기/쓰기	TCP 전용. Modbus TCP(p12-28 및 12-29 - Eeprom 등에 저장)용 예비.
6	7	40007	마지막 오류 코드	읽기 전용	파라미터 데이터베이스에서 수신한 오류 코드, 자세한 내용은 38295 설명 참조.
7	8	40008	마지막 오류 레지스터	읽기 전용	마지막으로 오류가 발생한 레지스터 주소, 자세한 내용은 38296 설명 참조.
8	9	40009	색인 포인터	읽기/쓰기	접근할 파라미터의 하위 색인. 자세한 내용은 38297 설명 참조.
9	10	40010	FC 파라미터 0-01	파라미터 접근 권한에 따라 다름	파라미터 0-01 (Modbus 레지스터=10 파라미터 번호 Modbus 맵의 파라미터를 위한 20바이트 예비 공간.
19	20	40020	FC 파라미터 0-02	파라미터 접근 권한에 따라 다름	파라미터 0-02 Modbus 맵의 파라미터를 위한 20바이트 예비 공간.
29	30	40030	FC 파라미터 xx-xx	파라미터 접근 권한에 따라 다름	파라미터 0-03 Modbus 맵의 파라미터를 위한 20바이트 예비 공간.

표 5.18 주소/레지스터

1) Modbus RTU 텔레그램에 쓰여진 값은 레지스터 번호보다 하나 이상 작아야 합니다. 예를 들어, 텔레그램에 값 0을 써서 Modbus 레지스터 1을 읽습니다.

5.8.9 주파수 변환기 제어 방법

이 섹션에서는 Modbus RTU 메시지의 기능과 데이터 필드에서 사용할 수 있는 코드를 설명합니다.

5.8.10 Modbus RTU에서 지원하는 기능 코드

Modbus RTU는 메시지의 기능 필드에서 다음과 같은 기능 코드의 사용을 지원합니다.

기능	기능 코드 (hex)
코일 읽기	1
고정 레지스터 읽기	3
단일 코일 쓰기	5
단일 레지스터 쓰기	6
다중 코일 쓰기	F
다중 레지스터 쓰기	10
통신 이벤트 카운터 읽기	B
슬레이브 ID 보고	11

표 5.19 기능 코드

기능	기능 코드	하위 기능 코드	하위 기능
진단	8	1	통신 재시작
		2	진단 레지스터로 돌아가기
		10	카운터 및 진단 레지스터 지우기
		11	버스통신 메시지 카운트로 돌아가기
		12	버스통신 오류 카운트로 돌아가기
		13	슬레이브 오류 카운트로 돌아가기
		14	슬레이브 메시지 카운트로 돌아가기

표 5.20 기능 코드

5.8.11 Modbus 예외 코드

예외 코드 응답 구조에 관한 전체 설명은 장을 5.8.5 기능 필드를 참조하십시오.

코드	이름	의미
1	잘못된 기능	쿼리에 수신된 기능 코드가 서버 (또는 슬레이브)에 허용할 수 있는 동작이 아닌 경우입니다. 이는 기능 코드가 보다 새로운 장치에만 적용되기 때문일 수 있으며 선택한 유닛에 구현되지 않았습니. 이는 또한 서버 (또는 슬레이브)가 잘못된 상태에 있어 이러한 유형의 요청을 처리할 수 없음을 의미하는 데, 예를 들어, 구성되어 있지 않고 레지스터 값을 돌려보내도록 요청하는 중이기 때문에 요청을 처리할 수 없습니다.
2	잘못된 데이터 주소	쿼리에 수신된 데이터 주소가 서버 (또는 슬레이브)에 허용할 수 있는 동작이 아닌 경우입니다. 보다 자세히 말하면, 지령 번호와 전달 길이의 조합이 유효하지 않습니다. 100개의 레지스터를 가진 컨트롤러의 경우, 오프셋 96과 길이 4로 요청하면 성공하지만 오프셋 96과 길이 5로 요청하면 예외 02가 발생합니다.
3	잘못된 데이터 값	쿼리 데이터 필드에 포함된 값이 서버 (또는 슬레이브)에 허용할 수 있는 값이 아닌 경우입니다. 이는 암시적 길이가 올바르지 않은 등 복잡한 요청의 나머지 부분의 구조에 결함이 있음을 의미합니다. 하지만 이는 Modbus 프로토콜이 특정 레지스터의 특정 값의 중요성을 인식하지 못하기 때문에 레지스터에 저장하기 위해 제출된 데이터 항목에 어플리케이션 프로그램의 예상을 벗어난 값이 있다는 의미는 아닙니다.
4	슬레이브 장치 실패	서버 (또는 슬레이브)가 요청한 동작의 수행을 시도하는 도중에 복구할 수 없는 오류가 발생한 경우입니다.

표 5.21 Modbus 예외 코드

5.9 파라미터 액세스 방법

5.9.1 파라미터 처리

PNU(파라미터 번호)는 Modbus 읽기 또는 메시지 읽기에 포함된 레지스터 주소로부터 번역됩니다. 파라미터 번호는 (10 x 파라미터 번호) **십진법**으로 Modbus에 번역됩니다. 예: 3-12 캐치업/슬로우다운 값 (16비트) 읽기: 고정 레지스터 3120은 파라미터 값을 유지합니다. 1352(십진수)의 값은 파라미터가 12.52%로 설정되어 있음을 의미합니다.

3-14 프리셋 상대 지령 (32비트) 읽기: 고정 레지스터 3410 및 3411은 파라미터 값을 유지합니다. 11300(십진수)의 값은 파라미터가 1113.00로 설정되어 있음을 의미합니다.

파라미터, 용량 및 변환 지수에 관한 정보는 해당 프로그램 지침서를 참조하십시오.

5.9.2 데이터 보관

코일 65 십진수는 주파수 변환기에 기록된 데이터가 EEPROM과 RAM(코일 65=1) 또는 RAM(코일 65=0)에만 저장되었는지 판단합니다.

5.9.3 IND (색인)

주파수 변환기의 일부 파라미터는 배열 파라미터(예: 3-10 프리셋 지령)입니다. Modbus는 고정 레지스터 내 배열을 지원하지 않으므로 주파수 변환기는 배열에 대한 포인터로 고정 레지스터 9를 유지합니다. 파라미터를 읽거나 쓰기 전에 고정 레지스터 9를 설정합니다. 고정 레지스터를 2의 값으로 설정하면 다음의 모든 읽기/쓰기 배열 파라미터가 지수 2가 됩니다.

5.9.4 텍스트 블록

텍스트 문자열에 저장된 파라미터는 다른 파라미터와 같은 방식으로 액세스합니다. 최대 텍스트 블록 길이는 20자입니다. 파라미터에 대한 판독 요청이 파라미터가 저장하는 문자 길이보다 긴 경우 응답의 일부가 생략됩니다. 파라미터에 대한 판독 요청이 파라미터가 저장하는 문자 길이보다 짧은 경우 응답 공간이 채워집니다.

5.9.5 변환 인수

파라미터 값은 정수로만 전송될 수 있습니다. 변환 인수를 사용하여 소수를 전송합니다.

5.9.6 파라미터 값

표준 데이터 유형

표준 데이터 유형에는 int16, int32, uint8, uint16 및 uint32가 있습니다. 이들은 4x 레지스터(40001-4FFFF)로 저장됩니다. 기능 03 hex 고정 레지스터 판독을 사용하여 파라미터를 판독합니다. 파라미터는 1 레지스터(16비트)를 위한 6 hex 단일 레지스터 프리셋 기능과 2 레지스터(32비트)를 위한 10 hex 다중 레지스터 프리셋 기능을 사용하여 기록되었습니다. 판독 가능한 길이는 1레지스터(16비트)부터 10레지스터(20자)까지입니다.

비표준 데이터 유형

비표준 데이터 유형은 텍스트 문자열이며 4x 레지스터(40001-4FFFF)로 저장됩니다. 파라미터는 03 hex 고정 레지스터 판독 기능을 사용하여 판독되며 10 hex 다중 레지스터 프리셋 기능을 사용하여 기록됩니다. 판독 가능한 길이는 레지스터 1개(문자 2개)부터 최대 레지스터 10개(문자 20개)까지입니다.

5.10 예시

다음의 예는 다양한 Modbus RTU 명령을 보여줍니다.

5.10.1 코일 상태 읽기(01 hex)

설명

이 기능은 주파수 변환기에 있는 개별 출력(코일)의 켜짐/꺼짐 상태를 읽습니다. 브로드캐스트는 읽기가 지원되지 않습니다.

쿼리

쿼리 메시지는 시작 코일과 읽을 코일의 수량을 지정합니다. 코일 주소는 0부터 시작합니다. 다시 말해, 코일 33은 32로 주소가 지정됩니다.

슬레이브 장치 01에서 코일 33-48(상태 워드)을 읽기 위한 요청의 예.

필드 이름	예 (hex)
슬레이브 주소	01(주파수 변환기 주소)
기능	01(코일 읽기)
시작 주소 HI	00
시작 주소 LO	20 (32 십진수) 코일 33
지점 수 HI	00
지점 수 LO	10 (16 십진수)
오류 검사(CRC)	-

표 5.22 쿼리

응답

응답 메시지의 코일 상태는 데이터 필드의 비트당 하나의 코일로 구성됩니다. 상태는 다음과 같이 나타납니다. 1=켜짐; 0=꺼짐. 첫 번째 데이터 바이트의 lsb에는 쿼리에서 주소가 지정된 코일이 포함되어 있습니다. 다른 코일은 이 바이트의 높은 순서 방향으로 따르며 다음 바이트에서는 낮은 순서에서 높은 순서로 따릅니다. 돌아온 코일 수량이 8의 배수가 아닌 경우, 마지막 데이터 바이트의 나머지 비트는 0(바이트의 높은 순서 방향)으로 채워집니다. 바이트 카운트 필드는 데이터의 완료 바이트 개수를 지정합니다.

필드 이름	예 (hex)
슬레이브 주소	01(주파수 변환기 주소)
기능	01(코일 읽기)
바이트 카운트	02(데이터의 2바이트)
데이터(코일 40-33)	07
데이터(코일 48-41)	06 (STW=0607hex)
오류 검사(CRC)	-

표 5.23 응답

주의 사항

코일과 레지스터는 Modbus에서 -1의 오프셋과 함께 암묵적으로 주소가 지정됩니다.

예를 들어, 코일 33은 코일 32로 주소가 지정됩니다.

5.10.2 단일 코일 강제/쓰기(05 hex)

설명

이 기능은 코일을 강제로 켜거나 끕니다. 브로드캐스트의 경우 이 기능은 연결된 모든 슬레이브에 동일한 코일 지령을 강제합니다.

쿼리

쿼리 메시지는 강제할 코일 65(파라미터 쓰기 제어)를 지정합니다. 코일 주소는 0부터 시작합니다. 다시 말해, 코일 65는 64로 주소가 지정됩니다. 데이터 강제=00 00hex(꺼짐) 또는 FF 00hex(켜짐).

필드 이름	예 (hex)
슬레이브 주소	01 (주파수 변환기 주소)
기능	05(단일 코일 쓰기)
코일 주소 HI	00
코일 주소 LO	40 (64 십진수) 코일 65
데이터 강제 HI	FF
데이터 강제 LO	00(FF 00=켜짐)
오류 검사(CRC)	-

표 5.24 쿼리

응답

정상 응답은 쿼리와 동일하며 코일 상태가 강제된 후에 돌아옵니다.

필드 이름	예 (hex)
슬레이브 주소	01
기능	05
데이터 강제 HI	FF
데이터 강제 LO	00
코일 수량 HI	00
코일 수량 LO	01
오류 검사(CRC)	-

표 5.25 응답

5.10.3 다중 코일 강제/쓰기(0F hex)

설명

이 기능은 *켜짐* 또는 *꺼짐*으로 코일 집합의 각 코일을 강제합니다. 브로드캐스트의 경우 이 기능은 연결된 모든 슬레이브에 동일한 코일 지령을 강제합니다.

쿼리

쿼리 메시지는 강제할 코일 17 ~ 32(속도 설정포인트)를 지정합니다.

필드 이름	예 (hex)
슬레이브 주소	01(주파수 변환기 주소)
기능	0F(다중 코일 쓰기)
코일 주소 HI	00
코일 주소 LO	10(코일 주소 17)
코일 수량 HI	00
코일 수량 LO	10 (코일 16개)
바이트 카운트	02
데이터 강제 HI (코일 8-1)	20
데이터 강제 LO (코일 16-9)	00 (지령=2000 hex)
오류 검사(CRC)	-

표 5.26 쿼리

응답

정상 응답은 슬레이브 주소, 기능 코드, 시작 주소 및 강제된 코일 수량을 돌려보냅니다.

필드 이름	예 (hex)
슬레이브 주소	01(주파수 변환기 주소)
기능	0F(다중 코일 쓰기)
코일 주소 HI	00
코일 주소 LO	10(코일 주소 17)
코일 수량 HI	00
코일 수량 LO	10 (코일 16개)
오류 검사(CRC)	-

표 5.27 응답

5.10.4 고정 레지스터 읽기(03 hex)

설명

이 기능은 슬레이브에 있는 고정 레지스터의 내용을 읽습니다.

쿼리

쿼리 메시지는 시작 레지스터와 읽을 레지스터 수량을 지정합니다. 레지스터 주소는 0부터 시작합니다. 다시 말해, 레지스터 1-4는 0-3으로 주소가 지정됩니다.

예: 읽기 3-03 *Maximum Reference*, 레지스터 03030.

필드 이름	예 (hex)
슬레이브 주소	01
기능	03(고정 레지스터 읽기)
시작 주소 HI	0B (레지스터 주소 3029)
시작 주소 LO	D5 (레지스터 주소 3029)
지점 수 HI	00
지점 수 LO	02 - (3-03 <i>Maximum Reference</i> 은 32비트 길이, 즉 레지스터 2개입니다.)
오류 검사(CRC)	-

표 5.28 쿼리

응답

응답 메시지의 레지스터 데이터는 각 바이트 내에 올바르게 정의된 이진수 내용과 함께 레지스터당 바이트 2개로 구성됩니다. 각 레지스터의 경우, 첫 번째 바이트에 높은 순서 비트가 포함되고 두 번째 바이트에 낮은 순서 비트가 포함됩니다.

예: hex 000088B8=35.000=35 Hz.

필드 이름	예 (hex)
슬레이브 주소	01
기능	03
바이트 카운트	04
데이터 HI(레지스터 3030)	00
데이터 LO(레지스터 3030)	16
데이터 HI(레지스터 3031)	E3
데이터 LO(레지스터 3031)	60
오류 검사(CRC)	-

표 5.29 응답

5.10.5 프리셋 단일 레지스터(06 hex)

설명

이 기능은 단일 고정 레지스터에 값을 사전 설정합니다.

쿼리

쿼리 메시지는 사전 설정할 레지스터 지령을 지정합니다. 레지스터 주소는 0부터 시작합니다. 다시 말해, 레지스터 1은 0으로 주소가 지정됩니다.

예: 1-00 Configuration Mode에 쓰기, 레지스터 1000.

필드 이름	예 (hex)
슬레이브 주소	01
기능	06
레지스터 주소 HI	03 (레지스터 주소 999)
레지스터 주소 LO	E7 (레지스터 주소 999)
데이터 프리셋 HI	00
데이터 프리셋 LO	01
오류 검사(CRC)	-

표 5.30 쿼리

응답

정상 응답은 쿼리와 동일하며 레지스터 내용이 통과된 후에 돌아옵니다.

필드 이름	예 (hex)
슬레이브 주소	01
기능	06
레지스터 주소 HI	03
레지스터 주소 LO	E7
데이터 프리셋 HI	00
데이터 프리셋 LO	01
오류 검사(CRC)	-

표 5.31 응답

5.10.6 다중 레지스터 프리셋(10 hex)

설명

이 기능은 일련의 고정 레지스터에 값을 사전 설정합니다.

쿼리

쿼리 메시지는 사전 설정한 레지스터 지령을 지정합니다. 레지스터 주소는 0부터 시작합니다. 다시 말해, 레지스터 1은 0으로 주소가 지정됩니다. 레지스터 2개를 사전 설정하는 요청의 예(1-24 Motor Current을 738 (7.38 A)로 설정):

필드 이름	예 (hex)
슬레이브 주소	01
기능	10
시작 주소 HI	04
시작 주소 LO	07
레지스터 개수 HI	00
레지스터 개수 LO	02
바이트 카운트	04
데이터 쓰기 HI (레지스터 4: 1049)	00
데이터 쓰기 LO (레지스터 4: 1049)	00
데이터 쓰기 HI (레지스터 4: 1050)	02
데이터 쓰기 LO (레지스터 4: 1050)	E2
오류 검사(CRC)	-

표 5.32 쿼리

응답

정상 응답은 슬레이브 주소, 기능 코드, 시작 주소 및 사전 설정할 레지스터 수량을 돌려보냅니다.

필드 이름	예 (hex)
슬레이브 주소	01
기능	10
시작 주소 HI	04
시작 주소 LO	19
레지스터 개수 HI	00
레지스터 개수 LO	02
오류 검사(CRC)	-

표 5.33 응답

5.11 댄포스 FC 제어 프로파일

5.11.1 FC 프로파일에 따른 제어 워드 (8-10 프로토콜 = FC 프로파일)

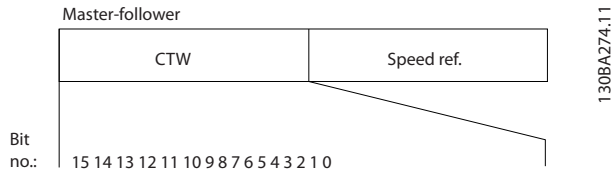


그림 5.13 FC 프로파일에 따른 제어 워드

비트	비트 값=0	비트 값=1
00	지령 값	외부 선택 lsb
01	지령 값	외부 선택 msb
02	직류 제동	가감속
03	코스팅	코스팅 없음
04	순간 정지	가감속
05	출력 주파수 유지	가감속 사용
06	감속 정지	기동
07	기능 없음	리셋
08	기능 없음	조그
09	가감속 1	가감속 2
10	유효하지 않은 데이터	유효한 데이터
11	릴레이 01 개방	릴레이 01 동작
12	릴레이 02 개방	릴레이 02 동작
13	파라미터 설정	선택 lsb
15	기능 없음	역회전

표 5.34 FC 프로파일에 따른 제어 워드

제어 비트 설명

비트 00/01

비트 00과 01은 표 5.35에 따라 3-10 Preset Reference에 미리 프로그래밍되어 있는 4개의 지령 값 중에서 선택하는 데 사용됩니다.

프로그래밍된 지령 값	파라미터	비트 01	비트 00
1	3-10 Preset Reference [0]	0	0
2	3-10 Preset Reference [1]	0	1
3	3-10 Preset Reference [2]	1	0
4	3-10 Preset Reference [3]	1	1

표 5.35 제어 비트

주의 사항

비트 00/01이 디지털 입력의 해당 기능을 계산하는 방법을 정의하려면 8-56 Preset Reference Select에서 지령을 선택합니다.

비트 02, 직류 제동

비트 02=0일 때 직류 제동 및 정지됩니다. 2-01 DC Brake Current과 2-02 DC Braking Time에서 제동 전류 및 시간을 설정합니다.

비트 02=1일 때 가감속됩니다.

비트 03, 코스팅

비트 03=0: 주파수 변환기가 모터를 즉시 정지시키고 (출력 트랜지스터는 차단) 모터가 코스팅 정지됩니다. 비트 03=1: 기타 기동 조건을 만족하는 경우 주파수 변환기가 모터를 기동합니다.

비트 03이 디지털 입력의 해당 기능을 계산하는 방법을 정의하려면 8-50 Coasting Select에서 코스팅을 선택합니다.

비트 04, 순간 정지

비트 04=0: 정지할 때까지 모터를 감속합니다 (3-81 Quick Stop Ramp Time에서 설정).

비트 05, 출력 주파수 고정

비트 05=0: 현재 출력 주파수(Hz)가 고정됩니다. 고정된 출력 주파수는 가속=21 및 감속=22하도록 프로그래밍된 디지털 입력(5-10 Terminal 18 Digital Input에서 5-13 Terminal 29 Digital Input)으로만 변경됩니다.

주의 사항

고정된 출력이 활성화되어 있는 경우 주파수 변환기는 다음 방법으로만 정지될 수 있습니다.

- 비트 03 코스팅 정지.
- 비트 02 직류 제동.
- 직류 제동=5, 코스팅 정지=2, 또는 리셋 및 코스팅 정지=3하도록 프로그래밍된 디지털 입력 (5-10 Terminal 18 Digital Input ~ 5-13 Terminal 29 Digital Input).

비트 06, 가감속 정지/기동

비트 06=0: 모터를 정지시키고 선택된 감속 파라미터를 통해 정지할 때까지 모터를 감속시킵니다.

비트 06=1: 기타 기동 조건을 만족하는 경우 주파수 변환기가 모터를 기동하도록 허용합니다.

비트 06(가감속 정지/기동)이 디지털 입력의 해당 기능을 계산하는 방법을 정의하려면 8-53 Start Select에서 기동을 선택합니다.

비트 07, 리셋

비트 07=0: 리셋 안함.

비트 07=1: 트립을 리셋합니다. 신호의 전연에서, 즉, 논리 0에서 논리 1로 변경할 때 리셋이 활성화됩니다.

비트 08, 조그

비트 08=1: 출력 주파수는 3-11 Jog Speed [Hz]에 따라 결정됩니다.

비트 09, 가감속 1/2 선택

비트 09=0: 가감속 1이 활성화됩니다(3-41 Ramp 1 Ramp Up Time ~ 3-42 Ramp 1 Ramp Down Time).

비트 09=1: 가감속 2(3-51 Ramp 2 Ramp Up Time ~ 3-52 Ramp 2 Ramp Down Time)가 활성화됩니다.

비트 10, 유효하지 않은 데이터/유효한 데이터

제어 워드를 사용할지 아니면 무시할지를 주파수 변환기에 알립니다.

비트 10=0: 제어 워드를 무시합니다.

비트 10=1: 제어 워드를 사용합니다. 텔레그램의 종류에 관계 없이 텔레그램에는 항상 제어 워드가 포함되기 때문에 이 기능이 사용됩니다. 파라미터를 업데이트하거나 읽을 때 제어 워드가 필요하지 않으면 제어 워드를 끕니다.

비트 11, 릴레이 01

비트 11=0: 릴레이는 활성화되지 않습니다.
비트 11=1: 5-40 Function Relay에 제어 워드 비트 11=36이 선택되어 있다면 릴레이 01이 활성화됩니다.

비트 12, 릴레이 02

비트 12=0: 릴레이 02는 활성화되지 않습니다.
비트 12=1: 5-40 Function Relay에 제어 워드 비트 12=37이 선택되어 있다면 릴레이 02가 활성화됩니다.

비트 13, 셋업 선택

표 5.36를 기준으로 비트 13을 사용하여 2개의 메뉴 셋업 중 하나를 선택합니다.

셋업	비트 13
1	0
2	1

표 5.36 메뉴 셋업

이 기능은 0-10 Active Set-up에서 다중 설정=9가 선택되었을 경우에만 사용할 수 있습니다.

8-55 Set-up Select를 사용하여 비트 13이 디지털 입력의 해당 기능을 계산하는 방법을 정의합니다.

비트 15 역회전

비트 15=0: 역회전 안함
비트 15=1: 역회전 8-54 Reversing Select에서 역회전이 디지털로 초기 설정되어 있습니다. 직렬 통신이나 [2] Logic OR(논리 OR) 또는 [3] Logic AND(논리 AND)가 선택되었을 경우에만 비트 15가 역회전됩니다.

5.11.2 FC 프로필에 따른 상태 워드 (STW) (8-30 Protocol = FC 프로필)

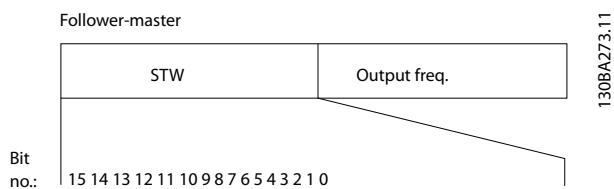


그림 5.14 상태 워드

비트	비트=0	비트=1
00	제어 준비 안됨	제어 준비
01	인버터준비X	운전 준비
02	코스팅	사용함
03	오류 없음	트립
04	오류 없음	오류(트립 없음)
05	예비	-
06	오류 없음	트립 잠금
07	경고 없음	경고
08	속도≠지령	속도=지령
09	현장 운전	버스통신 제어
10	주파수 한계 초과	주파수 한계 내
11	운전 안함	운전 중
12	인버터 정상	정지, 자동 기동
13	전압 정상	전압 초과
14	토오크 정상	토오크 초과
15	타이머 정상	타이머 초과

표 5.37 FC 프로필에 따른 상태 워드

상태 비트 설명

비트 00, 제어 준비 안됨/준비됨

비트 00=0: 주파수 변환기가 트립합니다.
비트 00=1: 주파수 변환기 제어는 준비되지 않, 반드시 전원 부품이 전원 공급을 받는 것은 아닙니다(외부 24V가 제어 장치에 공급될 경우).

비트 01, 인버터 준비

비트 01=0: 주파수 변환기가 준비되지 않았습니다.
비트 01=1: 주파수 변환기는 운전 준비되지만 코스팅 명령은 디지털 입력이나 직렬 통신을 통해서만 활성화됩니다.

비트 02, 코스팅 정지

비트 02=0: 주파수 변환기가 모터를 정지시킵니다.
비트 02=1: 주파수 변환기가 기동 명령을 사용하여 모터를 기동합니다.

비트 03, 오류 없음/트립

비트 03=0: 주파수 변환기가 정상적으로 운전하고 있습니다. 비트 03=1: 주파수 변환기가 트립합니다. 운전을 다시 시작하려면 [Reset]을 누릅니다.

비트 04, 오류 없음/오류(트립 안됨)

비트 04=0: 주파수 변환기가 정상적으로 운전하고 있습니다.
비트 04=1: 주파수 변환기에 오류가 있지만 트립하지는 않습니다.

비트 05, 사용안함

비트 05는 상태 워드에서 사용되지 않습니다.

비트 06, 오류 없음/트립 잠금

비트 06=0: 주파수 변환기가 정상적으로 운전하고 있습니다.
비트 06=1: 주파수 변환기가 트립되고 잠겼습니다.

비트 07, 경고 없음/경고

비트 07=0: 경고가 없습니다.
비트 07=1: 경고가 발생했습니다.

비트 08, 속도 지령/속도=지령

비트 08=0: 모터가 운전하지만 현재 운전 속도가 프리셋 속도 지령과 일치하지 않습니다. 기동 또는 정지 시 속도가 가속 또는 감속되었을 때 이런 현상이 나타날 수 있습니다.

비트 08=1: 모터의 속도가 프리셋 속도 지령과 일치합니다.

비트 09, 현장 운전/버스통신 제어

비트 09=0: [Off/Reset]은 3-13 지령 위치에 제어 장치 또는 현장 제어가 선택되어 있을 경우에 활성화됩니다. 직렬 통신을 이용하여 주파수 변환기를 제어할 수 없습니다.

비트 09=1: 펄드 버스/직렬 통신을 이용하여 주파수 변환기를 제어할 수 있습니다.

비트 10, 주파수 한계 초과

비트 10=0: 출력 주파수가 4-12 Motor Speed Low Limit [Hz] 또는 4-14 Motor Speed High Limit [Hz]에서 설정된 값에 도달했습니다.

비트 10=1: 출력 주파수가 정의된 한계 내에 있습니다.

비트 11, 운전하지 않음/운전 중

비트 11=0: 모터가 운전하지 않습니다.

비트 11=1: 주파수 변환기에는 코스팅이 없는 기동 신호가 있습니다.

비트 12, 인버터 정상/정지, 자동 기동

비트 12=0: 주파수 변환기에 일시적 과열 현상이 없습니다.

비트 12=1: 과열로 인해 주파수 변환기가 정지되지만 트립되지는 않고 과열 현상이 없어질 경우 다시 운전을 시작합니다.

비트 13, 전압 정상/한계 초과

비트 13=0: 전압 경고가 발생하지 않았습니다.

비트 13=1: 주파수 변환기 매개회로의 직류 전압이 너무 낮거나 높습니다.

비트 14, 토크 정상/한계 초과

비트 14=0: 모터 전류가 4-18 Current Limit에서 선택된 전류 한계보다 낮습니다.

비트 14=1: 4-18 Current Limit의 전류 한계가 초과되었습니다.

비트 15, 타이머 정상/한계 초과

비트 15=0: 모터 쉼 보호와 쉼 보호의 타이머가 100%를 초과하지 않았습니다.

비트 15=1: 타이머 중 하나가 100%를 초과했습니다.

5.11.3 버스통신 속도 지령 값

속도 지령 값은 상대적인 값(%)으로 주파수 변환기에 전달됩니다. 값은 16비트 형태(정수(0-32767))로 전달되며 값 16384(4000 hex)는 100%에 해당합니다. 음의 기호는 2의 보수에 의해 정해집니다. 실제 출력 주파수(MAV)는 버스통신 지령과 동일한 방법으로 범위가 설정됩니다.

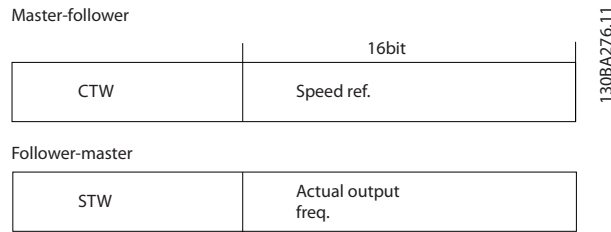


그림 5.15 실제 출력 주파수(MAV)

지령과 MAV는 다음과 같이 범위가 설정됩니다:

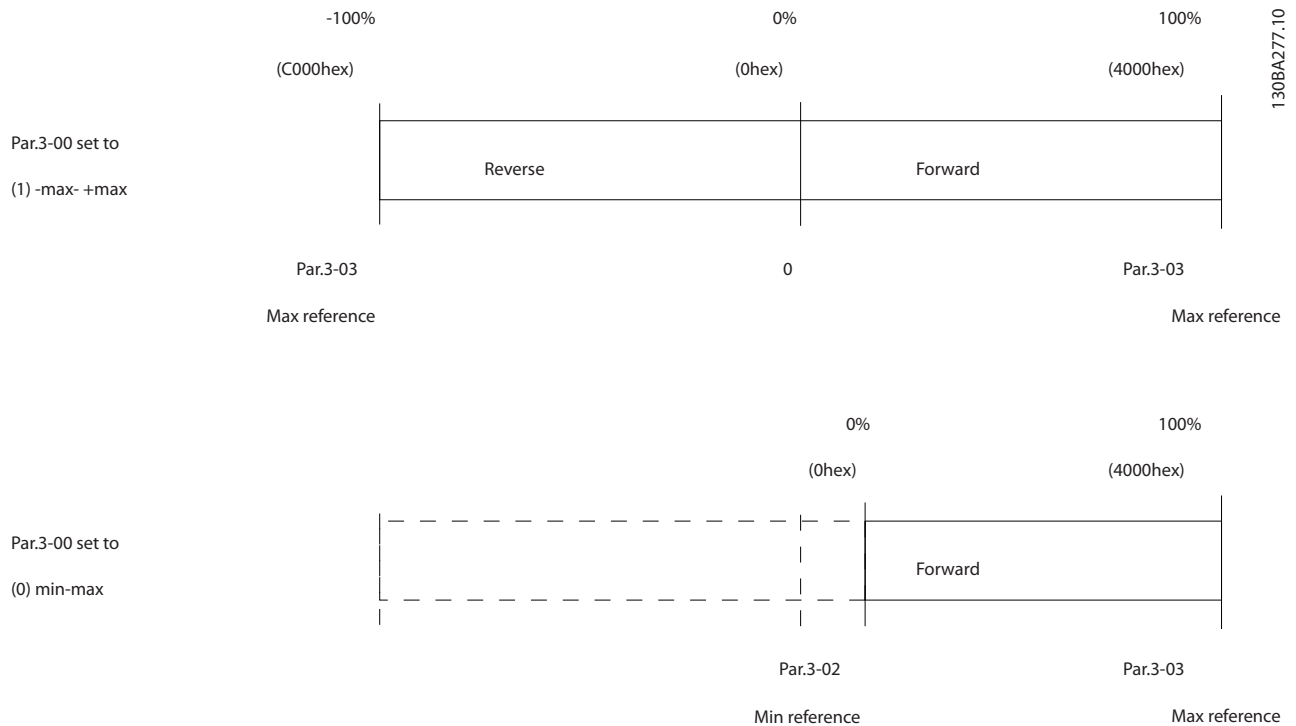


그림 5.16 지령 및 MAV

6 적용 예

6.1 소개

본 절에서의 예는 일반적으로 많이 사용되는 기능에 대한 간단한 참고용으로 제작된 것입니다.

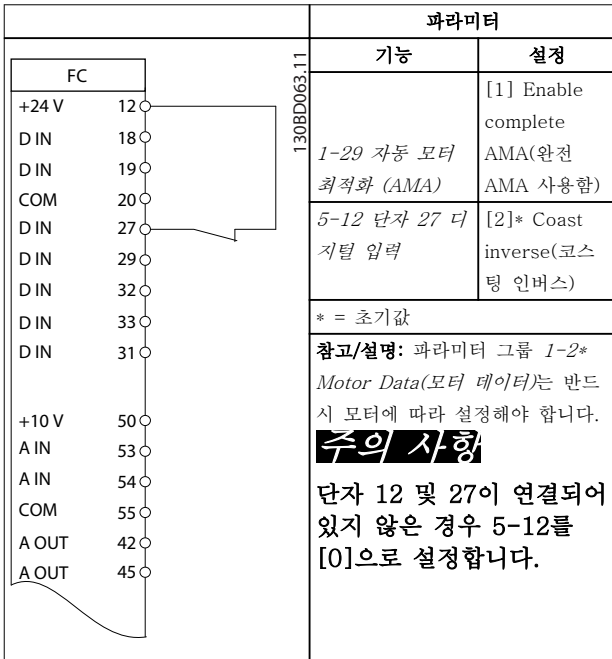


표 6.1 T27이 연결된 AMA

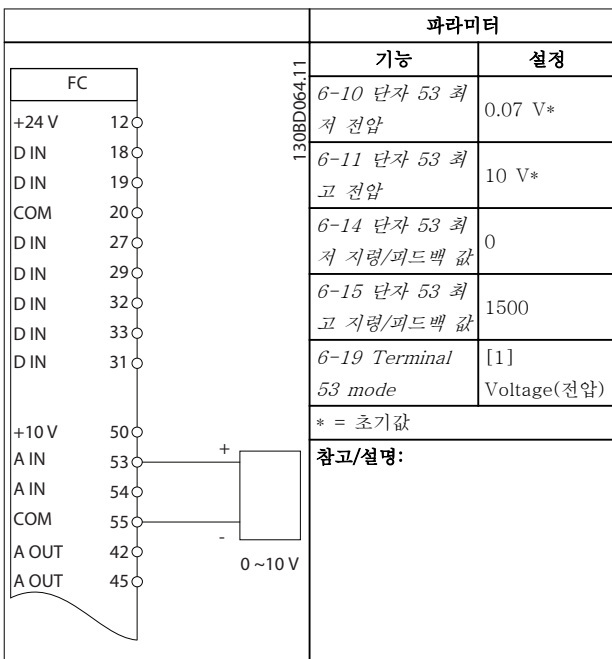


표 6.2 아날로그 속도 지령(전압)

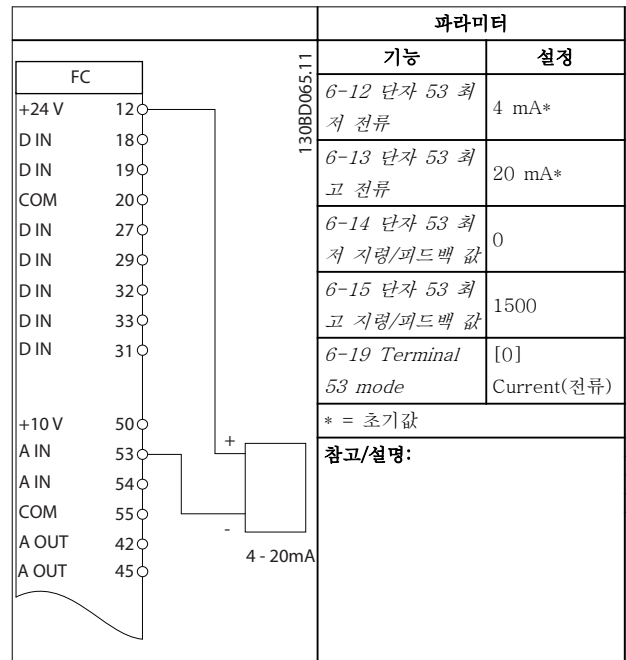


표 6.3 아날로그 속도 지령(전류)

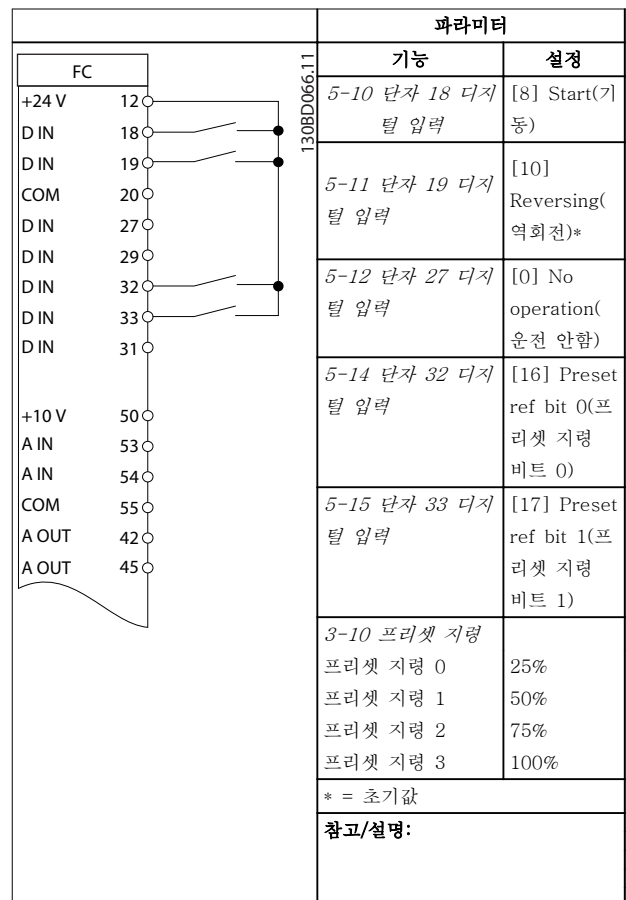


표 6.4 역회전 및 4가지 프리셋 속도가 있는 기동/정지

		파라미터	
		기능	설정
	130BD067.11	5-11 단자 19 디지털 입력	[1] Reset(리셋)
		* = 초기값	
		참고/설명:	

표 6.5 외부 알람 리셋

		파라미터	
		기능	설정
	130BB068.11	6-10 단자 53 최저 전압	0.07 V*
		6-11 단자 53 최고 전압	10 V*
		6-14 단자 53 최저 지령/피드백 값	0
		6-15 단자 53 최고 지령/피드백 값	1500
		6-19 Terminal 53 mode	[1]
		* = 초기값	
		참고/설명:	

표 6.6 속도 지령(수동 가변 저항 사용)

		파라미터	
		기능	설정
	130BD150.11	4-30 모터 피드백 손실 기능	[1] Warning(경고)
		4-31 모터 피드백 속도 오류	100
		4-32 모터 피드백 손실 시간 초과	5 s
		7-00 속도 PID 피드백 소스	[2] MCB 102
		17-11 분해능 (PPR)	1024*
		13-00 SL 컨트롤러 모드	[1] On(켜짐)
		13-01 이벤트 시작	[19] Warning(경고)
		13-02 이벤트 정지	[44] Reset key(리셋 키)
		13-10 비교기 피연산자	[21] Warning no.(경고 번호)
		13-11 비교기 연산자	[1] ≈*
		13-12 비교기 값	90
		13-51 SL 컨트롤러 이벤트	[22] Comparator 0(비교기 0)
		13-52 SL 컨트롤러 동작	[32] Set digital out A low(디지털 출력 A 최저설정)
		5-40 릴레이 기능	[80] SL digital output A(SL 디지털 출력 A)
		* = 초기값	
		참고/설명:	

피드백 모니터의 한계를 초과하면 경고 90이 발생합니다. SLC는 경고 90을 감지합니다. 경고 90이 TRUE가 되면 릴레이 1을 트리거합니다.
그리고 나면 외부 장비에 서비스가 필요하다는 표시가 나타날 수 있습니다. 피드백 오류가 5초 내에 다시 한계 밑으로 내려가면 주파수 변환기는 운전을 계속하고 경고가 사라집니다. 하지만 릴레이 1은 [Off/Reset]을 누를 때까지 계속 유지됩니다.

표 6.7 SLC를 사용한 릴레이 설정

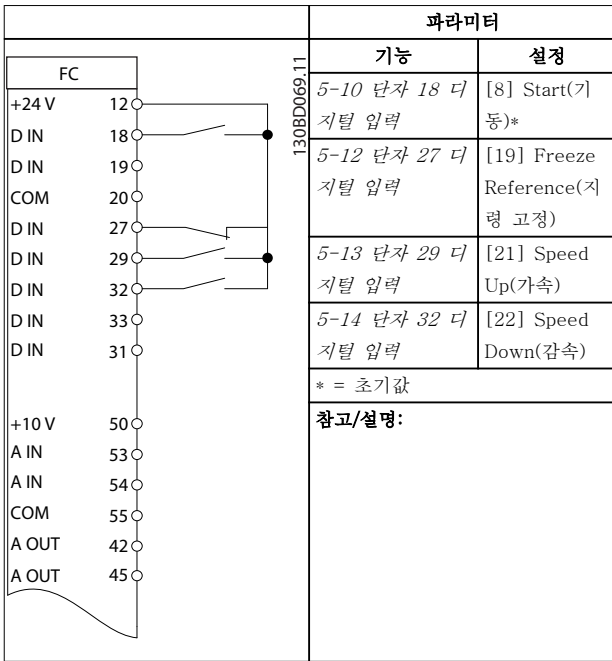


표 6.8 가속/감속

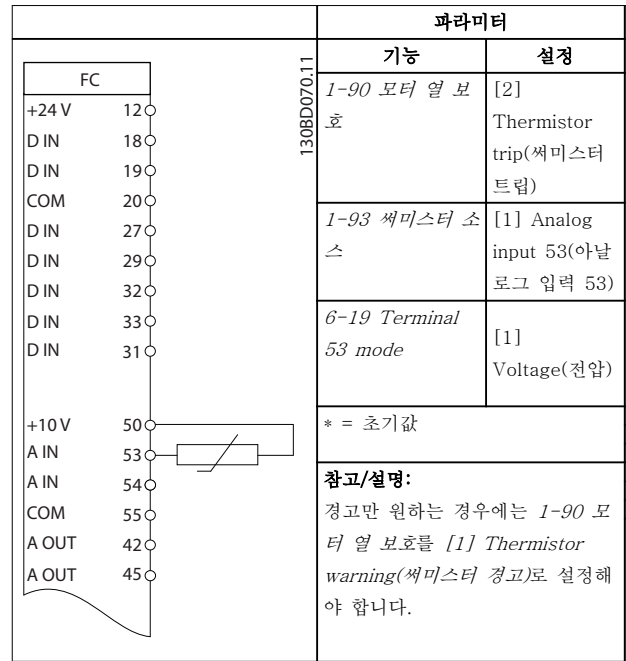


표 6.9 모터 써미스터

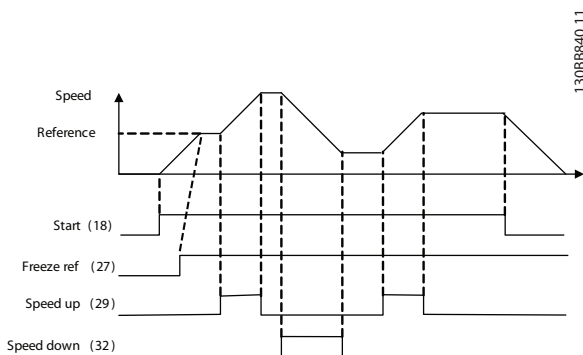


그림 6.1 가속/감속

주의

써미스터는 PELV 절연 요구사항을 충족하기 위해 보강 또는 이중 절연되어야 합니다.

6.1.1 엔코더 연결

이 지침서의 목적은 주파수 변환기에 대한 엔코더 연결 셋업을 용이하게 하기 위함입니다. 엔코더를 셋업하기 전에는 폐회로 속도 제어 시스템의 기본 설정이 나타납니다.

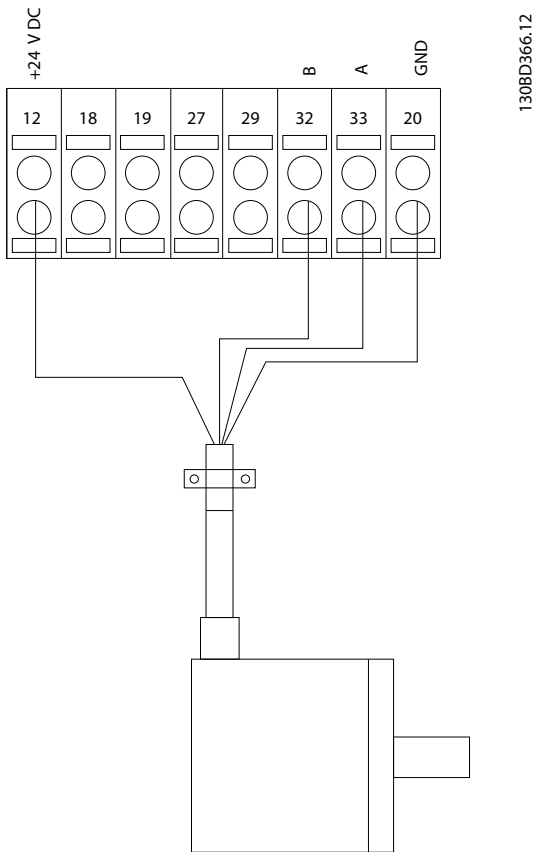


그림 6.2 24 V 또는 10-30 V 엔코더

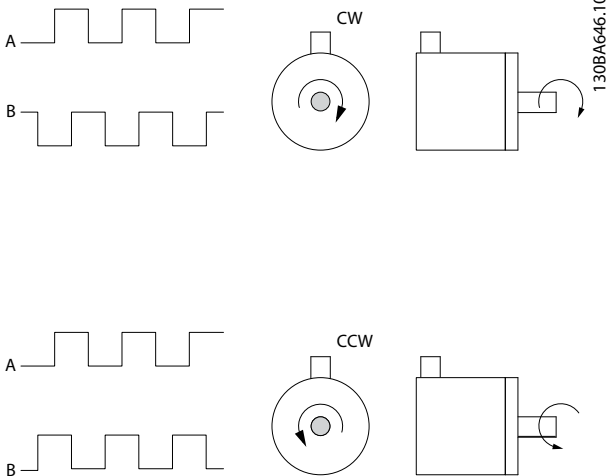


그림 6.3 24V 인크리멘탈 엔코더, 최대 케이블 길이 5m

6.1.2 엔코더 방향

엔코더의 방향은 펄스가 주파수 변환기에 들어가는 순서에 따라 다릅니다.
 시계방향은 채널 A가 채널 B에 대해 전기적으로 90도 앞에 있음을 의미합니다.
 반시계방향은 채널 B가 채널 A에 대해 전기적으로 90도 앞에 있음을 의미합니다.
 방향은 축의 끝을 보면 알 수 있습니다.

6.1.3 폐회로 인버터 시스템

인버터 시스템은 일반적으로 다음 요소로 구성되어 있습니다.

- 모터
- 제동 장치 (기어박스) (기계식 제동 장치).
- 주파수 변환기.
- 피드백 시스템으로 활용되는 엔코더.
- 다이내믹 제동을 위한 제동 저항.
- 트랜스미션.
- 부하.

기계식 제동 장치 제어가 필요한 어플리케이션에는 주로 제동 저항도 필요합니다.

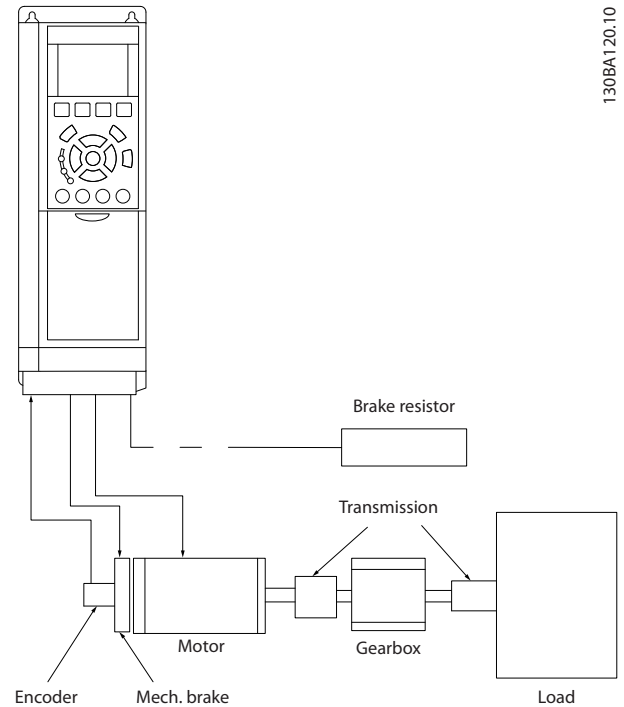


그림 6.4 폐회로 속도 제어를 위한 기본 셋업

인덱스

A	AMA..... 7	RS485	RS485..... 62
C	CE 마크..... 10	RS485 설치 및 셋업..... 60	T
E	EMC..... 55	T27이 연결된 AMA..... 78	V
EMC 규정..... 10	EMC 방사 소개..... 37	VVC+ 8, 20	VVC+ 모드에서의 정적 과부하..... 45
EMC 방지 요구사항..... 38	EMC 시험 결과..... 38	개	개회로..... 54
EMC 주의사항..... 61	ETR..... 7	고	고정 레지스터 읽기(03 hex)..... 72
F	FC 프로필	공	공급 전압..... 53
프로토콜 개요..... 61	FC 프로필..... 74	공정 PID 제어..... 32	과
I	IEC 61800-3..... 15, 55	과부하 보호..... 14	관
IND..... 64	J	관성 모멘트..... 45	그
Jog..... 6	L	그라운드 루프..... 17	극
LCP..... 6, 7, 21	M	극한 운전 조건..... 44	기
Modbus RTU..... 66	Modbus RTU 개요..... 66	기계류 규정..... 10	기계식 역속 제동 장치..... 41
Modbus RTU가 있는 FC..... 62	Modbus 예외 코드..... 70	기능 코드..... 70	내
Modbus 통신..... 61	P	내부 전류 제어, VVC+ 모드..... 21	네
PELV..... 54, 80	PELV, 방호초저전압..... 40	네트워크 구성..... 66	네트워크 연결..... 61
R	RCD..... 8	노	노이즈 절연..... 14
RFI 필터..... 15	RS485..... 60		

누		보호 기능.....	55
누설 전류.....	40	분	
단		분기 회로 보호.....	56
단락.....	44	비	
단면적.....	52	비선형 토크.....	6
단속적 듀티 사이클.....	7	비접지 델타.....	15
단자 프로그래밍.....	17	사	
동		사용하지 않는 대역.....	26
동기식 모터 속도.....	6	상	
디		상태 워드.....	75
디지털 입력.....	52	색	
디지털 출력.....	54	색인(IND).....	64
리		속	
리셋.....	55	속도 PID.....	18, 20
릴		속도 PID 제어.....	29
릴레이 출력.....	54	속도 지령.....	78
매		슬	
매개회로.....	45, 57	슬립 보상.....	8
모		써	
모터 배선.....	14	써미스터.....	8, 80
모터 보호.....	14, 55	아	
모터 써멀 보호.....	45, 76	아날로그 및 펄스 지령과 피드백.....	24
모터 위상.....	44	아날로그 입력.....	6, 7, 53
모터 전압.....	57	안	
모터 정격 전류.....	6	안전 주의사항.....	8
모터 정격 회전수.....	6	약	
모터 출력.....	14, 52	약어.....	0
모터 케이블.....	14	에	
모터에서 발생된 전압에 의한 과전압.....	45	에너지 효율.....	50, 51
방		에너지 효율 클래스.....	55
방사.....	38	여	
방전 시간.....	9	여러대의 주파수 변환기.....	14
버			
버스트통신 지령.....	24		
보			
보호.....	40		

역		제어 배선.....	14
역률.....	7, 15	제어 워드.....	74
읍		제어 케이블.....	17
읍선 장비.....	15	제어 특성.....	54
와		제어카드 성능.....	55
와이어 용량.....	14	제어카드, 24V DC 출력.....	54
용		제어카드, RS485 직렬 통신.....	53
용량 감소.....	55	조	
유		조그.....	74
유도 전압.....	14	주	
입		주위 조건.....	54
입력 신호.....	17	주전원 공급.....	7
입력 전원.....	14	주전원 공급 (L1, L2, L3).....	52
자		주전원 공급 데이터.....	50
자동 모터 최적화.....	7	주전원 저전압.....	45
저		증	
저전압 규정.....	10	증가 시간.....	57
전		지	
전기 노이즈.....	14	지령 고정.....	23
전도.....	38	지령 한계.....	23
전류 범위.....	7, 53	지원하는 데이터 유형.....	64
전압 범위.....	52	직	
전원 사이클.....	7	직렬 통신.....	6, 17
전원 연결부.....	14	직류 제동.....	74
절		차	
절연된 주전원.....	15	차폐 제어 케이블.....	17
접		차폐 케이블.....	14
접지.....	14, 15	청	
접지 연결.....	14	청각적 소음.....	57
접지 와이어.....	14	출	
접지형 델타.....	15	출력 고정.....	6
제		출력 전류.....	54
제동 기능.....	43	출력 주파수 유지.....	74
제동 동력.....	7, 43	출력(전원) 차단/공급.....	44
제동 저항.....	7, 42, 48	캐	
		캐치업/슬로우다운.....	23

케	
케이블 길이.....	52
코	
코스팅.....	6, 74, 75
텔	
텔레그램 길이(LGE).....	62
토	
토오크 제어.....	18
토오크 특성.....	52
트	
트립.....	8
트립 기능.....	14
특	
특수 조건.....	58
파	
파라미터 번호(PNU).....	64
펄	
펄스 입력.....	53
펄스 지령.....	7
폐	
폐기물 처리 지침.....	9
퓨	
퓨즈.....	56
프	
프리셋 지령.....	24
하	
하드웨어 셋업.....	61
효	
효율.....	57



.....
Danfoss는 카탈로그, 브로셔 및 기타 인쇄 자료의 오류에 대해 그 책임을 일체 지지 않습니다. Danfoss는 사전 통지 없이 제품을 변경할 수 있는 권리를 보유합니다. 이 권리는 동의할
거친 사양에 변경이 없이도 제품에 변경이 생길 수 있다는 점에서 이미 판매 중인 제품에도 적용됩니다. 이 자료에 실린 모든 상표는 해당 회사의 재산입니다. Danfoss와 Danfoss 로고
는 Danfoss A/S의 상표입니다. All rights reserved.
.....

Danfoss A/S
Ulsnaes 1
DK-6300 Graasten
vlt-drives.danfoss.com

