

# Engineered Drives Manual

## PosDrive<sup>®</sup> NX Series



## 목 차

|                                                   |    |
|---------------------------------------------------|----|
| 1. Engineered Drives Manual 개요 .....              | 6  |
| 2. 프로세스가 핵심 .....                                 | 7  |
| 2.1 고객의 설치 환경 .....                               | 7  |
| 2.2 Drive System 구성 .....                         | 8  |
| 3. Drive Systems .....                            | 9  |
| 3.1 Single Drive .....                            | 9  |
| 3.1.1 일반적인 Single Drive Applications .....        | 10 |
| 3.2 Common DC bus Drive Systems .....             | 10 |
| 3.2.1 일반적인 Common DC bus Drive Applications ..... | 11 |
| 3.3 Common AC bus Drive Systems .....             | 11 |
| 3.3.1 일반적인 Common AC bus Drive Applications ..... | 12 |
| 3.4 드라이브 제어 .....                                 | 12 |
| 3.4.1 필드버스 통신 .....                               | 13 |
| 3.4.2 데이터 전송 용량 .....                             | 14 |
| 3.4.3 필드버스 설치 .....                               | 14 |
| 4. Drive System 용량설계 .....                        | 15 |
| 4.1 프로세스 요구사항 및 용량설계의 중요성 .....                   | 15 |
| 4.2 용량설계 주요 단계 .....                              | 16 |
| 4.2.1 입력전원 검토 : 전압 및 주파수 .....                    | 16 |
| 4.2.2 필요한 Load Data 정의 .....                      | 16 |
| 4.2.3 모터 선정 .....                                 | 17 |
| 4.2.4 Frequency Converter 선택 .....                | 19 |
| 4.2.5 주변조건(Ambient conditions) .....              | 20 |
| 4.3 Drive System에서 인버터 유닛 용량 산정 .....             | 20 |
| 4.4 Front-end의 유형 .....                           | 21 |
| 4.5 Drive System에서 Front-end 용량 산정 .....          | 21 |
| 4.5.1 값 계산 .....                                  | 22 |
| 4.5.2 DC Power 계산 방법 예 .....                      | 23 |
| 4.6 높은 주변온도에 의한 용량 감소 .....                       | 23 |
| 4.7 높은 고도에 의한 용량 감소 .....                         | 23 |
| 4.7.1 열 성능 .....                                  | 24 |
| 4.7.2 전기 절연 .....                                 | 24 |
| 4.8 Appendix .....                                | 25 |
| 4.8.1 측정 단위 .....                                 | 25 |
| 4.8.2 기계적 이론 : FORCE .....                        | 25 |
| 4.8.3 기계적 이론 : TORQUE .....                       | 26 |
| 4.8.4 기계적 이론 : 관성 .....                           | 26 |
| 4.8.5 기계적 이론 : 일정속도에서 전력 .....                    | 26 |
| 4.8.6 기계적 이론 : 가속도(Acceleration) .....            | 26 |
| 5. EMC, 원칙과 실천 .....                              | 27 |
| 5.1 EMC 지침 .....                                  | 27 |
| 5.1.1 필수 요건 .....                                 | 27 |
| 5.1.2 준수 .....                                    | 27 |
| 5.2 유럽 표준 .....                                   | 28 |
| 5.3 유럽 이외의 표준 .....                               | 28 |
| 5.4 환경 .....                                      | 28 |
| 5.4.1 첫 번째 환경 (First Environment) .....           | 28 |
| 5.4.2 두 번째 환경 (Second Environment) .....          | 28 |
| 5.5 EN 61800-3의 4 가지 드라이브 카테고리 .....              | 28 |

|           |                                             |           |
|-----------|---------------------------------------------|-----------|
| 5.5.1     | EN 61800-3 vs 일반 표준 .....                   | 29        |
| 5.5.2     | EMC 계획 .....                                | 29        |
| 5.6       | 전도 방출 수준(Conducted Emission Levels) .....   | 30        |
| 5.7       | 방사 방출 수준(Radiated Emission Levels) .....    | 30        |
| 5.8       | EMC 관련 훌륭한 엔지니어링 사례.....                    | 30        |
| 5.8.1     | 모터 케이블과 접지 .....                            | 31        |
| 5.8.2     | 케이블 위치 설정.....                              | 33        |
| <b>6.</b> | <b>Harmonics.....</b>                       | <b>35</b> |
| 6.1       | 모터에 대한 고조파 영향 .....                         | 36        |
| 6.2       | 표준 .....                                    | 37        |
| 6.2.1     | 제품 표준.....                                  | 37        |
| 6.2.2     | 시스템 표준 IEEE 519 : 1992.....                 | 37        |
| 6.3       | 고조파 저감.....                                 | 38        |
| 6.3.1     | Chokes .....                                | 38        |
| 6.3.2     | 튜닝된 필터 .....                                | 39        |
| 6.3.3     | Active Front End .....                      | 39        |
| 6.3.4     | Multi pulse 연결 .....                        | 40        |
| 6.3.5     | Passive 필터.....                             | 40        |
| 6.3.6     | Active 필터 .....                             | 41        |
| <b>7.</b> | <b>Contactors, Breakers and Fuses .....</b> | <b>42</b> |
| 7.1       | Contactors.....                             | 42        |
| 7.1.1     | 용량 산정.....                                  | 42        |
| 7.1.2     | 보조 접점.....                                  | 43        |
| 7.2       | Breakers.....                               | 43        |
| 7.2.1     | ACB (Air Circuit Breakers) .....            | 43        |
| 7.2.2     | MCCB (Moulded Case Circuit Breakers) .....  | 43        |
| 7.2.3     | MCB (Miniature Circuit Breakers) .....      | 44        |
| 7.3       | Fuses .....                                 | 44        |
| 7.3.1     | Fuse 선택 .....                               | 44        |
| <b>8.</b> | <b>공급 전원 및 전원 케이블 .....</b>                 | <b>45</b> |
| 8.1       | 공급 전원 유형.....                               | 45        |
| 8.1.1     | IT Networks.....                            | 45        |
| 8.1.2     | TT Networks .....                           | 46        |
| 8.1.3     | TN-S Networks .....                         | 46        |
| 8.1.4     | TN-C Networks.....                          | 47        |
| 8.1.5     | TN-C-S Networks.....                        | 47        |
| 8.1.6     | Corner-grounded Networks .....              | 48        |
| 8.2       | 전원 케이블 작업.....                              | 48        |
| 8.3       | 도체 재료 .....                                 | 49        |
| 8.4       | 전압 강하 (Voltage drop) .....                  | 49        |
| 8.5       | 절연 재료 .....                                 | 49        |
| 8.6       | 일반적인 케이블 유형.....                            | 49        |
| 8.7       | 케이블의 열 용량 산정.....                           | 50        |
| 8.7.1     | 열 용량 산정 규칙.....                             | 50        |
| 8.7.2     | 주위 온도.....                                  | 50        |
| 8.7.3     | 설치 방법.....                                  | 51        |
| 8.7.4     | 서로 나란히 설치된 케이블 .....                        | 51        |
| 8.7.5     | 병렬 케이블 .....                                | 52        |
| 8.7.6     | PE 케이블 요구 사항 .....                          | 53        |
| 8.8       | 고조파 효과.....                                 | 53        |
| <b>9.</b> | <b>NXP - 기반의 드라이브 장치.....</b>               | <b>54</b> |

|         |                                                                      |     |
|---------|----------------------------------------------------------------------|-----|
| 9.1     | NXP control platform.....                                            | 54  |
| 9.2     | Drive Synch .....                                                    | 55  |
| 9.2.1   | Engineering Notes .....                                              | 57  |
| 9.2.2   | 절연 및 다중권선이 있는 모터.....                                                | 58  |
| 9.2.3   | 시스템 이중화 .....                                                        | 58  |
| 9.3     | Functional Safty.....                                                | 60  |
| 9.3.1   | 표준 .....                                                             | 60  |
| 9.3.2   | 기계설계가 시작점 .....                                                      | 60  |
| 9.3.3   | 드라이브에 대해 정의된 안전 기능 .....                                             | 61  |
| 9.3.4   | Vacon NXP AC 드라이브를 위한 인증된 기능 안전 기능.....                              | 61  |
| 9.3.5   | 기타 안전 기능.....                                                        | 65  |
| 9.4     | IP 00 Frequency Converter Modules .....                              | 66  |
| 9.5     | Common DC bus Modules .....                                          | 66  |
| 9.5.1   | Non-regenerative Front End .....                                     | 66  |
| 9.5.2   | Active Front End .....                                               | 68  |
| 9.5.3   | LCL Filter.....                                                      | 72  |
| 9.5.4   | Inverter Unit.....                                                   | 74  |
| 9.5.5   | Brake Chopper Unit and Brake Resistors .....                         | 76  |
| 9.6     | 결선도 예 .....                                                          | 77  |
| 10.     | <b>Cabinet Installation</b> .....                                    | 80  |
| 10.1    | IP00 공급에 포함된 제품 .....                                                | 80  |
| 10.2    | 공냉식 NXP IP00 모듈 구성.....                                              | 80  |
| 10.2.1  | Frame 10 and 11 .....                                                | 80  |
| 10.2.2  | Frame 12 .....                                                       | 81  |
| 10.2.3  | Frame 13 and 14 .....                                                | 81  |
| 10.3    | 수냉식 NXP IP00 모듈 구성.....                                              | 82  |
| 10.3.1  | Chassis 3, Chassis 4 and Chassis 5 .....                             | 82  |
| 10.3.2  | Chassis 61 and Chassis 63 .....                                      | 82  |
| 10.3.3  | Chassis 62 and Chassis 64 .....                                      | 83  |
| 10.3.4  | Chassis 72 and Chassis 74 .....                                      | 83  |
| 10.3.5  | 2xChassis 64 and 2xChassis 74.....                                   | 83  |
| 10.4    | AC Chokes .....                                                      | 84  |
| 10.5    | Lifting the Power Module .....                                       | 85  |
| 10.6    | Installing the Power Module .....                                    | 86  |
| 10.7    | Cooling - Air Cooled Unit .....                                      | 87  |
| 10.8    | Cooling - Liquid Cooled Unit .....                                   | 88  |
| 10.9    | Dimensions and Layout Examples .....                                 | 89  |
| 10.9.1  | Dimension of the Supply Section .....                                | 89  |
| 10.9.2  | Dimension and Layout - FR4, FR5 and FR6 Frequency converters.....    | 90  |
| 10.9.3  | Dimension and Layout - FR7, FR8 and FR9 Frequency converters.....    | 91  |
| 10.9.4  | Dimension and Layout - FR10 and FR11 Frequency converters .....      | 92  |
| 10.9.5  | Dimension and Layout - FR12 Frequency converters .....               | 93  |
| 10.9.6  | Dimension and Layout - FI9, FI10 and FI13 Frequency converters ..... | 94  |
| 10.9.7  | Dimension and Layout - FR4, FR5, FR6 and FR7 Inverter Units.....     | 95  |
| 10.9.8  | Dimension and Layout - FR8, FR9 and FR10 Inverter Units .....        | 96  |
| 10.9.9  | Dimension and Layout - FI12 Inverter Unit .....                      | 97  |
| 10.9.10 | Dimension and Layout - FI13 Inverter Unit .....                      | 98  |
| 10.9.11 | Dimension and Layout - FI14 Inverter Unit .....                      | 99  |
| 11.     | <b>수냉식 VACON AC Drive 냉각 시스템</b> .....                               | 100 |
| 11.1    | 냉각 시스템 유형 선택.....                                                    | 100 |
| 11.1.1  | Liquid-Liquid 열교환기 .....                                             | 100 |

|        |                                                |     |
|--------|------------------------------------------------|-----|
| 11.1.2 | Radiator .....                                 | 101 |
| 11.1.3 | Chiller .....                                  | 102 |
| 11.1.4 | 냉각 시스템의 재료 및 구성 요소 .....                       | 102 |
| 11.2   | 수냉식 드라이브 냉각 시스템 설계 및 용량산정 .....                | 103 |
| 11.2.1 | VACON HX 열교환기 유형 선택 .....                      | 103 |
| 11.2.2 | 열교환기 선택 예 .....                                | 104 |
| 11.3   | 응결 .....                                       | 105 |
| 12.    | <b>Motor Cable and Output Filter</b> .....     | 106 |
| 12.1   | Output Filters .....                           | 106 |
| 12.1.1 | du/dt Filter .....                             | 106 |
| 12.1.2 | Sine Filter .....                              | 107 |
| 12.1.3 | Common-Mode Filter .....                       | 107 |
| 12.2   | Bearing Currents .....                         | 108 |
| 12.2.1 | 베어링에서 실제로 일어나는 일 .....                         | 109 |
| 12.2.2 | 베어링 전류의 3 가지 주요 카테고리 .....                     | 109 |
| 12.2.3 | 예방조치 .....                                     | 111 |
| 12.3   | Encoder .....                                  | 112 |
| 12.3.1 | Incremental 데이터 제공 Encoder .....               | 112 |
| 12.3.2 | Incremental 과 Absolute 데이터 동시 제공 Encoder ..... | 112 |
| 12.3.3 | Absolute 데이터 제공 Encoder .....                  | 112 |
| 12.3.4 | 설치 .....                                       | 112 |
| 13.    | <b>Commissioning</b> .....                     | 113 |
| 13.1   | 일반적인 시운전 프로세스 .....                            | 113 |
| 13.1.1 | 안전한 작업 관행 .....                                | 113 |
| 13.1.2 | 설치 및 연결 확인 .....                               | 113 |
| 13.1.3 | 설정 확인 .....                                    | 114 |
| 13.1.4 | 드라이브 시스템 및 프로세스별 데이터 수집 .....                  | 114 |
| 13.1.5 | 전원 연결 .....                                    | 114 |
| 13.1.6 | Documentation .....                            | 115 |
| 14.    | <b>약어 (Abbreviations)</b> .....                | 119 |

## 1. Engineered Drives Manual 개요

엔지니어링 드라이브 사업에서는 판매조직과 실제 프로젝트 팀이 드라이브 시스템의 최적 운영과 높은 품질을 보장하는 데 필요한 정보에 충분히 접근할 수 있어야 합니다.

이 문서의 목적은 드라이브 시스템 계약 협상, 드라이브 시스템 공급 설계 및 시운전시 고려해야 할 요소들을 강조하기 위한 것입니다. 자세한 내용은 사용 매뉴얼 및 기타 기술 문서에 포함되어 있습니다.

이 문서는 주로 Vacon의 영업 담당자, 시스템 통합 파트너 및 패널 제작자를 위해 작성되었지만, 다른 독자들에게도 엔지니어링된 드라이브에 대한 유용한 소개를 제공합니다. 이러한 유형의 문서를 추가로 개발하려면, 작업에 대한 피드백을 제공하는 것이 매우 중요합니다.

피드백 주소는 [documentation@vacon.com](mailto:documentation@vacon.com)입니다.

## 2. 프로세스가 핵심

드라이브 시스템 구성을 정의 할 때 가장 중요한 요소는 드라이브 시스템이 사용될 고객의 프로세스입니다. 드라이브 시스템을 정의 할 때도 고객이 출발점 입니다. 먼저 고객의 프로세스 요구 사항 (토크, 속도 및 부하 사이클)을 숙지해야 합니다. 고객의 프로세스에 대한 철저한 지식만으로도 각 경우에 최적의 드라이브 시스템 유형 및 구성을 찾을 수 있습니다.

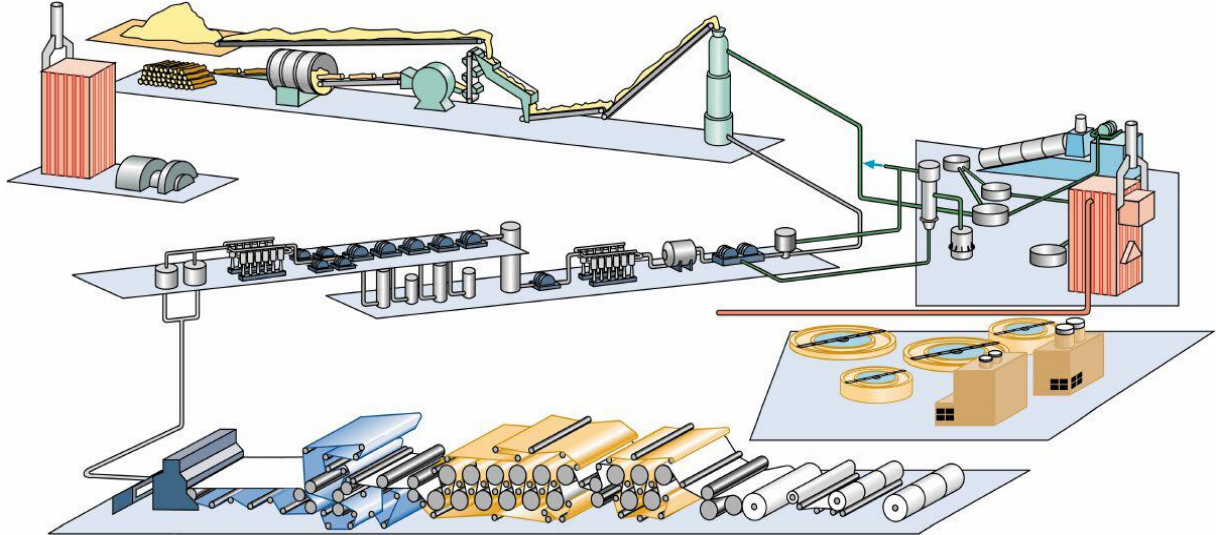


Figure 1. Pulp and paper manufacturing

### 2.1 고객의 설치 환경

고객들은 설치 환경이 서로 다르다는 점이 특징입니다. 드라이브 시스템 제공을 정의할 때는 고객의 설치 환경이 드라이브 시스템에 적합한 지 확인하는 것이 중요합니다. 드라이브 시스템을 정의하려면 상호 소통이 필요합니다. 드라이브 시스템의 설치에 필요한 요구사항을 고객에게 알려야 하지만, 고객이 설치환경 및 로컬 인터페이스에 대한 정확하고 적절한 정보를 제공하는 것이 고객의 이익임을 이해하도록 해야 합니다.



Figure 2. Ambient conditions must be considered

고려해야 할 환경요소에는 주변 온도, 설치 장소의 고도, 대기질(먼지 및 화학물질) 등이 있습니다. 이 문서의 해당 장에서 더 자세히 설명합니다.

## 2.2 Drive System 구성

드라이브 시스템의 성공적 구현은 철저한 계획과 드라이브 시스템의 정확한 치수화를 기초로 합니다.

실제 절감효과는 드라이브 시스템의 치수 및 구성이 목적에 최적인 상태에서 사용기간 동안 발생합니다. Common AC 또는 DC bus 드라이브 시스템의 구현은 종종 하나 이상의 드라이브 라인업과 경우에 따라 독립 실행형 드라이브 유닛으로 구성된 프로젝트별 드라이브 스위치기어 솔루션을 만드는 엔지니어링 프로젝트입니다.



*Figure 3. A common DC bus line-up*

각각의 고객에게는 고유한 프로세스가 존재합니다. 즉, 각 드라이브 시스템은 고객 프로세스의 요구 사항에 따라 설계되어야 합니다. 이 문서의 목적은 고객을 위한 드라이브 시스템을 정의할 때 고려해야 할 요소를 설명하는 것입니다.

### 3. Drive Systems

#### 3.1 Single Drive

Single Drive는 일반적으로 6펄스 또는 12 펄스 주변수 변환기를 애기합니다. Single Drive는 소형 벽 장착형 드라이브(Wall mounted drives), 캐비닛 드라이브 및 캐비닛 설치가 필요한 IP00 드라이브 모듈이 있습니다. 주파수 변환기는 기계적으로 Power Unit, Control Unit 및 하나 이상의 Choke로 구성됩니다. 모든 Vacon의 주파수 변환기는 Choke가 함께 제공됩니다.

AC 및 DC Choke는 주파수 변환기에서 몇 가지 기능을 수행합니다. 입력 AC Choke는 모터 제어의 필수 구성 요소로서, 입력 및 DC-link 구성요소를 급격한 전류 및 전압 변화로부터 보호하고 고조파에 대한 보호 기능을 수행합니다. DC Choke는 입력 및 DC 링크 구성 요소 보호를 제외하고 동일한 기능을 수행합니다.

Power Unit에는 입력 전압을 정류하기 위한 다이오드, 커패시터 및 모터에 대칭적인 3상 PWM변조 AC전압을 발생시키는 IGBT 인버터를 포함하고 있습니다.

Control Unit에는 펌웨어 및 응용 프로그램 소프트웨어가 포함된 마이크로 프로세서가 포함되어 있습니다. 마이크로 프로세서는 측정, parameter 설정, 제어 I/O 및 제어 Keypad를 통해 수신되는 정보를 기반으로 모터를 제어합니다. Keypad는 사용자와 주파수 변환기를 서로 연결시켜 주며, 파라미터 설정, 상태 데이터 읽기 및 제어 명령을 제공하는 데 사용됩니다.

Keypad는 분리 가능하며 외부에서 작동하고 케이블을 통해 주파수 변환기에 연결할 수 있습니다. 제어 케이블 대신 유사한 케이블을 통해 연결된 경우 PC를 사용하여 주파수 변환기를 제어 할 수도 있습니다.

Single Drives는 다른 보조 장치를 설치하지 않고도 사용할 수 있습니다. Vacon의 Single Drive 제품군은 소형 저전력 드라이브에서 산업에 사용되는 고성능 드라이브에 이르기까지 모든 요구를 충족하고 있습니다.

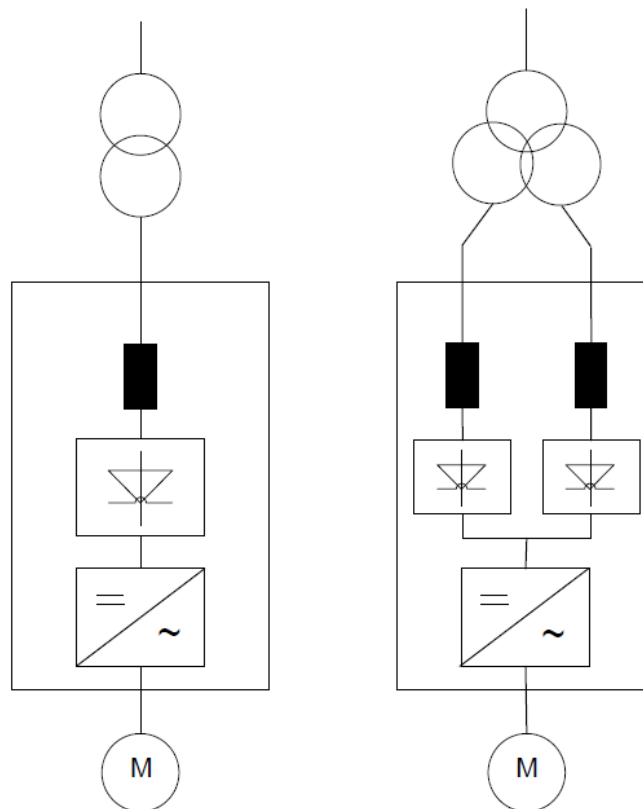


Figure 4. 6 and 12 pulse single drives

### 3.1.1 일반적인 Single Drive Applications

Stand-alone Drive는 주파수 제어 모터를 위한 가장 간단한 구성입니다. 드라이브에는 자체 전원공급 장치와 모터 출력이 있습니다. 주파수 변환기는 전기실 또는 프로세스와 가까운 곳에서 전원과 모터 사이의 어느 곳에나 배치할 수 있습니다.

Single Drive는 모터로부터 피드백을 받지 않는 간단한 Open-loop 시스템과 함께 사용할 수 있으며, Common DC bus system과 함께 복잡한 산업 공정에서도 사용됩니다. Single Drive는 펌프, 팬, HVAC 등과 같은 다양한 목적에 적용 가능합니다.

Single Drive는 전력, 출력 전류 및 프레임 크기와 같은 고정 사양이 있습니다. Single Drive는 표준 옵션 및 옵션 보드를 사용하여 수정할 수 있는 문서화 된 표준 제품입니다. Single Drive는 Common DC bus 또는 Common AC bus system에서 제공하는 유연성 및 프로세스별 맞춤화가 필요하지 않은 프로세스에 적합한 솔루션입니다.



Figure 5. Typical stand-alone drive

## 3.2 Common DC bus Drive Systems

Common DC bus Drive System은 주 AC 전압을 DC 전압과 전류로 변환하여 Common DC bus에 전력을 공급하는 하나 이상의 Front-end Unit으로 구성됩니다. Common DC bus는 인버터 드라이브에 전력을 전달하며, Front-end Type 따라 일부 경우에는 주 전원으로 다시 공급합니다. Common DC bus drive system에는 주 전원으로 전력 회생이 불가능한 경우 제동 에너지를 소비하기 위한 비용 효율적인 솔루션으로서 Brake Chopper Unit이 포함될 수 있습니다.

Common DC bus 구성은 제동 에너지를 사용할 때 상당한 에너지 절약을 가져올 수 있다. DC bus에 드라이브가 두 개 이상 연결되어 있고, 그 중 적어도 하나가 제동 중인 경우가 이에 해당합니다. Braking Power는 Common DC bus를 통해 다른 드라이브에 직접 공급됩니다.

Common DC bus drive system은 주 전원의 요구 사항과 드라이브가 사용되는 프로세스에 따라 서로 다른 종류의 Front-end Unit를 가지고 있습니다. 주 전원의 관점에서, 가장 중요한 선택 기준은 총 고조파 왜곡(THD)의 허용 수준입니다. 프로세스 요건은 주로 제동의 필요성과 주 전원으로의 전력 회생의 타당성을 의미합니다.

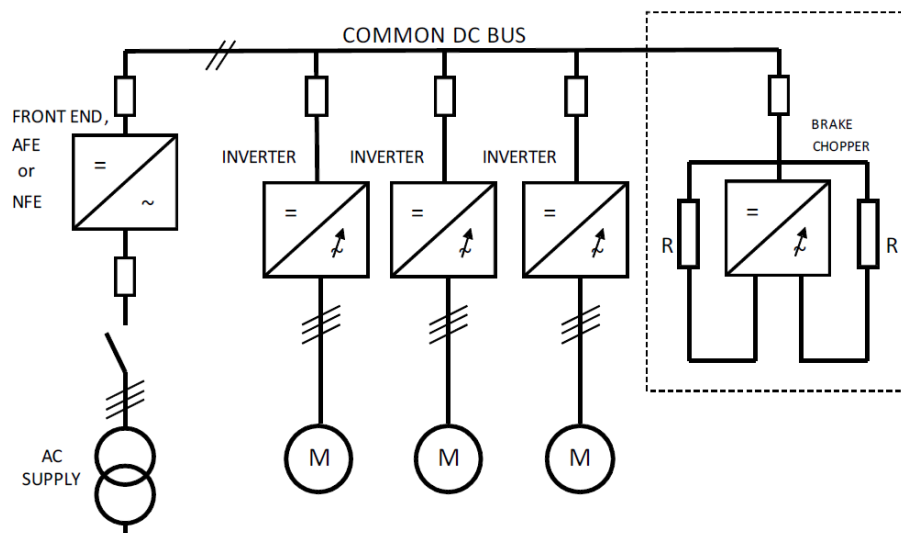


Fig 6. Inverter units are fed from the DC bus, and they control the motors in accordance with process needs.

### 3.2.1 일반적인 Common DC bus Drive Applications

Common DC bus system은 펄프, 제지공장 등 다양한 공정산업과 다양한 제철소, 공장 등의 생산 라인을 제어하기 위한 효율적인 솔루션입니다. 다양한 크레인 및 윈치 등에도 Common DC bus system이 적용됩니다.

DC bus System은 크게 회생형(regenerative)과 비 회생형(non-regenerative) 두 가지로 분류됩니다. 회생형 DC bus system에서 Front-end unit은 주 전원으로 전력을 회생할 수 있습니다. 이러한 system은 제동이 자주 필요하고 제동력이 비교적 높은 공정에 적합합니다. 비회생 시스템에서 제동력은 Common DC bus를 통해 시스템의 다른 드라이브에 재분배되며, 발생 가능한 초과 전력은 Brake Chopper Unit과 Brake Resistor를 사용하여 열로 소비됩니다. 제동이 거의 필요하지 않은 소형 생산 라인이나 소형 종이 기계에서 비 회생형 Common DC bus System은 비용 효율적인 솔루션입니다. 과도한 전력이 필요한 애플리케이션에서는 복수의 Front-end Unit을 병렬로 사용할 수 있습니다.

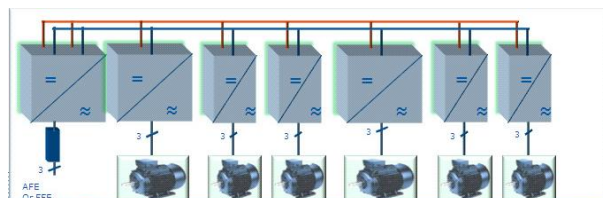


Fig 7. A regenerative common DC-bus system

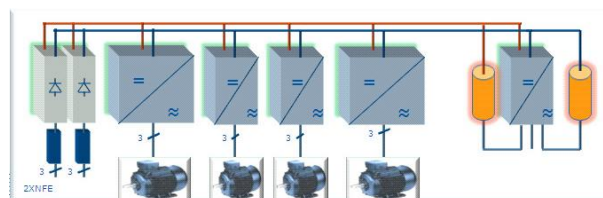


Fig 8. A non-regenerative common DC-bus system

## 3.3 Common AC bus Drive Systems

Common AC bus Drive System은 하나의 공통된 전원공급 지점과 별도의 AC 드라이브로 구성됩니다. 일반적으로 드라이브는 Common AC bus를 주파수 변환기의 전력공급원으로 하여 캐비닛에 열반됩니다. 각 드라이브는 Common AC bus에서 전원이 공급되며, 드라이브 캐비닛에서 각 모터로 케이블이 연결됩니다. AC Drive System에서 전력은 주 전원에서 각 모터 Drive로 공급됩니다. 반대로 동작되지 않습니다. Common AC Drive System은 지속적으로 작동하고 서로 독립적으로 에너지를 소비하는 여러 개의 모터가 있는 공정을 위한 비용 효율적인 선택입니다.

다수의 드라이브에 하나의 Common AC 입력을 사용함으로써 케이블 연결 및 드라이브 라인업 비용이 감소합니다. 별도의 전기실에 설치할 경우 드라이브 시스템이 실제 운영 또는 생산 시설의 환경 영향으로부터 보호됩니다. 각 개별 주파수 변환기는 스위치 차단기를 가질 수 있으며, 이는 각 주파수 변환기가 프로세스 관점에서 타당할 경우 서비스 목적으로 AC bus로부터 개별적으로 분리될 수 있음을 의미합니다.

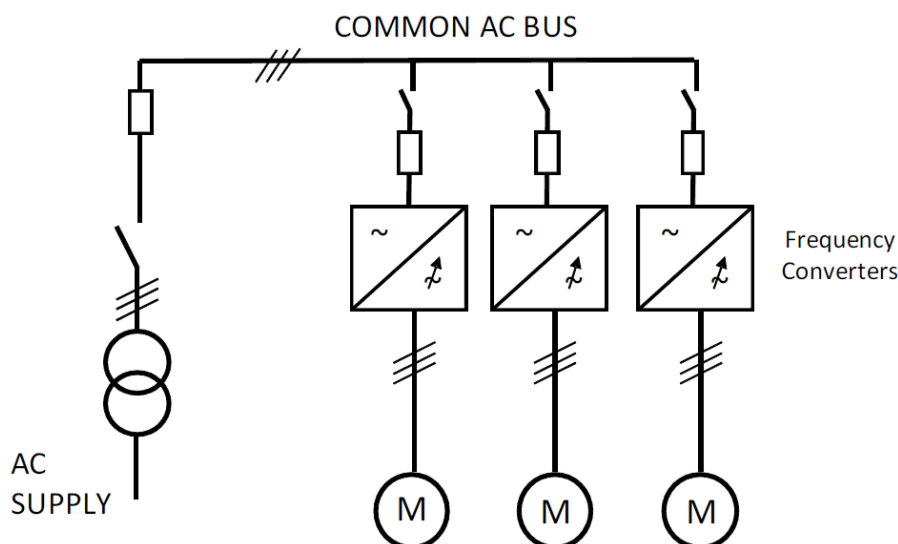


Figure 9. Common AC bus system

### 3.3.1 일반적인 Common AC bus Drive Applications

Common AC bus Drive System은 전력을 드라이브간 분배 및 주 전원으로 역전송이 필요없이 서로 독립적으로 개별적으로 작동하는 드라이브 세트가 필요한 프로세스에 적합한 선택입니다. Common AC bus Drive System의 일반적인 응용 분야에는 고풍력 펌프 스테이션 또는 여러 개의 팬이 주파수 변환기로 제어되는 곳입니다.

Common AC bus System은 단일 주 전원에서 공급되는 Common AC bus에 연결된 별도의 주파수 변환기로 구성됩니다.

## 3.4 드라이브 제어

단독 Drive 또는 단독 Drive System을 동작시키는 3가지 방법

- Manually (Keypad 사용)
- I/O 사용
- 필드버스 활용

드라이브 자체 키패드를 사용하여 드라이브를 작동하는 것은 가능하지만 거의 불가능합니다. 제어 요구가 간단히 시작/정지 명령이고 드라이브에 쉽게 접근할 수 있는 경우로, 옵션이 될 수 있습니다.

간단한 시작/중지 명령으로 충분할 경우에도 드라이브의 I/O에 연결되어 있는 별도의 스위치를 사용하는 것이 좋습니다. 전형적인 예는 선박의 앵커를 낮추고 들어 올리는 것인데, 선박의 갑판에 큰 ON/OFF 스위치를 두는 것이 좋으며, 작업을 제어하는 실제 드라이브는 보다 안전한 환경에 위치 할 수 있습니다.

드라이브 라인업이 복잡한 생산 작업을 제어하는 복잡한 산업 환경에서, 필드버스는 드라이브 제어를 핸들링하는 가장 효율적인 방법입니다. 필드버스 제어 시스템에서 모든 제어는 자동화 시스템에서 드라이브 라인업까지 하나의 케이블로 연결됩니다.

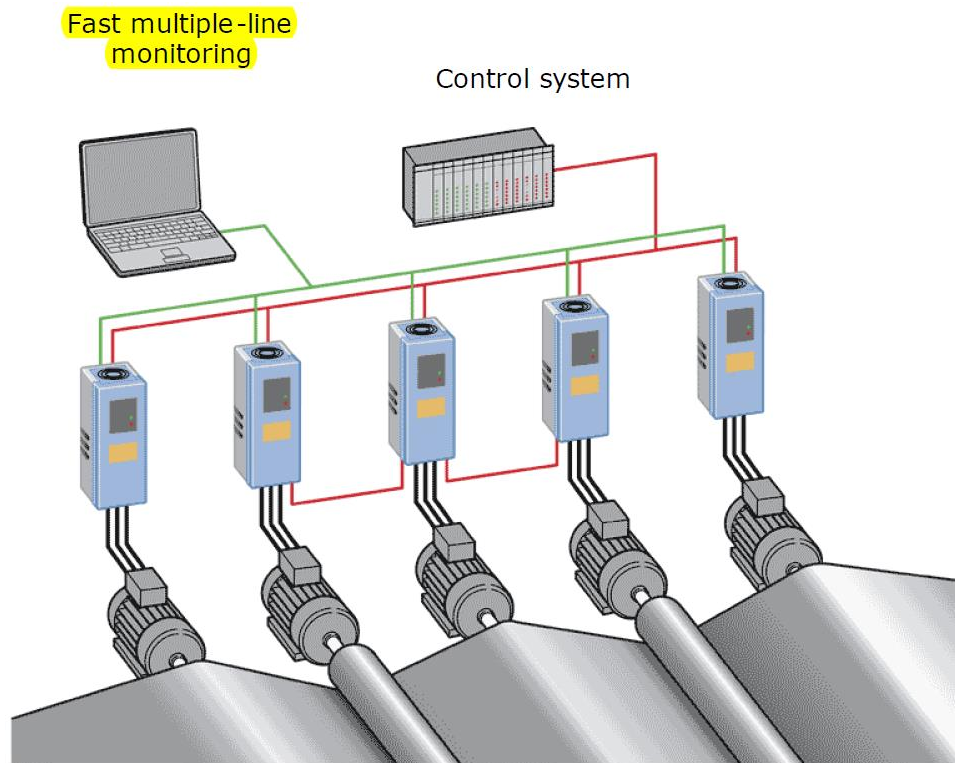


Figure 10. Drive control

### 3.4.1 필드버스 통신

옵션 보드를 사용하여 다양한 필드버스 통신 시스템과의 호환성이 확립됩니다. 일부 드라이브에는 특정 통신 옵션에 대한 지원이 표준으로 포함되어 있지만, 통신 프로토콜에 따라 사용하는 통신 시스템을 지원하는 옵션 보드를 구입해야 할 수도 있습니다. Vacon의 드라이브는 별도의 옵션 보드를 통해 광범위한 필드버스 통신 시스템을 지원합니다.

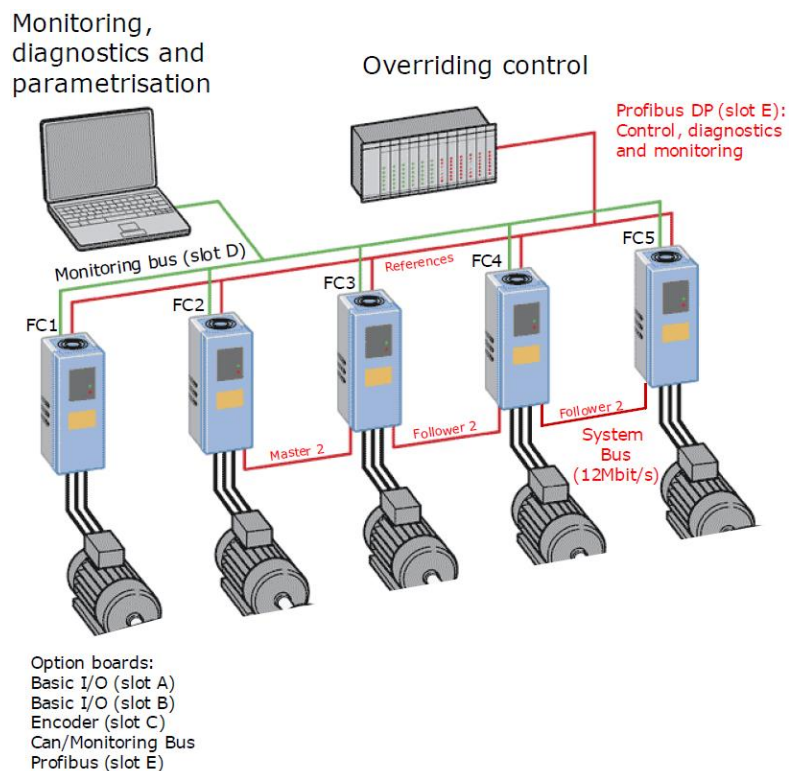


Figure 11. A fieldbus communication system

### 3.4.2 데이터 전송 용량

데이터 전송 용량은 필드버스 시스템에 따라 달라집니다. 필드버스 시스템은 드라이브로 데이터 전송을 위해 특정 프로토콜을 사용합니다. 전송할 수 있는 데이터의 양은 프로토콜에 따라 달라집니다.

드라이브의 소프트웨어 애플리케이션은 제한 요소가 될 수 있습니다. 애플리케이션 콘텐츠는 단순한 Start/Stop 명령에서 보다 복잡한 PID control 명령까지 다양합니다. 소프트웨어 응용 프로그램을 선택할 수 있도록 제어에 필요한 것이 무엇인지 알아내야 합니다. 사용중인 애플리케이션이 필요한 제어 기능을 지원하지 않는다면, 보다 적합한 기능으로 쉽게 변경할 수 있습니다.

소프트웨어 애플리케이션이 특정 제어를 지원하더라도 필드버스 프로파일은 일반적으로 전송될 수 있는 데이터에 대한 정확한 정의가 있기 때문에 통신을 제한할 수 있습니다. 경우에 따라 소프트웨어 애플리케이션이 목적에 적합하지만 필드버스 프로파일이 통신을 제한하는 경우 Bypass 모드를 사용할 수 있습니다. Bypass 모드는 특정 특수 애플리케이션에서만 사용할 수 있습니다. ByPass는 애플리케이션을 더욱 유연하게 만들고, 전송되는 데이터에 제한이 없으므로 드라이브를 보다 복잡한 방법으로 사용할 수 있도록 합니다.

대부분의 필드버스 시스템은 구성 가능한 통신 속도를 가지고 있습니다. 필요한 통신 속도가 얼마인지 알아야 합니다. 드라이브가 예를 들어 거대한 탱크의 액체 수준을 제어하는 경우 필요한 통신 속도는 상당히 낮습니다. 드라이브가 빠른 응답 시간(ms)을 요구하는 프로세스를 제어하는 경우, 통신 속도는 매우 높아야 합니다. 통신 속도는 설치에도 영향을 미칩니다. 예를 들어, 통신 속도가 빠를수록 케이블 길이가 짧아집니다.

### 3.4.3 필드버스 설치

필드버스 시스템은 매뉴얼에 제시된 지침에 따라 설치되는 것이 매우 중요합니다. 필드버스 통신에서 97%의 문제점이 설치 불량으로 발생합니다. 버스가 제대로 동작하지 않고 통신 문제가 발생합니다.

케이블 유형, 접지, 케이블 위치, 벗겨짐 및 연결의 선택은 설명서의 지침에 따라 정확히 수행해야 합니다. 지침을 무시하고 케이블 유형이 잘못되어 수백 미터의 케이블을 교체해야 할 경우 값비싼 수리 작업이 발생할 수 있습니다.

## 4. Drive System 용량설계

드라이브 시스템을 계획할 때 가장 먼저 결정해야 할 사항은 Common DC bus System을 구축하는 것이 합리적인지, 또는 AC 드라이브를 개별적으로 또는 Common AC supply와 함께 사용하는 것이 합리적인지 결정하는 것입니다. 또한 드라이브 시스템의 냉각은 공냉이 필요한지 또는 수냉이 필요한지 결정해야 합니다.

모든 드라이브 시스템에 다음과 같은 용량정의 지침이 적용됩니다. 개별 Drive 장치는 항상 하나씩 용량을 지정할 수 있지만, Common DC bus System에서는 Drive System이 제어해야 하는 프로세스가 용량에 상당한 영향을 미치기 때문에 용량설계가 더 복잡합니다. Common DC bus Systems에서 모터의 총 부하는 Front-end 용량설계의 주요 정의 요소입니다.

### 4.1 프로세스 요구사항 및 용량설계의 중요성

프로세스는 다음과 같은 대략적인 그룹으로 구분할 수 있습니다.

- Basic Shaft tuners
- 높은 시동 토크를 요구하는 프로세스
- 정확한 토크 제한을 요구하는 프로세스
- High dynamics applications (정확한 Speed and/or Torque Control)

일반적으로 프로세스는 주로 힘(force), 토크(torque) 또는 Power를 필요로 합니다.

힘(force)은 컨베이어, 크레인, 리프트 및 에스컬레이터 같은 직선운동이 있을 때 필요합니다.

토크(torque)는 와인더(winder), 압출기 및 톨링머신과 같은 회전기계 및 톨에 필요합니다.

Power는 펌프, 팬 윈드 밀(fans wind mills) 및 압축기에 필요합니다.

드라이브와 모터는 프로세스의 요구를 충족시킬 수 있어야 합니다. 드라이브가 너무 작으면 필요한 힘, 토크 또는 속도를 생성할 수 없습니다.

드라이브 시스템의 과용량화는 드라이브의 제어 정확도를 떨어뜨리고, 주파수 변환기와 드라이브 라인 업이 설치된 전기실의 비용을 증가시키며, 또한 주 전원 변압기와 케이블 연결, 회로 차단기, 스위치 기어, 모터 케이블 및 모터 자체와 같은 기타 드라이브 시스템에 포함된 항목도 증가시키게 됩니다.

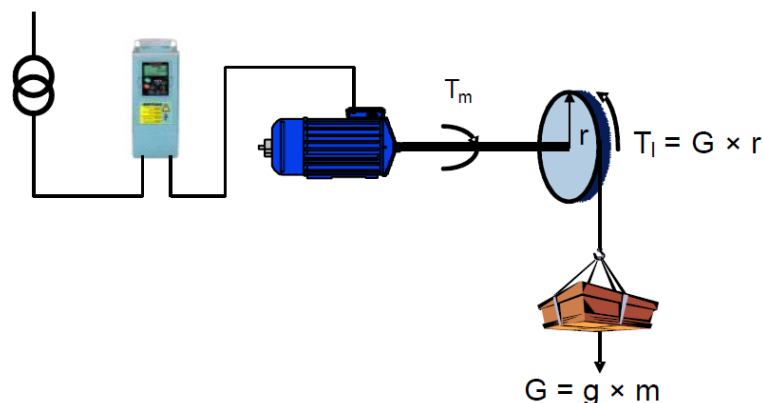


Figure 12. Example of physics behind a main hoist

## 4.2 용량설계 주요 단계

시스템은 다음 chapter 에서 설명된 단계에 따라 용량을 정해야 합니다. 시스템은 논리적 순서로 용량을 정하는 것이 중요합니다. 가장 중요한 요소는 드라이브 시스템이 사용되는 프로세스, 공급 및 부하 요구 사항의 전기적 특성입니다.

### 4.2.1 입력전원 검토 : 전압 및 주파수

IEC 60038-1에 따르면 전압 변동에 대한 일반적인 네트워크 요구 사항은  $-10\% \sim +10\%$  입니다. 해당 주파수 변동은  $\pm 5\%$  입니다.

### 4.2.2 필요한 Load Data 정의

#### 4.2.2.1 Load Types

부하의 유형은 프로세스마다 크게 다릅니다. 아래 그림은 일반적인 부하 유형 및 프로세스 예를 보여줍니다.

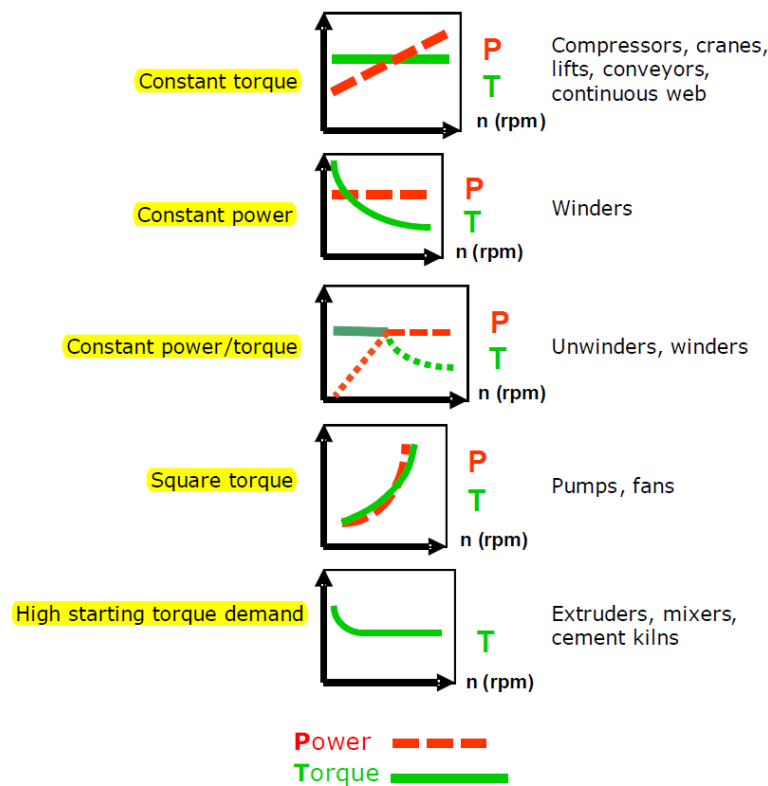


Figure 13. Load types

Table 1. Process data

| Name          | Definition                                                                                                                                                              |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $n_{min}$     | Minimum continuous speed [RPM].                                                                                                                                         |
| $n_{base}$    | Speed [RPM], at the end of the constant torque, and at the starting point of constant power.                                                                            |
| $n_{max}$     | Maximum continuous motor speed [RPM].                                                                                                                                   |
| $P[n_{base}]$ | Base power [kW], motor's shaft power at the end of the continuous constant torque. This is also motor's shaft power at the starting point of continuous constant power. |
| $T[n_{base}]$ | Base torque [Nm], motor's continuous constant shaft torque. Also motor's shaft torque at the starting point of the continuous constant power.                           |
| $OL$          | Overload [%], the relation of short time max. torque to the base torque. (100% = no overload)                                                                           |

#### 4.2.2.2 기계적 이론 : Power & Torque

일반적으로 모터의 Power는 kW (hp), 모터의 speed는 rpm 입니다.

Power in kW :

$$P = T \times \frac{2 \times \pi \times n}{60 \times 1000} [kW] \quad P \approx \frac{T \times n}{9550} [kW]$$

Torque in Nm :

$$T \approx \frac{P \times 9550}{n} [Nm]$$

P = Power in kW, T = Torque in Nm, n = Rotational speed in rpm

#### 4.2.2.3 비동기 모터의 특성

비동기 AC 모터에는 공칭 듀티 포인트(nominal duty point)에서 정의되는 슬립( $s_n$ )이 있습니다.

$$S_n = (n_s - n_n) / n_s \times 100\%$$

동기속도(Synchronous speed,  $n_s$ ) :

$$n_s = \frac{2 \times f_n \times 60}{pole\#} [rpm] \quad (pole\# : \text{모터의 pole수})$$

Nominal speed ( $n_n$ ) :

$$n_n = n_s - S_n$$

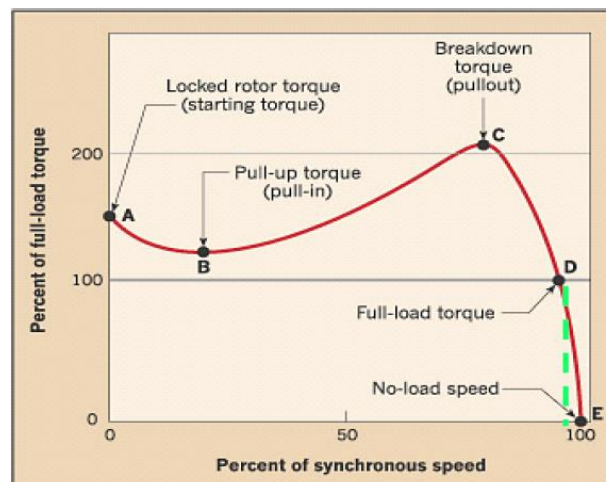


Figure 14. Typical torque speed curve of an asynchronous motor at DOL duty

#### 4.2.3 모터 선정

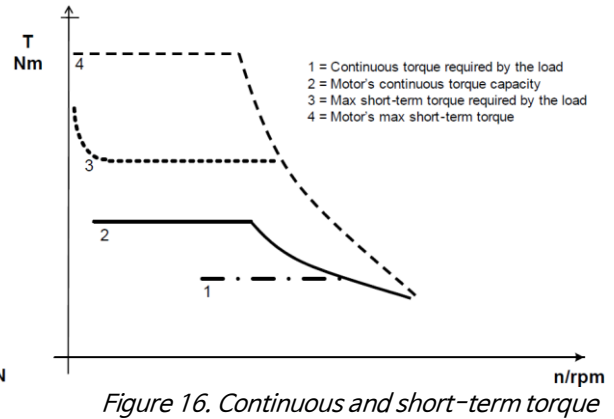
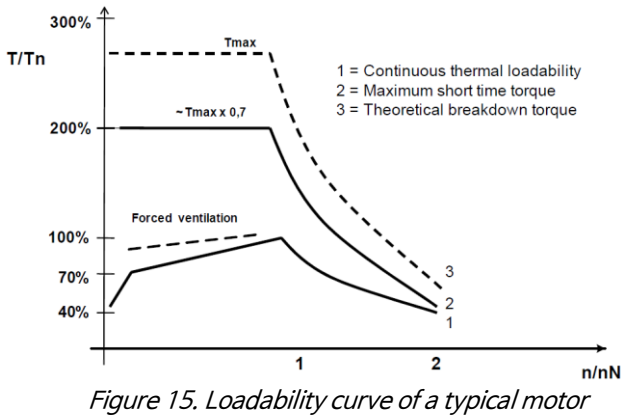
- supply voltage 확인
- speed range 확인
- constant torque and start-up torque 확인
- effect of acceleration (duration and inertia) 확인
- 필요한 토크가 열부하 곡선 (자체 또는 별도의 환기)보다 낮도록 모터 선택

##### 4.2.3.1 Motor's loadability

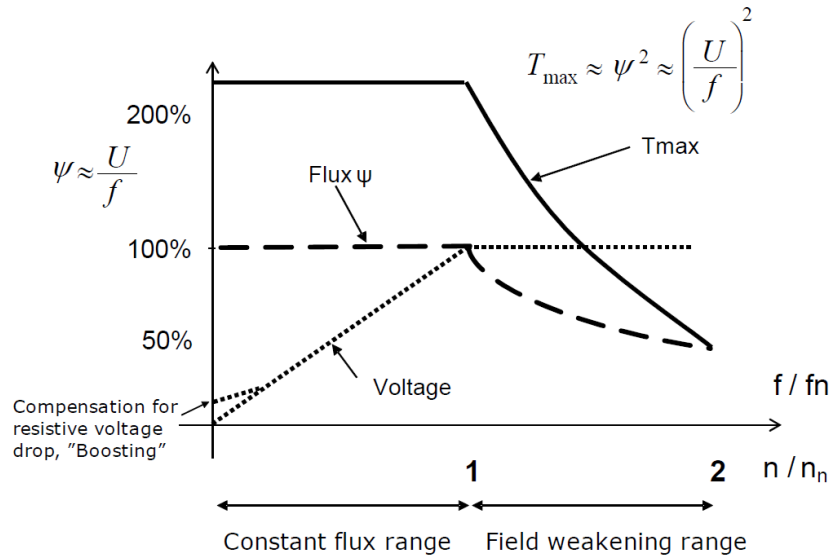
속도(=환기)가 감소함에 따라 모터의 열부하(thermal loadability)가 감소합니다. Field weakening에서 부하능력은  $1/n$ 로 감소하고, 최대 토크(max. torque)는  $1/n^2$ 로 감소합니다. 모터의 열 시정수는 크기에 따라 몇 분에서 몇 시간까지 다양합니다. 부하 곡선은 온도 상승이 direct online supplied (DOL) 모터의 공칭 부하와 동일한 주파수 변환기 듀티에서 모터의 부하 점을 정의합니다.

최대 단시간 토크와 이론적 파괴 토크 사이의 권장 마진은 약 30 %입니다.

필요한 연속 토크가 열부하 곡선 아래가 되도록 모터를 선택하십시오. 단시간 요구 토크(Short term required torque)는 모터의 최대 단시간 토크보다 작아야 합니다. 극한의 부하 지점에서 전류를 계산하고, 전류가 선형이거나 적어도 높지 않다고 가정합니다.



#### 4.2.3.2 부하전류 계산



Frequency range <  $f_n$  = constant flux range

Frequency range >  $f_n$  = field weakening range

#### 4.2.3.3 Constant flux 영역에서 부하전류 근사치

부하토크( $T_{load}$ )가  $0.8 \cdot T_n \sim 0.7 \cdot T_{max}$  일 때

$$I_m = \frac{T_{load}}{T_n} \times \frac{n}{n_n} \times I_n$$

$I_n$  = Motor's nominal current,  $I_m$  = Motor's current at the required load

## 4.2.4 Frequency Converter 선택

주파수 변환기를 선택하는 기준

- 연속 부하 전류
- 최대 부하 전류와 부하 사이클
- ”chapter 4.2.5 주변조건”에 설명된 경감 요인 주의.

### 4.2.4.1 전류 capability

드라이브는 지정된 주변 온도(보통 40 또는 50°C)에서 특정 전류 정격에 맞게 설계되었습니다. 기본적인 용량 설계 기준은 열입입니다. 즉, 정격 전류 및 정격 온도에서 드라이브의 내부 온도는 지정된 온도 한계를 초과하지 않습니다. 또한 IGBT는 짧은 시간 동안 과부하 전류를 공급할 수 있도록 선택되었습니다. 이 시간 동안 방열판의 온도는 눈에 띄게 변하지 않습니다. 일반적으로 제시된 전류는 과부하를 허용하도록 선택됩니다.

Vacon의 정격 전류 표에 사용된 과부하 듀티 사이클은 1분/10분으로 정의됩니다.

전류의 RMS 값은 정격 열 전류를 초과 할 수 없습니다.

$$I_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{i=1}^T I_i^2}$$

### 4.2.4.2 Cyclic load의 예

1min @226A / 9min @202A

$$I_L \quad I_{rms} = \sqrt{\frac{226^2 \times 1 + 202^2 \times 9}{10}} = 205A$$

1min @255A / 9min @158A

$$I_H \quad I_{rms} = \sqrt{\frac{255^2 \times 1 + 158^2 \times 9}{10}} = 170A$$

380-500 VAC Inverter modules

| Type | Unit       |       | Low overload (AC current) |                       | High overload (AC current) |                       | I <sub>max</sub>    |
|------|------------|-------|---------------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------------|---------------------|
|      | Code       | Frame | I <sub>L-cont</sub> [A]   | I <sub>1min</sub> [A] | I <sub>H-cont</sub> [A]    | I <sub>1min</sub> [A] | I <sub>2s</sub> [A] |
| INU  | NXI_0004 5 | FR4   | 4,3                       | 4,7                   | 3,3                        | 5,0                   | 6,2                 |
|      | NXI_0009 5 | FR4   | 9                         | 9,9                   | 7,6                        | 11,4                  | 14                  |
|      | NXI_0012 5 | FR4   | 12                        | 13,2                  | 9                          | 13,5                  | 18                  |
|      | NXI_0016 5 | FR6   | 16                        | 17,6                  | 12                         | 18                    | 24                  |
|      | NXI_0022 5 | FR6   | 23                        | 25,3                  | 16                         | 24                    | 32                  |
|      | NXI_0031 5 | FR6   | 31                        | 34                    | 23                         | 35                    | 46                  |
|      | NXI_0038 5 | FR6   | 38                        | 42                    | 31                         | 47                    | 62                  |
|      | NXI_0045 5 | FR6   | 46                        | 51                    | 38                         | 57                    | 76                  |
|      | NXI_0061 5 | FR7   | 61                        | 67                    | 46                         | 69                    | 92                  |
|      | NXI_0072 5 | FR7   | 72                        | 79                    | 61                         | 92                    | 122                 |
|      | NXI_0087 5 | FR7   | 87                        | 96                    | 72                         | 108                   | 144                 |
|      | NXI_0105 5 | FR7   | 105                       | 116                   | 87                         | 131                   | 174                 |
|      | NXI_0140 5 | FR8   | 140                       | 154                   | 105                        | 158                   | 210                 |
|      | NXI_0168 5 | FI9   | 170                       | 187                   | 140                        | 210                   | 280                 |
|      | NXI_0205 5 | FI9   | 205                       | 226                   | 170                        | 255                   | 336                 |
|      | NXI_0261 5 | FI9   | 261                       | 287                   | 205                        | 308                   | 349                 |
|      | NXI_0300 5 | FI9   | 300                       | 330                   | 245                        | 368                   | 444                 |
|      | NXI_0385 5 | FI10  | 385                       | 424                   | 300                        | 450                   | 540                 |
|      | NXI_0460 5 | FI10  | 460                       | 506                   | 385                        | 578                   | 693                 |
|      | NXI_0520 5 | FI10  | 520                       | 572                   | 460                        | 690                   | 828                 |

### 4.2.5 주변조건(Ambient conditions)

모든 드라이브 시스템은 습기 나 전기 장애와 같은 다양한 환경 스트레스를 처리해야 합니다. 농형 유도전동기 모터는 매우 콤팩트하며 매우 적대적인 조건에서 사용할 수 있습니다. IP54 보호등급은 먼지가 많은 환경에서 작동할 수 있으며 모든 방향에서 물을 뿌릴 수 있음을 보장합니다.

주파수 변환기에는 일반적으로 IP21 보호등급이 있습니다. 즉, 통전부분을 만질 수 없으며 수직으로 떨어지는 물은 아무런 해를 끼치지 않습니다. 더 높은 수준의 보호가 필요한 경우, 캐비닛 내부에 드라이브를 설치하여 필요한 보호 수준을 얻을 수 있습니다. 이러한 경우 캐비닛 내부의 온도가 허용된 한계 내에 있도록 해야 합니다.

공기 습도 및 응결 위험을 고려해야 합니다. 습도 한계는 95 %입니다. 드라이브를 실외에 설치할 경우 결로로부터 보호되어야 합니다. 공기는 건조해야 하고, 뜨겁고 습하지 않아야 하므로 캐비닛 히터는 충분하지 않습니다.

또 다른 중요한 환경 특징은 전자기 적합성(EMC)입니다. 드라이브 시스템이 유럽 연합의 EMC 지침을 충족시키는 것이 매우 중요합니다. 이는 드라이브 시스템이 전도성 및 방사성 장애를 일으킬 수 있으며 전기 또는 주변 환경에 전도성 또는 방사성 장애를 자체적으로 보내지 않음을 의미합니다.

- 40°C 초과 온도에서의 감소율
- 높은 상대습도 주의 - 응축 위험
- 문제가 되는 먼지 (예:시멘트 공장 및 철 광산)
- 진동 - 특히 해양 애플리케이션
- 공간의 가용성

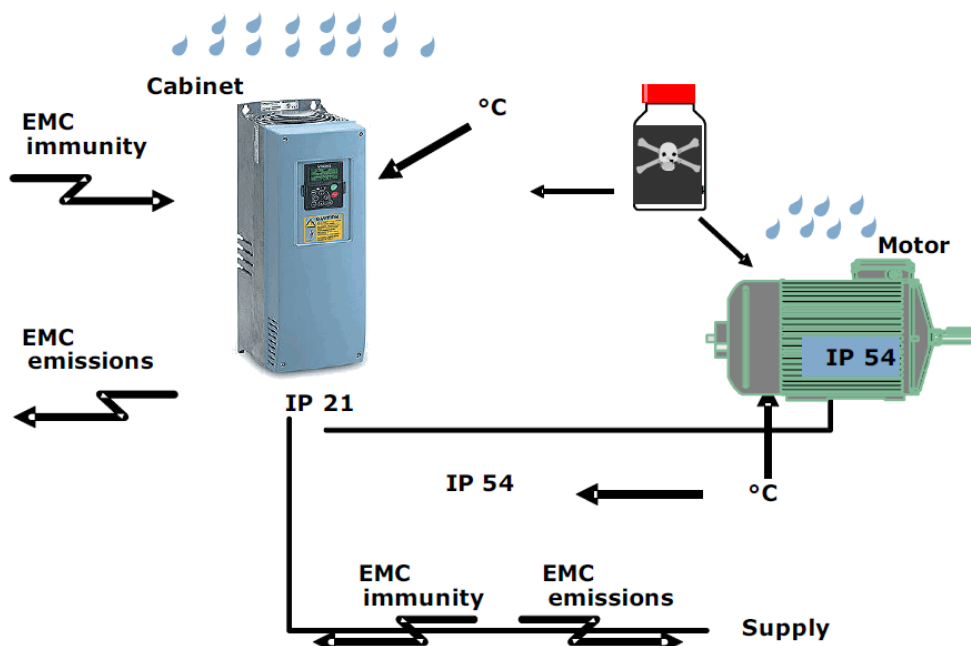


Figure 18. Environmental factors and EMC of the AC drive

## 4.3 Drive System에서 인버터 유닛 용량 산정

여러 드라이브로 구성된 드라이브 시스템의 용량설계시, 위의 단원에서 설명한 용량설계 단계에 따라 각각의 드라이브는 용량을 정해야 합니다.

## 4.4 Front-end의 유형

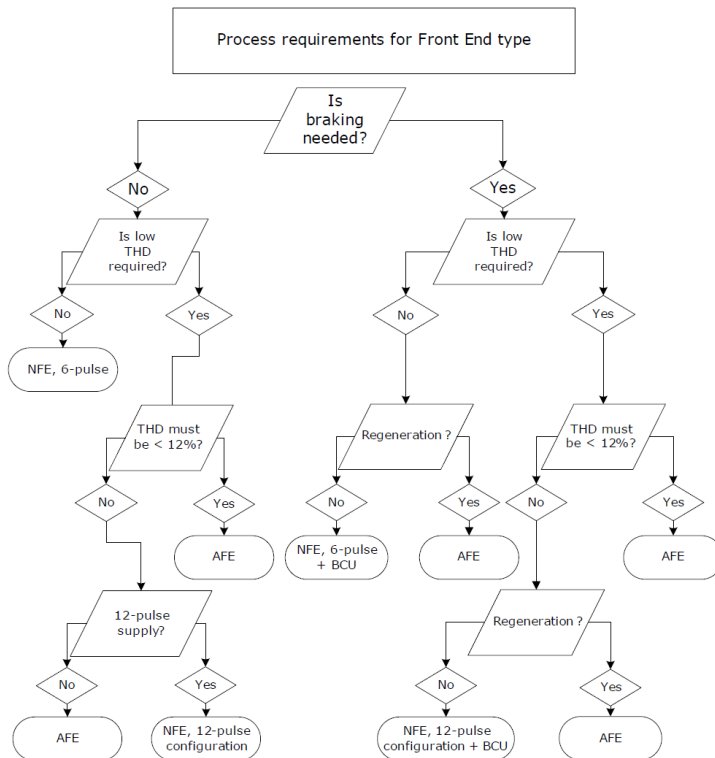


Figure 19. Front End selection guidelines

Common DC bus System에서는 front-end unit 유형을 선택해야 합니다. Front-end unit 유형을 선택할 때는 다음을 고려하십시오.

- 주 전원의 유형 : 전압 범위는?
- 주파수 범위는?
- THD 허용 레벨은?  
만일 주 전원의 THD 레벨이 매우 낮다면 (< 5%), front-end unit은 Active Front End(AFE) 사용.  
만일 주 전원의 THD 레벨이 높다면 (> 5%), front-end unit은 AFE 또는 Non-regenerative Front End(NFE) 모두 사용 가능
- 드라이브가 사용되는 프로세스 종류는?  
만일 제동이 자주 필요하고 제동력이 비교적 높은 경우 AFE 장치가 적절한 옵션입니다. 그렇지 않으면 NFE가 적합합니다.

## 4.5 Drive System에서 Front-end 용량 산정

정류기의 용량산정은 필요한 샤프트 동력과 시스템 효율을 기준으로 합니다. 요구되는 샤프트 동력은 모터 정격 동력의 합과 동 일할 필요는 없습니다. DC 버스의 최대 순간 전력을 알고 전원 방향 (모터/발전)을 고려해야 합니다.

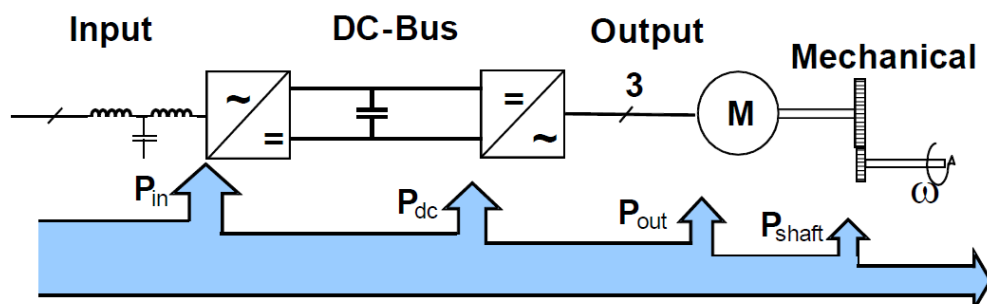


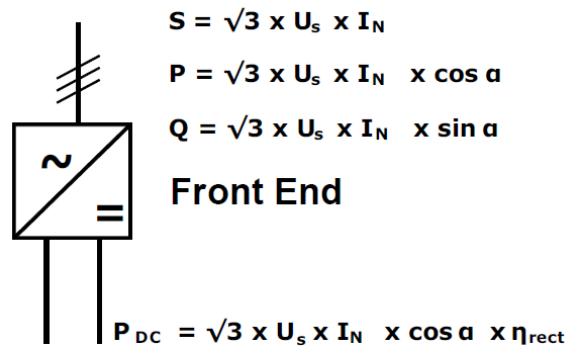
Figure 20. Dimensioning the front end

정확한 용량산정을 위한 Parameter

- 공급 전압
- 샤프트 Power 합계 (Power 방향 포함)
- 인버터 Unit 효율
- 출력 필터 효율
- 모터 효율

정류기는 주 전원으로 부터 피상전력(S)을 사용합니다. 피상전력에는 무효전력 성분(Q) 및 유효전력 성분(P)이 포함됩니다. 정류기는 유효전력을 DC-link로만 전송할 수 있습니다. 정류기의 역률은 주 전원에서 가져오는 무효전력량을 결정합니다. AFE의 역률은 0.99이고 NFE의 역률은 0.93입니다.

DC-link 전력을 계산할 때는 정류기의 효율을 고려해야 합니다.



\* $I_N$  is the nominal current of the unit and  $\eta_{rect}$  is the efficiency of the rectifier.

Figure 21. Calculating the DC link power

정류기를 병렬로 연결하면 정류기 모듈간에 불균형이 있습니다. DC-link 전력을 계산할 때 각 정류기마다 5 %를 줄임으로써 이 불균형을 고려해야 합니다. 동일한 유형의 정류기, AFE 및 AFE 또는 NFE 및 NFE 만 병렬로 연결할 수 있습니다.

#### 4.5.1 값 계산

- 요구되는 샤프트 Power 결정
- 요구되는 샤프트 파워를 모터 효율로 나누어 필요한 모터 입력 파워를 계산
- 인버터의 필요한 출력 전력을 계산 (필요한 모터 입력 전력을 출력 필터의 효율로 나눕니다.)
- 필요한 DC 전력을 계산 (인버터의 필요한 출력 전력을 인버터 효율로 나눕니다.)
- 정류기의 DC 전력은 계산 된 값을 초과해야 합니다.
- 필요한 AC 전류 계산

매뉴얼에서 찾은  $I_{L-cont}$  전류를 기반으로 AFE의 DC 전력을 계산할 수 있습니다.

$I_H$  연속 전류의 전력을 계산해야 하는 경우 전류 비율을 사용할 수 있습니다.

$$P_{H-cont} = \frac{I_{H-cont}}{I_{L-cont}} \times P_{L-cont}$$

$P_{1min}$ 의 경우 과부하율을 사용하여야 합니다.

$$P_{1min} = 1.1 \times P_{L-cont} \quad \text{or} \quad P_{1min} = 1.5 \times P_{H-con}$$

#### 4.5.2 DC Power 계산 방법 예

모터의 부하는 270kW이고 속도는 1700rpm이며, 부하 유형은 일정한 토크입니다. 280kW 모터와 인버터가 필요합니다. 모터의 효율은 0.96이고 인버터의 효율은 0.98입니다. 출력 필터가 필요한 경우 이를 고려해야 합니다. Vacon Front End Units의 정격 DC Power는 제품 설명서에서 찾을 수 있습니다. 필요한 DC Power는 다음 공식을 사용하여 계산할 수 있습니다.

$$P_{DC} = P_{shaft} \times \frac{1}{\eta_{motor}} \times \frac{1}{\eta_{filter}} \times \frac{1}{\eta_{INU}}$$

$P_{DC}$  = 정류기로부터 요구되는 DC Power,  $P_{shaft}$  = 모터 샤프트 Power

$\eta_{motor}$  = 모터 효율,  $\eta_{filter}$  = 출력필터 효율 (if not used, then = 1),  $\eta_{INU}$  = 인버터 효율

이 예에서는 출력필터가 사용되지 않으므로 정류기로부터 필요한 DC power는

$$P_{DC} = 270kW \times \frac{1}{0.96} \times \frac{1}{1} \times \frac{1}{0.97} = 290kW$$

정류기의 DC power는 계산된 값을 초과해야 합니다.

정확한 효율 값을 사용할 수 없는 경우, 다음 공식을 사용하여 필요한 DC power를 계산할 수 있습니다.

$$P_{DC} = P_{shaft} \times \frac{1}{0.9}$$

둘 이상의 인버터가 동일한 DC 버스에 연결된 경우, 총 DC power 요구량은 인버터의 필요 전력의 합입니다. 정류기가 그 전력을 처리할 수 있도록 용량산정을 해야 합니다.

정류기가 병렬로 (동일한 AC 공급 장치에) 연결된 경우 총 정류기 DC power는 정류기의 DC power의 합입니다. 총 DC power를 얻으려면 총합이 5 % 감소해야 합니다.

시스템에 모터링 목적으로 사용되는 인버터와 회생 목적으로 사용되는 다른 인버터가 있는 경우 다음 공식을 사용하여 필요한 DC power를 계산할 수 있습니다.

$$P_{DC} = \sum P_{motor} \times \frac{1}{0.9} - \sum P_{gen} \times 0.9$$

$P_{DC}$  = 정류기로부터 필요한 DC power,  $P_{shaft}$  = 필요한 모터링 Power,  $\eta_{motor}$  = 필요한 회생 Power

#### 4.6 높은 주변온도에 의한 용량 감소

공랭식 Vacon NXP Drive Unit의 현재 정격은 최대 40°C의 주변 온도에서 유효합니다. 드라이브 유닛을 더 높은 주변 온도에서 사용하는 경우, 주요 구성 요소의 열 부하를 지정된 수준 이하로 유지하려면 전류 정격을 낮춰야 합니다. 감소율 계수는 일반적으로 1.5 % / 1°C입니다. 최대 주변 온도는 50°C입니다.

공랭식 및 수냉식 Vacon NXP 드라이브의 감소율에 대한 자세한 지침은 관련 제품 설명서를 참조하십시오.

#### 4.7 높은 고도에 의한 용량 감소

높은 고도에서는 공기가 더 얇습니다. 얇은 공기는 열용량이 열악합니다. (즉, 고정된 체적에서 흡수된 에너지 당 온도 상승). 얇은 공기는 또한 전기장 (파괴 전압 / 거리)을 견딜 수 있는 능력이 부족합니다.

Vacon 주파수 변환기의 전체 열 성능은 최대 1000m (공랭식 장치)까지 설계되었으며 전기 절연은 최대 2000m (Vacon NX, Vacon 100 및 1000)까지 설계되었습니다.

Vacon의 드라이브를 더 높은 고도에 설치해야 하는 경우 다음 장에 제공된 지침을 따르십시오. 규칙은 사용자 안전을 기반으로 합니다.

### 4.7.1 열 성능

주파수 변환기의 전력 손실은 일반적으로 출력 전류에 비례합니다. 이것이 열 성능이 정격 최대 출력 전류의 백분율로 제공되는 이유입니다. Vacon 주파수 변환기의 전체 열 성능은 최대 1000m의 설치 고도에서 달성됩니다.

설치 고도가 이 한계를 초과하면 최대 부하 전류는 100m마다 1%씩 감소해야 합니다. 따라서 고도 2500m에서 부하 전류는 정격 출력 전류의 85%로 제한해야 합니다.  $(100\% - (2500\text{m} - 1000\text{m}) / 100\text{m} \times 1\% = 85\%)$   
설치 고도는 Vacon 수냉식 주파수 변환기의 열 성능에 영향을 미치지 않습니다.

### 4.7.2 전기 절연

Vacon AC 드라이브의 설치 고도는 2000m 고도에서 최악의 조건으로 지정되었습니다. 즉, 정격 주전원 전압 범위 및 corner-grounded 전원 시스템의 최대 값(corner 접지는 500V 드라이브에서만 가능합니다.)

다음과 같은 제한 사항으로 더 높은 설치 고도가 가능합니다.

#### 4.7.2.1 Mains voltage

전원 계통이 코너에 장착되지 않은 경우, 500V Vacon NX 장치, 480V Vacon 10 장치 및 500V Vacon 100/1000 장치의 최대 설치 고도는 정격 전압에서 최대 3000m입니다. 특별한 경우 특정 제한 사항으로 더 높은 설치 고도가 가능할 수 있습니다.

690 V Vacon NX 장치의 최대 설치 고도는 2000m입니다. 더 높은 위치에서 주전원 전압은 519V 이하로 제한되어야 하며 이러한 제품은 이 전압 레벨용으로 설계되지 않았습니다. (보조 전원 공급장치 작동 전압 범위).

#### 4.7.2.2 High voltage I/O signals

표준 I/O 보드 및 옵션 보드의 릴레이 출력 신호는 모든 릴레이 회로가 동일한 공급 전압에 연결된 경우 2000m 고도에서 최대 250V까지 지정됩니다. (OPT A2 및 OPT AC는 예외, 2000m에서 최대 150V 까지 사용 가능). 신호는 150V에서 최대 4866m까지 사용할 수 있습니다. 다음은 예외.

- OPT B5는 고도 4866m까지 250V 사용 가능
- OPT BF는 고도 3800m까지 250V 사용 가능하며, 그 이상은 150V로 사용가능

표준 I/O 보드 및 옵션 보드의 릴레이 출력 신호는 동일한 보드의 다른 릴레이 회로가 저전압 회로(예: 24 Vdc)에 연결된 경우 4888m 고도까지 최대 150 V 전압을 사용할 수 있습니다. 다음은 예외.

- OPT AC는 고도 3000m까지 150V 사용 가능, 그 이상은 100V 사용 가능
- OPT AF / OPT B5는 고도 2000m까지 250V 사용 가능, 그 이상은 150V 사용 가능

옵션 보드의 고전압 디지털 입력은 고도 2000m에서 42~250Vac 범위로 지정되며, 최대 4866m 고도에서 42~150Vac 범위에서 사용할 수 있습니다. 다음은 예외

- OPT B9 보드에서, HV 입력 옆에있는 릴레이 출력이 저전압 회로(예 : 24 Vdc)에 연결된 경우, 이 입력의 전압은 고도 2000m까지 150V로 제한되며, 그 이상에서는 100V로 제한되어야 합니다.

옵션 보드의 서미스터 입력은 최대 690V의 모터 전압에 대해 지정되며, chapter “4.7.2.1 Mains voltage”에 지정된 것과 동일한 전압 레벨 및 고도에서 사용할 수 있습니다.

## 4.8 Appendix

### 4.8.1 측정 단위

Table 2. Units of measure

|                      |                |                       |
|----------------------|----------------|-----------------------|
| Torque               | T              | [Nm]                  |
| Force                | F              | [N]                   |
| Moment of inertia    | J              | [kg m <sup>2</sup> ]  |
| Shaft power          | P <sub>m</sub> | kW                    |
| Gear ratio           | i              |                       |
| Angular velocity     | ω              | [rad/s]               |
| Angular acceleration | a              | [rad/s <sup>2</sup> ] |
| Rotational speed     | n              | [rpm]                 |
| Flow                 | Q              | [m <sup>3</sup> /s]   |
| Speed                | v              | [m/s]                 |
| Pressure             | P              | [Pa]                  |

### 4.8.2 기계적 이론 : FORCE

힘 (Force)의 단위는 [kg m/s<sup>2</sup>].

일정 속도(speed)에서 힘 :

$$F = m \times g \times (\sin \alpha + \mu \times \cos \alpha)$$

가속력 (acceleration force) :

$$F_a = m \times a$$

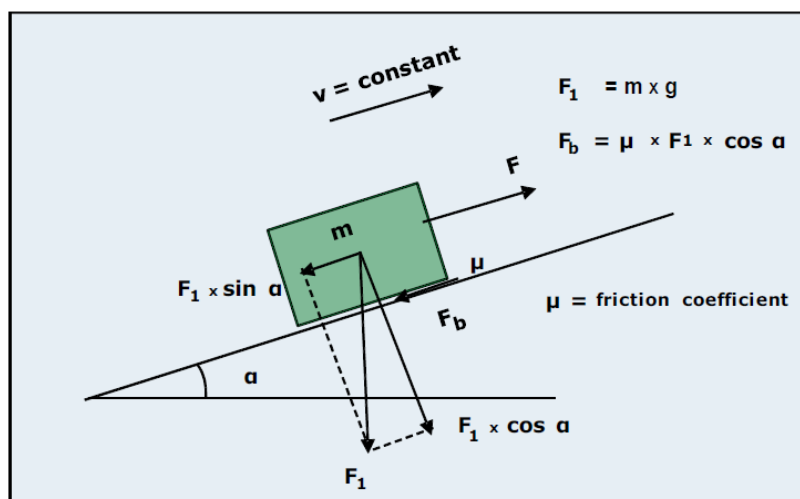


Figure 22. Force

### 4.8.3 기계적 이론 : TORQUE

토크(Torque)의 단위는 [Nm]

일정 속도(constant speed) :

$$T = F \times r$$

가속도(acceleration) :

$$T = J \times a \quad T = J \times \frac{d\omega}{dt}$$

$\omega$  = 각속도 [rad/s],

$a$  = 각 가속도 [rad/s<sup>2</sup>],

$J$  = 관성 [kg m<sup>2</sup>]

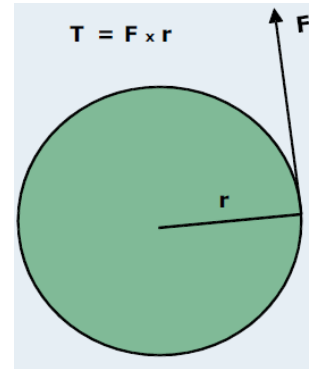


Figure 23. Torque

### 4.8.4 기계적 이론 : 관성

질량과 관성은 가속에서 damping 효과를 갖는다.

관성(Inertia)의 단위는 [kg m<sup>2</sup>]

솔리드 롤(solid roll)의 관성 :

$$J = \frac{M \times R^2}{2}$$

“empty” 실린더의 관성 :

$$J = \frac{M \times (R_1^2 + R_2^2)}{2}$$

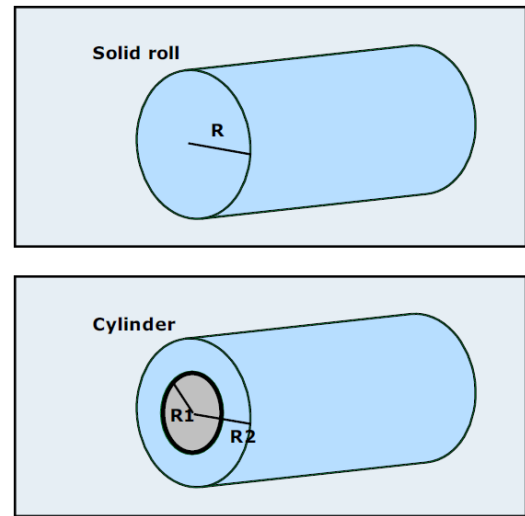


Figure 24. Inertia

### 4.8.5 기계적 이론 : 일정속도에서 전력

힘은 단위 시간당 일정한 길이에 가해지는 힘에 의해 얻어지는 일(Work) 입니다.

$$\text{Work: } W = F \times S, \quad \text{Rotational work: } W = T \times \theta$$

$$\text{Power: } P = F \times v, \quad \text{Rotational power: } P = T \times \omega$$

### 4.8.6 기계적 이론 : 가속도(Acceleration)

가속 토크는 주어진 가속 시간  $t$ 에서 속도 0에서  $n_{\max}$ 까지 가속하는 데 필요한 여분의 토크입니다.

$$T_a = J \times \frac{(\omega_m - 0)}{t} [Nm] \quad T_a = J \times \frac{2 \times \pi \times n_m}{60 \times t} [Nm]$$

$n_{\max}$ 에서 가속 Power :

$$P_a = T_a \times \omega_m \quad P_a = J \times \frac{\omega_m^2}{t} [W] \quad P_a \approx J \times \frac{J \times n_m^2}{91189 \times t} [kW]$$

## 5. EMC, 원칙과 실천

EMC(전자기 적합성)는 드라이브 시스템 설계의 중요한 부분입니다. 높은 스위칭으로 인한 주파수 변환기 출력 전압 및 전류의 고주파 성분

EMC (전자기 호환성)는 드라이브 시스템 설계의 중요한 부분입니다. 높은 스위칭 속도로 인해 주파수 변환기의 출력 전압 및 전류의 고주파 성분은 EMC를 관리하지 않으면 제어 시스템 오작동 및 통신 오류와 같은 심각한 문제를 일으킬 수 있습니다.

방출(emissions)이 허용 가능한 수준이고 간섭에 대한 내성(immunity)이 적절한 경우 장치는 전자기적으로 호환되는 것으로 설명할 수 있습니다. 전자기 적합성(EMC)에는 외부 간섭에 대한 내성(immunity)과 낮은 방출 간섭을 모두 포함합니다.

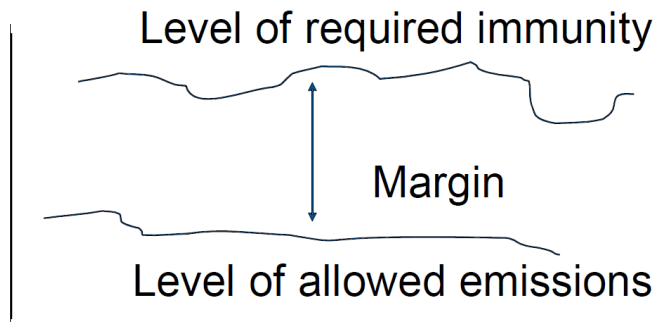


Figure 25. Acceptable EMC level

간섭에 대한 전자파 내성은 의도된 환경에서 장치의 작동 안정성을 정의합니다. 외부 소스에서 오는 전자기 간섭의 영향으로 장치가 어떻게 작동하는지 설명합니다.

장치의 전자기 방출은 동일한 환경에 있는 다른 전기 회로, 장치 및 시스템을 방해하는 기능을 정의합니다.

모든 전기 장치는 동시에 전자기 간섭의 소스 및 대상이 될 수 있습니다. 드라이브에서는 일반적으로 허용 가능한 배출 레벨만 정의해야 합니다. 모든 Vacon 드라이브는 전자기 간섭에 대한 산업 등급의 내성을 가지고 있습니다.

간섭 유형의 예로는 고주파 전압(hugh-frequency voltages), 과도전류(transients), 정전기 방전(electrostatic discharges) 및 방사 전자기장(radiating electromagnetic fields)이 있습니다.

저주파 장애(Low frequency disturbances)는 Chapter "6. 고조파" 에서 설명합니다.

### 5.1 EMC 지침

EMC 지침은 New Approach 지침이며 EU내에서 판매되는 모든 장비 및 장치에 유효합니다. 이 지침은 자세한 기술 요구 사항을 명시하지 않고 필수 요구 사항만 제시합니다. 또한 필수 요구 사항을 준수하는 방법을 설명합니다. EMC 지침은 공개 문서이며 인터넷에서 OJEU(Official Journal of the European Union)을 통해 이용할 수 있습니다. 자세한 요구 사항은 OJEU에 게시된 조화 표준(harmonised standards)에 나와 있습니다.

#### 5.1.1 필수 요건

지침은 다음과 같은 2가지 필수 요건을 명시하고 있습니다.

“장비는 최신 기술을 고려하여 다음과 같은 사항을 보장하도록 설계 및 제조되어야 합니다.

- 발생한 전자기 장애는 무선 및 통신 장비 또는 기타 장비가 의도한 대로 작동할 수 없는 수준을 초과하지 않아야 합니다.
- 의도된 용도로 전자파 장애에 대한 내성이 있어서, 용납할 수 없는 열화없이 작동할 수 있어야 합니다.”

#### 5.1.2 준수

관련된 조화 표준(harminised standards)이 존재하고, EU 공식 저널(Official Journal of the EU)에 등재되어 있는 경우 이를 준수하는 것이 필수 요구 사항을 준수하는 것으로 간주됩니다.

## 5.2 유럽 표준

주파수 변환기와 관련이 있는 몇 가지 표준이 있습니다. 실제 표준 설명서는 인터넷([www.iec.ch/webstore](http://www.iec.ch/webstore))에서 구입할 수 있습니다. IEC 표준은 International Electrotechnical Commission의 글로벌 표준입니다. EN은 유럽 표준(European Norm)입니다. EMC 지침에 나열된 EN 표준은 해당 문제에 대한 유럽 법률을 나타냅니다.

- IEC/EN 61800-3 for power drive systems
- IEC/EN 61000-6-1 and -2 for generic cases regarding immunity, public and private networks
- IEC/EN 61000-6-3 and -4 for generic cases regarding emissions
- EN 55011 - the basic standard for EMC (CISPR 11)

위에 열거된 EN61800-3은 제품군 표준이므로 일반 표준 (EN55011, EN61000-6-1, -2, -3 및 -4)보다 우선합니다. 일반 표준이 제품군 표준보다 까다롭지만 드라이브의 경우는 일반적으로 그렇지 않습니다. 드라이브의 경우 TV 라디오, 컴퓨터 등과 같은 가정용 장비보다 드라이브 수가 훨씬 적으므로 덜 까다로운 제품군 표준이 채택되었습니다. 따라서 전자기 환경에 대한 드라이브의 영향은 훨씬 적습니다.

## 5.3 유럽 이외의 표준

미국에서 EMC 방출 규제를 담당하는 기관은 FCC(Federal Communications Commission)입니다. 구체적인 규정은 Part 15 (무선 주파수 장치) 및 Part 18 (산업, 과학 및 의료 장비)입니다.

캐나다에서는 IEC 표준을 따르는 경향이 있습니다.

다른 국가에서는 표준을 따르는 경우 일반적으로 글로벌 IEC 표준입니다.

**NOTE!** IT 네트워크에 대해 수행된 배출 제한은 정의되어 있지 않습니다. 네트워크의 특성상 방해 수준을 측정할 수 없습니다. 그러나 EMC 지침의 필수 요구 사항은 여전히 유효하며 일반적으로 EMC 계획을 만들어야 합니다. Chapter "5.5.2 EMC 계획"을 참조하십시오.

## 5.4 환경

표준은 첫 번째 환경과 두 번째 환경의 두 가지 환경을 정의합니다.

### 5.4.1 첫 번째 환경 (First Environment)

첫 번째 환경에는 국내 건물이 포함됩니다. 또한 중간 변압기 없이 가정용으로 사용되는 건물에 공급하는 저전압 전원 공급망에 직접 연결된 시설을 포함합니다. 주거용 건물의 주택, 아파트, 상업용 건물 또는 사무실은 첫 번째 환경 장소의 예입니다.

첫 번째 환경은 공용 네트워크 또는 주거 환경이라고도 합니다. EN 55011에서는 이 환경에서 **클래스 B** 제한이 적용됩니다.

### 5.4.2 두 번째 환경 (Second Environment)

두 번째 환경은 가정용으로 사용되는 건물을 공급하는 저전압 전원 공급망에 직접 연결된 시설 이외의 모든 시설을 포함하는 산업 환경입니다. 전용 변압기에서 공급되는 모든 건물의 산업 영역, 기술 영역은 두 번째 환경 장소의 예입니다.

두 번째 환경은 개인 네트워크 또는 산업 환경이라고도 합니다. EN 55011에서는 이 환경에서 **클래스 A** 제한이 적용됩니다.

## 5.5 EN 61800-3의 4가지 드라이브 카테고리

환경 외에도 표준 EN 1800-3은 Power Drive Systems에 대한 4 가지 카테고리를 정의합니다. 오늘날 대부분의 드라이브는 고객 및 애플리케이션 세부 사항에 따라 카테고리 2~4의 일부로 간주될 수 있습니다. 카테고리 C1 드라이브는 정의에 따라 모터/공급 장치에 연결하기 위한 플러그가 장착된 이동식 제품입니다.

실제로, 표준 EN 61800-3에 정의된 카테고리 C2 및 C3의 배출 수준은 EN 55011 클래스 A 및 일반 표준 EN61000-4에 의해 산업 환경에 필요한 배출 수준과 유사합니다.

### PDS (Power Drive Systems) of category C1

첫 번째 환경에서 사용하도록 설계된 정격 전압 1,000VAC 미만의 드라이브 시스템

### PDS of category C2

정격 전압이 1,000VAC 미만인 PDS는 플러그인 장치 또는 이동식 장치가 아니며, 첫 번째 환경에서 사용될 경우 전문가만 설치 및 시운전 하도록 되어 있습니다. 전문가는 EMC 측면을 포함하여 파워 드라이브 시스템을 설치 및/또는 시운전하는 데 필요한 기술을 보유한 개인 또는 조직입니다.

### PDS of category C3

정격 전압이 1000VAC 미만인 PDS는 두 번째 환경에서 사용하기 위한 것이며, 첫 번째 환경에서 사용하기 위한 것이 아닙니다. (한도는 100A에서 변경됩니다.)

### PDS of category C4

정격 전압이 1000VAC 이상이거나 정격 전류가 400A 이상, 또는 두 번째 환경의 복잡한 시스템에 사용하기 위한 PDS. (한도는 100A에서 변경됩니다.)

#### 5.5.1 EN 61800-3 vs 일반 표준

방출 수준(emission level)과 관련하여 표준을 비교합니다.

Table 3. Comparison of standards

| Generic standard (EN 55011)       | EN 61800-3                               |
|-----------------------------------|------------------------------------------|
| Generic commercial level, Class B | First environment, Category C1           |
| Generic industrial level, Class A | First environment, Category C2           |
| Group 2 equipment                 | Second environment, Categories C3 and C4 |

Vacon NX 및 Vacon 100은 EN 61800-3의 요구 사항을 충족하도록 설계되었으며 유능한 전기 기술자가 설치한 경우 모든 환경에서 사용할 수 있습니다.

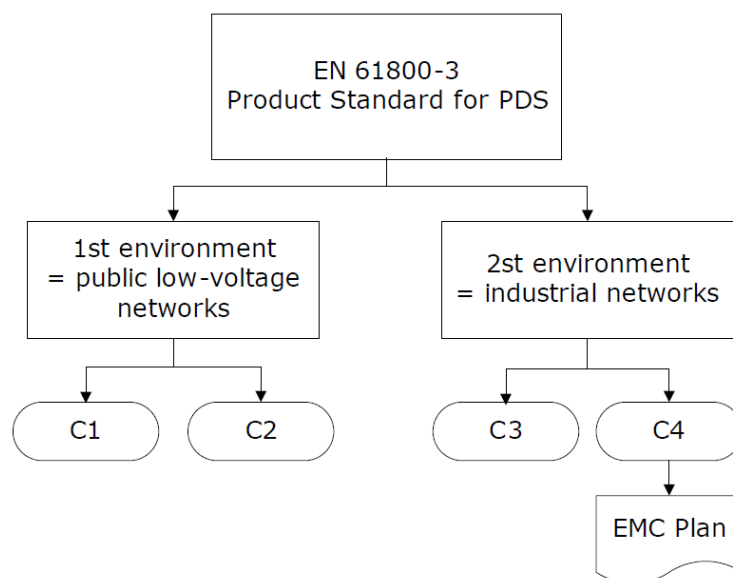


Figure 26. Standards, environments and classes

#### 5.5.2 EMC 계획

대규모 설치를 위해 EMC 계획이 필요합니다. EMC 계획은 전자기 적합성을 달성하는 데 사용되는 방법을 설명합니다. 이 계획은 필터, 설치 절차, 접지, 차폐, 기계적 구조 등을 포함한 전체 설치를 포괄합니다. EMC 계획의 정확한 내용 또는 구조는 정의되지 않았습니다.

## 5.6 전도 방출 수준(Conducted Emission Levels)

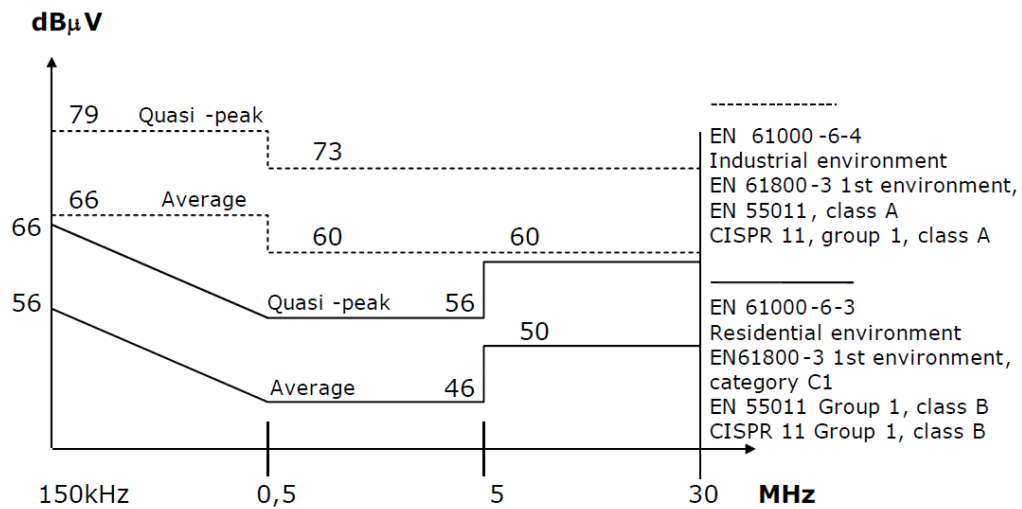


Figure 27. Comparison of standards regarding conducted emission levels

## 5.7 방사 방출 수준(Radiated Emission Levels)

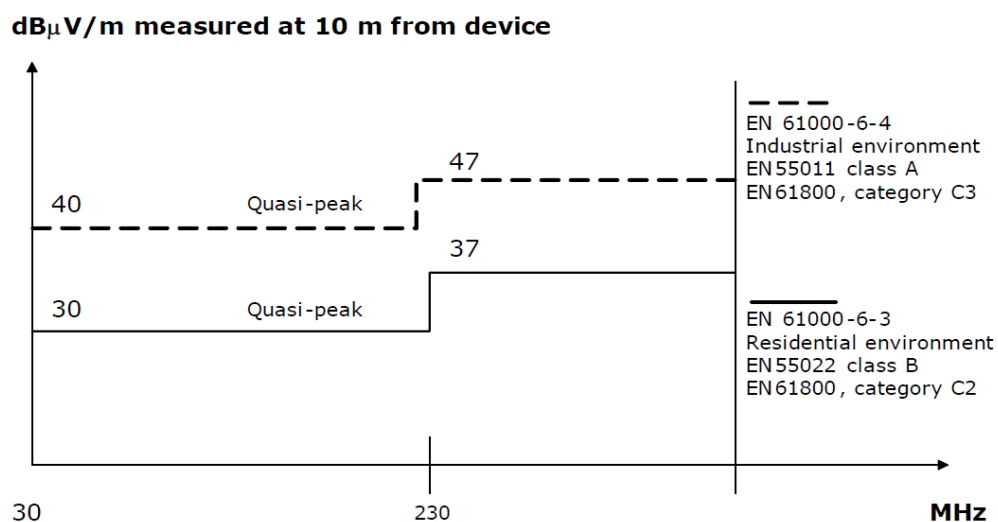


Figure 28. Comparison of standards regarding radiated emission levels

## 5.8 EMC관련 훌륭한 엔지니어링 사례

드라이브가 사용될 환경 유형을 찾으십시오. 그에 따라 드라이브 유형을 선택하십시오. 다음 표에 나열된 드라이브 유형은 EN 61800-3에 따라 EMC 방출 레벨을 지정하는 유형 지정 코드를 나타냅니다.

Table 4. EMC emission suppression in Vacon AC drives

| Type | Compliance                                                                                                                       |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| N    | None                                                                                                                             |
| H    | Complies with the industrial environment requirements of the generic standard, and also with the 1st environment C2 requirements |
| C    | Complies with the commercial environment requirements of the generic standard, and also with the 1st environment C1 requirements |
| T    | Designed for IT networks                                                                                                         |
| L    | Complies with the C3 and C4 requirements for the 2nd environment                                                                 |

유형이 ... H ... 인 드라이브는 일반적으로 모든 응용 분야에 적합합니다. ... C ... 유형은 병원 및 실험실 등에 사용하는 것이 좋습니다. 외부 필터를 사용하여 EMC 방출을 추가로 줄일 수 있습니다.

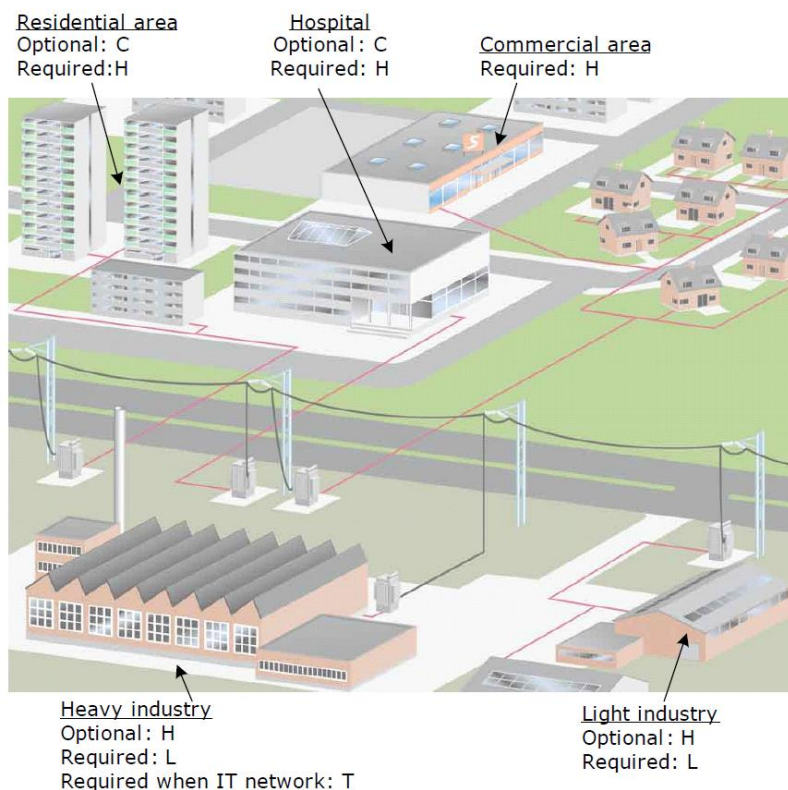


Figure 29. Environments and Vacon's EMC classes

### 5.8.1 모터 케이블과 접지

설비 내에서 가장 기본적인 지침은 간섭원과 잠재적으로 민감한 장비 간의 물리적 분리를 최적화하는 것입니다. 드라이브 시스템에서 모터 케이블이 주요 간섭원이기 때문에 차폐 케이블이 적절한 보호의 열쇠인 경우가 많습니다. 접지에도 특별한 주의가 필요합니다.

모터 케이블은 드라이브 시스템의 전자기 간섭과 관련하여 중요한 역할을 합니다. 올바른 케이블 선택으로 간섭을 피할 수 있습니다. 케이블의 유형은 케이블의 방사 방출에 특히 중요합니다.

산업 환경에서는 일반적으로 차폐 케이블로 충분합니다. 공공 환경에서는 고주파수를 위한 낮은 임피던스 실드 케이블이 필요합니다.

가능하면 대칭 위상 컨덕터, 대칭 PE 컨덕터 및 대칭 실드가 있는 대칭 3상 케이블을 사용하는 것이 좋습니다. 단일 코어 케이블은 권장하지 않습니다.

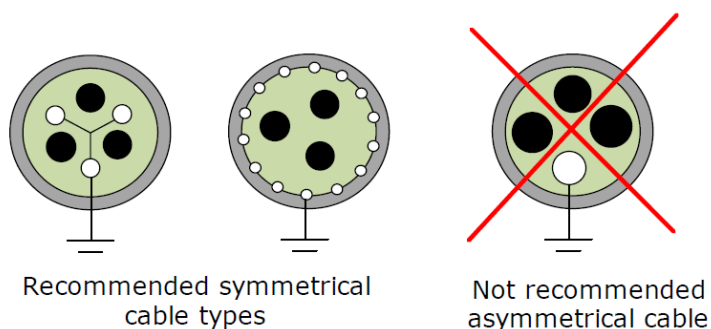


Figure 30. Two symmetrical cables and an asymmetrical cable

케이블 실드가 철로 만들어진 경우 EMC 장애로부터 보호되지만 PE로 사용할 수 없습니다. 철 실드 케이블은 인버터 끝에서만 연결될 수 있으며 모터 끝에서 절연되어야 합니다. 별도의 PE 도체를 사용해야 합니다. EMC 목적을 위해 모터 케이블 실드의 양쪽 끝은 360° 접지되어야 합니다.

접지는 루프를 형성하지 않을 수 있지만 별 모양이어야 합니다. 장치간에 전위차가 있는 경우 적절한 접지를 통해 장치를 균등화 해야합니다.

모터 케이블은 드라이브 인클로저 내부와 외부에서 가능한 짧게 유지하십시오. 실드의 단면적이 1상 도체의 50 % 보다 큰 경우 접지 목적으로 모터 케이블의 실드를 사용할 수 있습니다. 그렇지 않으면 별도의 접지 도체를 사용하십시오. 모터와 드라이브 사이에 구성 요소를 설치하는 경우 실드가 연속적인지 확인하십시오.

표준 EN / IEC 61800-5-1은 PE 도체의 요구 사항을 다음과 같이 정의합니다.

Table 5. Cross-section of protective earthing conductor

| Cross-sectional area of phase conductors of the PDS/CDM/BDM S (mm <sup>2</sup> ) | Minimum cross-sectional area of the protective earthing conductor (mm <sup>2</sup> ) |
|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| $S \leq 16$                                                                      | S                                                                                    |
| $16 < S \leq 35$                                                                 | 16                                                                                   |
| $35 < S$                                                                         | S/2                                                                                  |

이 값은 보호 접지 도체가 위상 도체와 동일한 금속으로 만들어진 경우에만 유효합니다. 그렇지 않은 경우 보호 접지 도체의 단면적은 위 표에 제시된 값을 적용한 결과와 동일한 컨덕턴스를 생성하는 방식으로 결정되어야 합니다.

전원 케이블 또는 케이블 인클로저의 일부를 구성하지 않는 모든 보호 접지 도체의 단면적은 다음과 같아야 합니다.

- 기계적 보호가 제공되는 경우 2.5 mm<sup>2</sup> 또는
- 기계적 보호가 제공되지 않은 경우 4 mm<sup>2</sup>. 코드 연결 장비의 경우, 코드의 보호 접지 컨덕터가 변형 방지 메커니즘에 장애가 발생한 경우 차단되도록 최종 컨덕터를 준비해야 합니다.

6상 모터와 같은 특수 시스템 토폴로지의 경우, PDS 설계자는 필요한 보호 접지 도체 단면을 확인해야 합니다. 자세한 내용은 EN / ISO 61800-5-1을 참조하십시오.

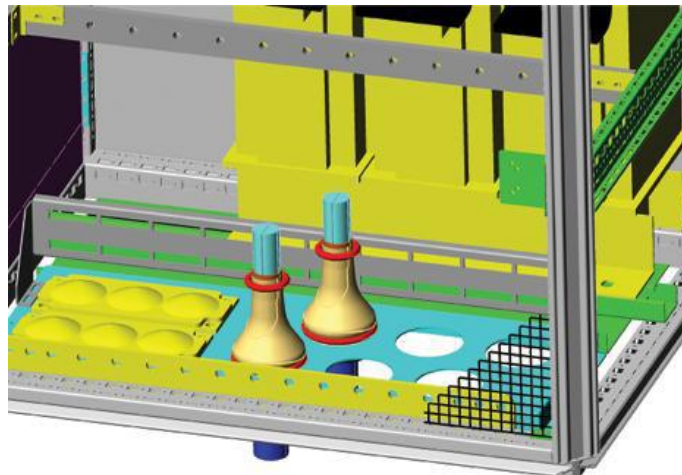


Figure 31. Routing of supply and power cables

케이블과 360° 접촉하려면 EMC 접지가 출력 케이블 직경에 적합해야 합니다. 기계적 보호 실드가 철로 만들어진 케이블도 있습니다. 실드의 임피던스가 높기 때문에 접지에는 이 유형의 실드를 사용해서는 안 되지만, 모터 끝에는 반드시 열려 있어야 합니다. 철 차폐 케이블을 사용하려면 항상 별도의 PE 케이블이 필요합니다. 별도의 PE 케이블을 모터와 드라이브의 PE 단자에 연결해야 합니다.

드라이브와 모터 사이에 장치를 설치 한 경우 모터 케이블 실드를 연속적으로 유지해야 합니다. 차폐는 장치의 입력 및 출력에 연결되어 있어야 두 장치 간의 지속적인 낮은 임피던스 연결이 보장됩니다. 필요한 경우 구성 요소를 접지된 강판 인클로저에 설치해야 합니다. 보조 장비, 회전 속도계, 인코더 또는 기타 센서의 케이블은 차폐되어야 합니다. 실드는 중간 커넥터에 의해 파손되지 않을 수 있으며, 드라이브 끝에서만 연결해야 합니다.

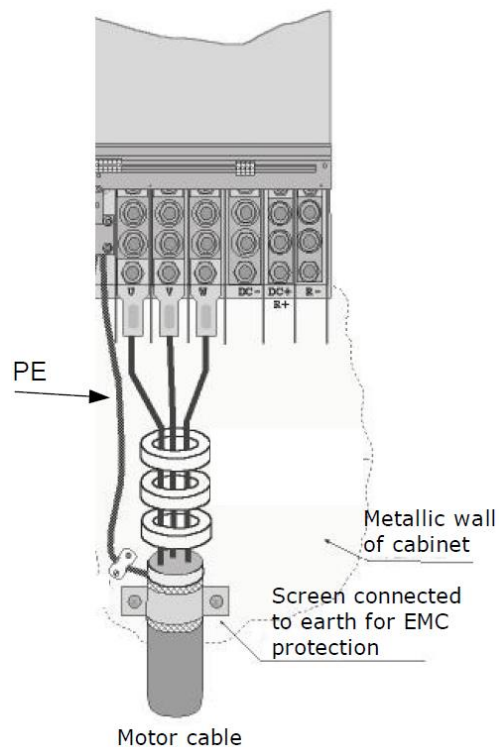


Figure 32. EMC and PE grounding on single motor cable

### 5.8.2 케이블 위치 설정

전원, 제어 및 신호 케이블이 공간적으로 분리되도록 인클로저 레이아웃과 내부 및 외부 케이블을 계획해야 합니다.

효율적으로 사용하려면 차폐에 우수한 전도성, 연속성(갭 없음) 및 접지가 있어야 합니다. 신호 케이블의 올바른 접지는 종종 EMC의 핵심입니다. 전원 공급 케이블을 제외하고 인클로저에 연결된 모든 외부 케이블은 차폐되어야 합니다. 신호 케이블은 차폐되어야 하며 양쪽 끝이 360° 접지되어 있어야 합니다. 또한 신호 케이블은 전원 케이블 가까이에 두거나 병렬로 연결해서는 안 됩니다. 교차해야 하는 경우 각도는 90도 여야 합니다. 케이블 사이의 거리는 아래 그림을 참조하십시오.

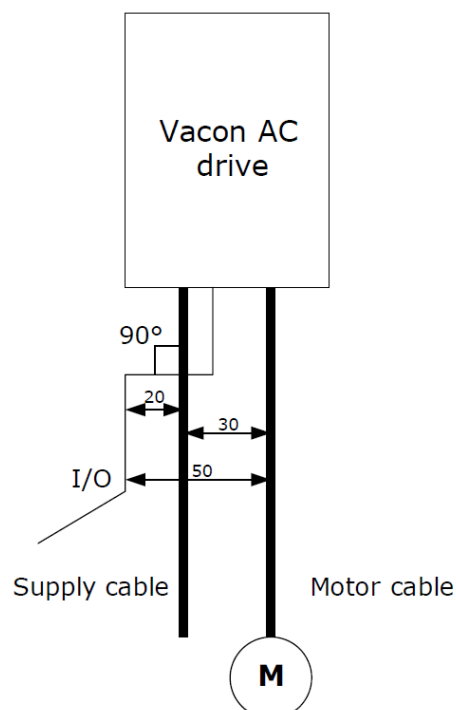


Figure 33. Cable positioning and distances

I/O 케이블 쉴드를 드라이브 끝의 접지에 연결하십시오. 필요한 경우 10nF 커패시터를 통해 비 구동 엔드를 접지하십시오. 각 노드에서 필드 버스 케이블 쉴드를 접지하십시오. 접지 차폐 (소위 피그 테일)의 끝은 가능한 짧게 유지해야 합니다.

쉴드의 전류를 줄이기 위해 긴 케이블은 여러 개의 접지를 갖거나 추가 도체를 사용할 수 있습니다.

신호 케이블의 절연 레벨이 230VAC 미만인 경우 전원 케이블이나 다른 케이블과 동일한 케이블 트레이에 케이블을 놓아서는 안됩니다.

필터에 대한 자세한 내용은 필터 설명서를 참조하십시오.

## 6. Harmonics

전력 시스템은 모든 부하가 선형이므로 모든 전류가 아름다운 사인파라는 가정을 기반으로 50/60Hz 작동을 위해 설계되었습니다. 실제로 오늘날의 많은 장치는 비선형이며 정현파와는 거리가 큰 입력 전류를 가지며 고조파를 포함합니다.

고조파 전류는 기본 주파수의 배수, 즉 100, 150, 200Hz입니다.

$$f(t) = \sum_{n=1}^{\infty} A_n \sin(n\omega t + \varphi_n)$$

일반적인 고조파 전류 소스에는 스위칭 전원 공급 장치 또는 정류기 (예 : TV, 컴퓨터, 복사기 등)가 포함된 모든 장치가 포함됩니다. 강력한 고조파 소스는 전자식 안정기 (스위치 모드 전원 공급 장치) 또는 기존 안정기의 형광등입니다. 업계에서 주요 소스는 전력전자 장치 - AC 및 DC 드라이브, 아크로 등입니다.

일반 정류기의 경우 고조파 진폭은 주파수가 증가함에 따라 감소합니다.

이론적으로 (사각 파의 경우)  $I_n = I_1 / n$  ( $n$ 번째 고조파의 진폭 = 기본 전류를 고조파의 수( $n$ )로 나눈 값)

전력전자 장치는 홀수 고조파만 생성합니다. 짝수 고조파는 전류 사이클의 양과 음의 절반이 동일한 만큼 제외됩니다.

3상 시스템에서는  $v = k * p - 1$  차수의 고조파만 존재하며, 6 펄스 시스템의 경우 5th, 7th, 11th, 13th 등이 있습니다.

- $v$  = 기본 주파수의 배수
- $k = 1, 2, 3,$
- $p$  = 정류기의 펄스 수 (6, 12, 18 etc)

단상 시스템에서는 모든 홀수 고조파가 존재할 수 있습니다.

**Note** 전압이 눈에 띄게 왜곡되지 않는 한 기본 주파수만 전력을 전송하고 다른 주파수의 전류는 흐르며 기술적으로 일종의 무효 전류를 형성합니다. 정류기의 기본 역률은 약 0.95 이상입니다.

일반적으로 역률(power factor)는 kW/kVA 로 정의할 수 있습니다.

$$pf = \cos \varphi \times \sqrt{1 - THD^2}$$

$\cos \varphi$  = 기본 역률,  $THD$  = THD 백분율 값 (total harmonic distortion)

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} i_n^2}}{i_1}$$

$I_n$  =  $n$ 차 harmonic,  $i_1$  = 기본 전류

THD는 부하, 주 전원 변압기 데이터 및 주파수 변환기 회로의 구성 요소의 복잡한 함수입니다. 일반적으로 큰 변압기 (강성 소스)는 더 높은 전류 왜곡 및 낮은 전압 왜곡으로 이어지고 작은 변압기 (소프트 소스)는 더 낮은 전류 왜곡 및 높은 전압 왜곡으로 이어집니다. 트랜스포머의 크기가 드라이브의 부하와 관련하여 고려되므로, 이는 주어진 소스 / 드라이브 조합에 대한 부하가 적을수록 전류 왜곡이 증가하는 반면 전압 왜곡은 감소 함을 의미합니다.

기본 주파수 전류에 추가 된 고조파 전류는 배선 및 변압기에서 더 높은 가열 효과로 더 높은 RMS 전류를 생성합니다. 고조파 전류는 또한 소스 (트랜스포머 또는 발전기)의 임피던스를 통해 흐르며 시스템을 통해 "볼 수 있는" 고조파 전압을 생성합니다. 이러한 영향은 변압기와 동일한 전원에 연결된 다른 장치에 심각한 영향을 줄 수 있습니다.

**NOTE :** DOL 애플리케이션에서 (정현파) 모터 전류는 모터의 역률이 낮기 때문에 드라이브에 대한 입력 RMS 전류보다 높은 경우가 많습니다. 드라이브는 모터에 필요한 무효 전류를 공급합니다. 주 전원에서 공급되지 않습니다.

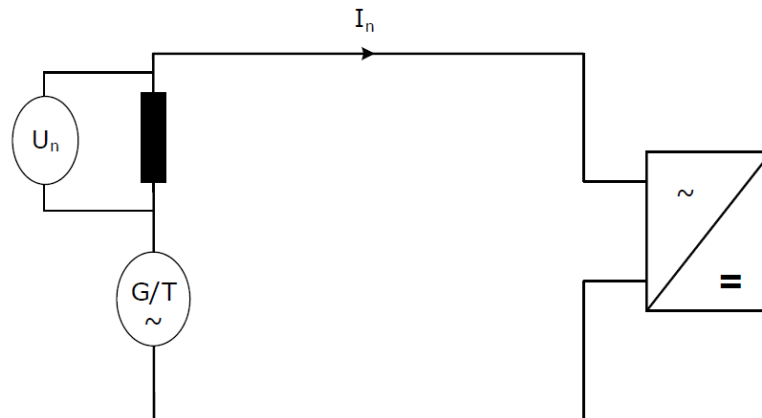


Figure 34. Source of harmonic voltages

가장 문제가 되는 고조파는 3차 고조파입니다. 3상 공급전원에서 생성된 전류가 중성 도체에 단계적으로 추가 되어 과부하 될 수 있기 때문입니다. 균형 잡힌 3상 부하는 3차 고조파를 생성하지 않습니다. 비선형 단상 부하 (일반적으로 UPS, 형광등, PC 및 기타 사무 장비)에 의해 생성됩니다.

고조파 전류로 인한 추가적인 변압기 가열은 표준 IEC 61378-1에 정의된 대로 계산할 수 있습니다.

감소율 요소는 스펙트럼에 따라 달라집니다. 즉, 스펙트럼이 감소율에 영향을 줍니다. 아래 그림에 일반적인 예가 나와 있습니다.

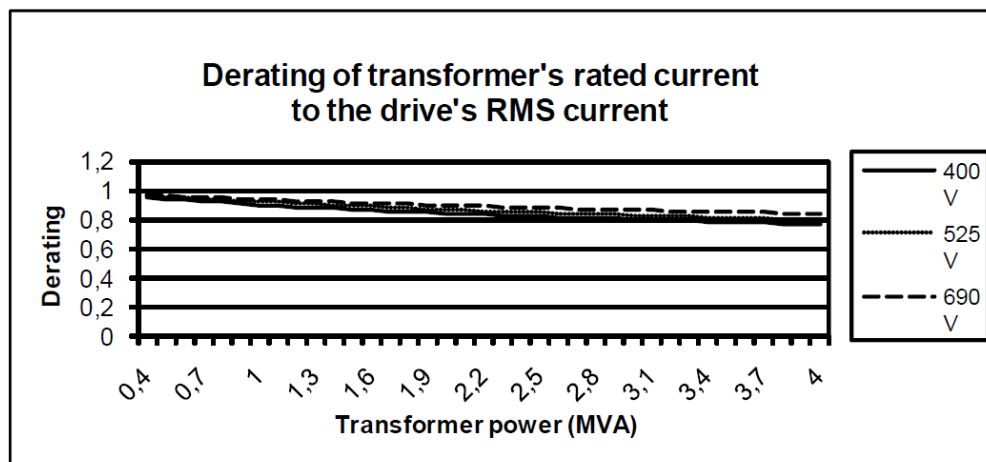


Figure 35. Derating of transformer, typical drive spectrum

## 6.1 모터에 대한 고조파 영향

비선형 부하에 의해 생성된 고조파 전류는 direct-on-line 모터에 영향을 미치지 않습니다. 시스템에 존재하는 고조파 전압은 모터 가열에 큰 영향을 줄 수 있습니다. 5차 고조파는 반대 방향으로 회전하는 토크를 생성하며, 7차 고조파는 원래 방향으로 회전합니다. 모터에 대한 상황은 항상 큰 슬립으로 시작하는 것처럼 모터의 상황이 심각 할 수 있습니다. 임피던스가 낮기 때문에 낮은 전압이라도 높은 전류를 생성 할 수 있습니다. 드문 경우지만 전압 왜곡이 높은 경우 이 효과는 모터를 과열시키는 것으로 알려져 있습니다.

## 6.2 표준

### 6.2.1 제품 표준

IEC는 Public 공급 장치 (모든 사람이 연결할 수 있는 공급 장치)에 연결된 제품의 입력 전류에 허용되는 고조파 성분에 대해 두 가지 표준을 작성했습니다.

- IEC 61000-3-2 for current < 16A per phase
- IEC 61000-3-12 for current > 16A and < 75A per phase

일반적으로 허용되는 값은 변압기의 단락 전력에 따라 다릅니다. 변압기가 작을수록 허용되는 고조파가 낮아 집니다.

IEC 61000-3-2에 따르면 드라이브는 제한이 없는 전문 장비로 간주됩니다.

**NOTE:** 사설 (산업) 네트워크에는 IEC 표준이 없습니다.

**Table 4 – Current emission limits for balanced three-phase equipment under specified conditions**

| Minimal $R_{sce}$                                                                                                                                                                                | Admissible individual harmonic current $I_n/I_1$ <sup>a</sup> % |       |          |          | Admissible harmonic current distortion factors % |        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------|----------|----------|--------------------------------------------------|--------|
|                                                                                                                                                                                                  | $I_5$                                                           | $I_7$ | $I_{11}$ | $I_{13}$ | $THD$                                            | $PWHD$ |
| 33                                                                                                                                                                                               | 10,7                                                            | 7,2   | 3,1      | 2        | 13                                               | 22     |
| $\geq 120$                                                                                                                                                                                       | 40                                                              | 25    | 15       | 10       | 48                                               | 46     |
| The relative values of even harmonics up to order 12 shall not exceed $16/n$ %. Even harmonics above order 12 are taken into account in $THD$ and $PWHD$ in the same way as odd order harmonics. |                                                                 |       |          |          |                                                  |        |
| <b>NOTE</b> Linear interpolation between successive $R_{sce}$ values is permitted. See also Annex B.                                                                                             |                                                                 |       |          |          |                                                  |        |
| <sup>a</sup> $I_1$ = reference fundamental current; $I_n$ = harmonic current component.                                                                                                          |                                                                 |       |          |          |                                                  |        |

Figure 36. An extract from the IEC 61000-3-12 standard

### 6.2.2 시스템 표준 IEEE 519: 1992

IEEE 519: 1992 - 전력 시스템의 고조파 제어를 위한 권장 사례 및 요구 사항

이는 시스템에서 고조파를 제어하기 위한 권장 사항이며 단일 제품에는 적용해서는 안됩니다. 단일 제품은 고조파 부하의 매우 낮은 허용값을 요구합니다. - 일반적으로 공통 결합 지점(PCC)에서 5 % THD입니다. PCC는 일반적으로 "다른 고객에게 서비스를 제공할 수 있는 시스템의 위치"입니다. 이것의 기본 개념은 단일 사용자가 다른 사용자를 방해할 정도로 고조파를 방출해서는 안된다는 것입니다.

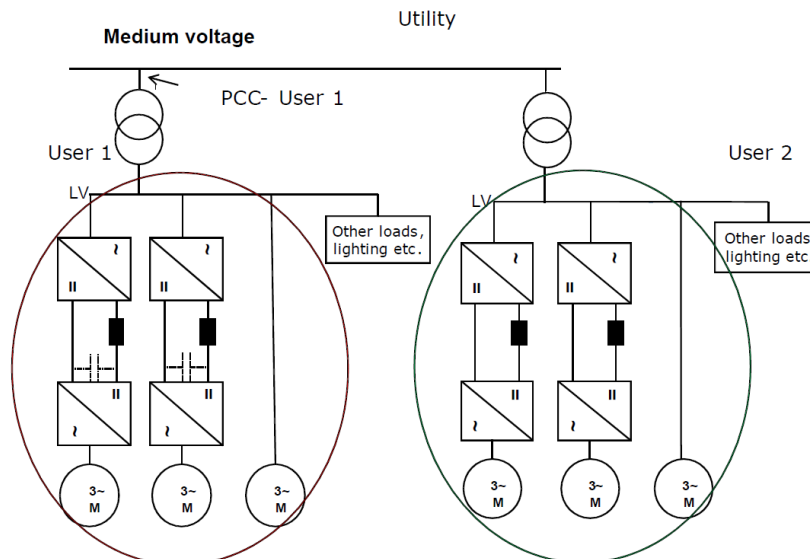


Fig 37. Point of Common Coupling

Table 6. Basics for Harmonic Current Limits

| SCR at PCC | Maximum individual frequency voltage harmonic (%) | Related assumption               |
|------------|---------------------------------------------------|----------------------------------|
| 10         | 2.5-3.0                                           | Dedicated system                 |
| 20         | 2.0-2.5                                           | 1-2 large customers              |
| 50         | 1.0-1.5                                           | A few relatively large customers |
| 100        | 0.5-1.0                                           | 5-20 medium size customers       |
| 1000       | 0.05-0.10                                         | Many small customers             |

권장 사항은 SCR의 기능과 같은 허용된 전압 왜곡에서 시작합니다. (PCC에서 사용할 수 있는 단락 전력 대 PCC에서 공칭 부하의 비율)

이러한 전압 요구 사항은 전류 요구 사항으로 변환됩니다. 단락 전력 대 정격 전력의 비율이 높을수록 허용되는 전류 방출이 높아집니다.

Table 7. Current distortion limits for general distribution systems (120v Through 69 000V), from the standard IEEE 519:1992

| Maximum harmonic current distortion on percent of $I_L$ |      |                  |                  |                  |             |      |
|---------------------------------------------------------|------|------------------|------------------|------------------|-------------|------|
| Individual harmonic order (Odd harmonics)               |      |                  |                  |                  |             |      |
| $I_{SC}/I_L$                                            | < 11 | $11 \leq h < 17$ | $17 \leq h < 23$ | $23 \leq h < 35$ | $35 \leq h$ | TDD  |
| <20*                                                    | 4.0  | 2.0              | 1.5              | 0.6              | 0.3         | 5.0  |
| 25<50                                                   | 7.0  | 3.5              | 2.5              | 1.0              | 0.5         | 8.0  |
| 50<100                                                  | 10.0 | 4.5              | 4.0              | 1.5              | 0.7         | 12.0 |
| 100<1000                                                | 12.0 | 5.5              | 5.0              | 2.0              | 1.0         | 15.0 |
| >1000                                                   | 15.0 | 7.0              | 6.0              | 2.5              | 1.4         | 20.0 |

Even harmonics are limited to 25% of the odd harmonic limits above.

Current distortions that result in a dc offset, e.g., half-wave converters, are not allowed.

\*All power generation equipment is limited to these values of current distortion, regardless of actual  $I_{SC}/I_L$ .

where

$I_{SC}$  = maximum short-circuit current at PCC.

$I_L$  = maximum demand load current (fundamental frequency component) at PCC.

수요 부하 전류는 PCC의 총 기본 주파수 전류 (즉, 모든 선형 및 비선형 부하 포함)입니다.

## 6.3 고조파 저감

### 6.3.1 Chokes

다양한 주파수의 진폭은 주파수가 증가함에 따라 자연스럽게 감소하므로 고조파를 더 낮추려면 더 높은 주파수에서의 임피던스를 높여야 합니다. (초크를 사용해야 합니다.) AC 또는 DC-고조파의 관점에서 그 효과는 비슷합니다. THD의 예상 값은 약 120 % (매우 작거나 없는 초크, 대형 변압기)에서 약 30 % (커다란 초크 및 소형 변압기)로 축소되도록 변경할 수 있습니다.

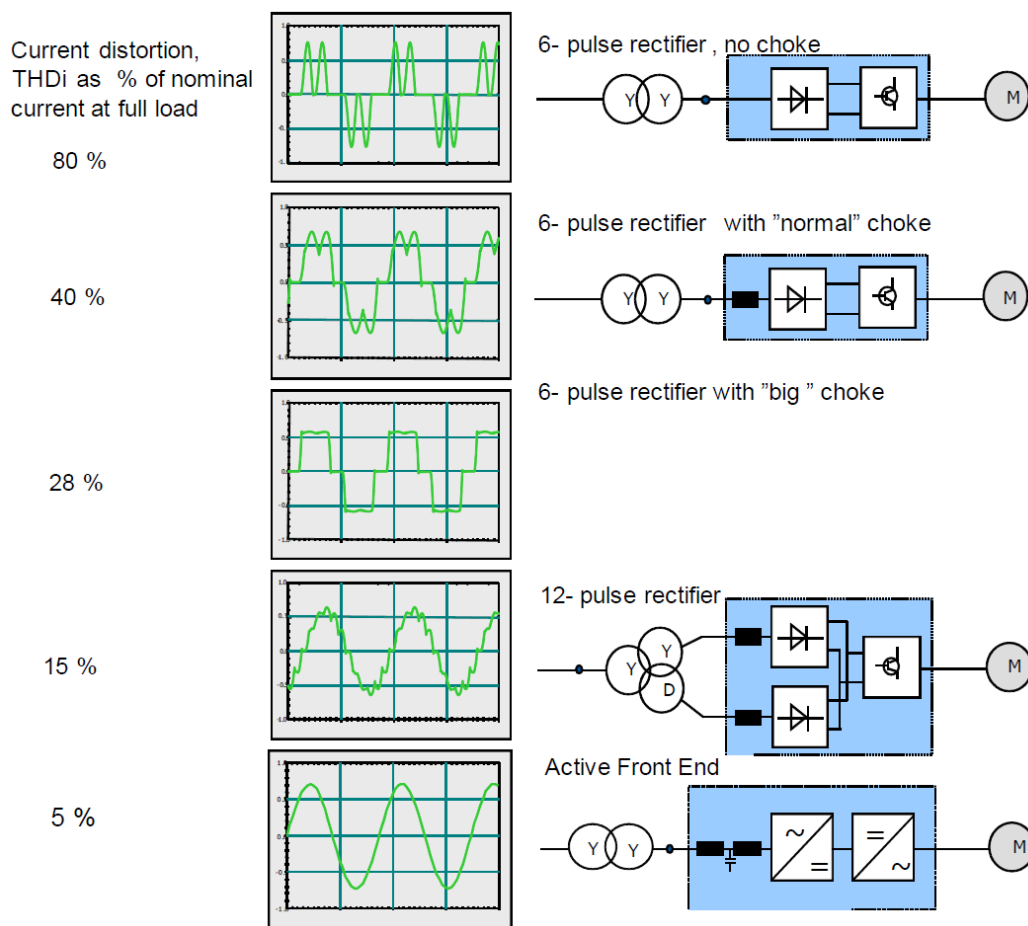


Figure 38. Typical values for FCs with different rectifier types

### 6.3.2 튜닝된 필터

5 차 및 7 차 고조파에는 튜닝된 필터 (트랩 필터)를 사용하십시오. 전원을 변경하면 원치 않는 공진이 발생할 수 있으므로 일반적으로 시스템 분석과 안정적인 시스템이 필요합니다.

튜닝된 필터는 많은 공급 업체에서 제공합니다. 일반적으로 제거해야 하는 고조파에 맞게 조정된 초크 및 커패시터로 구성됩니다. 그들의 크기는 관련 비용과 마찬가지로 중요합니다.

### 6.3.3 Active Front End

고조파 전류를 제거하는 효과적인 방법은 액티브 프론트 엔드 (AFE)를 사용하는 것입니다. LCL 필터를 통해 전원에 연결된 일반적인 3상 인버터 브리지로 구성됩니다. 인버터 브리지의 IGBT는 정현파 전류가 공급 장치로 공급되거나 공급 장치로 공급되도록 제어되므로 제동이 자주 발생하는 경우 뿐만 아니라 많은 발전 응용 분야에서 사용되는 기능인 공급 장치로 전력을 다시 생성할 수 있습니다 필요합니다. 입력 전류의 역률도 변경할 수 있으므로 AFE 를 사용하여 전류 정격 내에서 공급 장치의 다른 부하로 인한 위상 변이를 보상 할 수도 있습니다. AFE 는 항상 최대 부하 전류 크기입니다.

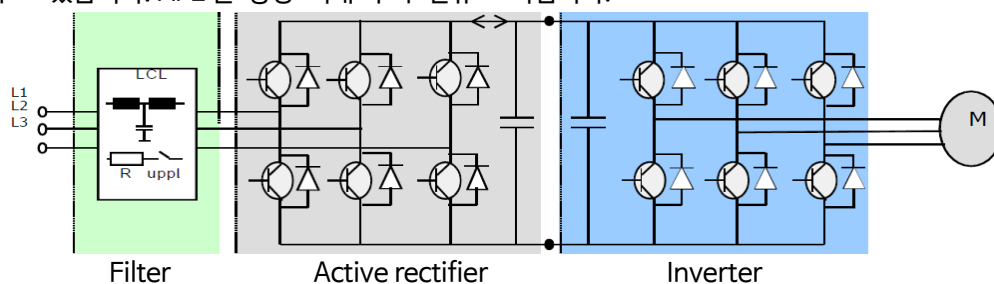


Figure 39. Active front end

### 6.3.4 Multi pulse 연결

고조파를 줄이는 전통적인 방법은 멀티 펄스 변압기를 사용하는 것입니다. 그룹의 고조파가 변압기의 자기 회로에서 상쇄되고 입력의 전류에서 제거되는 방식으로 배열된 여러 3 상 그룹의 권선이 있는 다중 펄스 변압기를 사용하는 것입니다.

가장 일반적인 것은 12 펄스 시스템입니다. 두 위상 그룹이 부하에 연결되어 5 차 및 7 차 고조파가 제거되고, 11 차 13 차 23 차 25 차 등이 남습니다. 입력 전류의 결과 THD 는 약 10 % 입니다. 위상 그룹을 밸런싱하는 변압기 설계의 문제로 인해 상쇄가 거의 완벽하지 않으며, 5 차 및 7 차 고조파의 흔적이 남아 있습니다.

변압기를 사용하여 전압 레벨을 MV 에서 LV 로 동시에 변경할 수 있습니다. 주요 단점은 필요한 변압기의 크기, 무게 및 비용뿐만 아니라 드라이브에 여러 입력 정류기가 필요하다는 것입니다. 급전 변압기의 두 권선에 동일한 부하를 분배하여 동일한 효과를 얻을 수도 있습니다.

3 상 그룹을 가진 18 개의 펄스 시스템도 존재합니다. 이 시스템은 최대 23 차까지 모든 고조파를 제거하며, 23, 25, 41, 43 등이 존재하여 결과적으로 THD 는 약 5 %입니다.

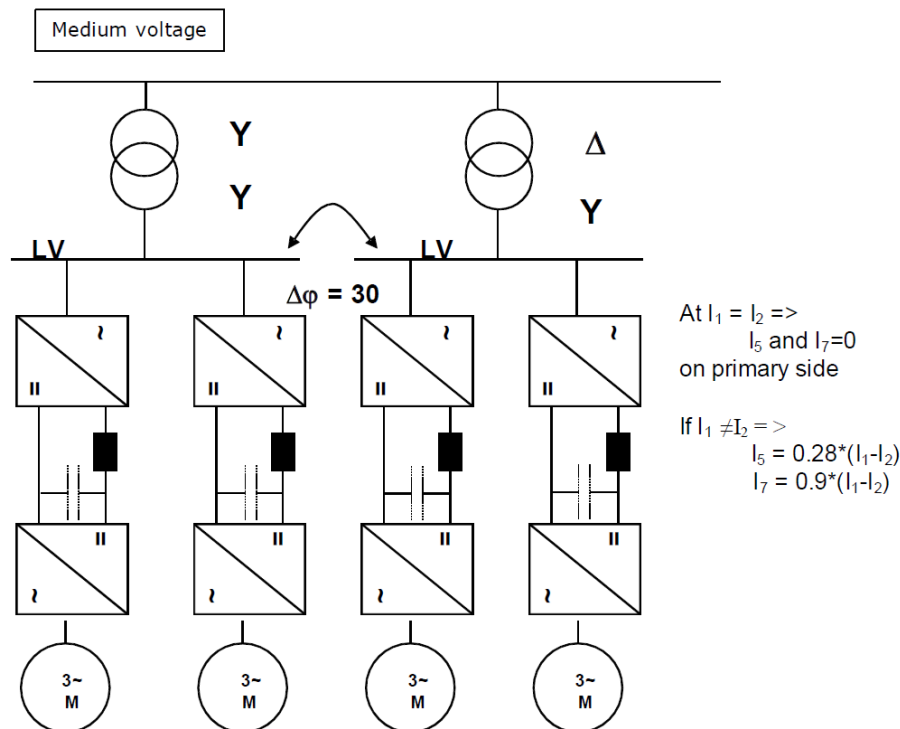


Figure 40. Using two transformers to cancel harmonics

### 6.3.5 Passive 필터

일부 제조업체는 고조파를 제거하기 위해 수동 필터를 제공합니다. 수동 필터의 성능은 12 펄스 변압기의 성능과 거의 동일합니다. Low pass 구성의 초크와 커패시터로 구성되며 일반적으로 크기가 상당합니다. 패시브 필터는 직렬 장치이므로 전체 부하 전류에 맞게 크기가 조정됩니다.

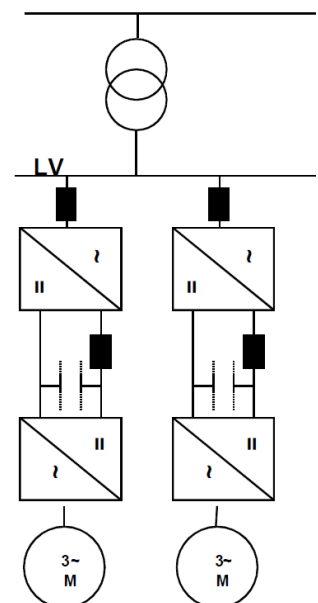


Figure 41. Passive Filter

### 6.3.6 Active 필터

능동 필터를 사용하여 고조파를 제거할 수 있습니다. 능동 필터는 “anti-harmonics”를 공급 장치에 주입하여 변압기에서 고조파를 제거합니다. 이것은 변압기의 부하를 완전히 선형적으로 보이게 합니다.

필터는 부하와 병렬로 연결되며 전체 부하 전류를 처리할 필요가 없으므로 고조파에 대해서만 용량 크기를 조정할 수 있습니다.

능동 필터를 사용하면 (드라이브에서 볼 수 있는) 고조파 주파수에서 필터가 제로 임피던스 스폿을 생성하여, 입력 초크가 과열될 수 있으므로 드라이브가 더 높은 고조파를 생성하게 된다는 점에 유의하십시오.

능동 필터는 여러 공급 업체에서 제공합니다.

결과 THD는 각 특정 사례의 실제 매개 변수에 따라 약 2-5 %입니다.

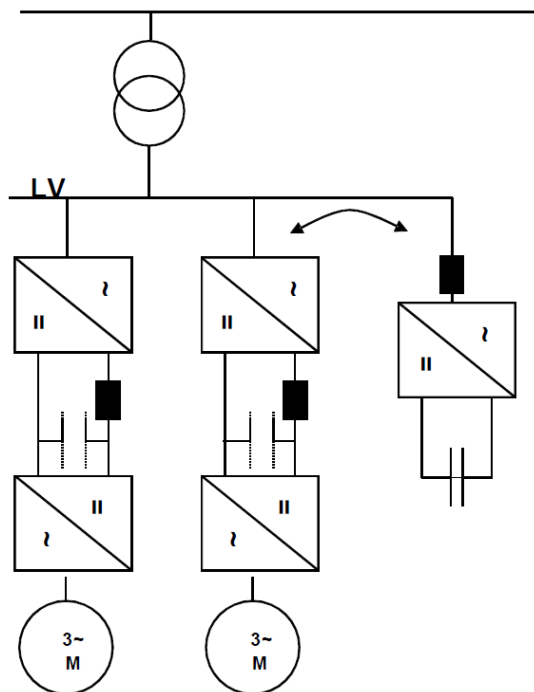


Figure 42. Active filter

## 7. Contactors, Breakers and Fuses

모든 Vacon AC 드라이브에는 드라이브 출력 (예 : 모터 단자 또는 모터 케이블)에서 발생하는 단락에 대한 내부 보호 기능이 포함되어 있습니다. 출력 단락시 회로 차단기, 퓨즈 또는 컨택터와 같은 전원 공급 장치의 기계적 보호 장치는 이들을 통해 흐르는 높은 전류를 보여주지 않습니다. 드라이브 출력의 고장 전류는 몇 마이크로 초 안에 반도체 트랜지스터 (IGBT)에 의해 꺼집니다.

입력 케이블을 보호하고 드라이브의 내부 고장시 드라이브 내부의 손상을 제한하려면 적절한 보호 구성 요소를 선택해야 합니다.

전체 전기 드라이브 시스템을 보호하기 위해 올바른 구성 요소를 선택하려면 드라이브 공급망의 대략적인 단락 정격을 알아야 합니다. 전원 공급 장치의 단락 전류는 충분한 시간 내에 퓨즈를 태울 수 있을 정도로 높아야 하지만 너무 높아서 안됩니다. 모든 보호 구성 요소에는 최대 단락 전류에 대한 제한이 있습니다. 퓨즈의 경우 이 값은 퓨즈 시리즈 또는 크기에 따라 10kA ~ 200kA 일 수 있으며 일부 소형 회로 차단기의 경우 몇 킬로 암페어만큼 낮을 수 있습니다.

보호 부품의 단락 정격이 충분히 높은지 확인하는 것이 중요합니다.  
과소 평가 된 보호 구성 요소를 선택하면 치명적인 손상이 발생할 수 있습니다.

### 7.1 Contactors

컨택터를 사용하여 로컬 또는 원격 제어 또는 비상 정지를 통해 주파수 변환기의 전원을 켜거나 끌 수 있습니다. 일반적으로 컨택터는 주파수 변환기의 AC 전원 공급 장치쪽에 사용되지만 모터 쪽에서도 사용하거나 변환기를 바이패스하여 모터를 주 전원에 직접 연결할 수도 있습니다. 컨택터는 단락시 접점이 녹는 것을 방지하기 위해 항상 회로에 보호 구성 요소가 있어야 합니다.



Figure 43. A contactor

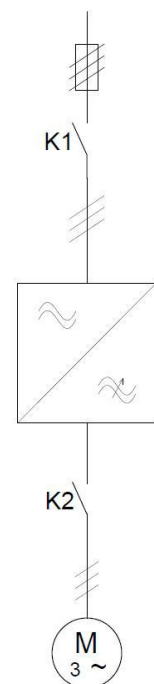
컨택터는 인버터의 DC 측에는 거의 사용되지 않지만 기술적으로 가능합니다. 그러나 차단 용량이 높은 DC 컨택터는 거의 없습니다. 이러한 경우 자세한 기술 정보는 접촉기 제조업체에 문의하는 것이 좋습니다. DC 회로에서 컨택터를 사용하는 경우 일반적으로 2 개 이상의 컨택이 직렬로 연결됩니다.

#### 7.1.1 용량 산정

컨택터의 정격은 전기 회로의 위치에 따라 결정되며 AC1 및 AC3 의 전류값은 컨택터 카탈로그에서 확인할 수 있습니다. 컨택터가 네트워크 측 (K1)에 있을 경우 입력 전류의  $\cos\phi$ 가 1 에 가깝고 주파수가 일반적으로 50-60Hz 이기 때문에 용량은 컨택터의 AC1 전류를 기준으로 합니다. 모터측  $\cos\phi$ 는 일반적으로 약 0.85 로 낮아지고 전류는 저주파와 고주파수를 가지므로 출력측 접촉기 (K2)는 추가 예비 전류와 함께 AC3 전류로 용량을 정해야 합니다.

바이패스 컨택터는 일반적으로 주파수 변환기 없이 사용되는 DOL (Direct On Line)과 동일한 방식으로 용량이 정해집니다. 용량은 AC3 전류를 기준으로 하며 컨택터에는 과부하 보호 계전기가 장착되어 있어야 합니다.

컨택터의 제어 전압은 시스템의 제어 전압, 일반적으로 24VDC, 115VAC 또는 230VAC 에 따라 선택할 수 있습니다. 안전상의 이유로 제어 전압과 주 전압을 올바르게 분리해야 합니다.



### 7.1.2 보조 접점

컨택터에는 일반적으로 전원을 켜고 끄는 3 개의 주요 접점이 있습니다. 또한 여러 보조 접점이 있을 수 있습니다. 이들은 정상적으로 열리거나 닫힐 수 있으며 주 접점과 동시에 작동하는 다른 컨트롤에 사용될 수 있습니다. 보조 접점의 일반적인 용도는 드라이브의 "RUN" 입력 또는 비상 정지 릴레이에 대한 접촉기 피드백입니다.

## 7.2 Breakers

주파수 변환기의 주 전원 회로 및 보조 회로에는 여러 가지 유형의 회로 차단기가 사용될 수 있습니다. 드라이브 시스템에서 가장 일반적인 유형은 ACB(Air Circuit Breaker) 및 MCCB(Molded Case Circuit Breaker)입니다. 또한, 진공 회로 차단기(VCB)와 소형 회로 차단기(MCB)가 있습니다.



Figure 44. A moulded case circuit breaker and a single pole MCB

### 7.2.1 ACB (Air Circuit Breakers)

공기 회로 차단기는 고전압 및 전류 (일반적으로 최대 6,000A)를 차단할 수 있습니다. 공기 차단기의 일반적인 응용 분야는 단락 차단 용량이 높기 때문에 스위치 기어의 주요 차단기입니다. 용량은 버스 바의 용량과 전체 배전반의 출력을 기반으로 합니다. ACB 를 주파수 변환기와 함께 사용하는 경우, 드라이브 시스템에는 단락시 각 주파수 변환기의 전원을 신속하게 차단하는 장치가 포함되어야 합니다. ACB 가 충분히 빠르지 않기 때문에 일반적으로 초고속 퓨즈가 이러한 목적으로 사용됩니다.

ACB 에는 차단 곡선을 선택하는 데 사용되는 여러 유형의 전자 릴레이가 장착 될 수 있습니다. 또한 ACB 개폐를 전기적으로 제어해야 할 때 스프링 장착 모터, 개폐, 저전압 코일이 사용됩니다. Positive 전기 펄스 (개방 코일)로 ACB 를 여는 것은 안전하지 않으므로 권장하지 않습니다. 대부분의 응용 프로그램에서는 규칙에 위배됩니다. 저전압 코일을 사용하여 여는 것이 좋습니다.

### 7.2.2 MCCB (Moulded Case Circuit Breakers)

몰드형 케이스 회로 차단기는 더 낮은 전압 및 전류 (일반적으로 최대 1000A)만 차단할 수 있으며 소규모 응용 제품에 사용됩니다. 또한 MCCB 를 스위치 기어의 주 스위치로 사용하려는 경우 단락 용량이 제한 요소가 될 수 있습니다. 일반적인 응용 분야로는 주파수 변환기의 과부하 및 단락 보호 또는 소형 스위치 기어의 주 스위치가 있습니다. MCCB 에 의해 하나의 주파수 변환기만 공급되는 경우 일부 MCCB 는 빠르게 작동하므로 초고속 퓨즈가 필요하지 않을 수 있습니다.

ACB와 마찬가지로 MCCB에도 스프링 로딩 모터, 개폐, 저전압 코일을 장착하여 개폐를 전기적으로 제어 할 수 있습니다. Positive 전기 펄스 (개방 코일)로 MCCB 를 여는 것은 안전하지 않으므로 권장하지 않습니다. 대부분의 응용 프로그램에서는 규칙에 위배됩니다. 저전압 코일을 사용하여 여는 것이 좋습니다.

### 7.2.3 MCB (Miniature Circuit Breakers)

소형 회로 차단기 (MCB)를 사용하여 저전력 전기 회로 (최대 100A 의 전류 정격)를 보호 할 수 있습니다. 일반적으로 차단기는 과부하 및 단락 보호에 사용될 수 있으며 주로 저전력 주 회로 및 보조 및 제어 회로에 사용할 수 있습니다. MCB 의 트립 레벨은 일반적으로 조정 가능하지 않지만 각 차단기에 고정되어 있습니다. 일반적인 단락 차단 용량은 최대 6kA 입니다. 가장 중요한 매개 변수에는 차단 전압 및 전류와 공칭 전압 및 전류가 포함됩니다.

MCB의 선택은 부하 유형과 MCB의 트립특성에 따라 다릅니다. 가장 일반적인 차단기 유형은 다음과 같습니다.

#### Type B

Type B 는 큰 스위칭 전류를 유발하지 않는 저항성 부하에 사용됩니다. 저전력 주파수 변환기의 보호에 적합합니다.

#### Type C

Type C는 또한 약간 유도성이거나 용량성이며 Type B 보다 스위칭 전류가 더 큰 부하를 커버합니다.

또한 저전력 주파수 변환기의 보호에도 적합하지만 트립 시간은 Type B 보다 느립니다. 보조 회로를 보호하는데 사용되는 가장 일반적인 MCB 입니다.

## 7.3 Fuses

퓨즈는 과부하 및 단락 조건에서 전기 장비를 보호하여 회로 차단기와 유사한 기능을 제공합니다. 퓨즈의 주요 이점은 일반적으로 전류를 상당히 빠르게 차단할 수있어 회로 차단기보다 과전류 및 그에 따른 손상을 더 잘 제한 할 수 있다는 것입니다.

반면에 회로 차단기가 트립 된 후에는 회로 차단기를 리셋 할 수 있지만 퓨즈는 손상되어 교체해야 합니다.



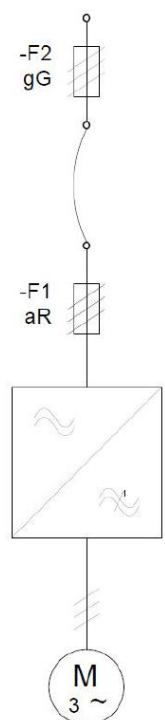
Figure 45. Bolt type fuses

정확한 용량의 주파수 변환기 시스템에서 드라이브 자체는 과부하로부터 보호하지만 추가적인 단락 보호가 필요합니다. 공급 케이블은 전원 공급 장치에서 단락 및 과부하로부터 보호해야 합니다.

일반적으로 초고속 퓨즈(aR)는 단락으로부터 주파수 변환기를 보호하기에 충분하며 드라이브 내부에서 단락이 발생할 경우 주파수 변환기 내부의 손상을 줄입니다. 초고속 퓨즈는 상당히 비싸고 gG 퓨즈는 더 저렴하기 때문에 소형 또는 저비용 주파수 변환기는 일반 속도 퓨즈 (gG)로만 보호됩니다. 일반 속도 퓨즈(gG)는 단락 및 과부하를 방지하므로 공급단의 공급 케이블도 보호하는 데 적합합니다.

### 7.3.1 Fuse 선택

주파수 변환기에 올바른 퓨즈 유형을 선택하려면 Vacon 제품 설명서를 참조하십시오. 특히 고주파수 변환기의 경우 스위치 기어 구성에 필요한 퓨즈 종류에 따라 적합한 여러 가지 퓨즈 중에서 선택할 수 있습니다. 일반적으로 한 세트의 고전류 퓨즈, 일반적으로 볼트 연결 또는 병렬 소형 나이프 타입 퓨즈 사용 중에서 선택할 수 있습니다. 올바른 퓨즈를 선택하기위한 주요 매개 변수는 드라이브의 전류량, 전압 및 필요한 기계적 구조입니다. 또한 주파수 변환기 (AC)와 인버터 (DC)에는 다른 퓨즈 유형이 필요합니다.



## 8. 공급 전원 및 전원 케이블

### 8.1 공급 전원 유형

국제 표준 IEC 60364 는 2 자리 코드 TN, TT 및 IT 를 사용하여 3 가지 접지 장치 제품군을 구분합니다.

첫 문자는 접지와 전원 공급 장치 (발전기 또는 변압기) 간의 연결을 나타냅니다.

- T = 접지에 point 를 직접 연결
- I = 접지에 point 가 연결되지 않음(절연). 높은 임피던스 의한 경우는 제외

두 번째 문자는 접지와 공급되는 전기장치 사이의 연결을 나타냅니다.

- T = 접지에 point 를 직접 연결
- N = 접지와 연결된 설치 원점에서 중성선으로 직접 연결

TN-S 및 TT 네트워크는 IT, 특히 TN-C 네트워크보다 EMC 친화적입니다. TN-C 네트워크에서 중성선과 PE 도체는 동일하므로 불평형 및 순환 전류가 일반적입니다. 동일한 설치 구조에서 불평형 전류는 TN-S 네트워크보다 최소 2 배 큰 자기장을 생성합니다. 고주파 간섭에 직면했을 때 네트워크 간 내성에는 차이가 없습니다.

#### 8.1.1 IT Networks

IT 네트워크는 선박 및 병원과 같은 산업 및 특수 환경에서 발생하는 특정 유형의 네트워크입니다. 이 네트워크의 주요 특징은 접지로의 단락이 작동을 방해하지 않는다는 것입니다. 시스템은 정상적인 작동을 계속할 수 있으며 이는 일부 응용 프로그램에서 필수적입니다.

IT 네트워크에서는 변압기 중성선이 접지되지 않기 때문에 TN-C 또는 TN-S 와 같은 다른 네트워크와 달리 능동 도체와 접지된 구성 요소간에 직접 연결이 없습니다. 네트워크에서 사용되는 전기 장비의 경우는 접지에 연결되어 있습니다.

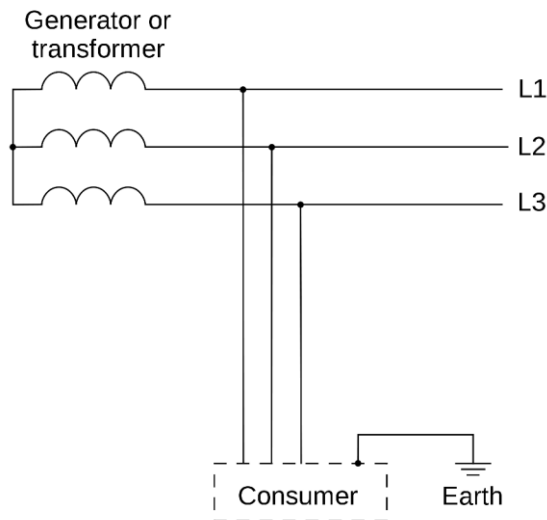


Figure 46. IT network

실제로 변압기 중성선은 시스템의 부유 커패시턴스(stray capacitance)를 통해 접지에 대한 고임피던스 연결을 가지고 있습니다. 부유 커패시턴스는 시스템의 접지 전류에 큰 영향을 미치며 따라서 전체 시스템의 적절한 기능에 영향을 미칩니다..

네트워크에 사용되는 부하는 부유 커패시턴스에 크게 기여할 수 있습니다. 따라서 다른 네트워크에서 사용하도록 설계된 부하 사용에는 제한이 있습니다. 용량성 커플링의 증가로 인해 IT 네트워크가 실제로 다른 유형의 시스템으로 변경될 수 있습니다. 정상 작동 또는 오류 상황에서 원하지 않는 동작이 이어질 수 있습니다.

AC 드라이브는 IT 네트워크와 함께 사용하도록 설계되어야 합니다. 드라이브가 IT 네트워크에서 작동하는 경우 네트워크의 접지 오류 모니터링 시스템에 문제가 발생할 수 있으므로 접지 전류를 발생시키지 않는 것이 중요합니다. 이를 위해서는 주파수 변환기에서 접지에 대한 정전 용량을 최소화해야 합니다. RFI 필터는 중요한 단일 문제 발생원이며 사용하지 못할 수 있습니다. 또한 용량성 커플링을 최소화하기 위해 사용된 케이블은 대칭이어야 합니다. 접지에 대한 저항은 수백 메가 옴 정도 이어야 합니다.

반대로, 사용자는 IT 네트워크의 결함 모니터링 시스템이 AC 드라이브에 적합한지 확인할 필요가 있습니다.

IT 네트워크에서 주파수 변환기의 입력 위상이 접지되면 문제가 발생할 수 있습니다. 이로 인해 전체 네트워크에서 변조 주파수 성분이 보일 수 있습니다. 이것은 다이오드 펌프 현상이 발생할 수 있는 저전력 드라이브에 문제가 될 수 있습니다. 이 현상은 주파수 변환기가 정지 모드인 경우에도 DC 버스 전압을 증가시킵니다. 정지 모드에서도 작동하는 브레이크 초퍼를 추가하면 이 문제를 해결할 수 있습니다.

### 8.1.2 TT Networks

TT 접지 시스템에서 소비자의 보호 접지 연결은 발전기의 접지 연결과 무관하게 접지에 대한 로컬 연결에 의해 제공됩니다.

TT 접지 시스템의 가장 큰 장점은 연결된 다양한 전기 장비에서 중성선을 통해 발생하는 고주파 및 저주파 노이즈가 없다는 사실입니다. TT가 간섭받는 접지의 혜택을 받는 통신 사이트와 같은 특수 애플리케이션에 항상 선호되는 이유입니다. 또한 TT는 중성점이 손상될 위험이 없습니다.

전력이 오버헤드로 분배되고, TT가 사용되는 상황에서, 나무 또는 나뭇가지로 인해 오버헤드 분배 도체가 파손되더라도 설치 접지 도체는(installation earth conductors) 위험하지 않습니다.

잔류 전 전류장치 시대에는(TN 시스템과 비교했을 때) live-to-PE 단락시 높은 전류를 수용할 수 있는 능력이 열악하여 TT 접지 시스템이 일반적으로 사용하기에 매력적이지 못했습니다. 그러나 잔류 전류장치가 이러한 단점을 완화함에 따라 TT 접지 시스템은 모든 AC 전원 회로가 잔류 전류장치에 의해 보호되는 시설에 적합해졌습니다.

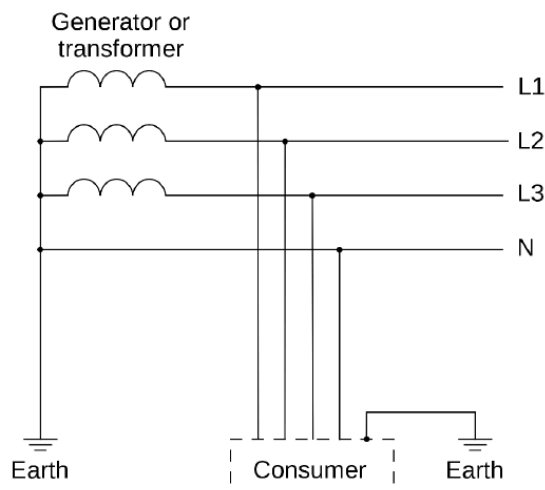


Figure 47. TT network

### 8.1.3 TN-S Networks

TN-S 시스템은 시스템 전체에서 중성선과 보호 도체를 분리하는 데 사용됩니다. 일반적으로 중성 TN-S 시스템에 사용되는 건물의 전기 설비. 그러나 산업용 모터 드라이브 및 기타 대칭 부하에서 중성선은 일반적으로 불필요하며 사용되지 않습니다.

PE와 N은 전원 근처에서만 함께 연결된 별도의 도체입니다. 3상 시스템에는 일반적으로 5개 (3L+N+PE) 또는 4개 (3L+PE) 도체가 있습니다. 단상 시스템에는 일반적으로 3개의 도체 (L+N+PE)가 있습니다.

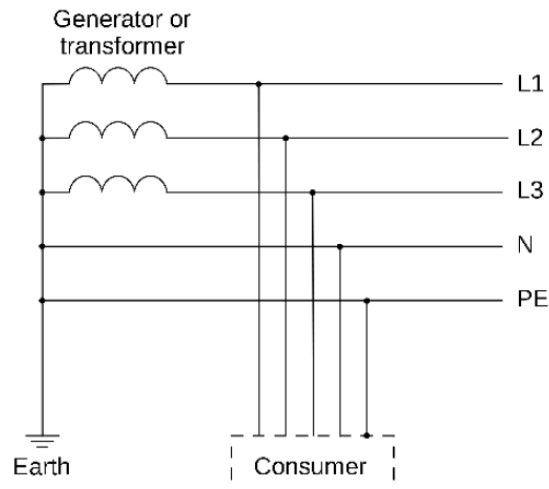


Figure 48. TN-S network

#### 8.1.4 TN-C Networks

결합된 PEN 도체는 PE 및 N 도체의 기능을 모두 수행합니다. 이것은 거의 사용되지 않습니다.

이 시스템은 10 mm<sup>2</sup> 미만의 도체 또는 휴대용 장비에는 사용할 수 없습니다. PEN 도체는 중성 도체이며 동시에 위상 불균형 전류와 3 차 고조파 전류 및 그 배수를 전달하기 때문에 TNC 시스템은 가능한 한 규칙적으로 간격을 두고 분산된 접지 전극이 있는 설비 내에 효과적인 등전위 환경이 필요합니다.

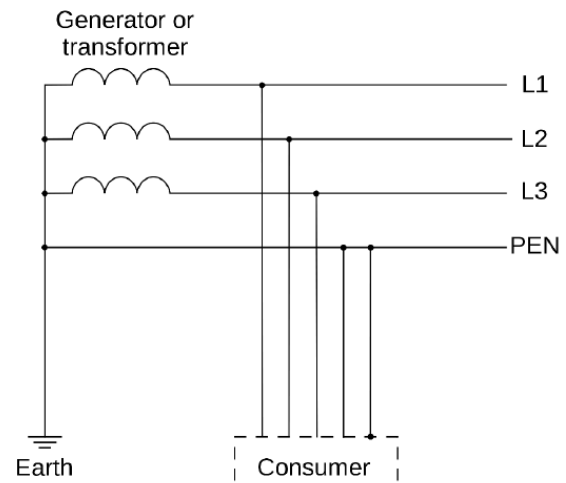


Figure 49. TN-C network

#### 8.1.5 TN-C-S Networks

시스템의 일부는 결합된 PEN 컨덕터를 사용하는데, 이는 어느 시점에서 별도의 PE 및 N 라인으로 분할됩니다. 결합된 PEN 도체는 일반적으로 변전소와 건물의 진입점 사이에서 발생하며 서비스 헤드에서 분리됩니다. 영국에서는 이 시스템을 PME (보호 다중 접지)라고도 하는데, 이는 결합된 중성점을 연결하는 관행 때문입니다. 중성선 파손 위험을 줄이기 위해 접지 컨덕터를 여러 위치에서 실제 접지합니다. 호주에서도 유사한 시스템이 다중 접지 중립 (MEN)으로 지정됩니다.

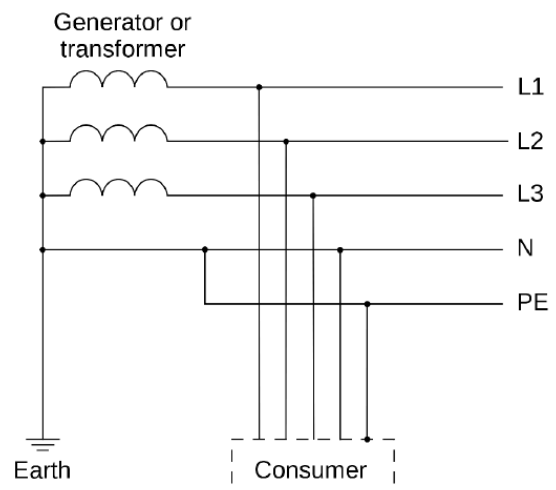


Figure 50. TN-C-S network

### 8.1.6 Corner-grounded Networks

Corner-grounded 네트워크는 주로 미국내 오래된 설비에서 볼 수 있습니다.

Corner-grounded 네트워크는 변압기의 델타 연결 2차 모서리 중 한쪽 모서리가 접지되는 시스템입니다.

이 네트워크의 사용량은 줄어들었으며 최신 설치에서는 거의 사용되지 않습니다.

전력 전송 시스템에서 델타-델타 변압기 대신 델타-와이 변압기가 인기를 끄는 것도 하락 요인 중 하나입니다.

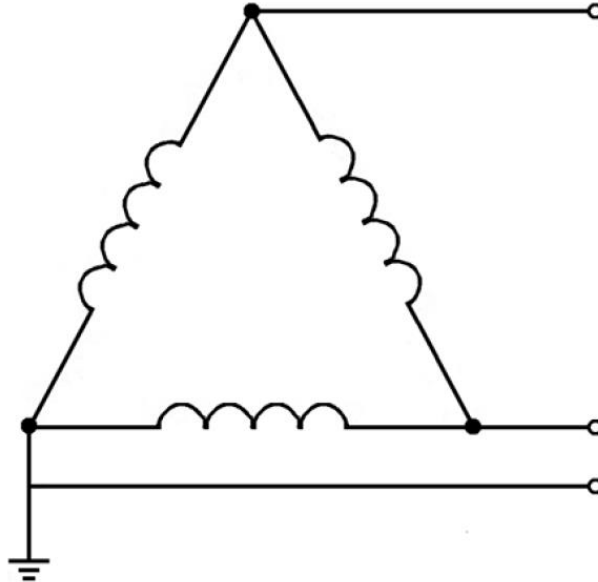


Figure 51. Corner-grounded network

하나의 위상의(일반적으로 위상 B로 표시) 접지는 접지와 관련된 다른 위상(A와 C)의 전압을 안정화 시킵니다. 시스템의 phase-to-phase 전압은 접지되지 않은 phase-to-ground 전압과 동일합니다.

Corner-grounded 시스템에서 동작하는 경우, corner-grounded 네트워크의 전압 레벨이 다르므로 항상 드라이브가 특정 네트워크에서 사용하기에 적합한 지 확인해야 합니다.

## 8.2 전원 케이블 작업

파워 드라이브 시스템에서 케이블은 드라이브 입력에 전원 공급 장치를 연결하고, 주파수 변환기 출력에 모터를 연결하는 데 사용됩니다.

케이블 선택의 기본 매개 변수는 전압 정격과 케이블에 허용되는 전류입니다. 필요한 전압 강도는 공급 전압이기 때문에 입력 케이블의 경우 정확한 전압 정격을 선택하는 것이 특별히 복잡하지 않습니다.

드라이브 시스템의 부하 전류는 필요한 전류 용량을 정의합니다. 단면 치수 선정에 영향을 주는 매개 변수는 다음과 같습니다.

- Conductor material (도체 재료)
- Insulation material (절연 재료)
- Installation method (설치 방법)
- Ambient temperature (주변 온도)
- Current harmonics (전류 고조파)
- Voltage drop (전압 강하)
- Short-circuit protection (단락 보호)
- Economic considerations (경제적 고려사항)

추가적으로 EMC, 접지, 필요한 케이블 유형 및 안전과 같은 문제는 케이블 유형에 대한 최종 결정에 영향을 줍니다.

### 8.3 도체 재료

케이블에 사용되는 재료는 구리와 알루미늄입니다. 선택은 치수 및 무게 요구사항을 포함한 비용 및 기술 요구사항에 따라 다릅니다.

기술적으로 구리는 무게를 제외하면 (알루미늄이 더 가벼움) 매우 적합한 재료입니다. 알루미늄의 저항은 구리의 저항의 거의 1.6 배입니다. 그러나 알루미늄은 상당히 저렴한 금속이므로 종종 가장 비용 효율적인 솔루션입니다.

알루미늄과 구리에 관한 몇 가지 일반적인 사항 :

- 고정된 단면의 경우, 구리가 전도성이 더 우수하지만 알루미늄은 더 가볍습니다.
- 고정된 가격의 경우, 알루미늄은 더 큰 단면과 더 나은 전도성을 제공합니다.
- 동일한 온도로 가열되는 원형 도체의 경우, 구리의 단면적이 작아 공간을 덜 차지하지만 알루미늄은 가볍고 저렴합니다.

일반적으로 구리는 케이블이 작고 전압이 클 때 알루미늄에 비해 유리합니다.

알루미늄 케이블을 장착 할 때는 저온 흐름이라는 현상을 고려해야 합니다. 저온 흐름은 도체에서 단자에 의해 가해지는 압력으로 인해 발생하는 알루미늄 도체의 특성입니다. 이것은 특히 동근 도체에서 문제가 됩니다. 케이블 장착에 사용되는 조임 토크는 구리 도체에 사용되는 조임 토크보다 낮아야 합니다. 며칠 후에 터미널 나사를 다시 조여야 합니다.

### 8.4 전압 강하 (Voltage drop)

정격 전류에서의 케이블 저항으로 인한 전압 강하 허용 한계를 계산하고 점검하십시오.

케이블 저항  $R$  을 알고 있는 경우, 부하 전류  $I$  에서의 3 상 시스템 선간 전압 강하는

$$U_h = \sqrt{3}R$$

전체 드라이브 시스템을 고려할 때 급지 변압기로 인한 전압 강하도 고려해야 합니다.

일반적으로 드라이브의 최대 입력 전압은 공칭 전압의 110 %이며 최소값은 공칭 전압의 85-90 %입니다.

### 8.5 절연 재료

절연 재료는 정상 작동 및 단락시 케이블의 최대 온도를 결정합니다. 드라이브와 함께 사용되는 케이블은 일반적으로 최소 70 °C 온도를 견뎌야 합니다.

가장 일반적인 단열재인 PVC 는 정상 작동시 온도를 70 °C로 제한 합니다. XLPE (PEX) 재료의 온도 한계는 90 °C입니다.

일반적인 단락 온도 한계는 PVC 의 경우 160 °C, XLPE (PEX)의 경우 250 °C입니다. 일반적으로 이 온도는 단락에서 최대 5 초 동안 허용됩니다.

케이블의 온도 한계는 사례별로 확인해야 합니다.

필요한 절연을 달성하기 위해 얇은 절연층만 필요하기 때문에 일반적으로 저전압 케이블에서는 절연 강도가 중요하지 않습니다.

### 8.6 일반적인 케이블 유형

3 상 전원의 권장 케이블 유형은 아래와 같이 차폐 및 대칭형 3 선 케이블입니다. 실드는 접지에 사용되며 위상 와이어 주변에 있으므로 EMC 에 유리합니다.



Figure 52. Shielded and symmetrical 3 wire cable

## 8.7 케이블의 열 용량 산정

케이블은 가열할 수 있는 온도 제한이 있습니다. 케이블 절연 재료는 온도 한계를 결정합니다. 열 용량 산정은 최대 온도에 따라 지정된 전류 정격에 대한 최소 단면을 산출하거나, 반대로 특정 단면에 대한 최대 전류 정격을 지정합니다.

### 8.7.1 열 용량 산정 규칙

환경은 케이블 냉각에, 그리고 최대 온도를 발생시키는 전류 수준에 상당한 영향을 미칩니다. 주변 온도가 올라가고 케이블이 서로 가까이 설치되면 냉각이 줄어 듭니다.

제조업체는 케이블의 정격 전류를 정의 할 수 있습니다. 이에 따라 케이블을 쉽게 선택할 수 있습니다.

그러나 이러한 전류 정격은 정상적인 주변 조건에 대한 것입니다. 용량은 특정 주변 온도와 케이블 주위에 공간이 있는 상태에서 명시됩니다. 보정 계수는 다음과 같은 경우에 사용할 필요가 있다.

- 주변 온도가 기준 온도와 다르다.
- 케이블이 서로 가까이 설치되어 있다.
- 설치 방법에 따른 냉각 감소

보정 계수  $k$ 와 원래 부하 전류  $I_0$ 을 사용하여 전류 용량  $I$ 을 계산합니다.

$$I = I_0 k$$

### 8.7.2 주위 온도

다음 표는 표준 EN 60204-1 및 IEC 60364-5-523 에 제시된 다양한 주변 온도에 대한 보정 계수를 요약 한 것입니다.

표준 EN 60204-1 의 기본 온도는 40 °C이고 표준 IEC 60364-5-523 의 경우 25 °C입니다.

Table 8. Correction factors for ambient temperatures

| Insulation material | PVC               |                 | XLPE (PEX) |
|---------------------|-------------------|-----------------|------------|
| Standard            | EN 60204-1        | IEC 60364-5-523 |            |
| Ambient temperature | Correction factor |                 |            |
| 10                  |                   | 1,15            | 1,11       |
| 15                  |                   | 1,10            | 1,07       |
| 20                  |                   | 1,05            | 1,04       |
| 25                  |                   | 1,00            | 1,00       |
| 30                  | 1,15              | 0,94            | 0,96       |
| 35                  | 1,08              | 0,88            | 0,92       |
| 40                  | 1,00              | 0,82            | 0,88       |
| 45                  | 0,91              | 0,75            | 0,84       |
| 50                  | 0,82              | 0,67            | 0,79       |
| 55                  | 0,71              | 0,58            | 0,73       |
| 60                  | 0,58              | 0,47            | 0,68       |
| 65                  |                   |                 | 0,62       |
| 70                  |                   |                 | 0,56       |
| 75                  |                   |                 | 0,48       |
| 80                  |                   |                 | 0,39       |

### 8.7.3 설치 방법

EN 60204-1 및 IEC 60364-5-52 표준에는 다양한 설치 방법에 대한 수정 요소가 포함된 표가 있습니다. 실제 설치와 비교하여 가장 적합한 표준화된 방법을 선택하십시오.

다음 표는 케이블이 트레이에 설치 될 때 구리 및 알루미늄 케이블의 정격 전류를 나타냅니다. EN 60204-1 및 IEC 60364-5-523 표준의 등급이 모두 표시됩니다.

절연 재료는 PVC (온도 한계 70°C)입니다.

Table 9. Current capacities for cables installed on a tray

| Material                          | Copper      |                 | Aluminium |
|-----------------------------------|-------------|-----------------|-----------|
| Standard                          | EN 60204-1  | IEC 60364-5-523 |           |
| Installation method               | E           | 52-C3/E         | 52-C4/E   |
| Ambient temperature               | +40 °C      | +25°C           |           |
| Conductor size (mm <sup>2</sup> ) | Current (A) |                 |           |
| 1.5                               | 16          | 19              |           |
| 2.5                               | 22          | 26              |           |
| 4                                 | 30          | 36              |           |
| 6                                 | 37          | 45              |           |
| 10                                | 52          | 63              |           |
| 16                                | 70          | 85              | 65        |
| 25                                | 88          | 107             | 83        |
| 35                                | 114         | 134             | 102       |
| 50                                | 123         | 162             | 124       |
| 70                                | 155         | 208             | 159       |
| 95                                | 192         | 252             | 194       |
| 120                               | 221         | 292             | 225       |
| 150                               |             | 338             | 260       |
| 185                               |             | 386             | 297       |
| 240                               |             | 456             | 350       |
| 300                               |             | 527             | 404       |

### 8.7.4 서로 나란히 설치된 케이블

다음 표는 다른 케이블 옆에 케이블을 설치했을 때의 영향을 고려하여 냉각을 줄입니다. 사용된 설치 방법은 이전의 경우와 동일합니다. 케이블은 한 레이어의 트레이와 간격이 없는 다른 레이어 옆에 설치됩니다.

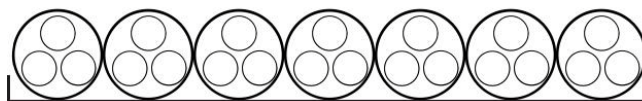


Figure 53. Cables installed on a tray side by side

사용되는 표준은 IEC 60365-5-523 이고 단열재는 PVC (온도 한계 70°C)입니다. 주변 온도는 30°C 입니다.

첫 번째 표는 구리 케이블에 대한 것이고 후자는 알루미늄 케이블에 대한 것입니다.

Table 10. Current capacities for copper cables installed on a tray and side by side

| Number of cables                              | 1                            | 2    | 3    | 4   | 6    | 9    |
|-----------------------------------------------|------------------------------|------|------|-----|------|------|
| Correction factor $k$ due to number of cables | 1.00                         | 0.87 | 0.82 | 0.8 | 0.79 | 0.78 |
| Conductor size (mm <sup>2</sup> )             | Loadability of one cable (A) |      |      |     |      |      |
| 1.5                                           | 18                           | 16   | 15   | 14  | 14   | 14   |
| 2.5                                           | 24                           | 21   | 20   | 20  | 19   | 19   |
| 4                                             | 34                           | 29   | 28   | 27  | 27   | 26   |
| 6                                             | 42                           | 37   | 35   | 34  | 33   | 33   |
| 10                                            | 59                           | 52   | 49   | 47  | 47   | 46   |
| 16                                            | 80                           | 70   | 66   | 64  | 63   | 62   |
| 25                                            | 101                          | 88   | 82   | 80  | 79   | 78   |
| 35                                            | 126                          | 110  | 103  | 101 | 100  | 98   |
| 50                                            | 152                          | 132  | 125  | 122 | 120  | 119  |
| 70                                            | 196                          | 170  | 160  | 156 | 154  | 153  |
| 95                                            | 237                          | 206  | 194  | 190 | 187  | 185  |
| 120                                           | 274                          | 239  | 225  | 220 | 217  | 214  |
| 150                                           | 318                          | 276  | 261  | 254 | 251  | 248  |
| 185                                           | 363                          | 316  | 298  | 290 | 287  | 283  |
| 240                                           | 429                          | 373  | 351  | 343 | 339  | 334  |
| 300                                           | 495                          | 431  | 406  | 396 | 391  | 386  |

Table 11. Current capacities for aluminium cables installed on a tray and side by side

| Number of cables                              | 1                            | 2    | 3    | 4   | 6    | 9    |
|-----------------------------------------------|------------------------------|------|------|-----|------|------|
| Correction factor $k$ due to number of cables | 1.00                         | 0.87 | 0.82 | 0.8 | 0.79 | 0.78 |
| Conductor size (mm <sup>2</sup> )             | Loadability of one cable (A) |      |      |     |      |      |
| 16                                            | 61                           | 53   | 50   | 49  | 48   | 48   |
| 25                                            | 78                           | 68   | 64   | 62  | 62   | 61   |
| 35                                            | 96                           | 83   | 79   | 77  | 76   | 75   |
| 50                                            | 117                          | 101  | 96   | 93  | 92   | 91   |
| 70                                            | 149                          | 130  | 123  | 120 | 118  | 117  |
| 95                                            | 182                          | 159  | 150  | 146 | 144  | 142  |
| 120                                           | 212                          | 184  | 173  | 169 | 167  | 165  |
| 150                                           | 244                          | 213  | 200  | 196 | 193  | 191  |
| 185                                           | 279                          | 243  | 229  | 223 | 221  | 218  |
| 240                                           | 329                          | 286  | 270  | 263 | 260  | 257  |
| 300                                           | 380                          | 330  | 311  | 304 | 300  | 296  |

### 8.7.5 병렬 케이블

다음 표는 병렬 연결된 케이블의 영향을 고려합니다. 설치 방법, 참조 표준 및 주변 온도는 이전 사례와 동일합니다. 서로 옆에 레이어에 설치된 케이블 수는 9 개입니다.

첫 번째 표는 구리 케이블에 대한 것이고 후자는 알루미늄 케이블에 대한 것입니다.

Table 12. Current capacities for parallel connected copper cables installed on a tray and next to other ones (nine in total)

| Number of cables in parallel      | 2                                  | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    |
|-----------------------------------|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Conductor size (mm <sup>2</sup> ) | Combined loadability of cables [A] |      |      |      |      |      |      |      |
| 120                               | 428                                | 642  |      |      |      |      |      |      |
| 150                               | 496                                | 743  |      |      |      |      |      |      |
| 185                               | 566                                | 849  | 1132 | 1415 | 1698 | 1981 | 2264 | 2547 |
| 240                               | 669                                | 1003 | 1337 | 1672 | 2006 | 2340 | 2675 | 3009 |
| 300                               | 773                                | 1159 | 1546 | 1932 | 2318 | 2705 | 3091 | 3478 |

Table 13. Current capacities for parallel connected aluminium cables installed on a tray and next to other ones (nine in total)

| Number of cables in parallel      | 2                                  | 3   | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    |
|-----------------------------------|------------------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|
| Conductor size (mm <sup>2</sup> ) | Combined loadability of cables [A] |     |      |      |      |      |      |      |
| 120                               | 330                                | 495 |      |      |      |      |      |      |
| 150                               | 381                                | 572 |      |      |      |      |      |      |
| 185                               | 436                                | 653 | 871  | 1089 | 1307 | 1524 | 1742 | 1960 |
| 240                               | 513                                | 770 | 1026 | 1283 | 1540 | 1796 | 2053 | 2310 |
| 300                               | 592                                | 889 | 1185 | 1481 | 1777 | 2073 | 2370 | 2666 |

### 8.7.6 PE 케이블 요구 사항

IEC 60204-1 표준은 PE 케이블 치수에 관한 다음 요구 사항을 설정합니다.

전기 장비의 전원 공급 장치에서 접지 누설 전류가 10mA AC 또는 DC 보다 큰 경우 관련 보호 본딩 회로에 대한 다음 조건 중 하나 이상이 충족되어야 합니다.

- 보호 도체는 total run 을 통해 최소 10mm<sup>2</sup> 구리 또는 16mm<sup>2</sup> 알루미늄의 단면적을 가져야 합니다.
- 보호 도체의 단면적이 10mm<sup>2</sup> 구리 또는 16mm<sup>2</sup> 알루미늄 미만인 경우, 적어도 동일한 단면적의 두 번째 보호 도체가 보호 도체의 단면적이 10mm<sup>2</sup> 구리 또는 16mm<sup>2</sup> 알루미늄 이상인 지점까지 제공 되어야 합니다.
- 보호 도체의 연속성이 손실되는 경우 전원이 자동으로 분리됩니다.

## 8.8 고조파 효과

드라이브 입력 전류에는 일반적으로 상당한 고조파가 포함됩니다. 기존 드라이브의 경우 전류 THD 는 약 40% 입니다. 전류의 고조파 구성 요소는 드라이브의 실제 전력에 영향을 미치지 않지만 저항 손실 증가로 인해 케이블에 추가 가열이 발생합니다. 따라서 케이블의 용량은 기본 전류 구성 요소가 아닌 실제 RMS 전류에 따라 이루어져야 합니다. 그렇지 않으면 케이블이 과열됩니다.

## 9. NXP - 기반의 드라이브 장치

### 9.1 NXP control platform

Vacon NXP 는 Vacon 의 고성능 제품을 위한 공통 제어 플랫폼입니다.

NXP 의 핵심은 빠른 마이크로 컨트롤러입니다. NXP 는 Open loop 애플리케이션과 인코더 피드백이 필요한 애플리케이션 모두에서 사용할 수 있습니다. NXP 플랫폼은 광 버스인 시스템 버스와 일반 RS485 버스인 Can Bus 를 사용하여 드라이브 간 빠른 통신을 지원합니다. NCDrive 도구와 CAN 통신을 기반으로 하는 별도의 모니터링 버스를 사용하여 여러 드라이브를 동시에 모니터링 할 수 있어 동적 이벤트를 빠르게 모니터링 할 수 있습니다. 통합 데이터 로거를 사용하면 NCDrive 도구를 사용하여 추가 분석을 위해 지정된 동적 이벤트를 저장할 수 있습니다. NCDrive 도구를 사용하여 이벤트 데이터를 지정할 수 있습니다.

NXP 를 사용하면 영구 자석 (PM) 모터를 제어 할 수 있습니다. NXP 제어 플랫폼을 통해 Vacon 의 Drive Synch 제어 개념을 사용할 수 있습니다. 이 제어 개념은 고풍력 드라이브를 병렬화하여 AC 모터를 제어하는 방법입니다. Chapter "9.2 Drive Synch"을 참조하십시오.

제어 키패드는 사용자와 주파수 변환기 사이의 링크 역할을 합니다. 제어 키패드를 사용하여 응용 프로그램 매개 변수 설정, 상태 데이터 읽기 및 제어 명령을 제공 할 수 있습니다. 제어 키패드는 분리 가능하며 통신 케이블을 통해 주파수 변환기에 연결된 경우 외부에서 작동 할 수 있습니다. 제어 케이블 대신 유사한 케이블 (VACON RS232PC - 1.5M)을 사용하여 연결된 경우 PC 를 사용하여 드라이브와 통신 할 수 있습니다.

모든 Vacon 의 NXP 드라이브에는 기본적으로 올-인원 소프트웨어 응용 프로그램 패키지가 포함되어 있습니다. 필요한 경우 프로세스 별 소프트웨어 응용 프로그램을 출하시 또는 나중에 업데이트로 설치할 수 있습니다. 사용할 입력 및 출력 수를 늘리는 옵션 I/O 확장 보드도 제공됩니다.

Table 14. Option boards

| Type                        | Card slot |   |   |   |   | I / O signal |    |                    |                        |              |                        |                   |            |                     |       |                      |       |                        |                                                                                                            |                                                                                                          |                                                                                                      |          |                           |                      |                           |   |  | Note                              |
|-----------------------------|-----------|---|---|---|---|--------------|----|--------------------|------------------------|--------------|------------------------|-------------------|------------|---------------------|-------|----------------------|-------|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|---------------------------|----------------------|---------------------------|---|--|-----------------------------------|
|                             | A         | B | C | D | E | DI           | DO | AI<br>(mV/<br>Vss) | AI<br>(mA)<br>Isolated | AO<br>(mA/V) | AO<br>(mA)<br>Isolated | RO<br>(NOI)<br>NC | RO<br>(NO) | +10V <sub>ref</sub> | Therm | +24V/<br>EXT<br>+24V | pt100 | 42-240<br>VAC<br>Input | DI/DO<br><br>(10...24V) | DI/DO<br><br>(RS422) | DI<br><br>1Vp-p | Resolver | Out +5V/<br>+15V/<br>+24V | Out<br>+15V/<br>+24V | Out +5V/<br>+12V/<br>+15V |   |  |                                   |
| Basic I/O cards (OPT-A)     |           |   |   |   |   |              |    |                    |                        |              |                        |                   |            |                     |       |                      |       |                        |                                                                                                            |                                                                                                          |                                                                                                      |          |                           |                      |                           |   |  |                                   |
| OPT-A1                      |           |   |   |   |   | 6            | 1  |                    | 2                      |              | 1                      |                   |            |                     | 2     |                      | 1     |                        | 2                                                                                                          |                                                                                                          |                                                                                                      |          |                           |                      |                           |   |  |                                   |
| OPT-A2                      |           |   |   |   |   |              |    |                    |                        |              |                        | 2                 |            |                     |       |                      |       |                        |                                                                                                            |                                                                                                          |                                                                                                      |          |                           |                      |                           |   |  |                                   |
| OPT-A3                      |           |   |   |   |   |              |    |                    |                        |              |                        | 1                 | 1          |                     |       | 1                    |       |                        |                                                                                                            |                                                                                                          |                                                                                                      |          |                           |                      |                           |   |  |                                   |
| OPT-A4                      |           |   |   |   |   | 2            |    |                    |                        |              |                        |                   |            |                     |       |                      |       |                        |                                                                                                            |                                                                                                          |                                                                                                      |          |                           |                      |                           |   |  |                                   |
| OPT-A5                      |           |   |   |   |   | 2            |    |                    |                        |              |                        |                   |            |                     |       |                      |       |                        |                                                                                                            |                                                                                                          |                                                                                                      |          |                           |                      |                           |   |  |                                   |
| OPT-A7                      |           |   |   |   |   |              |    |                    |                        |              |                        |                   |            |                     |       |                      |       |                        |                                                                                                            |                                                                                                          |                                                                                                      |          |                           |                      |                           |   |  |                                   |
| OPT-A8                      |           |   |   |   |   | 6            | 1  |                    | 2                      |              | 1                      |                   |            |                     | 1     |                      | 2     |                        |                                                                                                            |                                                                                                          |                                                                                                      |          |                           |                      |                           |   |  | 2 enc. input + 1 enc. output      |
| OPT-A9                      |           |   |   |   |   | 6            | 1  |                    | 2                      |              | 1                      |                   |            |                     | 1     |                      | 2     |                        |                                                                                                            |                                                                                                          |                                                                                                      |          |                           |                      |                           |   |  | 1)                                |
| OPT-AE                      |           |   |   |   |   |              | 2  |                    |                        |              |                        |                   |            |                     |       |                      |       |                        |                                                                                                            |                                                                                                          |                                                                                                      |          |                           |                      |                           |   |  | 2.5 mm <sup>2</sup> terminals     |
| OPT-AF                      |           |   |   |   |   | 2            |    |                    |                        |              |                        |                   |            |                     |       |                      |       |                        |                                                                                                            |                                                                                                          |                                                                                                      |          |                           |                      |                           |   |  | DO = Divider+Direction            |
| OPT-AK                      |           |   |   |   |   |              |    |                    |                        |              |                        |                   |            |                     |       |                      |       |                        |                                                                                                            |                                                                                                          |                                                                                                      |          |                           |                      |                           |   |  | EN954-1, cat 3 / ATEX therm.      |
| OPT-AN                      |           |   |   |   |   | 6            |    |                    | 2                      |              | 2                      |                   |            |                     |       |                      |       |                        |                                                                                                            |                                                                                                          |                                                                                                      |          | 3                         |                      |                           | 1 |  | Sin/Cos/ Marker                   |
| OPT-AN                      |           |   |   |   |   |              |    |                    |                        |              |                        |                   |            |                     |       |                      |       |                        |                                                                                                            |                                                                                                          |                                                                                                      |          |                           |                      |                           |   |  | Limited support                   |
| I/O expander cards (OPT-B)  |           |   |   |   |   |              |    |                    |                        |              |                        |                   |            |                     |       |                      |       |                        |                                                                                                            |                                                                                                          |                                                                                                      |          |                           |                      |                           |   |  |                                   |
| OPT-B1                      |           |   |   |   |   |              | 6  |                    |                        |              |                        |                   |            |                     |       |                      | 1     |                        |                                                                                                            |                                                                                                          |                                                                                                      |          |                           |                      |                           |   |  | Selectable DI/DO                  |
| OPT-B2                      |           |   |   |   |   |              |    |                    |                        |              |                        |                   |            |                     |       |                      |       |                        |                                                                                                            |                                                                                                          |                                                                                                      |          |                           |                      |                           |   |  |                                   |
| OPT-B4                      |           |   |   |   |   |              |    |                    |                        |              | 1                      |                   |            |                     |       |                      |       |                        |                                                                                                            |                                                                                                          |                                                                                                      |          |                           |                      |                           |   |  | 2)                                |
| OPT-B5                      |           |   |   |   |   |              |    |                    |                        |              |                        |                   |            |                     |       |                      |       |                        |                                                                                                            |                                                                                                          |                                                                                                      |          |                           |                      |                           |   |  |                                   |
| OPT-B8                      |           |   |   |   |   |              |    |                    |                        |              |                        |                   |            |                     |       |                      |       |                        |                                                                                                            |                                                                                                          |                                                                                                      |          |                           |                      |                           |   |  |                                   |
| OPT-B9                      |           |   |   |   |   |              | 2  |                    |                        |              |                        |                   |            |                     |       |                      |       |                        |                                                                                                            |                                                                                                          |                                                                                                      |          |                           |                      |                           |   |  |                                   |
| OPT-BB                      |           |   |   |   |   |              | 2  |                    |                        |              |                        |                   |            |                     |       |                      |       |                        |                                                                                                            |                                                                                                          |                                                                                                      |          |                           |                      |                           |   |  |                                   |
| OPT-BC                      |           |   |   |   |   |              |    |                    |                        |              |                        |                   |            |                     |       |                      |       |                        |                                                                                                            |                                                                                                          |                                                                                                      |          |                           |                      |                           |   |  | Sin/Cos + EnDat                   |
| OPT-BC                      |           |   |   |   |   |              |    |                    |                        |              |                        |                   |            |                     |       |                      |       |                        |                                                                                                            |                                                                                                          |                                                                                                      |          |                           |                      |                           |   |  | Encoder out - Resolver simulation |
| OPT-BE                      |           |   |   |   |   |              |    |                    |                        |              |                        |                   |            |                     |       |                      |       |                        |                                                                                                            |                                                                                                          |                                                                                                      |          |                           |                      |                           |   |  | EnDat/SSI                         |
| Fieldbus cards (OPT-C)      |           |   |   |   |   |              |    |                    |                        |              |                        |                   |            |                     |       |                      |       |                        |                                                                                                            |                                                                                                          |                                                                                                      |          |                           |                      |                           |   |  |                                   |
| OPT-C2                      |           |   |   |   |   |              |    |                    |                        |              |                        |                   |            |                     |       |                      |       |                        |                                                                                                            |                                                                                                          |                                                                                                      |          |                           |                      |                           |   |  | Modbus, N2                        |
| OPT-C3                      |           |   |   |   |   |              |    |                    |                        |              |                        |                   |            |                     |       |                      |       |                        |                                                                                                            |                                                                                                          |                                                                                                      |          |                           |                      |                           |   |  |                                   |
| OPT-C4                      |           |   |   |   |   |              |    |                    |                        |              |                        |                   |            |                     |       |                      |       |                        |                                                                                                            |                                                                                                          |                                                                                                      |          |                           |                      |                           |   |  |                                   |
| OPT-C5                      |           |   |   |   |   |              |    |                    |                        |              |                        |                   |            |                     |       |                      |       |                        |                                                                                                            |                                                                                                          |                                                                                                      |          |                           |                      |                           |   |  |                                   |
| OPT-C6                      |           |   |   |   |   |              |    |                    |                        |              |                        |                   |            |                     |       |                      |       |                        |                                                                                                            |                                                                                                          |                                                                                                      |          |                           |                      |                           |   |  |                                   |
| OPT-C7                      |           |   |   |   |   |              |    |                    |                        |              |                        |                   |            |                     |       |                      |       |                        |                                                                                                            |                                                                                                          |                                                                                                      |          |                           |                      |                           |   |  |                                   |
| OPT-C8                      |           |   |   |   |   |              |    |                    |                        |              |                        |                   |            |                     |       |                      |       |                        |                                                                                                            |                                                                                                          |                                                                                                      |          |                           |                      |                           |   |  |                                   |
| OPT-CG                      |           |   |   |   |   |              |    |                    |                        |              |                        |                   |            |                     |       |                      |       |                        |                                                                                                            |                                                                                                          |                                                                                                      |          |                           |                      |                           |   |  | Modbus, N2                        |
| OPT-CI                      |           |   |   |   |   |              |    |                    |                        |              |                        |                   |            |                     |       |                      |       |                        |                                                                                                            |                                                                                                          |                                                                                                      |          |                           |                      |                           |   |  |                                   |
| OPT-CJ                      |           |   |   |   |   |              |    |                    |                        |              |                        |                   |            |                     |       |                      |       |                        |                                                                                                            |                                                                                                          |                                                                                                      |          |                           |                      |                           |   |  |                                   |
| OPT-CP                      |           |   |   |   |   |              |    |                    |                        |              |                        |                   |            |                     |       |                      |       |                        |                                                                                                            |                                                                                                          |                                                                                                      |          |                           |                      |                           |   |  |                                   |
| OPT-CQ                      |           |   |   |   |   |              |    |                    |                        |              |                        |                   |            |                     |       |                      |       |                        |                                                                                                            |                                                                                                          |                                                                                                      |          |                           |                      |                           |   |  |                                   |
| Communication cards (OPT-D) |           |   |   |   |   |              |    |                    |                        |              |                        |                   |            |                     |       |                      |       |                        |                                                                                                            |                                                                                                          |                                                                                                      |          |                           |                      |                           |   |  |                                   |
| OPT-D1                      |           |   |   |   |   |              |    |                    |                        |              |                        |                   |            |                     |       |                      |       |                        |                                                                                                            |                                                                                                          |                                                                                                      |          |                           |                      |                           |   |  |                                   |
| OPT-D2                      |           |   |   |   |   |              |    |                    |                        |              |                        |                   |            |                     |       |                      |       |                        |                                                                                                            |                                                                                                          |                                                                                                      |          |                           |                      |                           |   |  |                                   |
| OPT-D3                      |           |   |   |   |   |              |    |                    |                        |              |                        |                   |            |                     |       |                      |       |                        |                                                                                                            |                                                                                                          |                                                                                                      |          |                           |                      |                           |   |  |                                   |
| OPT-D6                      |           |   |   |   |   |              |    |                    |                        |              |                        |                   |            |                     |       |                      |       |                        |                                                                                                            |                                                                                                          |                                                                                                      |          |                           |                      |                           |   |  |                                   |
| OPT-D7                      |           |   |   |   |   |              |    |                    |                        |              |                        |                   |            |                     |       |                      |       |                        |                                                                                                            |                                                                                                          |                                                                                                      |          |                           |                      |                           |   |  |                                   |

Allowed slots for the board are marked in blue. 1) analogue signals galvanically isolated as a group. 2) analogue signals galvanically isolated separately

다음 표는 대략적인 것입니다. 표에 표시된 값은 최적의 시스템 구성으로 정상적인 조건에서 유효합니다.

Table 15. Vacon drives based on the NXP platform

| Parameters                | Open loop                                                               | Closed loop                                                                                      |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Frequency resolution      | 0.01 Hz                                                                 | 0.01 Hz                                                                                          |
| Torque resolution         | 0.1% of $T_N$ motor                                                     | 0.1% of $T_N$ motor                                                                              |
| Speed accuracy            | < 10% of motor nominal slip                                             | 0.01% static error (of motor nominal speed)                                                      |
| Torque accuracy           | < 5% static error (of $T_N$ motor) for speed up to motor nominal speed. | < 3% static error (of $T_N$ motor) for speed up to motor nominal speed. Above nominal speed < 5% |
| Speed range               | 1:25 (e.g. 2 Hz for 50 Hz motor)                                        | No limit from drive side.                                                                        |
| Torque step rise time     | < 5ms                                                                   | < 5 ms                                                                                           |
| Dynamic response          | 0.3 to 0.5% sec with $T_N$ motor                                        | 0.1 to 0.2% sec with $T_N$ motor                                                                 |
| Field weakening set point | 8 Hz... 320 Hz                                                          | 8 Hz... 320 Hz                                                                                   |
| Field weakening area      | -300%...+300% of $n_N$                                                  | -300%...+300% of $n_N$                                                                           |

#### NOTE :

- 토크 관련 데이터는 모터와 관련된 드라이브 용량에 따라 다릅니다.
- 드라이브에는 정확한 모터 명판 데이터가 제공되어야 합니다.
- 오토 튜닝 (automatic identification) RUN 이후 개방 루프 데이터가 수집됩니다.
- 폐 루프 성능은 PPR 1024 인 엔코더에서 유효합니다
- 모터 유형에 따라 값이 표에 나와있는 것과 약간 다를 수 있습니다.

## 9.2 Drive Synch

Vacon Drive Synch 는 고출력 드라이브를 병렬화하여 AC 모터를 제어하기 위한 제어 개념입니다. 이 개념은 단일 또는 다중 와인딩 모터에 적합합니다. DriveSynch 를 사용하면 표준 저전압 드라이브 모듈을 사용하여 최대 5MW 의 고출력 AC 드라이브를 구축 할 수 있습니다.

Vacon Drive Synch 는 공냉식 및 수냉식 드라이브 모두 사용할 수 있습니다. Common DC bus 구성의 주파수 변환기 또는 인버터는 Vacon DriveSynch 개념과 함께 사용할 수 있습니다. Drive Synch 를 사용하면 동일한 정격 전력을 가진 최대 4 개의 드라이브를 동기화하여 단일 AC 모터를 제어하기 위해 출력에서 동일한 PWM 패턴을 생성 할 수 있습니다.

더 나아가 부하 밸런싱을 보장하려면 각 개별 드라이브의 출력에서  $dU/dt$  필터를 사용하십시오.  $DU/dt$  필터의 인덕턴스는 1,5% 이상이어야 합니다. 낮은 인덕턴스 값을 가진 필터는 DriveSynch 설치에 사용해서는 안됩니다. 다중 권선 모터의 경우  $dU/dt$  필터가 필요하지 않을 수 있습니다.

Vacon DriveSynch 는 개방 루프 및 폐쇄 루프 모터 제어 모드에서 작동합니다. 폐쇄 루프 모터 제어를 사용하면 엔코더 피드백을 마스터 드라이브에만 배선하면 됩니다. 이중화가 필요한 경우 이중 인코더 옵션 보드 OPT-A7 을 리피터로 사용하여 대체 마스터에 인코더 피드백을 연결해야 할 수도 있습니다.

광 버스를 통한 시스템 버스 통신은 일반적으로 마스터 및 팔로워 드라이브 간의 부하 공유를 위해 NXP 드라이브와 함께 사용됩니다. DriveSynch 는 병렬 드라이브의 PWM 동기화에 이 광 버스를 사용하므로 DriveSynch 를 사용하는 드라이브에서는 마스터 팔로워 부하 공유 기능을 사용할 수 없습니다.

DriveSynch 를 사용하는 드라이브의 최대 스위칭 주파수는 3.6kHz 입니다.  
NXP 제어 카드는 VB00661 이상이어야 합니다.

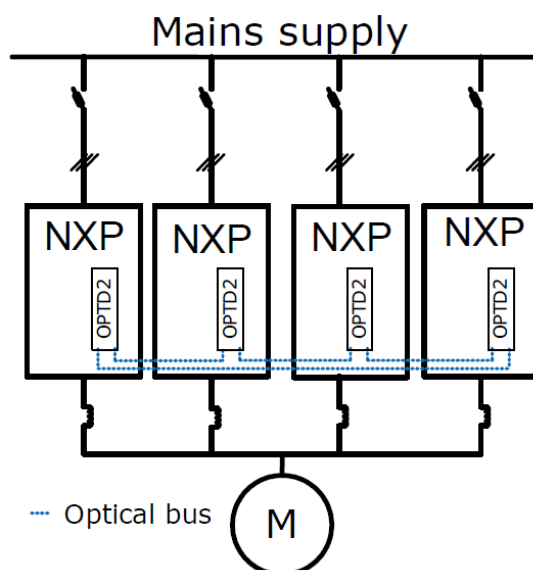


Figure 54. NXP frequency converters are synchronized to control a low voltage high power motor.

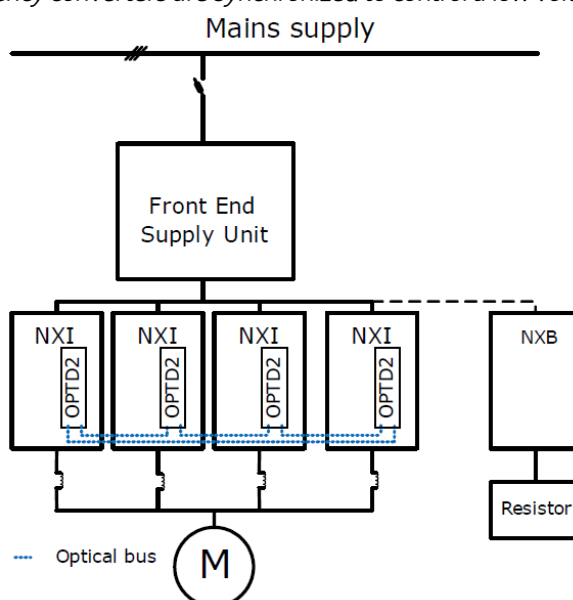


Figure 55. NXI inverters are synchronized to control a low voltage high power motor in a common DC bus system.

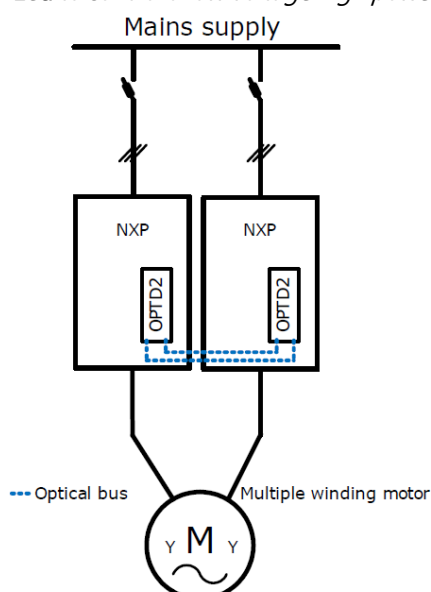


Figure 56. Individual NXP frequency converters are synchronized to control a low voltage high power multiple winding motor

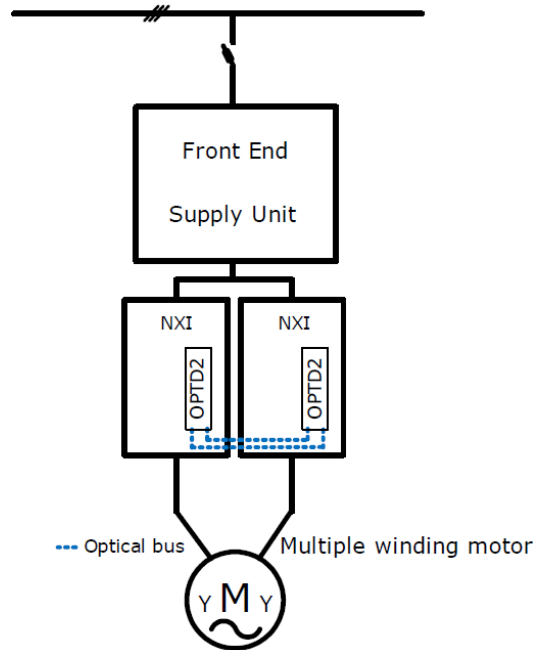


Figure 57. NXI inverters are synchronized to control a low voltage high power multiple winding motor in a common DC bus system

다음 하드웨어 및 소프트웨어 구성 요소와 함께 DriveSynch 를 사용하십시오.

- 표준 주파수 변환기 또는 인버터 (동일한 정격 전력, 최대 4 개)
- 각 주파수 변환기 또는 인버터에 대한 dU/dt 필터
- 빠른 드라이브 간 통신을 위한 OPT-D2 (시스템 버스 + CAN 버스 어댑터) 카드
- 시스템 소프트웨어 NXP00002V171 이상

응용 소프트웨어 :

- 인터넷에서 사용 가능한 해양 응용 프로그램 APFIF09V100 이상
- 요청시 사용 가능한 다목적 애플리케이션 APFIF166V423
- 시스템 인터페이스 응용 프로그램 APFIF10V228 이상

### 9.2.1 Engineering Notes

시스템 용량 산정 및 설계시 다음 사항을 고려하십시오.

- $I_{L\text{Total}} = 0.95 \times N \times I_L (\text{unit})$
- $I_{H\text{Total}} = 0.95 \times N \times I_H (\text{unit})$   
 $I_{L\text{Total}}$  = Total low overload current for the complete drive system  
 $I_{H\text{Total}}$  = Total high overload current for the complete drive system  
 $N$  = Number of drive units in parallel in DriveSynch  
 $I_L (\text{unit})$  = Low overload current of individual drive unit  
 $I_H (\text{unit})$  = High overload current of individual drive unit

- 시스템을 설계하는 동안 du/dt 필터로 인한 2 % 전압 손실을 고려해야 합니다.
- 로드 밸런싱을 보장하려면 개별 드라이브에 대한 전원공급 연결과 드라이브에서 모터로의 연결이 대칭이어야 합니다. 개별 장치의 공급 케이블 또는 버스 바는 소스와 크기 및 길이가 같아야 합니다. 또한 드라이브 유닛에서 모터까지의 케이블과 버스 바 크기 및 길이는 같아야 합니다. Common DC bus 구성에서 전원 공급 장치 연결은 대칭일 필요가 없습니다. 임피던스에서 2 %의 허용 오차는 일반적으로 허용됩니다.

- DriveSynch 에는 광 버스를 통한 빠른 드라이브 간 통신이 필수적입니다. 컨트롤 박스는 외부의 + 24V 전원 공급 장치와 함께 공급되어야 합니다. 이렇게하면 DriveSynch 통신이 항상 활성화되고 중복성이 달성됩니다.
- 장치 사이의 최대 광 케이블 길이는 10 미터입니다.

설치 및 시운전에 대해서는 Vacon NX 사용자 매뉴얼을 참조하십시오.

### 9.2.2 절연 및 다중권선이 있는 모터

모터가 여러 권선을 절연한 경우 du/dt 필터가 필요하지 않습니다. 권선의 상호 임피던스로 인한 불안정성을 제한하기 위해 du/dt 필터가 여전히 필요할 수 있습니다. 이것은 프로젝트 별 솔루션입니다. 하나의 권선에 대해 두 개의 드라이브가 병렬로 연결된 경우 각 드라이브 출력에 du/dt 필터가 필요합니다.

권선 절연은 일반적으로 주파수 변환기 사용에 적합해야 합니다. 또한, 권취 세트 (병렬로 감긴 것) 사이의 절연 레벨은 적어도 위상 간 동일해야 합니다.

모터 권선간에 위상차가 존재할 수 있습니다. DriveSynch 기술은 각 권선 세트를 공급하는 개별 장치에서 위상차를 프로그래밍 할 수 있는 가능성을 제공합니다.

### 9.2.3 시스템 이중화

DriveSynch 를 사용하여 작동하는 병렬 드라이브 장치는 높은 수준의 이중화를 제공합니다. 하나 이상의 드라이브 장치가 작동하지 않더라도 시스템이 계속 작동하도록 할 수 있습니다. 실제 이중화 레벨은 프로젝트마다 다르며 모터, 부하 및 프로세스의 요구 사항에 따라 정의되어야 합니다.

DriveSynch 가 작동하려면 마스터 장치와 고속 광 드라이브 간 통신이 작동해야 합니다. 작동하지 않는 드라이브 장치를 포함하여 모든 제어 장치에 보조 전원 (+ 24V)을 지속적으로 제공해야 합니다.

$n + 1$  단위를 사용하는 것이 일반적입니다. 여기서  $n$  은 시스템의 전체 기능에 필요한 단위 수입니다. 이렇게 하면 팔로워 드라이브 중 하나가 작동하지 않더라도 100 % 이중화가 가능합니다. DriveSynch 의 최대 장치 수는 4 입니다.

Table 16.

|                                  |                    | Master (1) | Follower (2) | Follower (3) | Follower (4) |
|----------------------------------|--------------------|------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>Hardware settings</b>         |                    |            |              |              |              |
| OPTD2: Jumper                    | X5                 | TX1        | TX2          | TX2          | TX2          |
| OPTD2: Jumper                    | X6                 | ON         | ON           | ON           | ON           |
| <b>Expander board parameters</b> |                    |            |              |              |              |
| OPTD2                            | SystemBus in use   | YES        | YES          | YES          | YES          |
| OPTD2                            | System Bus speed   | 12 Mbaud   | 12 Mbaud     | 12 Mbaud     | 12 Mbaud     |
| OPTD2                            | System Bus ID      | 1          | 2            | 3            | 4            |
| OPTD2                            | System Bus next ID | 2          | 3            | 4            | 1            |
| OPTD2                            | System Bus Last ID | 4          | 4            | 4            | 4            |

| Parameter settings                                              | Master (D1)                                                                                       | Follower (D2)                                                                                     | Follower (D3)                                                                                     | Follower (D4)                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Motor's nominal voltage                                         | Motor's nominal voltage from its nameplate                                                        | Motor's nominal voltage from its nameplate                                                        | Motor's nominal voltage from its nameplate                                                        | Motor's nominal voltage from its nameplate                                                        |
| Motor's nominal frequency                                       | Motor's nominal frequency from its nameplate                                                      | Motor's nominal frequency from its nameplate                                                      | Motor's nominal frequency from its nameplate                                                      | Motor's nominal frequency from its nameplate                                                      |
| Motor's nominal current                                         | Motor's nominal current from its nameplate / Number of drives in parallel using Vacon Drive Synch | Motor's nominal current from its nameplate / Number of drives in parallel using Vacon Drive Synch | Motor's nominal current from its nameplate / Number of drives in parallel using Vacon Drive Synch | Motor's nominal current from its nameplate / Number of drives in parallel using Vacon Drive Synch |
| Motor's COS PHI (Motor's nominal power factor)                  | Motor's COS PHI from its nameplate                                                                | Motor's COS PHI from its nameplate                                                                | Motor's COS PHI from its nameplate                                                                | Motor's COS PHI from its nameplate                                                                |
| Master-Follower mode                                            | Master, DriveSynch                                                                                | Follower, Drive Synch                                                                             | Follower, Drive Synch                                                                             | Follower, Drive Synch                                                                             |
|                                                                 |                                                                                                   |                                                                                                   |                                                                                                   |                                                                                                   |
| Motor Control Mode (Open Loop)                                  | Open Loop Frequency                                                                               | If used as Secondary Master: Open Loop Frequency. If used as Follower: no meaning                 | No meaning, internally handled. Recommended to use same setting as in the Master.                 | No meaning, internally handled. Recommended to use same setting as in the Master.                 |
| Motor Control Mode (Closed Loop)                                | Closed Loop Speed / Torque                                                                        | If used as Secondary Master: Closed Loop Speed / Torque. If used as Follower: no meaning          | No meaning, internally handled. Recommended to use same setting as in the Master.                 | No meaning, internally handled. Recommended to use same setting as in the Master.                 |
| Magnetizing current (needed only for closed loop motor control) | Motor's nominal magnetizing current / Number of drives in parallel using Vacon Drive-Synch.       | Motor's nominal magnetizing current / Number of drives in parallel using Vacon Drive-Synch.       | Motor's nominal magnetizing current / Number of drives in parallel using Vacon Drive-Synch.       | Motor's nominal magnetizing current / Number of drives in parallel using Vacon Drive-Synch.       |
| Switching frequency                                             | Max. 3.6 KHz                                                                                      | Same as in the Master                                                                             | Same as in the Master                                                                             | Same as in the Master                                                                             |
| Modulator type                                                  | 1, software                                                                                       | Same as in the Master                                                                             | Same as in the Master                                                                             | Same as in the Master                                                                             |
| Follower Phase shift (single winding motor)                     | 0 degrees                                                                                         | 0                                                                                                 | 0                                                                                                 | 0                                                                                                 |
| Follower Phase shift (multiple winding motor)                   | 0 degrees                                                                                         | As per motor's name plate                                                                         | As per motor's name plate                                                                         | As per motor's name plate                                                                         |

## 9.3 Functional Safty

기계는 안전하게 작동해야 합니다. 신중하고 효율적인 설계로 모든 위험을 제거하는 것은 기계 제작자의 책임입니다. 그러나 완전히 위험이 없는 기계류는 없습니다. 기능 안전은 기계 또는 제어 시스템의 기능 결함 또는 오류로 인한 위험을 처리하는 것을 말합니다.

주파수 변환기는 안전 시스템이 아니지만 안전 시스템의 일부로 사용될 수 있습니다. 안전 시스템에서 주파수 변환기의 역할은 액추에이터입니다. 안전 관련 시스템 또는 응용 분야에서 사용하도록 인증된 기능이 포함되어 있습니다.

이 Chapter에서는 안전 시스템을 구축하는 방법에 대한 지침은 포함되어 있지 않으며, Vacon 제품 문서의 다른 항목도 다루지 않습니다. Vacon 제품 문서의 목적은 Vacon 제품의 작동 방식을 설명하여, 안전 시스템 설계자가 실제 안전 시스템에 적절한 방식으로 제품을 적용할 수 있도록 하는 것입니다.

### 9.3.1 표준

표준은 위험 수준을 정의하고 충분한 위험 감소 조치를 결정하는 데 사용됩니다. 기계 제작자는 자체 설계 분야의 전문 분야 표준을 따릅니다. 다음 두 가지 표준이 주파수 변환기에 가장 중요한 표준입니다.

- EN/IEC 61800-5-2 “가변 속도 전력 드라이브 시스템 - Part 5-2: 안전 요구 사항 - 기능” (드라이브 제품군 표준, 기능 안전 요구 사항)
- EN ISO 13849-1 “기계 안전 - 제어 시스템의 안전 관련 부품 - Part 1: 설계의 일반 원칙”

위에서 언급 한 것 외에도, 다음 표준은 때때로 주파수 변환기와 관련하여 언급 될 수 있습니다.

- EN / IEC 62061 “기계 안전 - 안전 관련 전기, 전자 및 프로그램 가능 전자 제어 시스템의 기능 안전”
- IEC 61508 “전기 / 전자 / 프로그램 가능 전자 안전 관련 시스템의 기능 안전”
- EN 954-1 “기계 안전-제어 시스템의 안전 관련 부분” (EN에 의해 ISO 13849로 대체)

EN / IEC 61800-5-2는 제품군 표준이므로 일반 표준보다 우선합니다.

EU에서는 조화된 표준(harmonized standards)을 사용하여 기계류 지침 준수 여부를 보여줍니다. EU 이외의 지역에서는 항상 현지 법규에서 표준을 준수하는지 확인해야 합니다.

### 9.3.2 기계설계가 시작점

우선, 기계를 안전하게 사용하기 위해 설계 수단을 사용하는 것은 기계 제작자의 책임입니다. 그 후, 위험 분석을 수행해야 하고, 위험이 식별되는 경우 위험 수준을 정의해야 하며, 위험을 허용 가능한 수준으로 줄여야 합니다. 위험 분석은 예를 들어 심각한 사고가 발생할 수 있는 가능성, 발생 가능성 및 위험 상황이 발생하는 빈도를 파악합니다. 안전 기능의 필수 수준은 위험 분석 결과입니다.

안전 시스템의 성능은 IEC 61508에 정의된 SIL 레벨 접근법 또는 ISO 13849-1에 정의된 PL 접근법의 두 가지 접근 방식을 사용하여 평가할 수 있습니다.

- SIL = Safety Integrity Level
- PL = Performance Level  
Probability of hazardous failure per hour

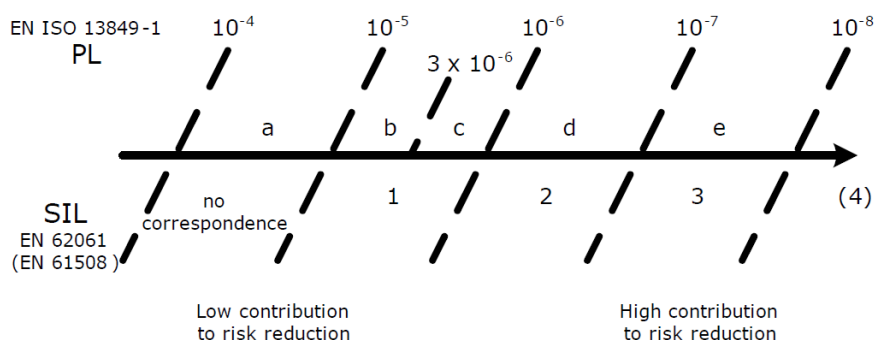


Figure 58. Comparison of the PL and SIL approaches

필요한 SIL / PL 레벨 외에도 위험 유형과 필요한 안전 기능을 인식하는 것이 중요합니다. 이를 정의하려면 시스템의 작동 방식, 사용되는 프로세스의 종류 및 위험이 현실화되면 시스템을 중지하는 가장 안전한 방법을 이해해야 합니다.

### 9.3.3 드라이브에 대해 정의된 안전 기능

제품 표준 EN / IEC 61800-5-2 는 주파수 변환기에 필요한 가장 일반적인 기능을 정의합니다. 안전 기능 및 일반적으로 사용되는 약어가 아래 표에 나열되어 있습니다.

Table 17. Safety functions as defined in the EN/IEC 61800-5-2

| Safety function                            | Abbreviation      |
|--------------------------------------------|-------------------|
| Safe Torque Off                            | STO               |
| Safe Stop 1                                | SS1               |
| Safe Stop 2                                | SS2               |
| Safe Operating Stop                        | SOS               |
| Safely-monitored Acceleration/Deceleration | SMA, SMD          |
| Safely-limited Acceleration                | SLA               |
| Safe Acceleration Range                    | SAR               |
| Safely-limited Speed                       | SLS               |
| Safe Speed Range                           | SSR               |
| Safe Speed Monitor                         | SSM               |
| Safe Maximum Speed                         | SMS <sup>1)</sup> |
| Safely-limited Increment                   | SLI               |
| Safe Direction                             | SDI               |
| Safely-limited Position                    | SLP               |
| Safe Position Switches                     | SPS <sup>1)</sup> |
| Safe Brake Control                         | SBC               |

Table 17. Safety functions as defined in the EN/IEC 61800-5-2

| Safety function                 | Abbreviation      |
|---------------------------------|-------------------|
| Safe Braking and Holding System | SBS <sup>1)</sup> |
| Safely-limited Torque           | SLT               |
| Safe Torque Range               | STR               |
| Safe Motor Temperature          | SMT               |
| Safe Cam                        | SCA               |

1) Not defined in the IEC 61800-5-2

### 9.3.4 Vacon NXP AC 드라이브를 위한 인증된 기능 안전 기능

NXP 제품이 아닌 경우 제품 설명서의 기능 안전 기능 사용에 대한 가용성 및 지침을 확인하십시오. NXP 제어 플랫폼과 함께 OPT-AF 옵션 보드는 안전 토크 오프 (STO), 안전 정지 1 (SS1) 및 모터 서미스터 과열 보호 (ATEX 에 따른)와 같은 안전 기능을 제공합니다. 자세한 지침은 OPT-AF 사용 설명서를 참조하십시오.

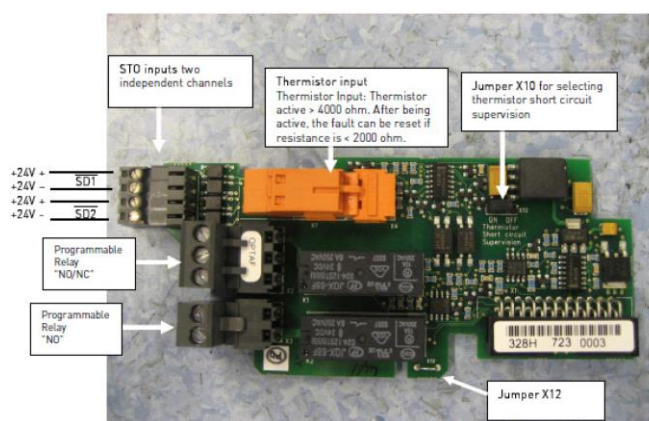


Figure 59. Layout of the OPT-AF board

안전 회로에 대한 외부 영향을 배제하려면 안전 기능 STO 또는 SS1 을 사용할 때 OPT-AF 보드가 설치된 제어 장치의 인클로저 클래스는 IP54 이상이어야 합니다. 모터 서미스터 과열 보호 기능만 사용하는 주파수 변환기의 제어 장치에는 특정 IP 등급 요구 사항이 없습니다.

아래 지침에 따라 주파수 변환기, 제어 상자 또는 최종 캐비닛 조립에 맞는 IP 등급을 선택하여 요구 사항을 준수하십시오.

Table 18. IP class requirements for the OPT-AF board

| FC's IP class | IP class requirements for the Safe Torque Off | IP class requirements for the ATEX Thermistor |
|---------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| IP00          | IP54 cabinet<br>or<br>IP54 control box        | No additional IP class requirements           |
| IP21          | IP54 cabinet<br>or<br>IP54 control box        | No additional IP class requirements           |
| IP54          | No additional<br>IP class requirements        | No additional IP class requirements           |

#### 9.3.4.1 Safe Torque Off (STO)

STO 는 드라이브가 모터 샤프트에서 토크를 생성하지 못하도록 하는 하드웨어 기반의 Safe Torque Off 안전 기능입니다. STO 안전 기능은 다음 표준에 따라 사용하도록 설계되었습니다.

- EN 61800-5-2 Safe Torque Off (STO) SIL2
- EN ISO 13849-1: 2006 PL"d" Category 3
- EN 62061: 2005 SILCL2
- IEC 61508: 2000 SIL2
- EN 954-1, Category 3

이 기능은 또한 정지 카테고리 0, EN 60204-1 : 2006 에 따라 비제어 정지(uncontrolled stop)에 해당합니다. STO 안전 기능은 IFA\*에 의해 인증되었습니다.

(\* IFA = Institut für Arbeitsschutz der Deutsche Gesetzlichen Unfallversicherung, Germany )

OPT-AF 보드의 STO 안전 기능을 사용하면 드라이브가 모터 샤프트에서 토크를 생성 할 수 없도록 드라이브 출력을 비활성화 할 수 있습니다. STO 의 경우, OPT-AF 보드에는 2 개의 전기적으로 분리된 입력 (SD1 및 SD2)이 있습니다.

Vacon OPT-AF 보드에는 이중 입력 솔루션이 있습니다. 이것은 시스템 디자이너의 작업을 단순화하고 내장된 내결함성과 이중화를 제공합니다. 경쟁하는 단일 입력 솔루션을 사용하면 해당 안전 수준에 도달하려면 시스템이 실제로 안전하다는 것을 입증하기 위해 더 많은 평가 및 설계 작업이 필요합니다.

드라이브가 활성화 상태가 되려면 SD1 및 SD2 입력이 모두 닫힙니다. STO 안전 기능은 드라이브 변조를 비활성화 함으로써 달성됩니다. SD1 및 SD2 로 제어되는 두 개의 독립적인 경로를 통해 드라이브 변조가 비활성화되므로 안전 관련 부품 중 하나의 단일 결함으로 인해 안전 기능이 손실되지 않습니다. 이것은 드라이버 전자 장치에 대한 게이트 드라이버 신호 출력을 비활성화하여 수행됩니다. 게이트 드라이버 출력 신호는 IGBT 모듈을 제어합니다. 게이트 드라이버 출력 신호가 비활성화되면 드라이브는 모터 샤프트에서 토크를 생성하지 않습니다. STO 입력 중 하나가 +24V 신호에 연결되어 있지 않으면 드라이브는 RUN 상태가 되지 않습니다.

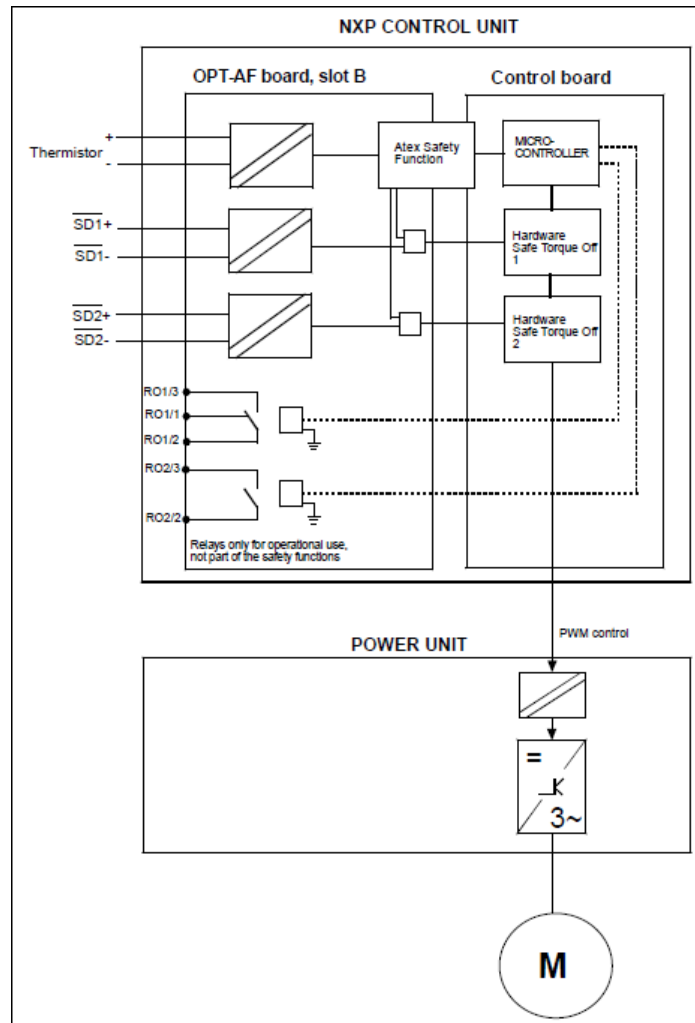


Figure 60. Operating principle of the STO safety function in an NXP frequency converter with the OPT-AF board

아래 그림은 STO 기능을 위한 최소 배선 예를 보여줍니다. 배선의 주요 기준은 STO 입력을 항상 병렬로 사용해야 한다는 것입니다. 더 많은 배선 예는 OPT-AF 보드의 사용 설명서를 참조하십시오. 고려해야 할 추가 기계 관련 요구 사항이 있을 수도 있습니다.

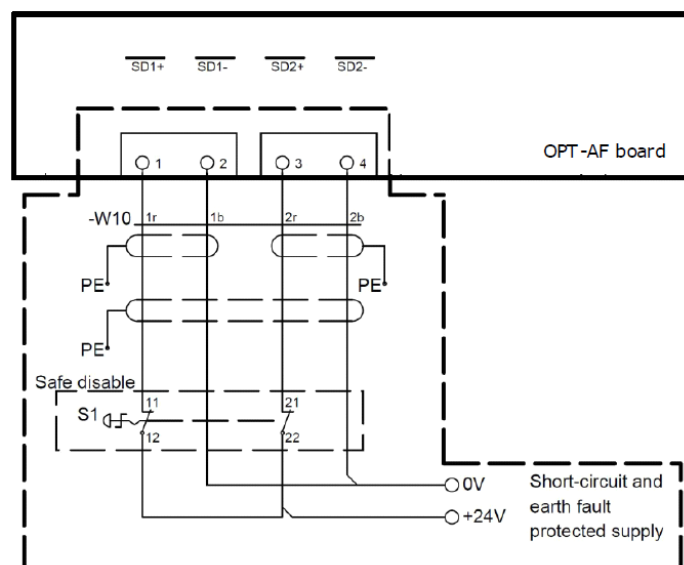


Figure 61. Partial diagram showing the minimum wiring for the STO function

### 9.3.4.2 Safe Stop 1 (SS1)

안전 정지 기능은 모터 감속을 시작하고 프로세스 요구 사항에 따라 사용자가 설정한 애플리케이션 별 시간 지연 후에 STO 기능을 시작합니다. SS1 안전 기능은 다음 표준에 따라 사용하도록 설계되었습니다.

- EN 61800-5-2 Safe Stop 1 (SS1) SIL2
- EN ISO 13849-1: 2006 PL”d” Category 3
- EN 62061: 2005 SILCL2
- IEC 61508: 2000 SIL2

이 기능은 또한 정지 카테고리 1, EN 60204-1 : 2006 에 따라 제어된 정지(controlled stop)에 해당합니다. SS1 안전 기능은 IFA\* 인증을 받았습니다.

(\* IFA = Institut für Arbeitsschutz der Deutsche Gesetzlichen Unfallversicherung, Germany )

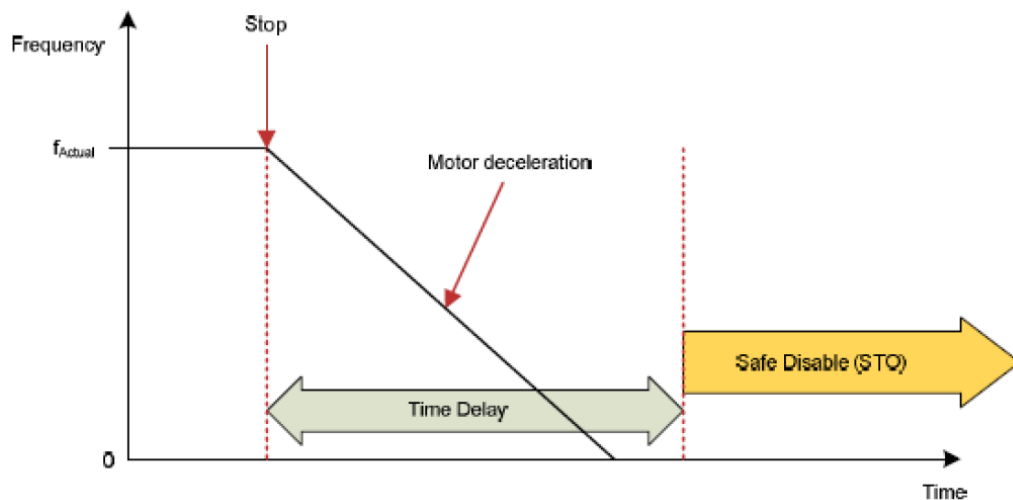


Figure 62. The principle of Safe Stop 1 (EN 61800-5-2, SS1 type c)

안전 정지 1 (SS1) 안전 기능은 2 개의 안전 관련 subsystem, 외부 시간 지연 안전 릴레이 및 STO 안전 기능으로 구성됩니다. 이 두 subsystem 은 그림. “안전 정지 1 (SS1) 안전 기능”과 같이 Safe Stop1 안전 기능을 구성합니다.

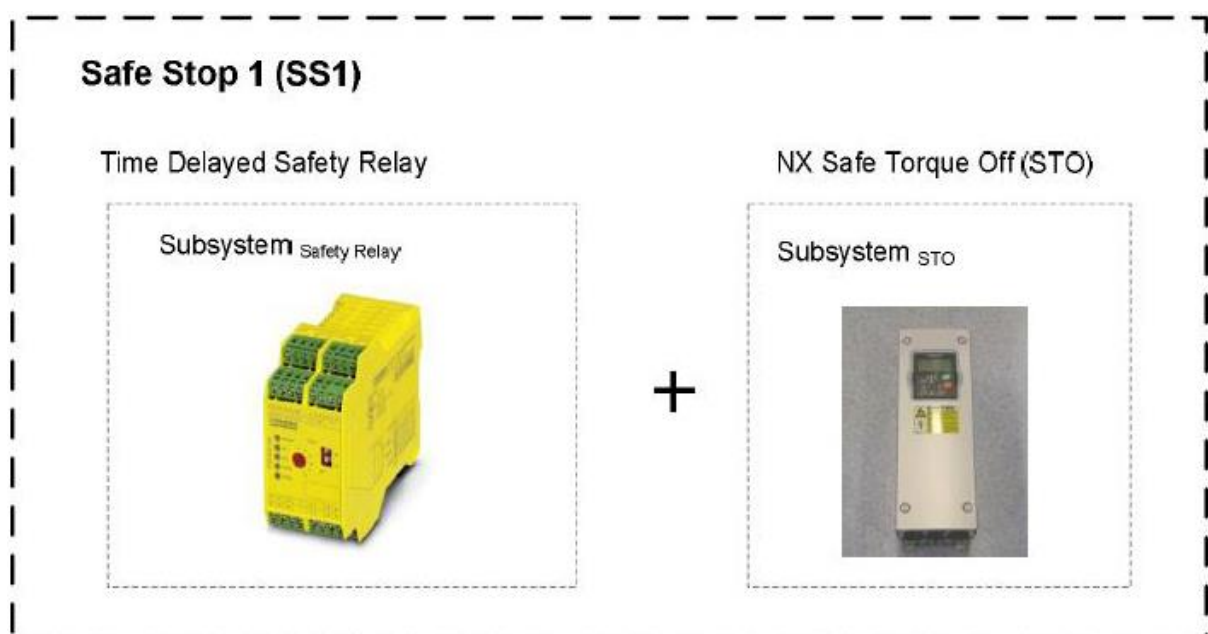


Figure 63. Safe Stop 1 (SS1) safety function.

Fig.56 은 Safe Stop 1 안전 기능의 연결 원리를 보여줍니다(시간 지연 안전 릴레이 출력은 STO 입력에 연결됩니다). 안전 릴레이에서 분리된 디지털 출력은 NX 드라이브의 일반 디지털 입력에 연결됩니다. 일반 디지털 입력은 드라이브 정지 명령을 감지하도록 프로그래밍 되어야하며, 시간 지연없이 드라이브 정지 기능을 시작하고 ("stop by ramp"로 설정해야 함) 모터 감속을 유발합니다.

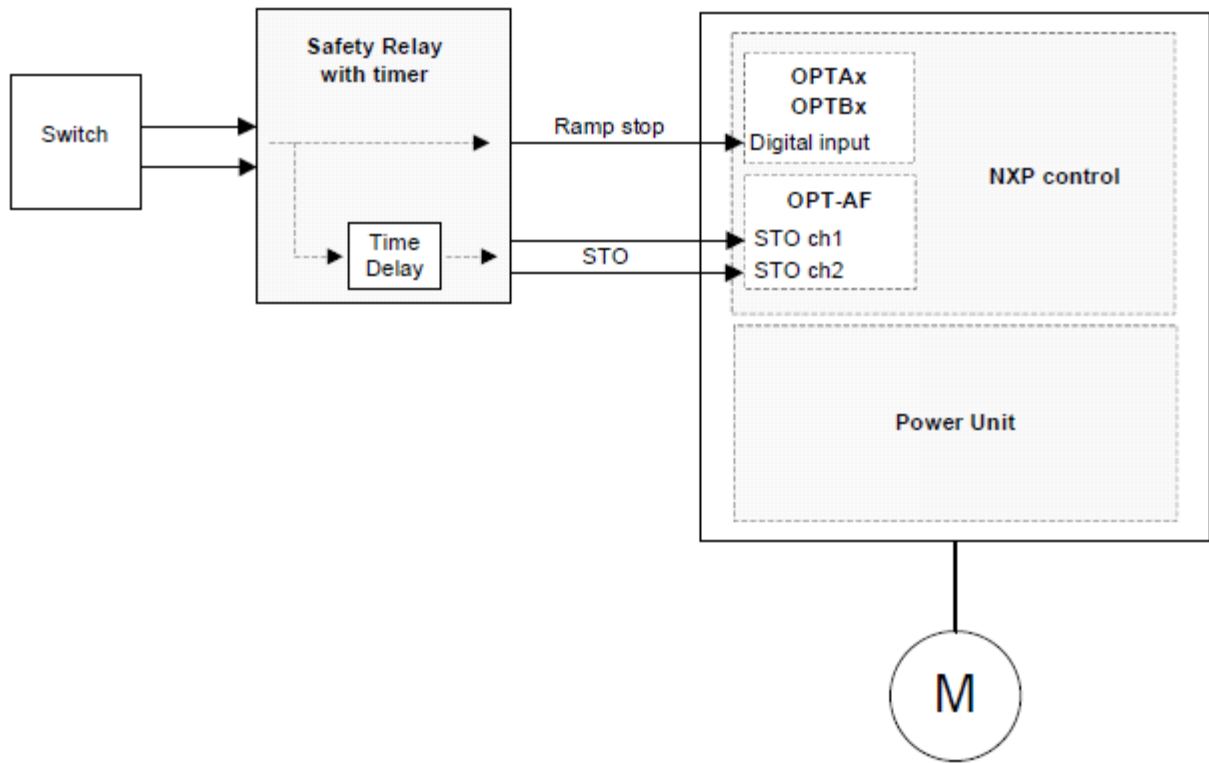


Figure 64. Connection principle of the SS1 function

#### 9.3.4.3 Motor Thermistor Overtemperature protection (according to ATEX)

모터 서미스터 과열 보호 기능은 OPT-AF 옵션 보드에 있는 서미스터를 사용한 과열 감지입니다. ATEX 인증 모터의 트립 장치로 사용할 수 있습니다. 서미스터 트립 기능은 ATEX 지침 94 / 9 / EC 에 따라 VTT\*\* 인증을 받았습니다. (\*\* VTT = Technical Research Centre of Finland)

#### 9.3.5 기타 안전 기능

안전 시스템 설계자는 외부의 사전 인증된 타사 안전 릴레이를 사용하여 기타 안전 기능을 구현할 수 있습니다. 안전 관련 subsystem 결합에 대한 자세한 내용은 OPT-AF 보드의 사용 설명서를 참조하십시오.

Other safety functions

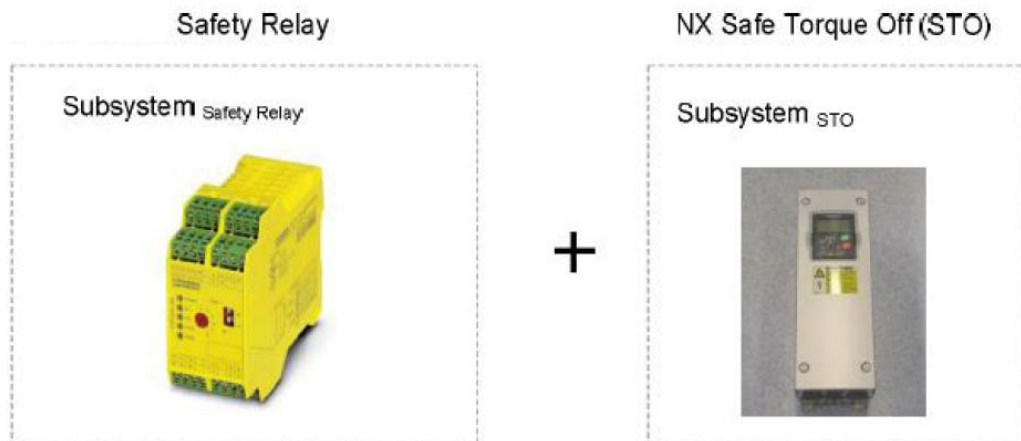


Figure 65. Other safety functions

## 9.4 IP 00 Frequency Converter Modules

AC 공급 IP00 주파수 변환기 모듈은 항상 캐비닛 설치가 필요합니다. IP00 주파수 변환기에는 공랭 및 수냉식 드라이브 모듈이 모두 포함됩니다. 제품 범위에는 6 및 12 펄스 주파수 변환기가 모두 포함됩니다. IP00 모듈은 기본적으로 별도의 모듈인 초크와 함께 제공됩니다.

IP00 주파수 변환기 구성에 대하여 chapter “10. Cabinet installation”을 참조하십시오.

Table 19. Air cooled NXP IP00 frequency converter product range

| Vacon NXP air cooled IP00 frequency converters | 380 - 500 VAC | 525 - 690 VAC |
|------------------------------------------------|---------------|---------------|
| 6-pulse                                        | 160 - 1200 kW | 200 - 2000 kW |
| 12-pulse                                       | 160 - 1200 kW | 200 - 2000 kW |

Table 20. Liquid cooled NXP frequency converter product range

| Vacon NXP liquid cooled frequency converters | 380 - 500 VAC | 525 - 690 VAC |
|----------------------------------------------|---------------|---------------|
| 6-pulse                                      | 7,5 - 5150 kW | 110 - 5300 kW |
| 12-pulse                                     | 250 - 5150kW  | 200 - 5300 kW |

Drive Synch 제어 개념을 사용하면 동일한 정격 전력을 갖는 최대 4 개의 드라이브 모듈을 병렬화하여 드라이브 시스템의 총 전력을 늘릴 수 있습니다. Chapter “9.2 Drive Synch”를 참조하십시오.

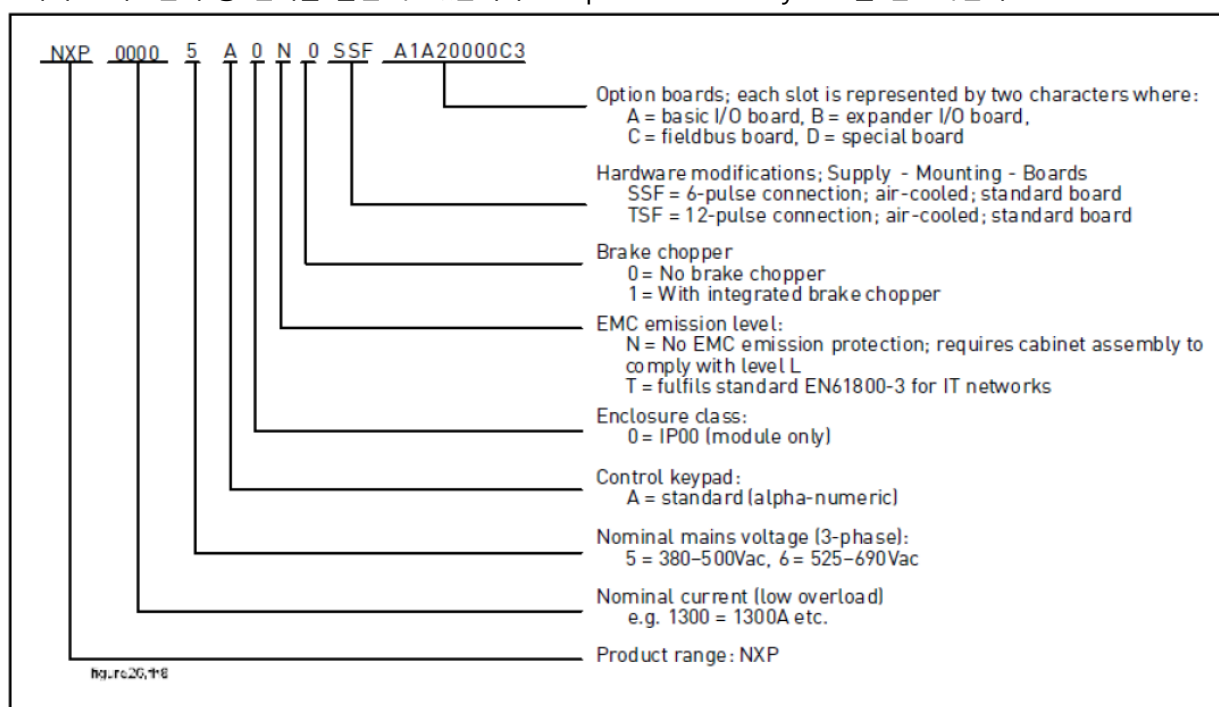


Figure 66. NXP IP00 type code key

## 9.5 Common DC bus Modules

### 9.5.1 Non-regenerative Front End

비회생 프론트 엔드, NFE 는 Common DC bus Drive 라인업의 프론트 엔드를 위한 단방향 전력 변환기입니다. NFE 모듈의 보호 등급은 IP00 입니다.

비회생 프론트 엔드는 AC 입력에서 중간 DC 회로로 전력을 전송하는 데 사용됩니다. 전원은 AC 입력에서 중간 DC 회로로만 전송할 수 있습니다. 제동이 필요한 경우, 브레이크 초퍼를 중간 DC 회로에 연결해야 합니다.

비회생 프론트 엔드 구성은 NFE 모듈과 외부 AC 초크, AC 퓨즈, 주 접촉기 및 DC 퓨즈로 구성되며, 스위치 기어 구성을 계획 할 때 고려해야 합니다. 퓨즈 선택 표는 제품 설명서를 참조하십시오.



### 9.5.1.2 병렬화

Common AC 공급 장치가 있는 여러 비회생 프론트 엔드 장치를 병렬로 연결하여 입력 그룹의 전력을 증가시킬 수 있습니다. 장치간 통신이 필요하지 않습니다. 그들은 독립적으로 작동합니다.

병렬로 연결된 각 비회생 프론트 엔드 장치에는 AC 및 DC 측에서 자체 단락 보호 기능이 있어야 합니다. 제품 설명서의 지침에 따라 퓨즈를 선택하십시오. 병렬 연결시 시스템의 충분한 단락 용량에 주의해야 합니다.

병렬로 연결된 비회생 프론트 엔드 장치의 용량 감소율은 DC Power 의 5 %입니다. 프론트 엔드 용량을 측정할 때 이 점을 고려하십시오.

NFE 장치를 AC 및 DC 전압에서 분리해야 하는 경우, 다른 비회생 프론트 엔드 장치가 병렬로 연결되어 있는 경우 AC 입력 및 DC 출력에 별도의 아이솔레이터를 사용해야 합니다. 소형 회로 차단기(compact circuit breaker), 일반 회로 차단기(ordinary circuit breaker) 또는 퓨즈 스위치(fuse switch)를 사용하여 AC 입력을 분리 할 수 있습니다. 컨택터는 안전한 위치에서 잠글 수 없으므로 AC 입력 절연에 적합하지 않습니다.

퓨즈 스위치를 사용하여 DC 출력을 분리할 수 있습니다. 부하 격리 스위치(load isolation switch)와 안전 격리 스위치(safety isolation switch)가 모두 적합합니다. 병렬로 연결된 다른 NFE 장치가 이미 DC 버스에 연결되어 있고 실행 중일 때도 NFE 장치를 주 전원 에 연결할 수 있습니다.

### 9.5.2 Active Front End

AFE (Active Front End)는 Common DC bus Drive 라인업의 프론트 엔드를 위한 양방향(회생) 전력 변환기입니다. 모든 AFE 모듈의 보호 등급은 IP00 입니다.

Vacon NX Active Front End 는 AC 입력과 중간 DC 회로간에 전력을 전송하는 데 사용됩니다. Vacon NX Active Front End 사용의 주요 장점 중 하나는 매우 낮은 고조파 전류 왜곡 (THDi)입니다.

Active Front End 구성은 AFE 모듈과 스위치 기어 구성을 계획 할 때 고려해야 하는 외부 구성 요소 세트로 구성됩니다. 외부 구성 요소 중 LCL 필터 (공기 및 액체 냉각 모두) 및 pre-charging circuit 은 Vacon 의 제품군에 포함되어 있습니다. 퓨즈 선택 테이블 및 회로 차단기 지침은 제품 설명서를 참조하십시오.

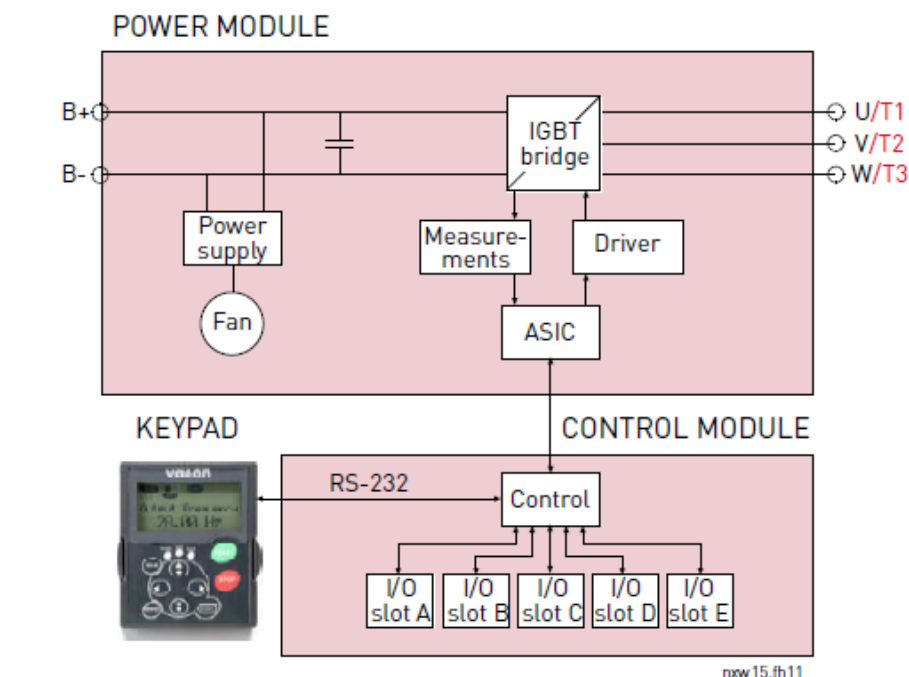


Figure 69. NXA block diagram

### 9.5.2.1 AFE unit Types

Vacon Type 지정 코드는 9-세그먼트 코드와 옵션인 +코드로 구성됩니다. Type 지정 코드의 각 세그먼트는 제품 및 해당 옵션에 고유하게 대응합니다. 코드는 다음과 같은 형식입니다.

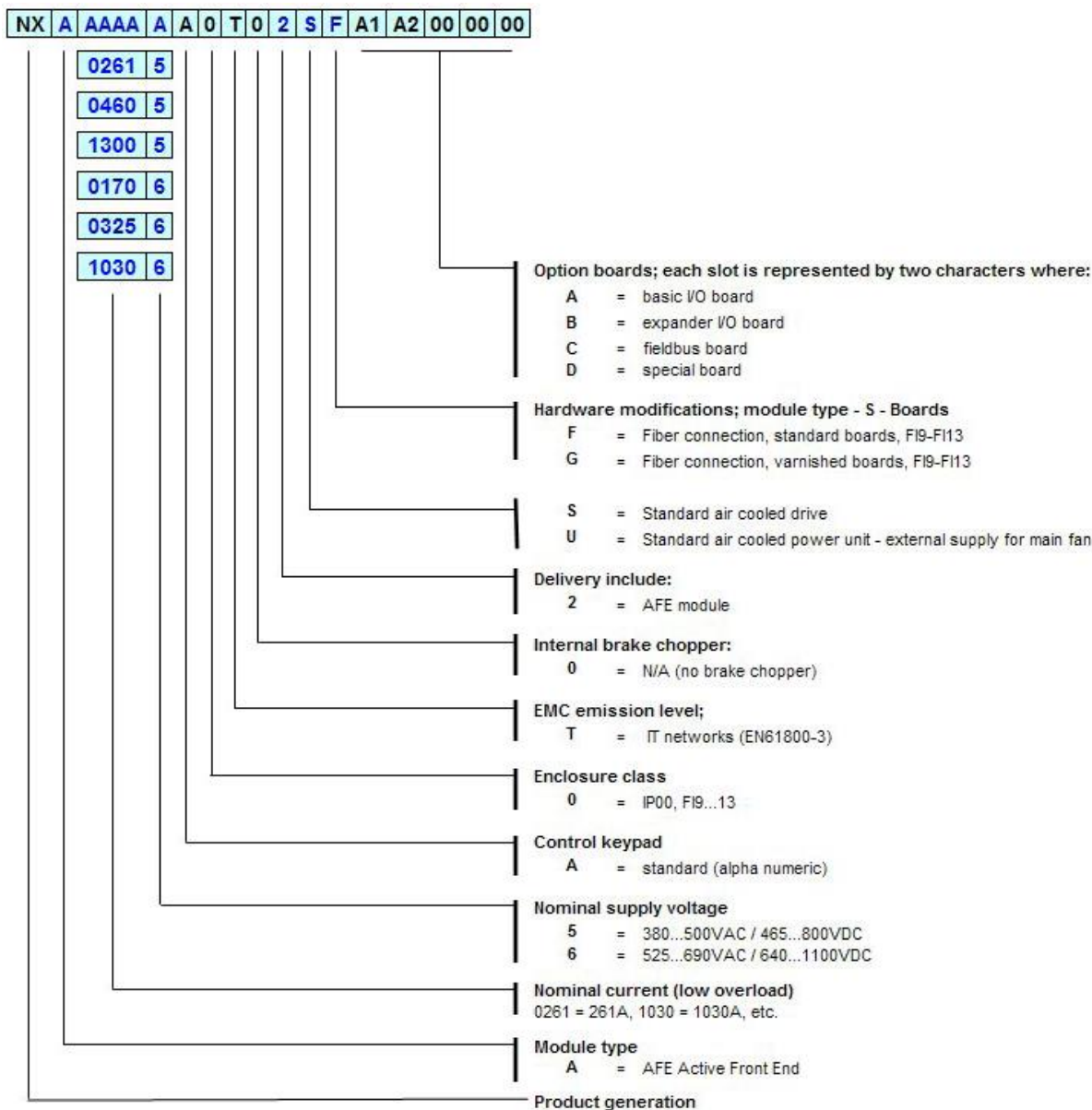


Table 22. AFE current and power ratings, supply voltages 380-500 VAC

| Unit       |       | Low overload<br>(AC current) | DC Power (continuous) |                   |
|------------|-------|------------------------------|-----------------------|-------------------|
| Code       | Frame | $I_{Lcont}$ [A]              | 400V mains P [kW]     | 500V mains P [kW] |
| NXA_0261 5 | FI9   | 261                          | 176                   | 220               |

Table 22. AFE current and power ratings, supply voltages 380-500 VAC

| Unit       |       | Low overload<br>(AC current) | DC Power (continuous) |                   |
|------------|-------|------------------------------|-----------------------|-------------------|
| Code       | Frame | $I_{Lcont}$ [A]              | 400V mains P [kW]     | 500V mains P [kW] |
| NXA_0460 5 | FI11  | 460                          | 310                   | 388               |
| NXA_1300 5 | FI13  | 1300                         | 876                   | 1095              |

Table 23. AFE current and power ratings, supply voltages 525-690 VAC

| Unit       |       | Low overload (AC current) | DC power (continuous) |
|------------|-------|---------------------------|-----------------------|
| Code       | Frame | $I_{Lcont}$ [A]           | 690V mains P [kW]     |
| NXA_0170 6 | FI9   | 170                       | 198                   |
| NXA_0325 6 | FI10  | 325                       | 378                   |
| NXA_1030 6 | FI13  | 1030                      | 1199                  |

### 9.5.2.2 Pre-Charging circuit

액티브 프론트 엔드 장치에는 외부 pre-charging circuit 이 필요합니다. pre-charging circuit 의 목적은 중간 회로의 커패시턴스를 액티브 프론트 엔드 장치를 전원에 연결하기에 충분한 전압 레벨로 충전하는 것입니다. 충전 시간은 중간 회로의 커패시턴스와 충전 저항의 저항에 따라 다릅니다. Vacon 의 표준 pre-charging circuit 의 기술 사양은 아래의 pre-charging circuit 의 최소 및 최대 정전 용량 표에 나와 있습니다. pre-charging circuit 는 380-500VAC 및 525-690VAC 에 적합합니다.

pre-charging 없이 액티브 프론트 엔드 장치를 주 전원에 연결해서는 안됩니다. pre-charging circuit 의 올바른 작동을 보장하기 위해 Active Front End 는 pre-charging circuit 컨택터 뿐만 아니라 입력 회로 차단기 또는 컨택터를 제어해야 합니다. 일반적인 연결을 보여주는 회로도.

Table 24. Pre-charging circuit's Min and Max capacitance

| Frame size | Resistance | Capacitance   |                |
|------------|------------|---------------|----------------|
|            |            | Min           | Max            |
| FI9        | 2x47R      | 4950 $\mu$ F  | 30000 $\mu$ F  |
| FI10       | 2x20R      | 9900 $\mu$ F  | 70000 $\mu$ F  |
| FI13       | 2x11R      | 29700 $\mu$ F | 128000 $\mu$ F |

Active Front End 의 애플리케이션 소프트웨어는 릴레이 출력 RO2 를 사용하여 시스템의 메인 컨택터를 제어합니다 (아래 그림의 배선도 참조). 중간 회로가 pre-charged 되면 릴레이 출력 RO2 가 메인 컨택터를 닫습니다. 디지털 입력 (기본적으로 DIN4)은 메인 컨택터의 상태를 모니터링 합니다. 메인 컨택터 모니터링은 기본적으로 켜져 있습니다. Pre-charging 이 완료되기 전에 메인 컨택터 또는 차단기를 닫는 것은 불가능하여야 합니다. 컨택터의 개방은 부하가 없을 때만 허용됩니다.

**NOTE :** pre-charging circuit 를 중간 회로에 연결하는 데 사용되는 배선은 이중 절연되어야 합니다.

### 9.5.2.3 병렬화

여러 Active Front End 장치를 동일한 입력 변압기에 병렬로 연결하여 전원 공급 장치의 전원을 늘릴 수 있습니다. 장치간 통신이 필요하지 않습니다. 그들은 독립적으로 작동합니다.

병렬 처리에는 Vacon 의 표준 LCL 필터를 사용해야 합니다. Vacon 의 표준 LCL 필터 이외의 필터를 병렬 연결된 Active Front End 장치에 사용하면 Active Front End 장치간에 너무 큰 순환 전류가 생성 될 수 있습니다. 특정 매개 변수 설정에 대해서는 응용 프로그램 설명서를 참조하십시오.

병렬로 연결된 각 Active Front End 장치에는 AC 및 DC 측 모두에 자체 단락 보호 기능이 있어야 합니다. 병렬 연결시 전체 시스템의 충분한 단락 용량에 주의를 기울여야 합니다.

병렬로 연결된 Active Front End 장치의 용량 감소율은 DC Power 의 5 %입니다. 입력 장치를 선택할 때 이 점을 고려하십시오.

AFE 장치를 AC 및 DC 전압에서 분리하려면, 병렬로 연결된 다른 Active Front End 장치를 사용하는 경우 AC 입력 및 DC 출력에 별도의 아이슬레이터가 필요합니다.

AC 입력은 소형 회로 차단기, 일반 회로 차단기 또는 퓨즈 스위치를 사용하여 절연할 수 있습니다. 컨택터는 안전한 위치에서 잠글 수 없기 때문에 AC 입력 절연에 적합하지 않습니다. 퓨즈 스위치를 사용하여 DC 출력을 절연할 수 있습니다.

또한 pre-charging circuit 를 AC 입력에서 분리해야 합니다. 이를 위해 부하 격리 스위치 또는 안전 격리 스위치를 사용할 수 있습니다.

병렬 연결된 다른 Active Front End 장치가 이미 연결되어 실행중인 경우에도 Active Front End 장치를 주 전원에 연결할 수 있습니다. 이 경우 격리된 AFE 장치를 먼저 pre-charging 해야 합니다. 완료되면 AC 입력을 켤 수 있습니다. 그런 다음 장치를 중간 DC 회로에 연결할 수 있습니다.

#### 9.5.2.4 Common pre-charging circuit

병렬 Active Front End 장치의 경우 하나의 Common pre-charging circuit 를 사용할 수 있습니다. 중간 회로의 정전 용량이 최대 값을 초과하지 않으면 standard pre-charging circuit 를 사용할 수 있습니다. 예를 들어, 3 개의 FI10 Active Front End 장치를 병렬로 연결하는 경우 FI13 Active Front End 장치의 pre-charging circuit 를 사용할 수 있습니다.

모든 병렬 Active Front End 장치에 공통 회로 차단기가 있는 경우 Active Front End 장치 중 하나를 통해 차단기를 제어 할 수 있습니다. 병렬 연결된 각 Active Front End 장치에 자체 회로 차단기가 있으면 각 Active Front End 가 자체 차단기를 제어합니다. 아래 그림을 참조하십시오.

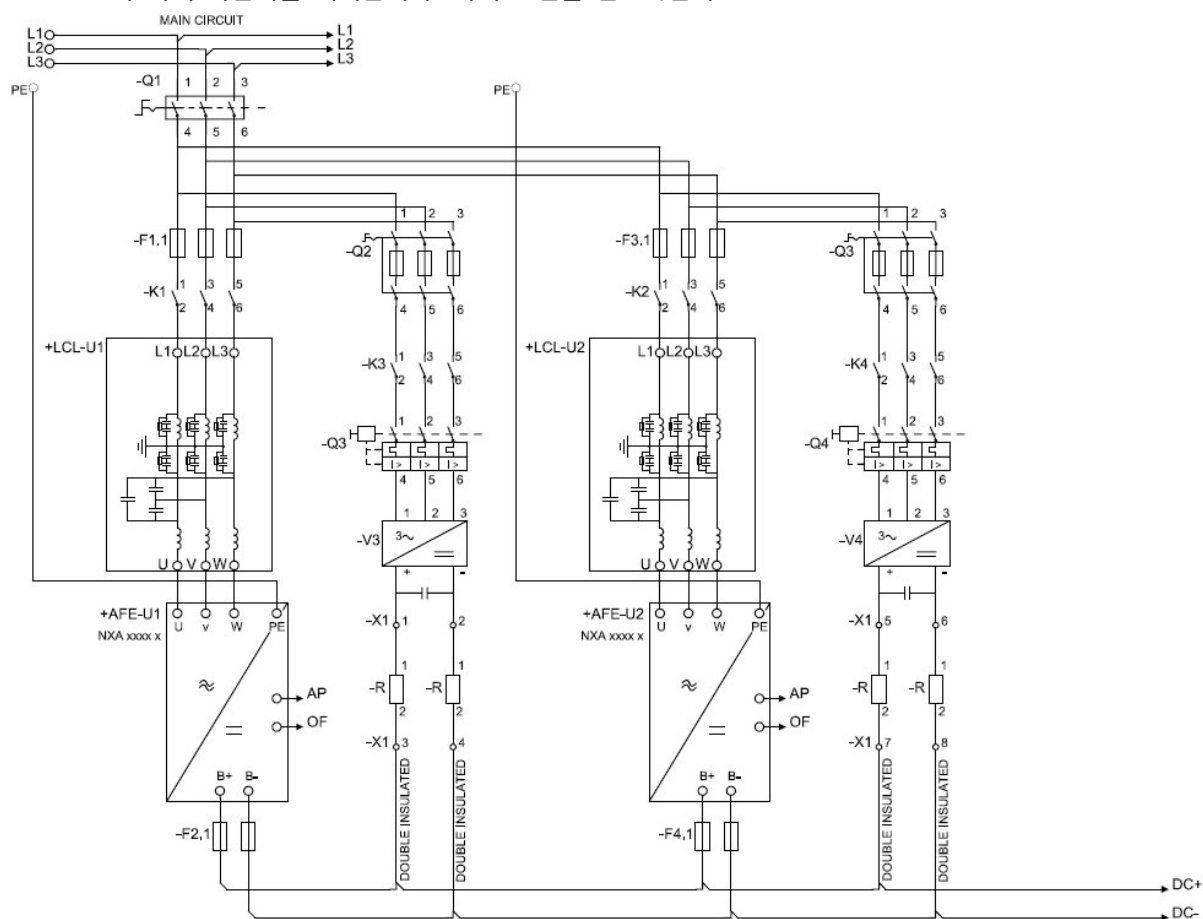


Figure 70. Active Front End units connected in parallel, with own pre-charging circuits

### 9.5.3 LCL Filter

AFE 는 항상 전원 측에 전용 LCL 필터가 필요합니다. Vacon 의 제품 범위에는 공냉 및 수냉식 LCL 필터가 포함됩니다.

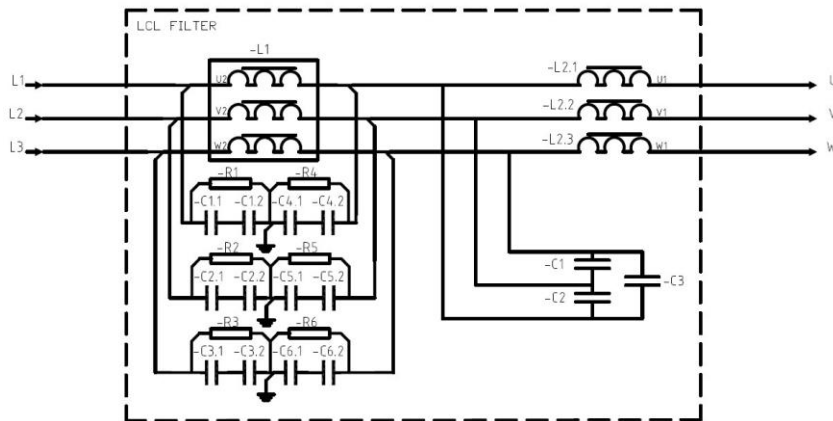


Figure 71. Main circuit of an LCL filter

| VACON |  |                                                                                                        |   |                                                                         |  |  |  |  |  | LCL | 0261 | 5 | B | 0 | R | 0 | 1 | 1 | T |
|-------|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|-----|------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| LCL   |  | <div>■ 제품 분류<br/>LCL = AFE용 LCL필터</div>                                                                |   |                                                                         |  |  |  |  |  |     |      |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 0261  |  | 0261                                                                                                   | 5 | <div>■ 정격전류 (nominal current)<br/>0261 = 261A, 1300 = 1300A, etc.</div> |  |  |  |  |  |     |      |   |   |   |   |   |   |   |   |
|       |  | 0460                                                                                                   | 5 |                                                                         |  |  |  |  |  |     |      |   |   |   |   |   |   |   |   |
|       |  | 1300                                                                                                   | 5 |                                                                         |  |  |  |  |  |     |      |   |   |   |   |   |   |   |   |
|       |  | 0170                                                                                                   | 6 |                                                                         |  |  |  |  |  |     |      |   |   |   |   |   |   |   |   |
|       |  | 0325                                                                                                   | 6 |                                                                         |  |  |  |  |  |     |      |   |   |   |   |   |   |   |   |
|       |  | 1030                                                                                                   | 6 |                                                                         |  |  |  |  |  |     |      |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 5     |  | <div>■ 전압등급 (nominal supply voltage)<br/>5 = 380-500 VAC    6 = 525-690 VAC</div>                      |   |                                                                         |  |  |  |  |  |     |      |   |   |   |   |   |   |   |   |
| B     |  | <div>■ Version(하드웨어)<br/>A = DC/DC power supply가 없는 DC 팬<br/>B = 내장형 DC/DC power supply를 갖춘 DC 팬</div> |   |                                                                         |  |  |  |  |  |     |      |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 0     |  | <div>■ IP등급<br/>0 = IP00, FI9-13</div>                                                                 |   |                                                                         |  |  |  |  |  |     |      |   |   |   |   |   |   |   |   |
| R     |  | <div>■ Reserve</div>                                                                                   |   |                                                                         |  |  |  |  |  |     |      |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 0     |  | <div>■ Reserve</div>                                                                                   |   |                                                                         |  |  |  |  |  |     |      |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 1     |  | <div>■ Reserve</div>                                                                                   |   |                                                                         |  |  |  |  |  |     |      |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 1     |  | <div>■ 냉각 팬 type<br/>1 = DC 팬</div>                                                                    |   |                                                                         |  |  |  |  |  |     |      |   |   |   |   |   |   |   |   |
| T     |  | <div>■ 제조업체<br/>T = Trafotek</div>                                                                     |   |                                                                         |  |  |  |  |  |     |      |   |   |   |   |   |   |   |   |

Table 25. Dedicated LCL filter product range, supply voltage 380-500VAC, air cooled

| Unit       |       | Low overload<br>(AC current) | DC Power (continuous) |                      | Dedicated LCL filter's<br>code |
|------------|-------|------------------------------|-----------------------|----------------------|--------------------------------|
| Code       | Frame | $I_{L-cont}$ (A)             | 400V mains<br>P (kW)  | 500V mains<br>P (kW) |                                |
| NXA_0261 5 | FI9   | 261                          | 176                   | 220                  | LCL02615 A/B* 0R011T           |
| NXA_0460 5 | FI10  | 460                          | 310                   | 388                  | LCL04605 A/B* 0R011T           |
| NXA_1300 5 | FI13  | 1300                         | 876                   | 1095                 | LCL13005 A/B* B0R011T          |

\*A = DC fan without DC/DC power supply

B = DC fan with integrated DC/DC power supply

Table 26. Dedicated LCL filter product range, supply voltages 525-690VAC, air cooled

| Unit       |       | Low overload (AC current) | DC Power (continuous) | Dedicated LCL filter's code |
|------------|-------|---------------------------|-----------------------|-----------------------------|
| Code       | Frame | $I_{L-cont}$ (A)          | 690V mains P (kW)     |                             |
| NXA_0170 6 | FI9   | 170                       | 198                   | LCL01706 A/B* 0R011T        |
| NXA_0325 6 | FI10  | 325                       | 378                   | LCL03256 A/B* 0R011T        |
| NXA_1030 6 | FI13  | 1030                      | 1199                  | LCL10306 A/B* 0R011T        |

\*A = DC fan without DC/DC power supply

B = DC fan with integrated DC/DC power supply

Table 27. Dedicated LCL product range, liquid cooled

| Vacon type   | Current/A | Usability |          |
|--------------|-----------|-----------|----------|
|              |           | 400-500V  | 525-690V |
| RCL-0385-6-0 | 385       |           | x        |
| RCL-0520-6-0 | 520       | x         | x        |
| RCL-0750-6-0 | 750       | x         | x        |
| RCL-0920-6-0 | 920       | x         | x        |
| RCL-1180-6-0 | 1180      | x         | x        |
| RCL-1640-6-0 | 1640      | x         | x        |
| RCL-2300-5-0 | 2300      | x         |          |



Figure 72. An LCL filter

### 9.5.4 Inverter Unit

인버터 장치는 AC 모터의 공급 및 제어를 위한 양방향 DC 공급 전력 인버터입니다. FR 7 이하의 공랭식 인버터 장치의 보호 등급은 IP21 또는 IP54 입니다. 더 큰 공랭식 및 모든 수랭식 인버터는 IP00 입니다.

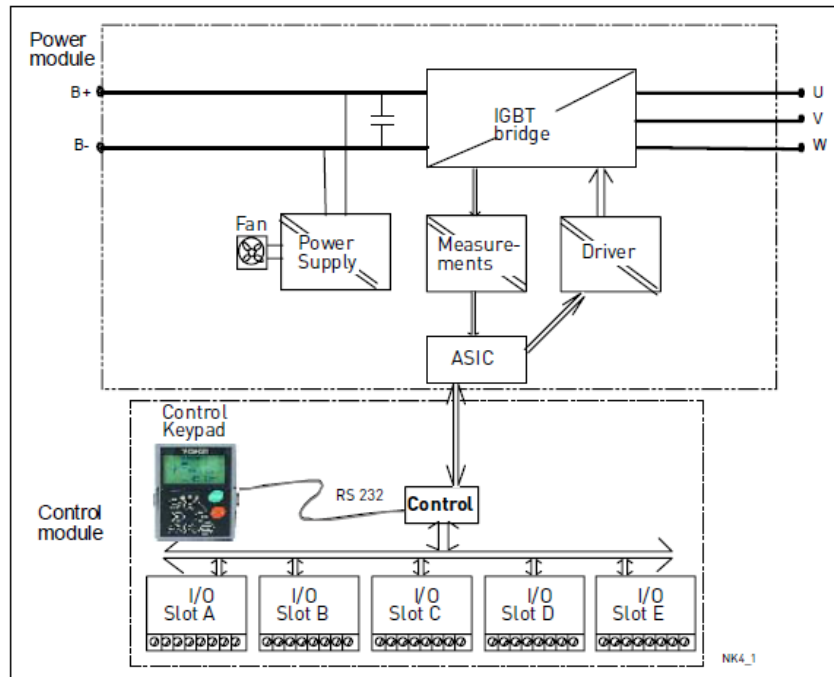


Figure 73. NXI block diagram

#### 9.5.4.1 Fuse and pre-charging

FR4 에서 FR8 까지의 인버터 장치에는 프리차징 회로가 내장되어 있습니다. 더 큰 장치와 모든 수냉식 인버터 장치에는 프리차징 회로가 내장되어 있지 않습니다.

인버터를 활성화되어 있는 DC bus 에서 분리하고 다시 연결해야 할 경우 절연 스위치가 필요한지 또는 퓨즈와 직접 연결해야 하는지가 정의됩니다.

- 프리차징이 내장된 인버터를 활성화된 DC bus 에서 분리했다가 다시 연결해야 하는 경우 퓨즈 스위치를 사용할 수 있습니다.
- 내장된 프리차징 기능이 없는 인버터를 분리했다가 다시 연결해야하는 경우 충전 스위치 또는 다른 프리차징 방법이 필요합니다.
- 인버터를 작동중인 DC bus 에서 분리했다가 다시 연결할 필요가 없으면 직접 퓨즈 연결로 충분합니다.

#### 9.5.4.2 Inverter pre-charging switches

프리차징 스위치는 동작중인 DC busbar 에서 인버터 모듈을 연결 및 분리하는 데 사용됩니다. 프리차징 회로에는 저항과 퓨즈도 필요합니다. 아래 표의 프리차징 전류에 따라 프리차징 회로의 퓨즈를 선택하십시오.

프리차징 스위치는 다른 제어 전압으로 사용할 수 있습니다. V1 은 코일의 제어 전압이 110VAC 이고, V2 는 코일의 제어 전압이 230VAC 임을 의미합니다.

연결 지침은 제품 설명서를 참조하십시오.

Pre-charging switch type codes:

- CHAR-SWITCH-INU-FI9-FI10-V1
- CHAR-SWITCH-INU-FI9-FI10-V2
- CHAR-SWITCH-INU-FI12-V1
- CHAR-SWITCH-INU-FI12-V2
- CHAR-SWITCH-INU-FI13-V1
- CHAR-SWITCH-INU-FI13-V2

Charging resistor type codes:

- CHAR-RESIS-INU-11R
- CHAR-RESIS-INU-20R
- CHAR-RESIS-INU-35R
- CHAR-RESIS-INU-47R

Table 28. Pre-charging components for 380–500VAC inverter units

| Frame | Pre-charging components  |                        |            | Values            |                      |                  |
|-------|--------------------------|------------------------|------------|-------------------|----------------------|------------------|
|       | OEVA                     | Resistor*              | Resistance | Charging time (s) | Charging current (A) | Peak current (A) |
| FI9   | CHAR-SWITCH-INU-FI9-FI10 | CHAR-RESIS-INU-35R     | 35ohm      | 0,558             | 3,9                  | 7,7              |
| FI10  | CHAR-SWITCH-INU-FI9-FI10 | CHAR-RESIS-INU-35R     | 35ohm      | 1,115             | 3,9                  | 7,7              |
| FI12  | CHAR-SWITCH-INU-FI12     | 2 x CHAR-RESIS-INU-35R | 35ohm      | 1,115             | 3,9                  | 7,7              |
| FI13  | CHAR-SWITCH-INU-FI13     | CHAR-RESIS-INU-11R     | 11ohm      | 1,052             | 12,4                 | 24,5             |
| FI14  | CHAR-SWITCH-INU-FI13     | 2 x CHAR-RESIS-INU-11R | 11ohm      | 1,052             | 12,4                 | 24,5             |

\*The resistor type code refers to two resistors. Thus a delivery of 2 x CHAR-RESIS-INU-35R contains 4 resistors.

Table 29. Pre-charging components for 525–690VAC inverter units

| Frame | Pre-charging components  |                        |            | Values            |                      |                  |
|-------|--------------------------|------------------------|------------|-------------------|----------------------|------------------|
|       | OEVA                     | Resistor*              | Resistance | Charging time (s) | Charging current (A) | Peak current (A) |
| FI9   | CHAR-SWITCH-INU-FI9-FI10 | CHAR-RESIS-INU-47R     | 47ohm      | 0,565             | 5,0                  | 9,9              |
| FI10  | CHAR-SWITCH-INU-FI9-FI10 | CHAR-RESIS-INU-47R     | 47ohm      | 1,130             | 5,0                  | 9,9              |
| FI12  | CHAR-SWITCH-INU-FI12     | 2 x CHAR-RESIS-INU-47R | 47ohm      | 1,130             | 5,0                  | 9,9              |
| FI13  | CHAR-SWITCH-INU-FI13     | CHAR-RESIS-INU-20R     | 20ohm      | 1,442             | 11,7                 | 23,3             |
| FI14  | CHAR-SWITCH-INU-FI13     | 2 x CHAR-RESIS-INU-20R | 20ohm      | 1,442             | 11,7                 | 23,3             |

\*The resistor type code refers to two resistors. Thus a delivery of 2 x CHAR-RESIS-INU-35R contains 4 resistors.

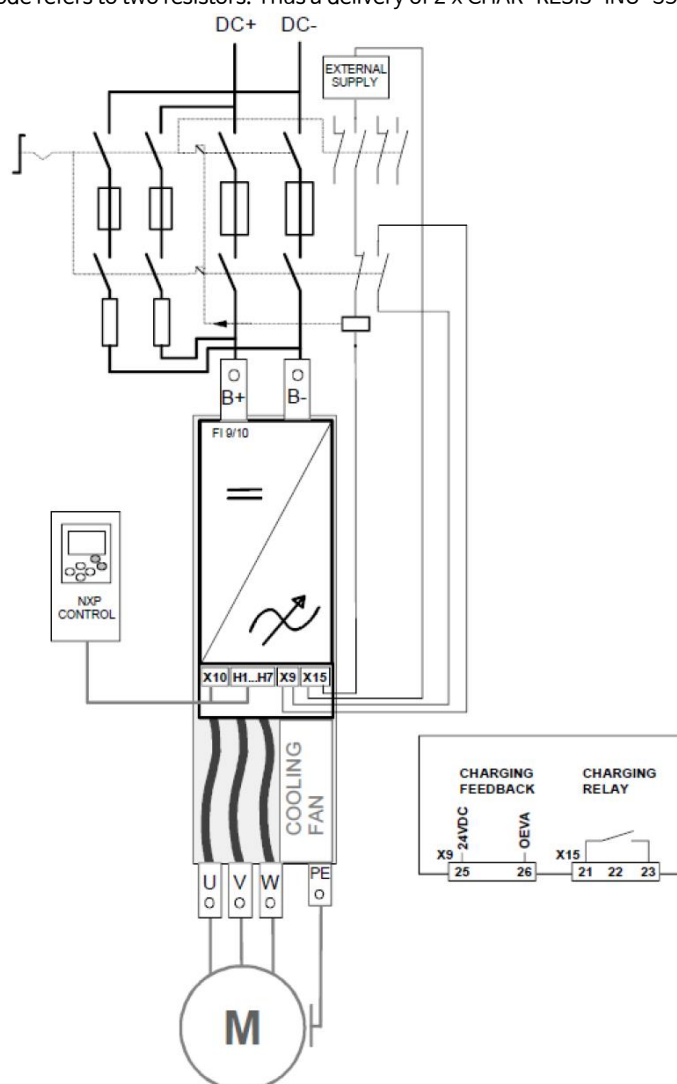


Figure 74. FI9/FI10 Basic wiring diagram with charging

## 9.5.4.3 INU unit's Type Code

| NXI  | 0004 | 5  | A  | 2  | T  | 0  | C  | S  | V  | A1 | A2 | 00 | 00 | 00 |
|------|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| NXI  | 0004 | 5  | A  | 2  | T  | 0  | C  | S  | V  | A1 | A2 | 00 | 00 | 00 |
| NXI  | 0004 | 5  | A  | 2  | T  | 0  | C  | S  | V  | A1 | A2 | 00 | 00 | 00 |
| 0004 | 5    | A  | 2  | T  | 0  | C  | S  | V  | A1 | A2 | 00 | 00 | 00 | 00 |
| 5    | A    | 2  | T  | 0  | C  | S  | V  | A1 | A2 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 |
| A    | 2    | T  | 0  | C  | S  | V  | A1 | A2 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 |
| 2    | T    | 0  | C  | S  | V  | A1 | A2 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 |
| T    | 0    | C  | S  | V  | A1 | A2 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 |
| 0    | C    | S  | V  | A1 | A2 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 |
| C    | S    | V  | A1 | A2 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 |
| S    | V    | A1 | A2 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 |
| V    | A1   | A2 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 |
| A1   | A2   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 |
| A2   | 00   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 |
| 00   | 00   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 |
| 00   | 00   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 |
| 00   | 00   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 |

Figure 75. 공냉식 inverter unit's type code, frames F19 - F114

| NXP  | 0004 | 5  | A  | 2  | T  | 1  | S  | S  | V  | A1 | A2 | 00 | 00 | 00 |
|------|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| NXP  | 0004 | 5  | A  | 2  | T  | 1  | S  | S  | V  | A1 | A2 | 00 | 00 | 00 |
| NXP  | 0004 | 5  | A  | 2  | T  | 1  | S  | S  | V  | A1 | A2 | 00 | 00 | 00 |
| 0004 | 5    | A  | 2  | T  | 1  | S  | S  | V  | A1 | A2 | 00 | 00 | 00 | 00 |
| 5    | A    | 2  | T  | 1  | S  | S  | V  | A1 | A2 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 |
| A    | 2    | T  | 1  | S  | S  | V  | A1 | A2 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 |
| 2    | T    | 1  | S  | S  | V  | A1 | A2 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 |
| T    | 1    | S  | S  | V  | A1 | A2 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 |
| 1    | S    | S  | V  | A1 | A2 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 |
| S    | S    | V  | A1 | A2 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 |
| S    | V    | A1 | A2 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 |
| V    | A1   | A2 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 |
| A1   | A2   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 |
| A2   | 00   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 |
| 00   | 00   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 |
| 00   | 00   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 |
| 00   | 00   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 |

Figure 76. 공냉식 inverter unit's type code, NXP

인버터 제품군에는 두 가지 전압 범위의 공냉식 및 수냉식 장치가 모두 포함됩니다. 자세한 내용은 제품 브로셔 및 설명서를 참조하십시오.

## 9.5.5 Brake Chopper Unit and Brake Resistors

BCU (Brake chopper unit)는 Common DC bus Drive 라인업에서 에너지가 열로 소모되는 저항에 과도한 에너지를 공급하기 위한 단방향 전력 변환기입니다. 외부 저항이 필요합니다. 두 개의 제동 저항을 사용하면 제동 초퍼의 제동력이 두 배가 됩니다.

## 9.6 결선도 예

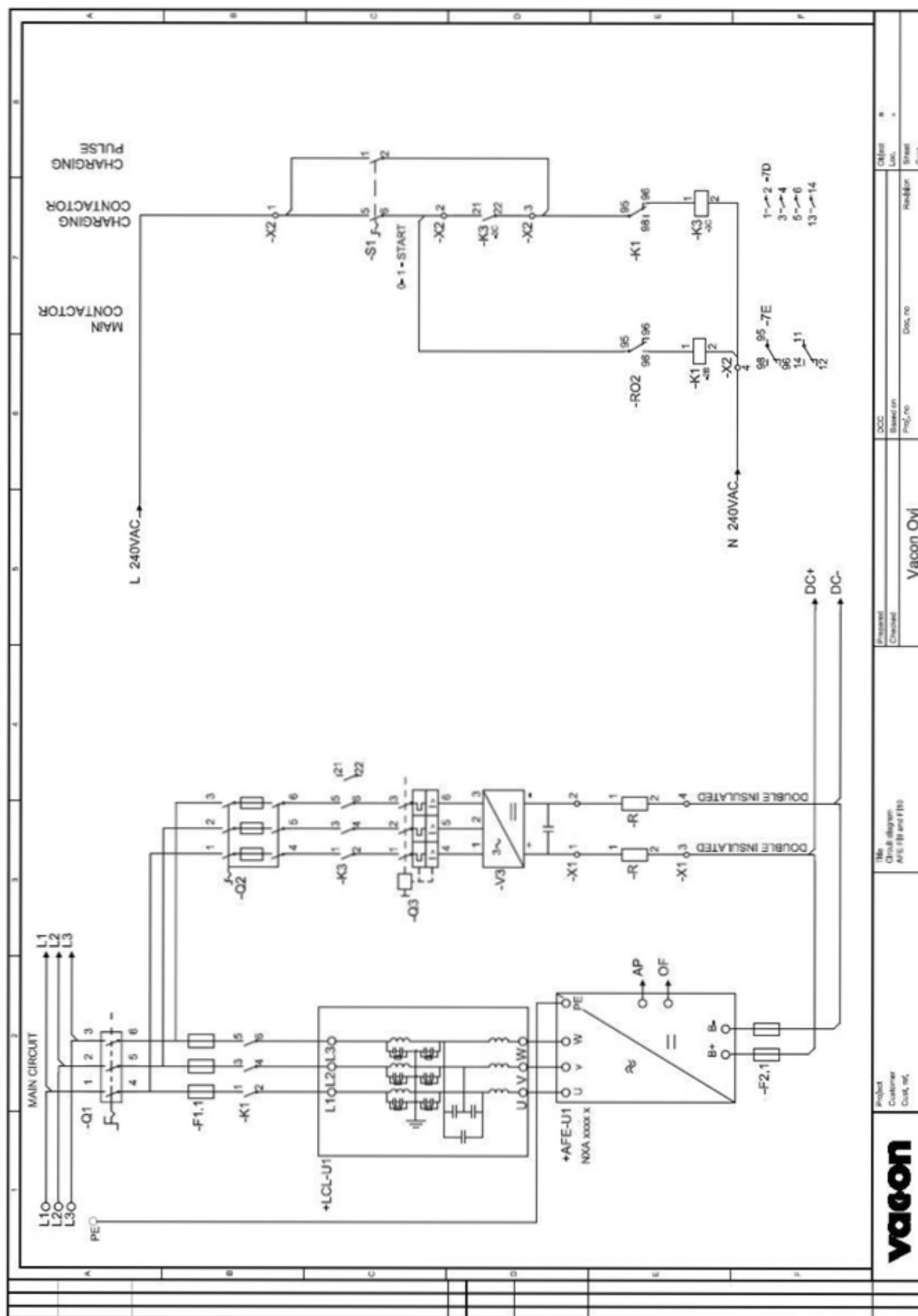


Figure 77. Wiring diagram for FI9 and FI10

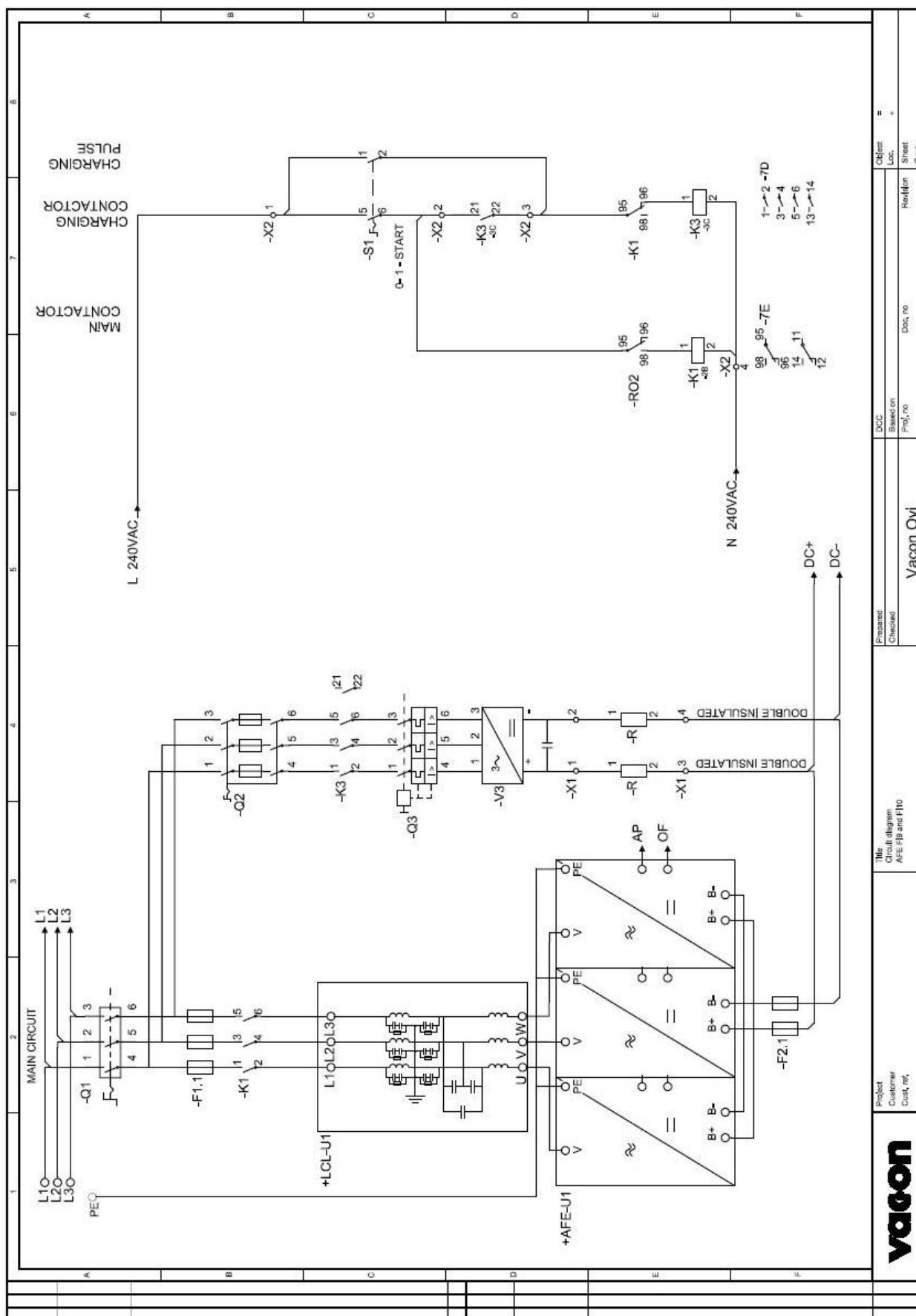


Figure 78. Wiring diagram for FI13

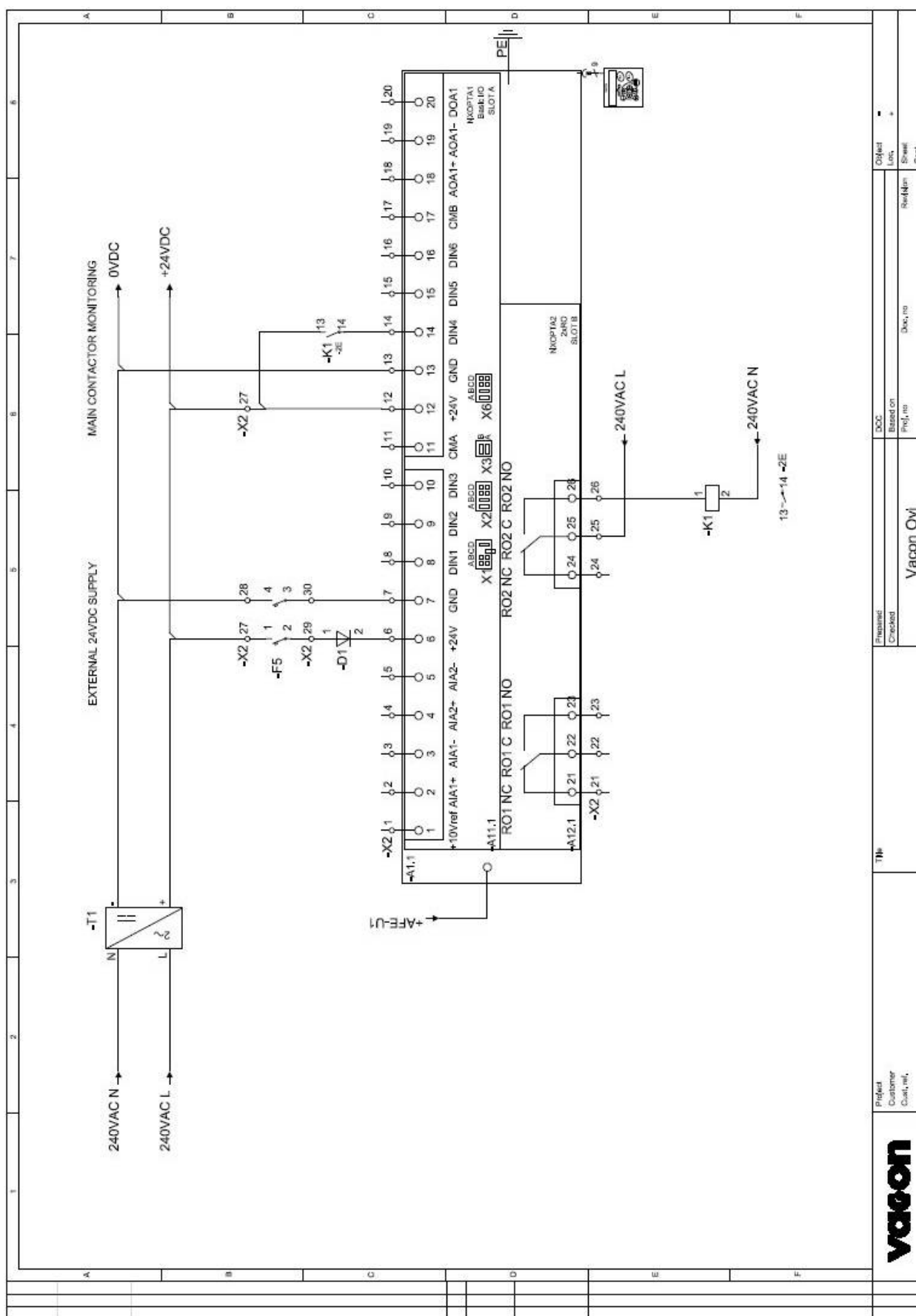


Figure 79. Wiring diagram for a control unit

## 10. Cabinet Installation

보호 등급 IP00 의 드라이브 모듈은 항상 설치 캐비닛 또는 인클로저에 설치해야 합니다. 적절한 설치 캐비닛 유형을 선택하여 전체 드라이브 시스템의 실제 보호 등급을 조정할 수 있습니다. 외함은 활성부품 (IP2x)과 접촉할 수 있는 충분한 차폐물을 제공해야 합니다.

스위치기어 설계는 모든 연결 케이블과 보조 장치 (예 : 페라이트)를 위해 충분한 공간을 확보해야 합니다. 케이블 연결을 위한 공간도 있어야 합니다. 스위치기어 내에 모듈을 설치하면 팬 및 외부 퓨즈 변경, 전기 연결점 점검 및 재조임과 같은 서비스 작업이 가능해야 합니다.

스위치기어 설계, 설치 및 장착은 현지 법률 및 규정을 준수해야 합니다. 또한 설치 시설이 스위치기어 구성으로 설정한 요구 사항을 알아야 합니다. 이러한 요구 사항에는 주변 조건과 실제 설치 공간의 크기가 포함됩니다.

busbar 및 케이블 뿐만 아니라 냉각 시스템은 연속 온도 및 부하의 "최악의 시나리오"에 따라 치수를 정해야 합니다. 보조 구성 요소를 선택할 때 너무 높은 주변 온도로 인한 고장을 피하기 위해 구성 요소의 등급을 확인해야 합니다.

IP00 모듈은 적절한 AC 및/또는 DC 퓨즈 또는 회로 차단기를 사용하여 단락 전류로부터 보호해야 합니다. 퓨즈 선택에 대해서는 관련 제품 설명서를 참조하십시오.

### 10.1 IP00 공급에 포함된 제품

- AC 초크 (수냉식 드라이브의 경우 초크를 주문에서 제외 할 수 있지만 초크는 강제적 임)
- IP00 Power module
- 컨트롤 유닛
- 출력 필터 (옵션)

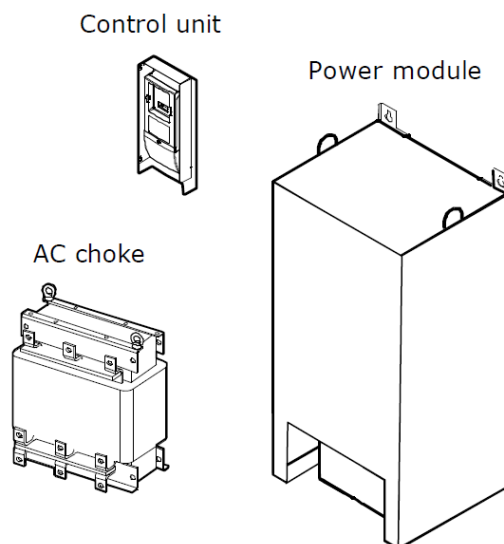


Figure 80. Main items of an IP00 drive unit delivery

### 10.2 공냉식 NXP IP00 모듈 구성

#### 10.2.1 Frame 10 and 11

FR10 및 FR11 드라이브의 Power Unit 은 단일 프레임에 포함되어 있습니다. 드라이브 장치는 6 펄스 및 12 펄스 버전으로 제공 됩니다. 펄스 시스템은 드라이브 장치의 치수에 영향을 미치지 않습니다. AC 초크의 수는 펄스 시스템에 따라 다릅니다. 6 펄스 드라이브에는 1 개의 AC 초크가 필요하고 12 펄스 드라이브에는 2 개의 AC 초크가 필요합니다. 초크는 외부에 있으며 별도로 배송됩니다. 브레이크 초퍼는 선택 사양이며 드라이브 장치의 치수에는 영향을 미치지 않습니다.

제어장치(Control unit)는 Power Unit 에 광학적으로 연결되어 분리되거나 아래 그림과 같이 전력 모듈 덮개에 설치될 수 있습니다. 제어장치가 광학연결과 함께 공급되는데, 공급품에는 예를 들어 캐비닛 도어에 설치하는데 필요한 고정판도 포함되어 있습니다.



Figure 81. FR10 and FR11

### 10.2.2 Frame 12

프레임 12 는 제어 장치와 스타 커플러 보드를 사용하여 함께 연결된 두 개의 별도 전력 모듈로 구성됩니다. 제어 장치는 전원 장치에 광학적으로 연결되어 분리되거나 위와 아래 그림과 같이 전원 모듈의 덮개에 설치될 수 있습니다. AC 초크는 별도로 제공됩니다. 브레이크 초퍼는 옵션이며 프레임에 통합할 수 있습니다. 따라서 치수에는 영향을 미치지 않습니다.

프레임 12 는 6 펄스 및 12 펄스 버전으로 제공되며, 펄스 시스템은 치수 또는 초크 수량에 영향을 미치지 않습니다. FR12 드라이브에는 항상 두 개의 AC 초크가 필요합니다.



Figure 82. FR12

### 10.2.3 Frame 13 and 14

프레임 13 및 14 드라이브는 Common DC bus 제품군을 기반으로 합니다. 항상 하나의 제어 장치가 있습니다. 전력 모듈은 NFE (비 회생 프론트 엔드) 장치와 INU (인버터) 장치로 구성됩니다. 프레임 13 공급은 항상 1 INU 를 포함하고, 프레임 14 공급은 스타 커플러 보드를 사용하여 연결된 2 INU 를 포함합니다. 펄스 시스템 (6 펄스 또는 12 펄스)에 따라 2, 3 또는 4 개의 NFE 장치가 있을 수 있습니다. 따라서 펄스 시스템은 드라이브 시스템의 치수에 직접적인 영향을 미칩니다.

AC 초크의 수는 NFE 장치 수에 따라 다르며 각 NFE 장치마다 하나의 AC 초크가 있어야 합니다. 별도로 공급 됩니다.

브레이크 초퍼는 통합할 수 없으며 항상 외부에 있습니다. FR13 및 FR14 에는 프레임별 브레이크 초퍼가 없습니다. Common DC bus 브레이크 초퍼 범위에서 브레이크 초퍼 장치를 선택할 수 있습니다. 브레이크 초퍼는 크기가 다르므로 드라이브 시스템의 크기에 영향을 미칩니다.

제어 장치는 항상 광 케이블을 사용하여 연결됩니다. 공급시 고정판이 포함되어 있는데, 이는 고정 장치를 포함하여 제어 장치를 캐비닛 도어와 같이 설치하는 데 필요합니다.

FR14에서는 두 개의 외부 dU/dt 필터가 기본적으로 제공됩니다. 다른 프레임의 경우 옵션입니다.

치수 및 제품 유형에 대한 자세한 내용은 IP00 모듈 설치 안내서를 참조하십시오.



Figure 83. Frames 13 and 14

### 10.3 수냉식 NXP IP00 모듈 구성

모든 수냉식 드라이브는 NXP 제어 플랫폼을 사용합니다. 제어 장치는 전력 장치에 광학적으로 연결되어 별도로 제공됩니다. 공급시 제어 장치를 설치하기 위한 고정판, 예를 들어 캐비닛 도어가 포함되어 있습니다. 모든 수냉식 드라이브 모듈의 보호 등급은 항상 IP00 이며, 캐비닛 또는 기타 인클로저에 설치 해야합니다. 여러 모듈로 구성된 모든 수냉식 드라이브 장치는 장착 브래킷에 설치됩니다.

초크가 필요한 경우 표준 수냉식 드라이브 공급 장치에는 공랭식 AC 초크가 포함됩니다.

#### 10.3.1 Chassis 3, Chassis 4 and Chassis 5

CH3, CH4 및 CH5 주파수 변환기는 6 펄스 버전으로만 제공됩니다. 외부 AC 초크가 필요합니다.



Figure 84. CH3, CH4 and CH5 frequency converters

Table 30. Power ranges for CH3, CH4 and CH5

|     | 400-500 VAC (465-800 VDC) |
|-----|---------------------------|
| CH3 | 7,5-37 kW                 |
| CH4 | 37-90 kW                  |
| CH5 | 90-160 kW                 |

CH3, CH4 및 CH5 브레이크 초퍼 장치에는 AC 초크가 필요하지 않지만 외부 브레이크 저항이 필요합니다. CH3, CH4 및 CH5 인버터 장치에는 DC 전원이 필요합니다.

#### 10.3.2 Chassis 61 and Chassis 63

CH61 및 CH63 주파수 변환기는 6 펄스 버전으로만 제공됩니다. 외부 AC 초크가 필요합니다.

CH61 및 CH63 브레이크 초퍼 장치에는 AC 초크가 필요하지 않지만 외부 브레이크 저항이 필요합니다.

CH61 및 CH63 인버터 장치에는 DC 공급 장치가

Figure 84. CH 61 and CH 63 frequency converters



Table 31. Power ranges for CH61 and CH63

|      | 400-500 VAC (465-800 VDC) | 525-690 V AC (640-1100 VDC) |
|------|---------------------------|-----------------------------|
| CH61 | 160-250 kW                | 110-250 kW                  |
| CH63 | 450-750 kW                | 400-700kW                   |

### 10.3.3 Chassis 62 and Chassis 64

CH62 및 CH64는 DC 전원이 필요한 전용 인버터 장치입니다.  
CH62 및 CH64 브레이크 초퍼 장치에는 AC 초크가 필요하지 않지만 외부 브레이크 저항이 필요합니다.



Figure 86. CH62 and CH64 inverter units

Table 32. Power ranges for CH62 and CH64

|      | 400-500 VAC (465-800 VDC) | 525-690 V AC (640-1100 VDC) |
|------|---------------------------|-----------------------------|
| CH62 | 250-500 kW                | 200-450 kW                  |
| CH64 | 700-1500 kW               | 560- 1550 kW                |

### 10.3.4 Chassis 72 and Chassis 74

CH72 및 CH74 주파수 변환기는 6 펄스 및 12 펄스 버전으로 제공됩니다. CH74 6-펄스 버전에는 3 개의 병렬 정류기가 포함되어 있으므로 18-펄스 솔루션을 엮는 데에도 사용할 수 있습니다. 외부 AC 초크가 필요합니다.

CH72 브레이크 초퍼 옵션은 6 펄스 버전에서만 사용할 수 있습니다. CH74 브레이크 초퍼 옵션은 6 펄스 및 12 펄스 버전으로 제공됩니다.



Figure 87. CH72 and CH74 frequency converters

Table 33. Power ranges for CH72 and CH74

|      | 400-500 VAC (465-800 VDC) | 525-690 V AC (640-1100 VDC) |
|------|---------------------------|-----------------------------|
| CH72 | 250-500 kW                | 200-450 kW                  |
| CH74 | 700-1500 kW               | 560-1550 kW                 |

### 10.3.5 2xChassis 64 and 2xChassis 74

2 x CH64 및 2 x CH74 주파수 변환기는 각각 스타 커플러 보드를 사용하여 연결된 하나의 제어 장치와 2 개의 전원 모듈로 구성됩니다.

2 x CH74 에 브레이크 초퍼가 사용되는 경우, 브레이크 초퍼가 동기화되지 않기 때문에 중간 DC 회로를 함께 연결해야 합니다. 이것은 제동 시스템의 작동을 보장합니다.

자세한 내용은 제품 설명서를 참조하십시오.

Table 34. Power ranges for 2xCH64 and 2xCH74

|          | 400-500 VAC (465-800 VDC) | 525-690 V AC (640-1100 VDC) |
|----------|---------------------------|-----------------------------|
| 2 X CH64 | 1300-2700 kW              | 1250-2800 kW                |
| 2 X CH74 | 1300-2700 kW              | 1250-2800 kW                |

## 10.4 AC Chokes

입력 초크는 모터 제어를 위한 필수 구성 요소로, 전류 및 전압의 급격한 변화로부터 입력 및 DC 링크 구성 요소를 보호하고 고조파 방지 기능으로 필요합니다. 입력 초크는 Vacon 수냉식 주파수 변환기 (인버터 아님)의 표준 제공에 포함됩니다. 그러나 초크없이 주파수 변환기를 주문할 수도 있습니다.

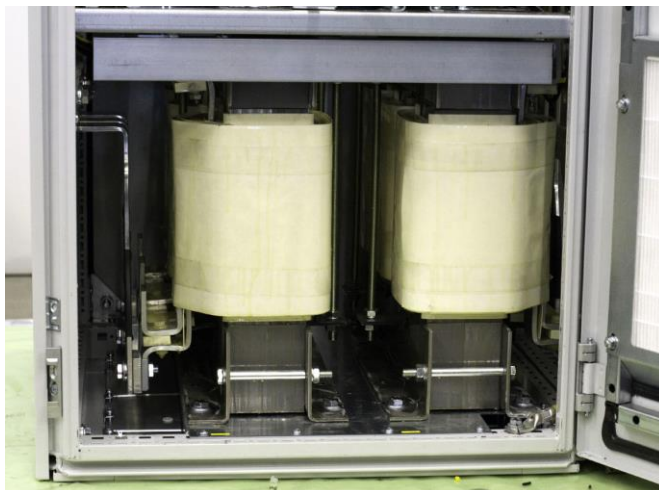


Figure 88. AC chokes

Table 35. Input chokes for 6-pulse supply

| Converter types<br>(400—500VAC) | Converter types<br>(690VAC)               | Choke type  | Thermal<br>current<br>(A) | Nominal<br>inductance<br>(μH) A/B* | Calculated loss<br>(W) |
|---------------------------------|-------------------------------------------|-------------|---------------------------|------------------------------------|------------------------|
| 0016...0022                     | 0012...0023                               | CHK0023N6A0 | 23                        | 1900                               | 145                    |
| 0031...0038                     | 0031...0038                               | CHK0038N6A0 | 38                        | 1100                               | 170                    |
| 0045...0061                     | 0046...0062                               | CHK0062N6A0 | 62                        | 700                                | 210                    |
| 0072...0087                     | 0072...0087                               | CHK0087N6A0 | 87                        | 480                                | 250                    |
| 0105...0140                     | 0105...0140                               | CHK0145N6A0 | 145                       | 290                                | 380                    |
| 0168...0261                     | 0170...0261                               | CHK0261N6A0 | 261                       | 139/187                            | 460                    |
| 0300...0385                     | 0325...0385<br>0820...1180<br>1850...2340 | CHK0400N6A0 | 400                       | 90/126                             | 610                    |

Table 35. Input chokes for 6-pulse supply

| Converter types<br>(400—500VAC) | Converter types<br>(690VAC)               | Choke type  | Thermal<br>current<br>(A) | Nominal<br>inductance<br>(μH) A/B* | Calculated loss<br>(W) |
|---------------------------------|-------------------------------------------|-------------|---------------------------|------------------------------------|------------------------|
| 0460...0520<br>1370 (CH74)      | 0416...0502<br>1300...1500<br>2700...3100 | CHK0520N6A0 | 520                       | 65/95                              | 810                    |
| 0590...0650<br>1640             | 0590...0650<br>1700...1900                | CHK0650N6A0 | 650                       | 51/71                              | 890                    |
| 0730<br>2060                    | 0750                                      | CHK0750N6A0 | 750                       | 45/61                              | 970                    |
| 0820<br>2300                    | -                                         | CHK0820N6A0 | 820                       | 39/53                              | 1020                   |
| 0920...1030                     | -                                         | CHK1030N6A0 | 1030                      | 30/41                              | 1170                   |
| 1150                            | -                                         | CHK1150N6A0 | 1150                      | 26/36                              | 1420                   |
| 2470...2950                     |                                           | CHK0520N6A0 | 520                       | 65/95                              | 810                    |
| 3710                            |                                           | CHK0650N6A0 | 650                       | 51/71                              | 890                    |
| 4140                            |                                           | CHK0750N6A0 | 750                       | 45/61                              | 970                    |

NOTE : 기울임 꼴로 작성된 Converter Type 은 장치당 3 개의 초크가 필요합니다.

Table 36. Input chokes for 12-pulse supply

| Converter types<br>(400—500VAC) | Converter<br>types<br>(690VAC) | Choke types<br>(2 chokes<br>needed) | Thermal<br>current<br>(A) | Nominal<br>inductance<br>( $\mu$ H) A/B* | Calculated<br>loss (W) |
|---------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|------------------------------------------|------------------------|
| 0460...0520                     | 0325...0502                    | CHK0261N6A0                         | 261                       | 139/187                                  | 460                    |
| 0590...0730                     | 0590...0750                    | CHK0400N6A0                         | 400                       | 90/120                                   | 610                    |
| 0820...1030                     | 0820...1030<br>1850            | CHK0520N6A0                         | 520                       | 65/95                                    | 810                    |
| 1150<br>2300<br>2470            | 1180...1300<br>2120...2340     | CHK0650N6A0                         | 650                       | 51/71                                    | 890                    |
| 1370<br>2950                    | 1370<br>2700                   | CHK0750N6A0                         | 750                       | 45/61                                    | 970                    |
| 1640                            | 1500<br>3100                   | CHK0820N6A0                         | 820                       | 39/53                                    | 1020                   |
| 2060<br>3710                    | 1700...1900                    | CHK1030N6A0                         | 1030                      | 30/41                                    | 1170                   |
| 4140                            | -                              | CHK1150N6A0                         | 1150                      | 26/36                                    | NA                     |

NOTE : 기울임 꼴로 작성된 Converter Type 은 장치당 2 개의 초크가 필요합니다.(총 4 개)

## 10.5 Lifting the Power Module

공냉식 구동 장치의 전원 모듈의 무게는 일반적으로 100kg 을 초과하므로, 들어 올려 필요한 곳으로 옮기기 위해 특정 리프팅 장치가 필요합니다. 전원 모듈 상단에 리프팅 러그가 있습니다. 자세한 취급 지침은 제품 설명서를 참조하십시오.

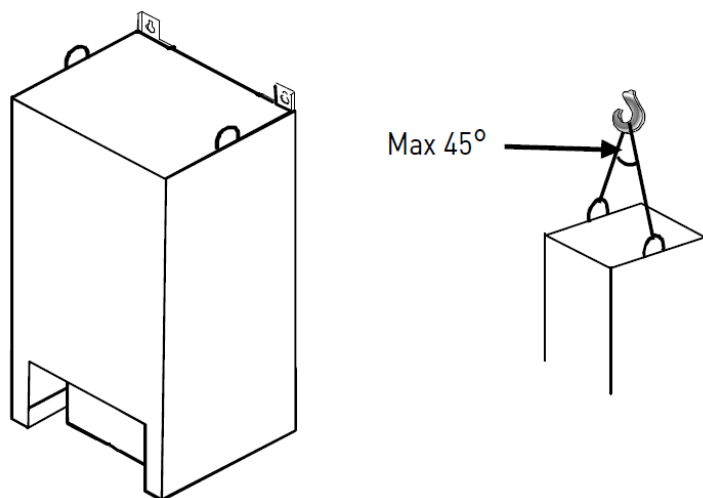


Figure 89. Lifting angle

Table 37. Weight of air cooled drive units

| Frame | Weight kg |
|-------|-----------|
| FR10  | 123       |
| FR11  | 210       |
| FI9   | 65        |
| FI10  | 100       |
| FI12  | 200       |
| FI13  | 302       |

Table 38. Dimensions of liquid cooled NXP drives consisting of one module

| Chassis | Width (mm) | Height (mm) | Depth (mm) | Weight (kg) |
|---------|------------|-------------|------------|-------------|
| CH3     | 160        | 431         | 246        | 30          |
| CH4     | 193        | 493         | 257        | 35          |
| CH5     | 246        | 553         | 264        | 40          |
| CH61/62 | 246        | 658         | 372        | 55          |
| CH63    | 505        | 923         | 375        | 120         |
| CH64    | 746        | 923         | 375        | 180         |
| CH72    | 246        | 1076        | 372        | 90          |
| CH74    | 746        | 1175        | 385        | 280         |

드라이브 장치의 장착베이스는 위 표의 치수에 포함되어 있지만 AC 초크는 포함되어 있지 않습니다.

## 10.6 Installing the Power Module

전력 모듈은 큐비클의 후면에서 수직 위치에 장착할 수 있습니다. 자세한 설치 지침은 제품 설명서를 참조하십시오.

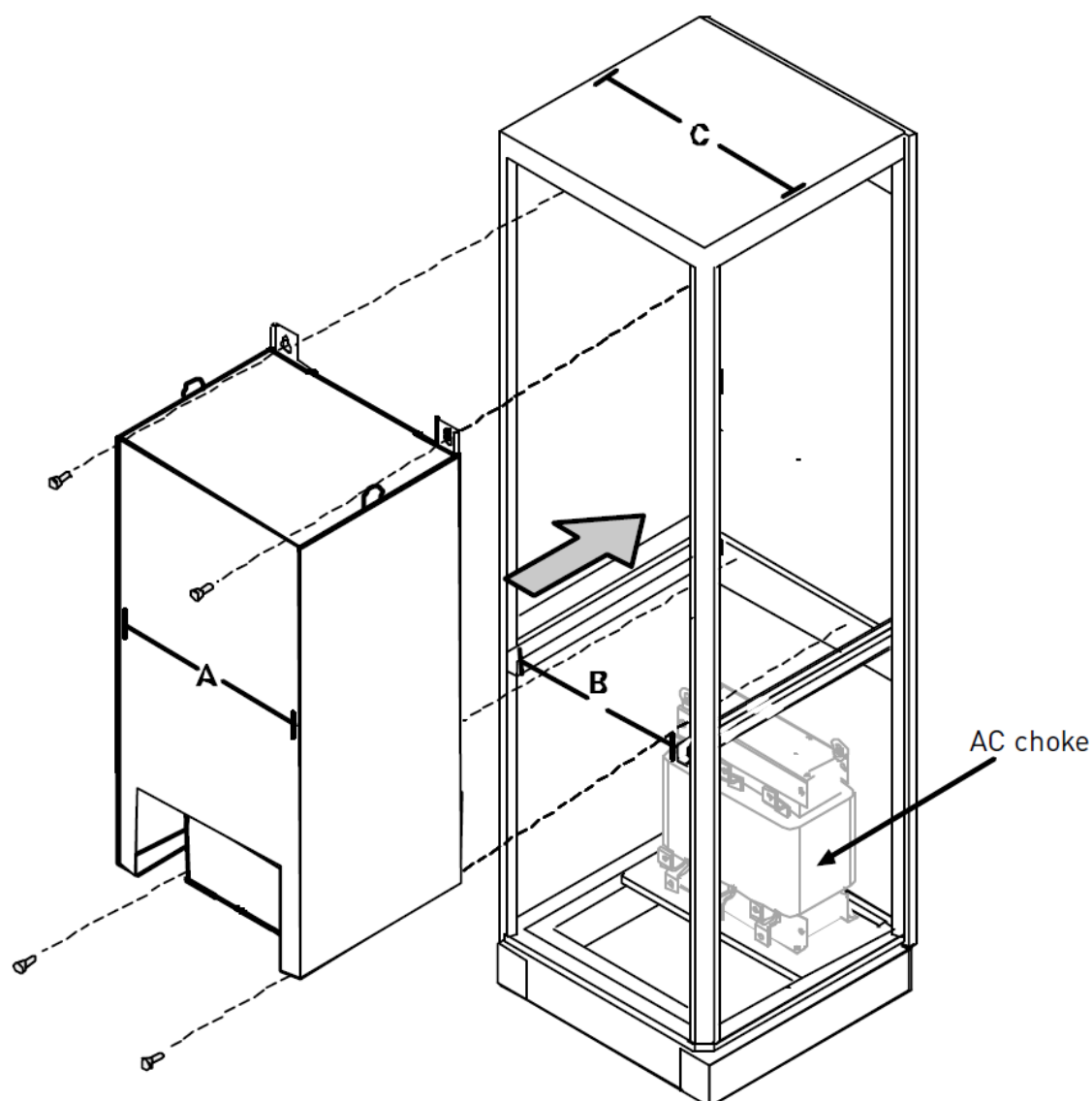


Figure 90. Installation of the power module

Table 39. Cabinet measurements

| Frame | Device width A/mm | Supporting bar range B/mm | Recommended cabinet width C/mm |
|-------|-------------------|---------------------------|--------------------------------|
| FR10  | 500               | A - 50mm                  | 600                            |
| FR11  | 709               | A - 20mm                  | 800                            |
| FI9   | 239               | A - 50mm                  | 400                            |
| FI10  | 239               | A - 50mm                  | 400                            |
| FI12  | 478               | A - 50mm                  | 600                            |
| FI13  | 708               | A - 50mm                  | 800                            |

## 10.7 Cooling - Air Cooled Unit

드라이브 장치 및 보조 구성 요소를 드라이브 라인업 섹션에 배치할 계획인 경우 각 섹션의 환기 및 냉각을 신중하게 고려해야 합니다. 드라이브의 보조 구성 요소 뿐만 아니라 드라이브 유닛이 설치된 공간을 가열합니다.

각 섹션의 주변 조건이 Vacon 제품에 대한 Vacon 사양을 준수하도록 드라이브 라인업을 설계해야 합니다. 각 섹션의 온도는 최대 작동 온도보다 낮아야 합니다. 과열이 반복되면 작동이 손상되고 주파수 변환기의 수명이 단축됩니다.

주파수 변환기의 냉각 필요성은 부하 및 출력 주파수와 사용된 스위칭 주파수에 따라 크게 달라집니다. 전기 실용 냉방 또는 환기 설비의 용량을 정하기 위해 다음 일반 공식은 공칭 조건에서 표준 6 펄스 및 12 펄스 주파수 변환기의 열 손실을 대략적으로 나타냅니다.

$$P_{loss}[kW] = P_{mot}[kW] \times 0.025$$

**NOTE:** 항상 관련 제품 설명서에서 열 손실 데이터를 확인하십시오.

통풍과 공기 흐름은 캐비닛 내부와 캐비닛 외부 모두에서 중요합니다. 덕트나 공기 장벽을 사용하여 나가는 공기가 들어오는 냉각 공기와 혼합되지 않도록 할 수 있습니다.

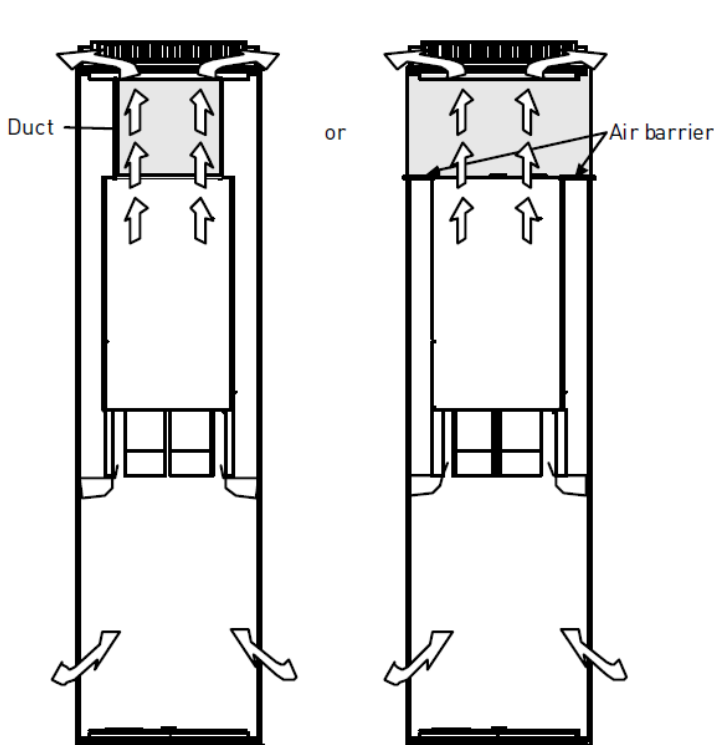


Figure 91. Steering the internal air flow

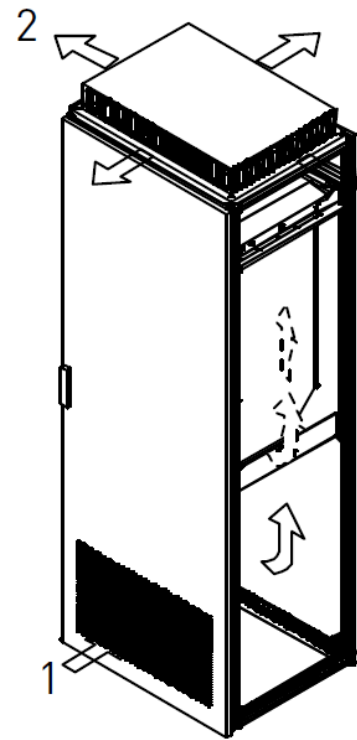


Figure 92. Ventilation of the cabinet

드라이브 모듈 / 모듈이 포함된 섹션에서, 모듈 자체 팬은 일반적으로 해당 구역 내에서 충분한 냉각 공기 흐름을 제공하기에 충분합니다 (공기 유입 및 배출을 위한 개구부가 요구 사항에 따라 설계됨). 드라이브 모듈이 없고 쇼크 및/또는 출력 필터가 포함된 섹션에서는 열 발생량과 도어 팬 또는 기타 별도의 환기 시스템이 필요한지 확인해야 합니다.

아래 표에는 필요한 냉각 공기량과 공기 유입 및 배출을 위한 개구부 크기가 나와 있습니다. 이러한 값 (아래 표)은 개구부가 제품 별 요구 사항을 준수 할 때 장치의 자체 팬으로 달성됩니다.

Table 40. Ventilation requirements

| Frame | Cooling air required m <sup>3</sup> /h | Minimum air hole on switchgear/dm <sup>2</sup> |           |
|-------|----------------------------------------|------------------------------------------------|-----------|
|       |                                        | 1) Inlet                                       | 2) Outlet |
| FR10  | 2800                                   | 13                                             | 7         |
| FR11  | 4200                                   | 19,5                                           | 10,5      |
| FI9   | 1150                                   | 5,5                                            | 3         |
| FI10  | 1400                                   | 6,5                                            | 4         |
| FI12  | 2800                                   | 13                                             | 7         |
| FI13  | 4200                                   | 19,5                                           | 10,5      |

## 10.8 Cooling - Liquid Cooled Unit

액체 냉각 장치에서, 과잉 열의 대부분은 액체 냉각 시스템에 의해 냉각됩니다. 그러나 수냉식 드라이브 시스템에서는 항상 약간의 열 손실이 있습니다. 열 손실은 버스 바, 필터, 초크 및 기타 보조 구성 요소에서 발생합니다.

각 섹션의 주변 조건이 Vacon 제품에 대한 Vacon 사양을 준수하도록 드라이브 라인업을 설계해야 합니다. 각 섹션의 온도는 최대 작동 온도보다 낮아야 합니다. 과열이 반복되면 작동이 손상되고 주파수 변환기의 수명이 단축됩니다.

주파수 변환기의 냉각 필요성은 부하 및 출력 주파수와 사용된 스위칭 주파수에 따라 크게 달라집니다. 드라이브 라인업의 각 섹션에서 열 손실이 얼마나 되는지, 그리고 섹션의 온도를 한계 내로 유지하기 위해 도어 팬 또는 기타 별도의 환기 시스템이 필요한지 확인해야 합니다.

드라이브 캐비닛 내부에 라디에이터 (액체-공기) 열교환기가 있으면 완전히 밀폐된 캐비닛이 가능합니다.

## 10.9 Dimensions and Layout Examples

### 10.9.1 Dimension of the Supply Section

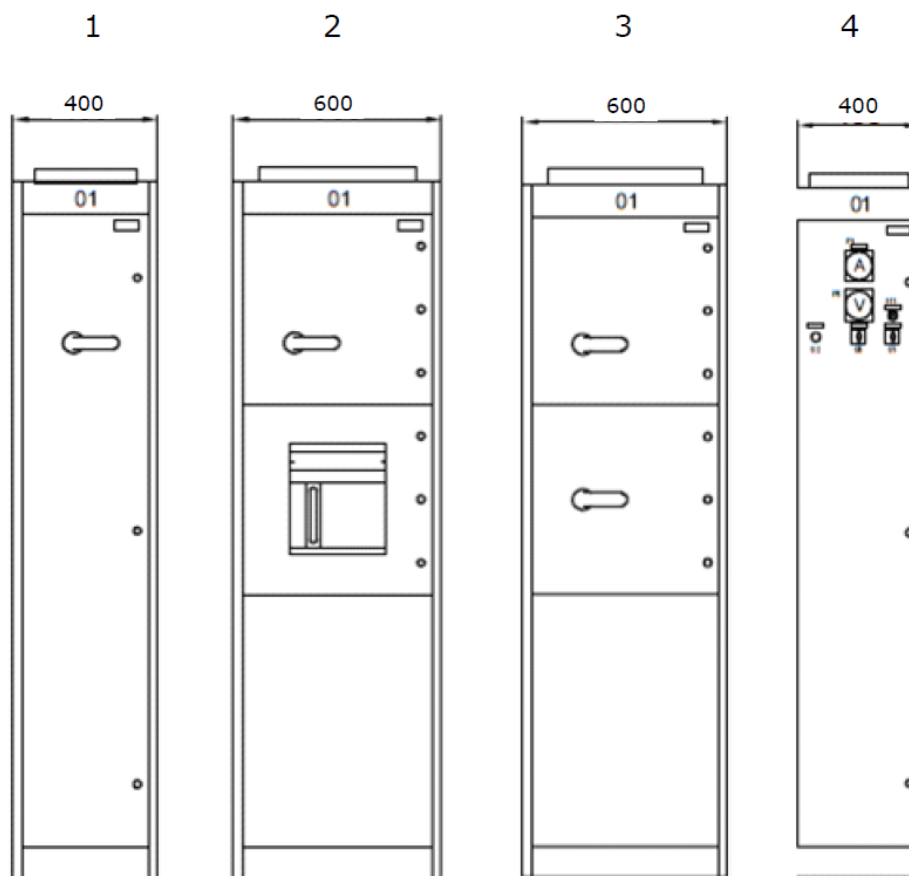


Figure 93. Supply section, dimensions

**Example 1 :** 공급 장치가 1000A 미만인 경우 스위치 퓨즈를 사용하거나 공급 시스템에 적절한 과부하 및 단락 보호 기능이 있는 경우 로드 스위치를 사용할 수 있습니다. 캐비닛 너비는 일반적으로 400mm 입니다.

**Example 2 :** 1000A 이상의 공급 장치를 사용하면 차단기 (ACB)와 접지 스위치를 모두 사용할 수 있습니다. 접지 스위치의 사용은 현지 법률에 따라 다릅니다. 캐비닛 너비는 스위치 크기에 따라 다릅니다. 일반적인 캐비닛 너비는 다음과 같습니다.

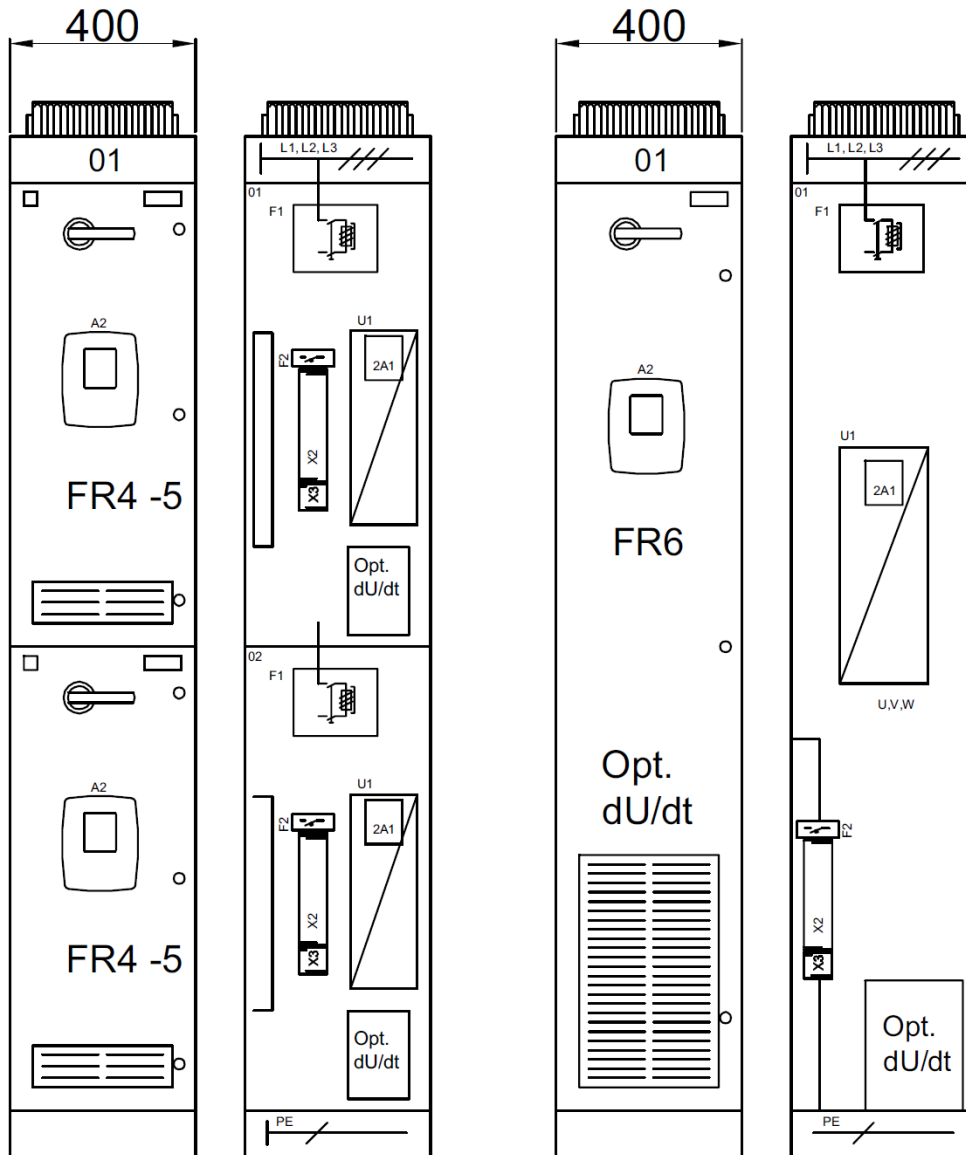
Table 41.

| A           | Cabinet width |
|-------------|---------------|
| 1600A-3200A | 600mm         |
| 4000A       | 800mm         |
| 5000A       | 1000mm        |

**Example 3 :** 1000A 가 넘는 공급 장치의 경우 공급 섹션에는 일반적으로 접지 스위치 (일반적으로 해양 드라이브 제외)가 포함되어 있거나 공급 시스템에 적절한 과부하 및 단락 보호 기능이 있는 경우 로드 스위치를 사용할 수 있습니다.

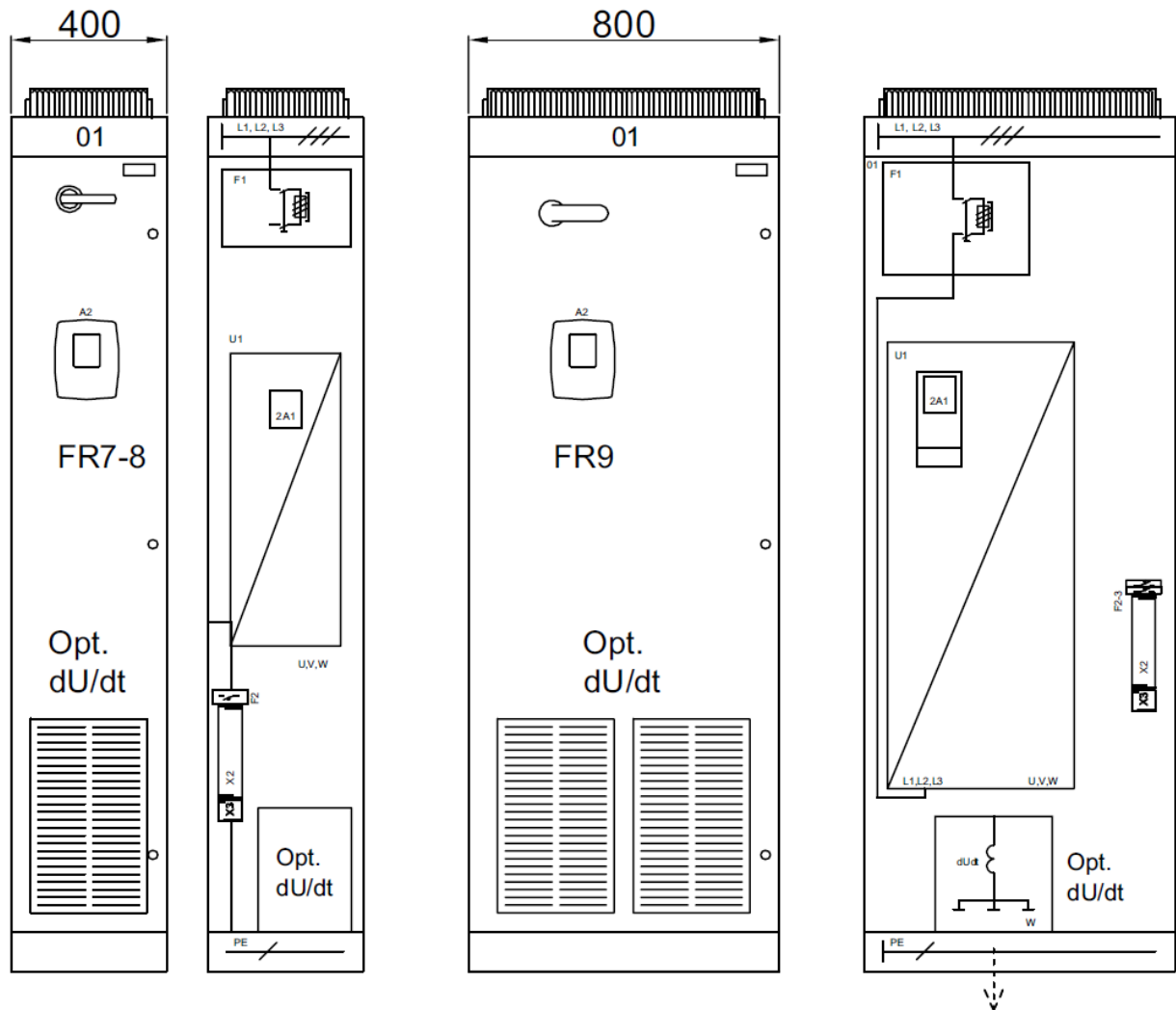
**Example 4:** 보조 캐비닛에는 제어 전압 분배, 전압 및 전류의 측정 및 표시에 필요한 구성 요소, DC 충전 구성 요소, 아크 보호 계전기 및 전체 드라이브 시스템에 공통인 기타 제어 구성 요소와 같이 드라이브 시스템에 필요한 다양한 구성 요소가 포함될 수 있습니다.

## 10.9.2 Dimension and Layout - FR4, FR5 and FR6 Frequency converters



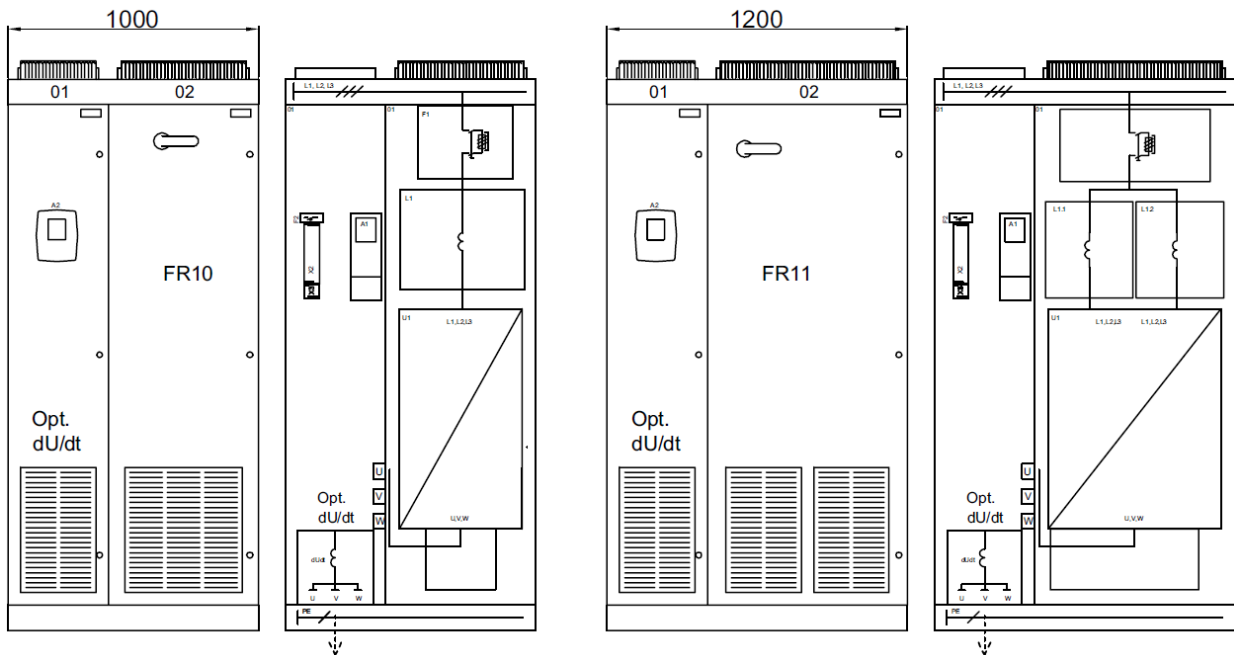
- 하나의 캐비닛에 두 개의 FR4 / FR5 주파수 변환기를 설치할 수 있습니다.
- FR6 에는 전체 캐비닛이 필요합니다.
- dU/dt 필터는 옵션이며 캐비닛 유형 및 높이에 따라 주파수 변환기가 있는 동일한 캐비닛에 설치 합니다.
- 캐비닛의 적절한 환기가 중요합니다. 캐비닛 밖으로 냉각 공기를 배출해야 합니다. 캐비닛 내부에는 일반적으로 들어오고 나가는 공기가 섞이지 않도록 하는 공기 차단 장치가 있어야 합니다. 유입되는 공기는 캐비닛 하단 (보통 캐비닛 도어)에서 나와야 하므로 공기 흐름이 dU/dt 를 지나 가면서 냉각됩니다.
- 캐비닛에 두 개의 주파수 변환기가 있는 경우 캐비닛 하단에서 공기가 빠져나가 캐비닛 상단에 있는 장치를 가열하지 않는 것이 더 중요합니다. Chapter “10.7 Cooling - Air cooled units”를 참조하십시오.
- 공급측에는 주파수 변환기 보호 및 안전한 전압 분리를 위한 잠금식 스위치 퓨즈가 있습니다. dU/dt 필터가 없으면 모터 케이블이 주파수 변환기의 출력 단자에 직접 연결됩니다. dU/dt를 사용하는 경우 모터 케이블은 필터 터미널에 직접 연결되거나 별도의 터미널에 연결됩니다. EMC 장애를 제거하려면 모터 케이블을 360 ° 접지해야 합니다. 모터 및 공급 케이블은 제어 케이블과 분리하여 제어 케이블의 장애를 방지해야 합니다.
- 보조 구성 요소 및 단자 및 케이블 트레이를 사용하는 경우, 가열되지 않고 측정 목적으로 안전하게 달성할 수 있도록 배치해야 합니다. 안전상의 이유와 장애 방지를 위해 다른 전압 (와이어, 케이블 및 구성 요소)을 분리해야 합니다.

## 10.9.3 Dimension and Layout - FR7, FR8 and FR9 Frequency converters



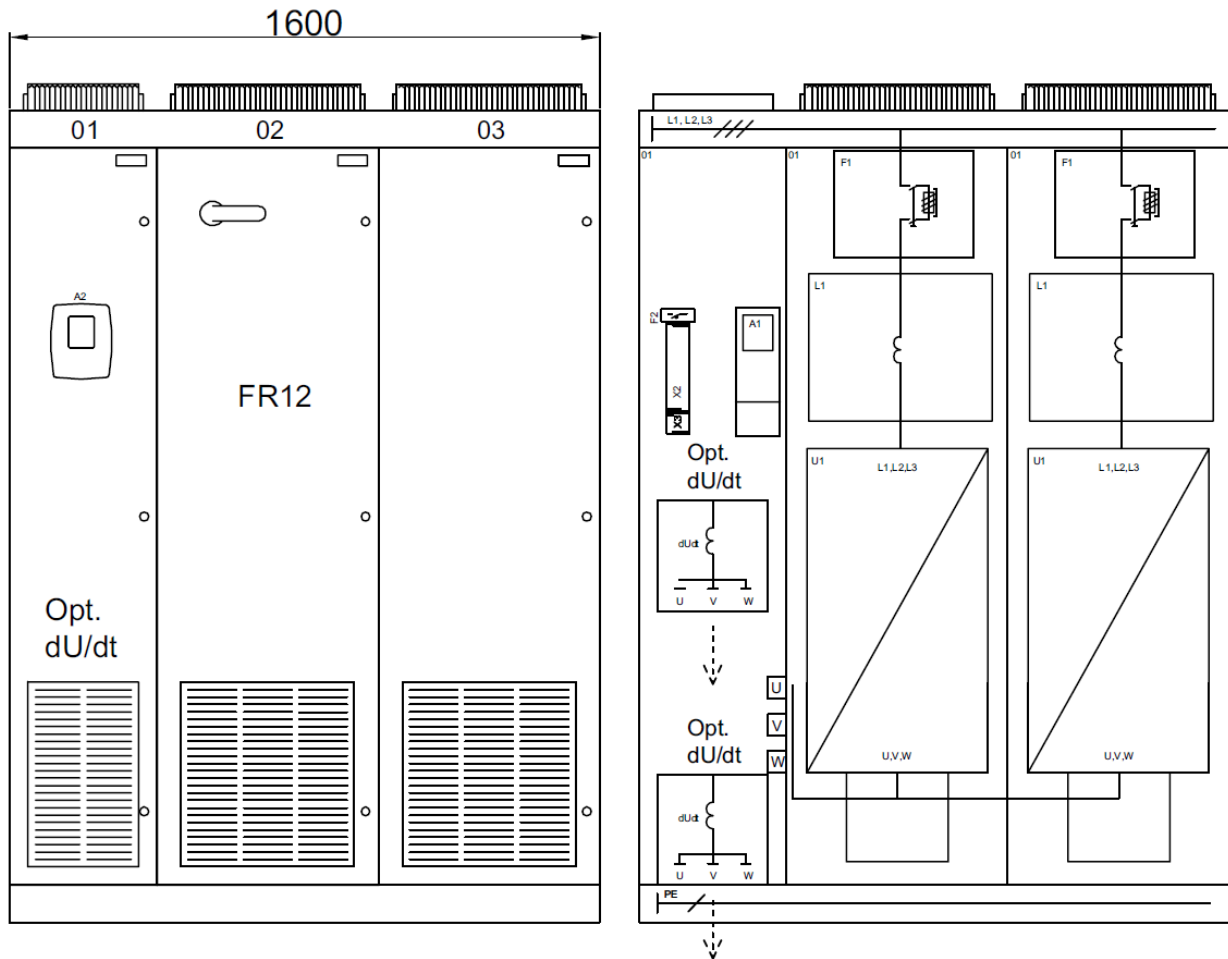
- FR 7, FR8 및 FR9 에는 모두 하나의 전체 캐비닛이 필요합니다.
- 보조 구성 요소가 없는 FR9 및 dU/dt 필터는 600mm 에 장착 할 수 있지만, 그렇지 않으면 그림과 같이 약 800mm 너비의 캐비닛 또는 별도의 보조 캐비닛이 필요합니다.
- 냉각, 스위치 퓨즈 및 케이블 연결에 대해서는 chapter “10.9.2 Dimensions and layout of FR4, FR5 and FR6 frequency converters”을 참조하십시오.

## 10.9.4 Dimension and Layout - FR10 and FR11 Frequency converters



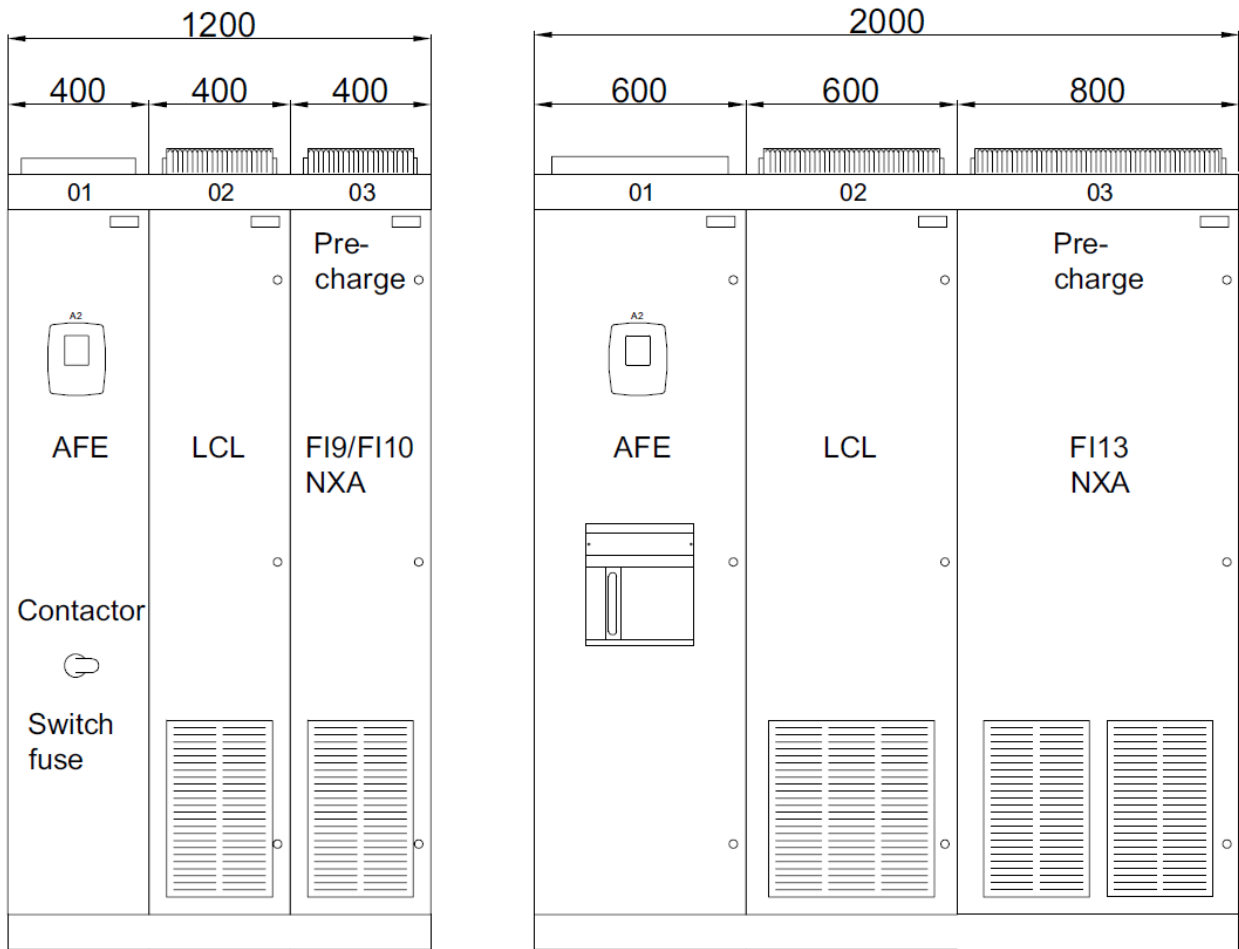
- FR10에는 하나의 외부 초크가 있고 FR11에는 하나 또는 두 개의 외부 초크가 있을 수 있습니다.
- 초크는 주파수 변환기의 상단에 위치하여 주파수 변환기의 냉각 팬에서 나오는 공기 흐름에 의해 냉각됩니다.
- DU/dt 필터는 이러한 설치에서 보조 캐비닛에 있습니다. 보조 캐비닛의 보호 등급이 IP23 인 경우 별도의 냉각 시스템이 없어도 필터를 냉각시킬 수 있습니다. 캐비닛의 보호 등급이 IP21 보다 높으면 필터를 식히기 위해 팬이 필요합니다.
- 냉각, 스위치 퓨즈 및 케이블 연결에 대해서는 chapter “10.9.2 Dimensions and layout of FR4, FR5 and FR6 frequency converters”을 참조하십시오.

## 10.9.5 Dimension and Layout - FR12 Frequency converters



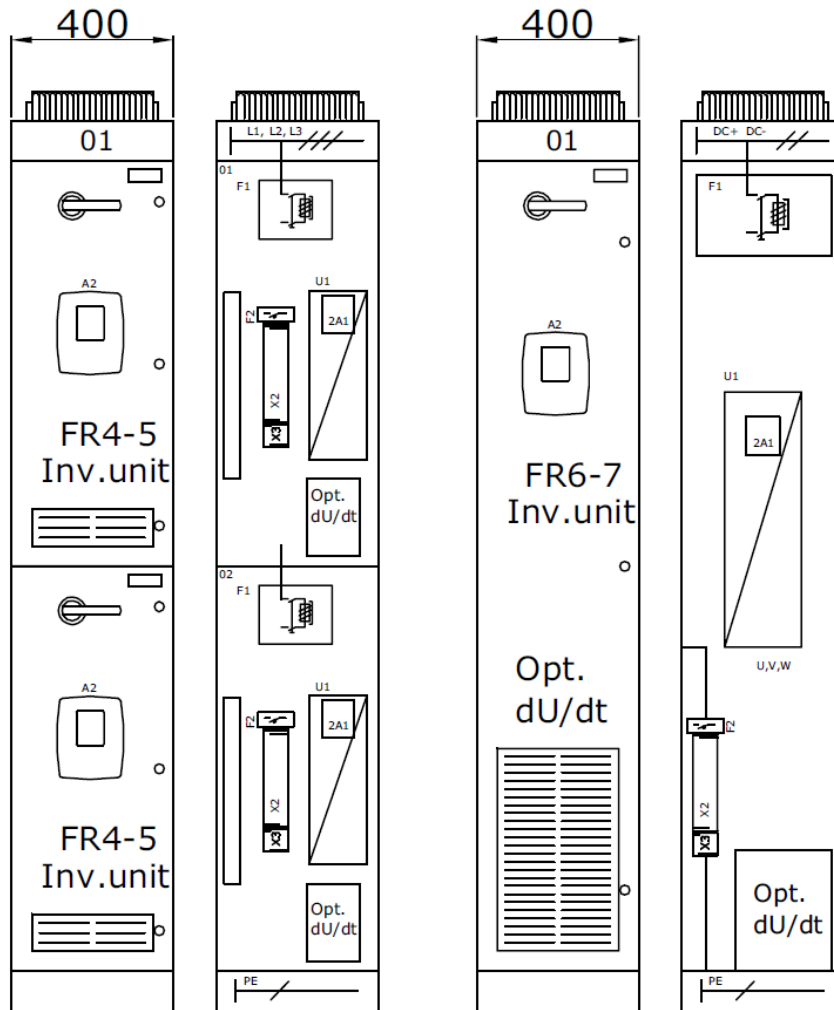
- FR12에는 항상 두 개의 초크가 있습니다. 초크는 주파수 변환기의 상단에 위치하여 주파수 변환기의 냉각 팬에서 나오는 공기 흐름에 의해 냉각됩니다.
- dU/dt 필터는 보조 캐비닛에 있습니다. 보조 캐비닛의 보호 등급이 IP23 인 경우 별도의 냉각 시스템이 없어도 필터를 냉각시킬 수 있습니다. 캐비닛의 보호 등급이 IP23 보다 높으면 필터를 식히기 위해 팬이 필요합니다.
- FR12는 2 개의 병렬 연결된 FR10 모듈로 구성됩니다. 공급 전압에 관계없이 대부분의 설치에는 두 개의 dU/dt 필터가 필요합니다.
- 냉각, 스위치 퓨즈 및 케이블 연결에 대해서는 chapter “10.9.2 Dimensions and layout of FR4, FR5 and FR6 frequency converters”을 참조하십시오.

## 10.9.6 Dimension and Layout - FI9, FI10 and FI13 Frequency converters



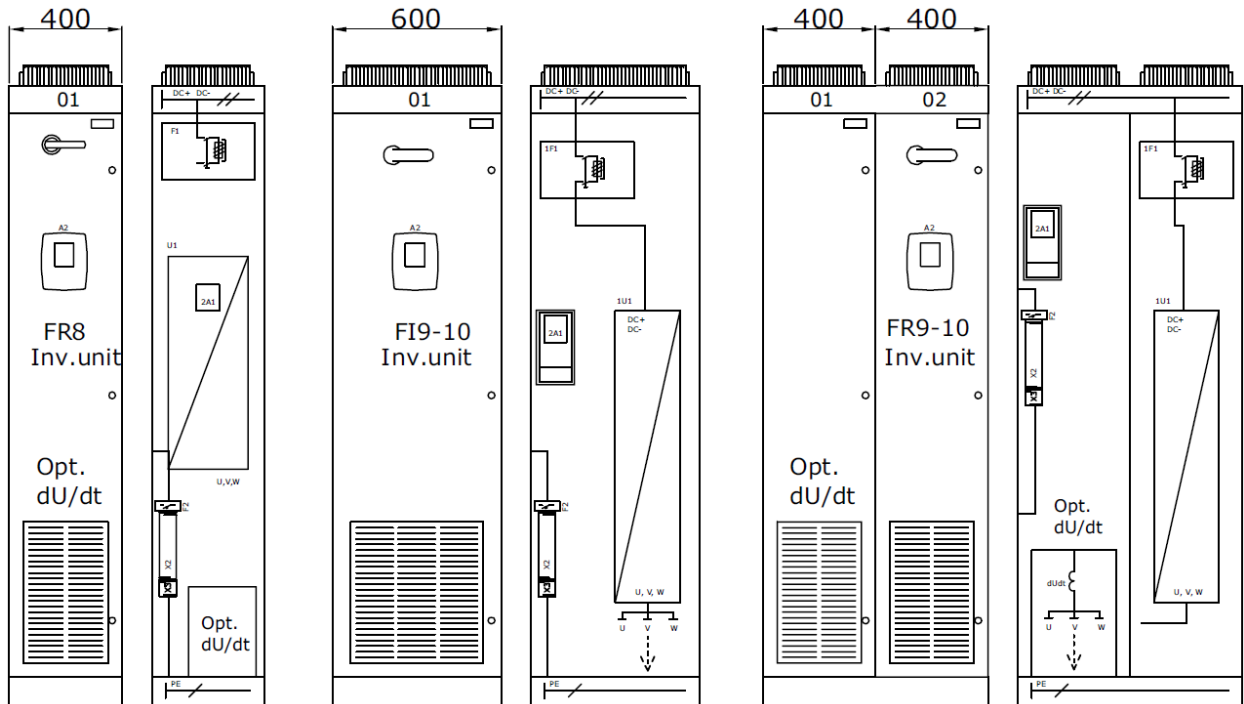
- AFE 모듈을 추가하면 스위치 기어의 전력 용량을 늘릴 수 있습니다. 각 AFE 모듈에는 전용 LCL 필터가 필요합니다. 각 AFE 모듈과 함께 전용 프리차징 회로를 사용하는 것이 좋습니다. 이것은 시스템 중복성을 향상시킵니다. 하나의 AFE 장치를 수리하는 경우 사용하지 않는 AFE 가 전기적으로 절연되어 있는 한 나머지 스위치 기어를 계속 사용할 수 있습니다.
- 냉각, 스위치 퓨즈 및 케이블 연결에 대해서는 chapter “10.9.7 Dimensions and layout of FR4, FR5, FR6 and FR7 Inverter Units”을 참조하십시오.
- 회생 및/또는 낮은 고조파 함량이 필요하지 않은 경우, (NFE) 비회생 프론트 엔드 장치를 사용할 수 있습니다. NFE 모듈을 추가하면 스위치 기어의 전력 용량을 늘릴 수 있습니다. 각 NFE 에는 전용 AC 및 DC 퓨즈와 초크가 필요합니다. NFE 장치에는 프리차징 회로가 통합되어 있습니다.
- 1 x NFE fits in a 400mm cabinet  
2 x NFE fit in a 600mm cabinet  
3 x NFE fit in a 800mm cabinet
- 퓨즈와 초크를 별도의 캐비닛에 배치 할 수도 있습니다.

## 10.9.7 Dimension and Layout - FR4, FR5, FR6 and FR7 Inverter Units



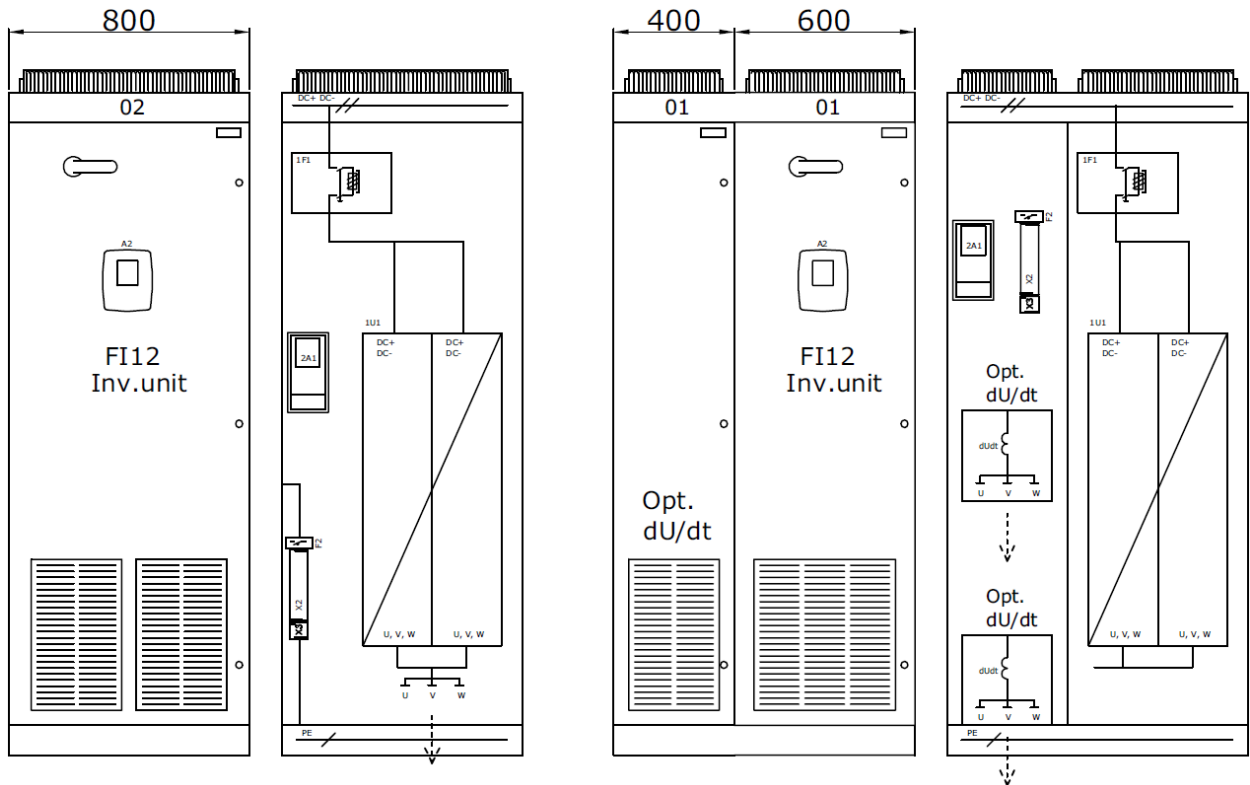
- 하나의 전체 캐비닛에 두 개의 FR4 / FR5 인버터를 설치할 수 있습니다. FR6 에는 전체 캐비닛이 필요합니다.
- dU/dt 필터는 선택 사양이며 일반적으로 캐비닛 유형 및 높이에 따라 인버터와 동일한 캐비닛에 장착됩니다.
- 캐비닛의 적절한 환기가 중요합니다. 캐비닛 밖으로 냉각 공기를 배출해야 합니다. 캐비닛 내부에는 일반적으로 들어오고 나가는 공기가 섞이지 않도록 하는 공기 차단 장치가 있어야 합니다. 유입되는 공기는 캐비닛 하단 (보통 캐비닛 도어)에서 나와야 하므로 공기 흐름이 dU/dt를 지나 가면서 냉각됩니다.
- 캐비닛에 두 개의 인버터가 있는 경우, 캐비닛 하단에서 공기가 빠져나가 캐비닛 상단에 있는 장치를 가열하지 않는 것이 매우 중요합니다. Chapter “10.7 Cooling - Air cooled units”를 참조하십시오.
- 전원 공급 장치에는 인버터 보호 및 안전한 전압 분리를 위한 잠금식 스위치 퓨즈가 있습니다. dU/dt 필터가 없으면 모터 케이블이 주파수 변환기의 출력 단자에 직접 연결됩니다. dU/dt를 사용하는 경우 모터 케이블은 필터 터미널에 직접 연결되거나 별도의 터미널에 연결됩니다. EMC 방해를 제거하려면 모터 케이블을 360 ° 접지해야 합니다. 모터 및 공급 케이블은 제어 케이블과 분리하여 제어 케이블의 장애를 방지해야 합니다.
- 보조 구성 요소 및 단자 및 케이블 트레이를 사용하는 경우, 가열되지 않고 측정 목적으로 안전하게 달성할 수 있도록 배치해야 합니다. 안전상의 이유와 장애 방지를 위해 다른 전압 (와이어, 케이블 및 구성 요소)을 분리해야 합니다.
- FR4-FR8 인버터에는 프리차징 회로가 통합되어 있습니다.

## 10.9.8 Dimension and Layout - FR8, FR9 and FR10 Inverter Units



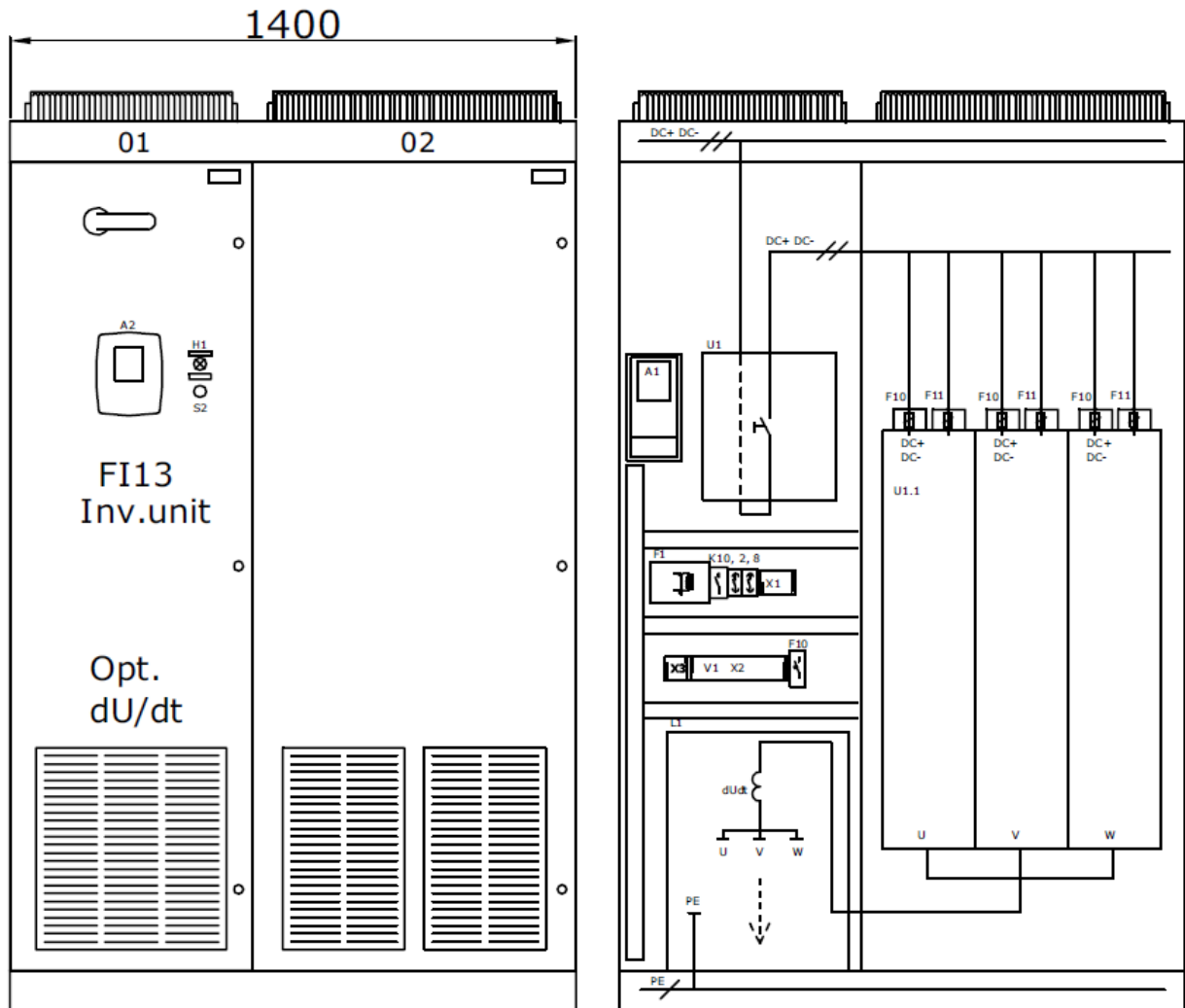
- FR8, FI9 및 FI10 에는 모두 하나의 전체 캐비닛이 필요합니다.
- FI9 및 FI10 에서는 dU/dt 필터에 추가 캐비닛이 필요합니다.
- 냉각, 스위치 퓨즈 및 케이블 연결에 대해서는 chapter “10.9.7 Dimensions and layout of FR4, FR5, FR6 and FR7 Inverter Units”을 참조하십시오.
- FI9 및 FI10 에는 외부 프리차징 회로가 필요합니다. 프리차징은 인버터별로 또는 Common DC bus 를 통해 이루어질 수 있습니다. 공통 프리차징을 사용하면 개별 인버터의 전원쪽에 DC 퓨즈만 있어야 합니다. Common DC bus 프리차징을 사용하는 경우 인버터를 동작중인 bus 에 연결해서는 안됩니다.

## 10.9.9 Dimension and Layout - FI12 Inverter Unit



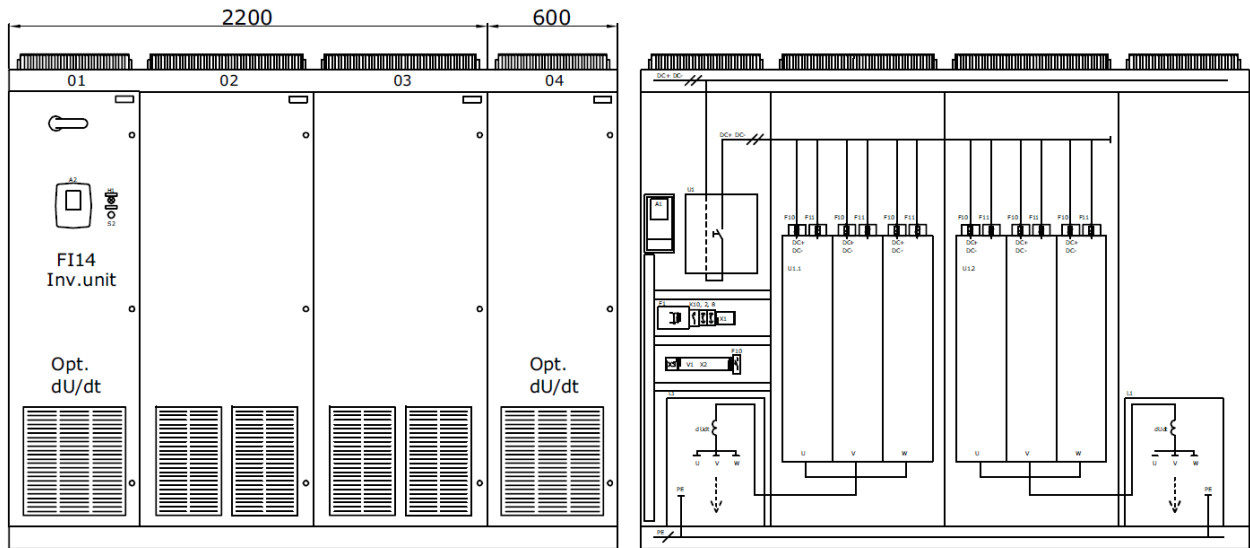
- FI12 인버터 장치의 경우 dU/dt 필터에는 추가 캐비닛이 필요합니다.
- 냉각, 스위치 퓨즈 및 케이블 연결에 대해서는 chapter “10.9.7 Dimensions and layout of FR4, FR5, FR6 and FR7 Inverter Units”을 참조하십시오.
- FI12 인버터 장치에는 외부 프리차징 회로가 필요합니다. 프리차징은 인버터별로 또는 Common DC bus 를 통해 이루어질 수 있습니다. 공통 프리차징을 사용하면 개별 인버터의 전원쪽에 DC 퓨즈만 있어야 합니다. Common DC bus 프리차징을 사용하는 경우 인버터를 동작중인 bus 에 연결해서는 안됩니다.

## 10.9.10 Dimension and Layout - FI13 Inverter Unit



- FI13 인버터 장치의 경우 dU/dt 필터에는 추가 캐비닛이 필요합니다.
- 냉각, 스위치 퓨즈 및 케이블 연결에 대해서는 chapter “10.9.7 Dimensions and layout of FR4, FR5, FR6 and FR7 Inverter Units”을 참조하십시오.
- FI13 인버터 장치에는 외부 프리차징 회로가 필요합니다. 프리차징은 인버터별로 또는 Common DC bus 를 통해 이루어질 수 있습니다. 공통 프리차징을 사용하면 개별 인버터의 전원쪽에 DC 퓨즈만 있어야 합니다. Common DC bus 프리차징을 사용하는 경우 인버터를 동작중인 bus 에 연결해서는 안됩니다.

## 10.9.11 Dimension and Layout - FI14 Inverter Unit



- FI14 인버터 장치에는 2 개의 FI13 인버터 모듈이 있습니다.
- FI14 인버터 장치의 경우 dU/dt 필터에는 추가 캐비닛이 필요합니다.
- 냉각, 스위치 퓨즈 및 케이블 연결에 대해서는 chapter “10.9.7 Dimensions and layout of FR4, FR5, FR6 and FR7 Inverter Units”을 참조하십시오.
- FI14 인버터 장치에는 외부 프리차징 회로가 필요합니다. 프리차징은 인버터별로 또는 Common DC bus 를 통해 이루어질 수 있습니다. 공통 프리차징을 사용하면 개별 인버터의 전원쪽에 DC 퓨즈만 있어야 합니다. Common DC bus 프리차징을 사용하는 경우 인버터를 동작중인 bus 에 연결해서는 안됩니다.

## 11. 수냉식 VACON AC Drive 냉각 시스템

Vacon NX 수냉식 AC 드라이브는 드라이브의 냉각 요소에서 액체 순환으로 냉각됩니다. 냉각 요소는 알루미늄 또는 니켈 코팅 알루미늄으로 만들어집니다. 냉각액으로 억제제와 함께 식수, 억제제와 함께 탈염수 또는 물과 글리콜의 혼합물을 사용할 수 있습니다. 두 가지 순환 시스템 유형이 있습니다.

- closed system
- open system

폐쇄형 시스템에서는 배관이 완전히 밀폐되어 있고 배관 내부에 압력이 있습니다. 파이프는 산소 장벽을 포함하는 금속 또는 특정 플라스틱 또는 고무로 만들어야 합니다. 냉각수에서 산소 확산을 방지하면 금속 부품의 전기 화학 부식 및 녹 침전물 발생 위험이 줄어 듭니다.

개방형 시스템에는 압력이 없으며 액체와 공기가 자유롭게 접촉할 수 있습니다.

Vacon NX Liquid Cooled AC 드라이브와 함께 항상 폐쇄형 시스템을 사용하십시오. Semi-개방형 시스템을 사용하는 것 외에 다른 옵션이 없는 경우 몇 가지 예방 조치를 취해야 합니다. 냉각수에 글리콜 또는 억제제를 사용하고 정기적으로 수질을 검사한 후 이에 따라 억제제를 첨가하십시오. 냉각액의 특성이 장치 설명서의 사양에 맞는지 1 년에 한 번 확인해야 합니다.

### 11.1 냉각 시스템 유형 선택

드라이브의 액체 순환은 열교환기를 연결하여 액체를 냉각시킵니다. 순환액에서 열을 식히기 위한 세 가지 주요 열교환기 유형이 있습니다.

- liquid to liquid - using a heat exchanger
- liquid to air, using a radiator
- “chiller”, using compressor technology

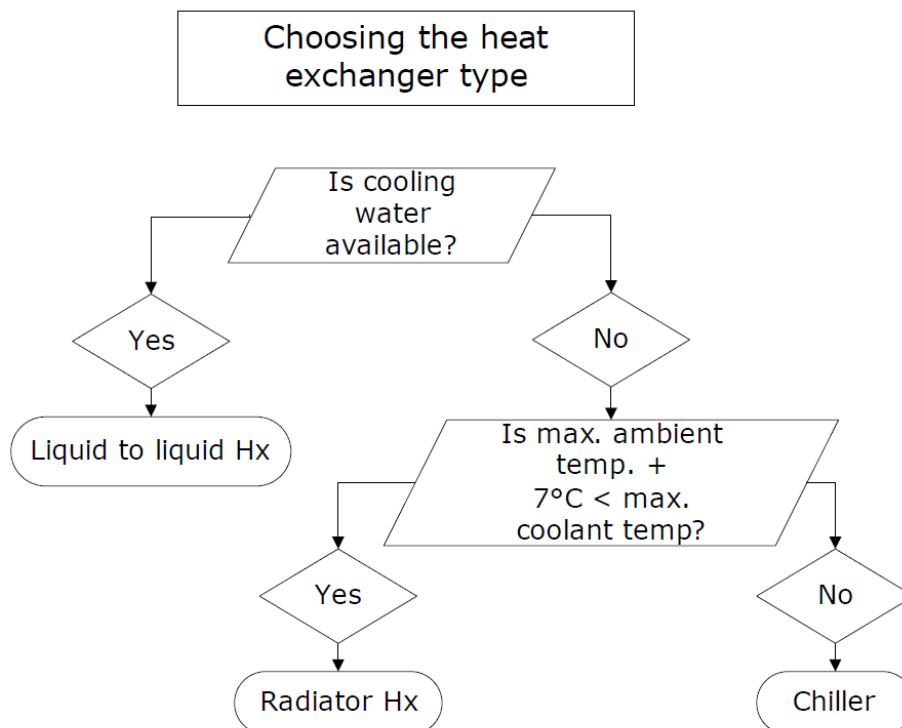


Figure 94. Choosing the heat exchanger type

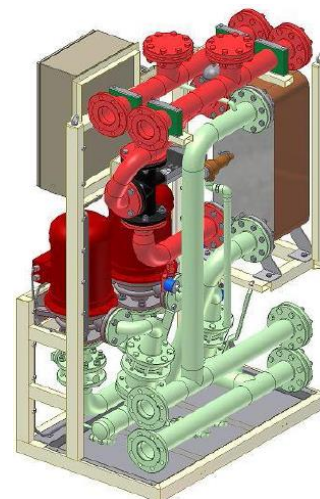
#### 11.1.1 Liquid-Liquid 열교환기

Vacon 의 제품 범위에는 여러 액체-액체 열교환기 유형이 포함됩니다. HX 장치의 작동 원리는 액체에서 액체로의 열 전달을 기반으로 합니다. 1 차 회로는 주파수 변환기에서 판형 열교환기로 열 부하를 전달합니다. 플레이트 열교환기를 통해 흐르는 액체인 2 차 회로는 열 부하를 수집하여 외부 응축기로 운반합니다. 이 외부 콘덴서는 고객 및/또는 최종 사용자의 기존 냉각 시스템의 일부입니다.

열 부하를 처리하는 또 다른 방법은 기존 천연 자원을 사용하는 것입니다. 호수 또는 강. 열 부하를 처리하기 위한 시스템의 사용 및 선택은 고객 및/또는 최종 사용자의 책임입니다.

- Primary circuit, green colour in the figure right (lighter colour in black and white)
- Secondary circuit, red colour in the figure right (darker colour in black and white)

Figure 95. Primary and secondary circuit of the HX heat exchanger



기본 회로의 흐름을 모니터링 하는 흐름 스위치에는 온도 센서도 포함되어 있습니다. 이 센서는 1 차 회로의 온도를 제어합니다. 아날로그 신호를 HX 제어 장치로 보냅니다. 제어 장치 애플리케이션은 3 차 밸브를 1 차 회로의 온도 설정 값과 일치하도록 조정하여 플레이트 열 교환기를 통한 2 차 회로의 흐름을 조정합니다. 이 값은 프로젝트에 따라 다르며 드라이브 캐비닛의 주변 온도 및 2 차 회로 유입 액체의 최대 온도에 따라 다릅니다.

HX 열교환 기 장치는 1 차 회로에서 유량, 온도, 압력 및 누출 감시 기능을 갖추고 있습니다. HX 제어 장치 응용 프로그램은 이러한 수량을 모니터링하고 매개 변수 설정에 따라 경고 또는 차단을 생성합니다.

2 차 회로의 온도와 흐름을 모니터링하는 것은 사용자의 책임입니다.

자세한 내용은 Vacon 의 열교환기 매뉴얼을 참조하십시오.

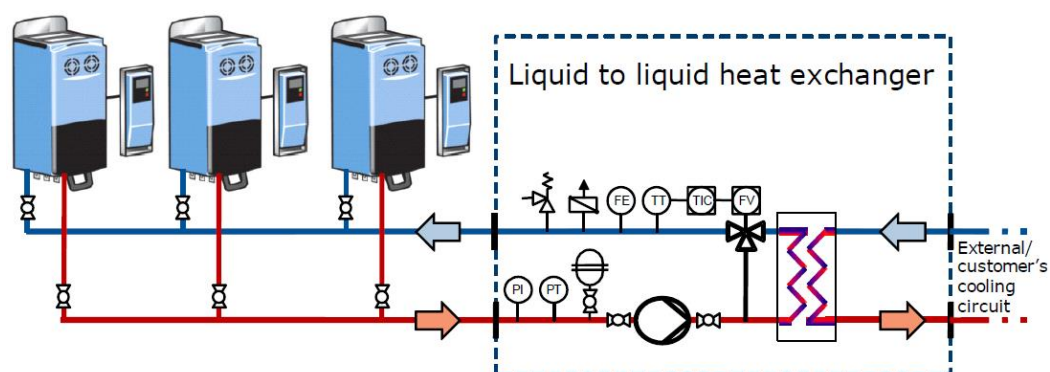


Figure 96. Liquid to liquid heat exchanger

### 11.1.2 Radiator

Vacon 의 제품 범위에는 라디에이터 유형 열교환기가 포함되지 않습니다. 그들은 프로세스 특정 프로젝트입니다. 라디에이터 열교환기의 설계 및 치수는 장비 제조업체에서 수행해야 합니다.

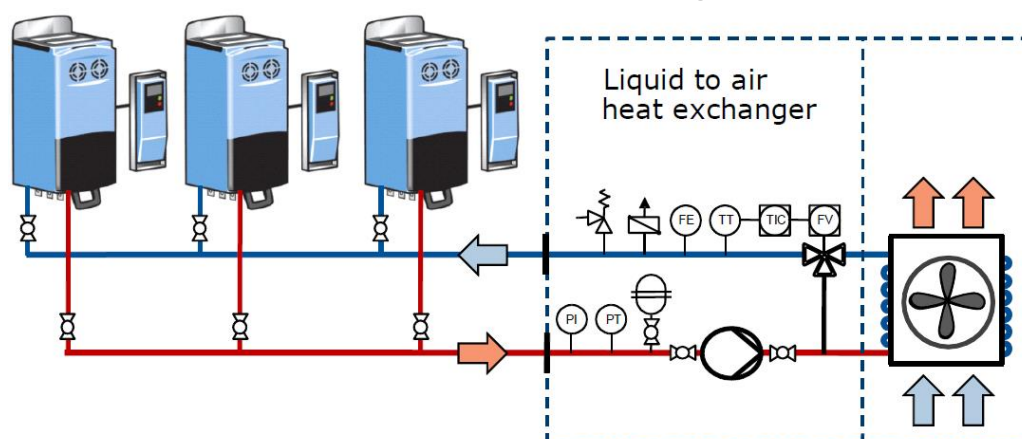
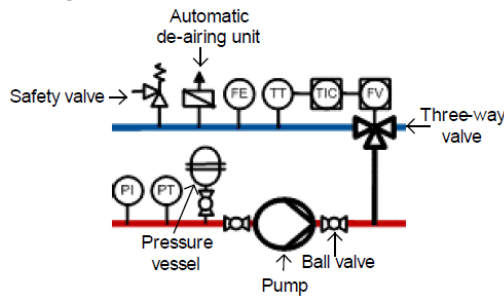


Figure 97. Liquid to air heat exchanger

### 11.1.2.1 Legend to the flow circuit



FE = Flow Supervision

TT = Temperature Transmitter

TIC = Temperature Indicating Controller

FV = Flow Valve

PI = Pressure Indicator

PT = Pressure Transmitter

### 11.1.3 Chiller

냉각기형 열교환기는 Vacon 에서 구입할 수 있습니다.

냉각될 공정수는 열교환기를 통과하며, 별도의 냉매장치로 냉각됩니다. 냉매회로는 사전 조정된 온도에 도달 하도록 합니다.

자세한 내용은 제조업체의 설명서를 참조하십시오.

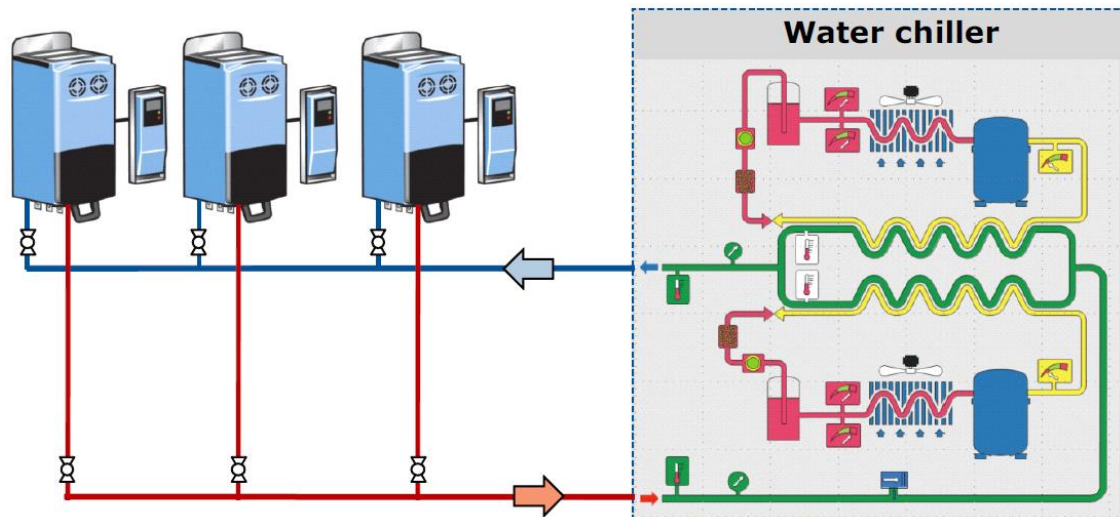


Figure 98. Chiller

### 11.1.4 냉각 시스템의 재료 및 구성 요소

드라이브 모듈에 들어가는 냉각제의 기본 온도는  $35^{\circ}\text{C}$  입니다. 냉각 요소 내부를 순환하면서 액체는 전력 반도체 (및 커패시터)에 의해 생성된 열을 전달합니다. 순환 중 냉각제의 기본 온도 상승은  $5^{\circ}\text{C}$  미만입니다. 일반적으로 전력 손실의 95 %가 액체에서 소실됩니다. 냉각수 순환에 온도 감시 기능을 갖추는 것이 좋습니다. 열교환 장비는 주파수 변환기가 있는 전기실 외부에 위치 할 수 있습니다. 이 둘 사이의 연결은 현장에서 이루어집니다. 압력 강하를 최소화하기 위해 배관은 가능한 직선이어야 합니다. 또한 측정 지점이 장착된 조절 밸브를 설치하는 것이 좋습니다. 이는 시운전 단계에서 액체 순환의 측정 및 조절을 가능하게 합니다.

연결부에 먼지 입자가 축적되어 서서히 냉각 효과가 약해지는 것을 방지하려면 필터 설치도 권장됩니다.

배관의 가장 높은 지점에는 자동 또는 수동 환기 장치가 장착되어 있어야 합니다. 배관의 재질은 AISI 304 이상을 준수해야 합니다 (AISI 316 권장).

파이프를 실제로 연결하기 전에 보어를 철저히 청소해야 합니다. 물로 청소하는 것이 좋지만 물을 사용할 수 없는 경우 압축 공기를 사용하여 느슨한 입자와 먼지를 모두 제거해야 합니다.

냉각수 순환의 세척과 배출을 용이하게 하기 위해 주 라인에 바이패스 밸브를 설치하고 각 주파수 변환기 흡입구에 밸브를 설치하는 것이 좋습니다. 시스템을 청소 및 airing 할 때 바이패스 밸브를 열고 밸브를 주파수 변환기에 밸브를 닫으십시오. 시스템 시운전시 바이패스 밸브를 닫고 변환기의 밸브를 열어야 합니다.

Vacon 은 냉각 시스템에 압력 및 유량 감시 (FE)를 장착 할 것을 권장합니다. 유량 감시는 디지털 입력 기능 외부 결함에 연결할 수 있습니다. 냉각수 유량이 너무 낮으면 주파수 변환기가 정지합니다.

전기 화학 공정의 위험을 최소화 할 수 있도록 냉각 시스템에 사용되는 재료를 선택하십시오. 알루미늄 방열판이 장착 된 수냉식 드라이브를 사용하는 경우 동일한 설치 환경에서 구리 및 황동 또는 철과 같은 것을 사용하지 마십시오. 전기 화학 부식을 피하려면 냉각액에 억제제를 첨가하십시오.

Table 42. Materials and components of a cooling circuit

| Material                                                   | Used in                    | Vacon Liquid Cooled Drives                                                                                                                                                                                                                                                         |
|------------------------------------------------------------|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Brass & copper                                             | Pipes, valves and fittings | Can be used only in closed circuits, if the heatsink and the copper component are separated using non-conductive material, such as plastic or rubber.<br>With nickel coated heatsink there is no need for separation of the copper or brass components.<br>Inhibitor must be used. |
| Common steel                                               | Pipes                      | Permissible in closed circuits with inhibitors, check for oxide information, regular inspection of water quality recommended                                                                                                                                                       |
| Cast steel, cast iron                                      | Pipes, motors              | Permissible in closed circuits with inhibitors, check for oxide information, regular inspection of water quality recommended.                                                                                                                                                      |
| PVC/PVC-C                                                  | Pipes, valves and fittings | Suitable for drinking water or tap water with inhibitor and glycol.                                                                                                                                                                                                                |
| Installation made of different metals (mixed installation) | Pipes, valves and fittings | Do not use mixed installation                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Rubber/plastic with oxygen barrier                         | Hoses                      | Can be used. With non-Vacon hoses, check suitability regarding inhibitor and glycol.                                                                                                                                                                                               |
| EPDM/NBR rubber                                            | Seals                      | Can be used.                                                                                                                                                                                                                                                                       |

## 11.2 수냉식 드라이브 냉각 시스템 설계 및 용량산정

### 11.2.1 VACON HX 열교환기 유형 선택

Vacon의 HXL-040, HX-120 또는 HX300 열교환기 중에서 선택할 때 다음 요소를 고려하십시오.

LC 체크, LC 출력 필터 및 공기-액체 열교환기를 포함하여 AC 드라이브 시스템의 총 열 부하를 계산합니다.

정격 유량 + 10~20 %의 마진으로 구성된 총 유량 요구 사항 계산

필요한 냉각 전력과 관련하여 다음 사항을 확인하십시오.

- 증발기 전력 및 효율
- 고객 / 프로세스 회로에서 냉각수 상승 최대  $\Delta T$
- derating / oversizing

냉각수의 물과 글리콜의 비율을 확인하십시오. 이 비율은 AC 드라이브의 정격 유량 요건에 영향을 줍니다. 최대 유량 및 최대 냉각 전력을 기준으로 열교환기 장치를 선택하십시오.

분배 배관의 길이를 확인하십시오.  
다음 값 내에 있어야합니다.

- HXL-040:  $\Delta p = 0.3 \text{ bar}/10 \text{ m}+10 \text{ m}$  straight pipe (DN25)
- HXL-120:  $\Delta p = 1.0 \text{ bar}/40 \text{ m}+40 \text{ m}$  straight pipe (DN50)
- HXM-120:  $\Delta p = 0.7 \text{ bar}/25 \text{ m}+25 \text{ m}$  straight pipe (DN50)
- HXS-070:  $\Delta p = 1.0 \text{ bar}/40 \text{ m}+40 \text{ m}$  straight pipe (DN50)
- HXT-070:  $\Delta p = 0.7 \text{ bar}/25 \text{ m}+25 \text{ m}$  straight pipe (DN50)
- HXL-300:  $\Delta p = 1.0 \text{ bar}/40 \text{ m}+40 \text{ m}$  straight pipe (DN 80)
- HXM-300:  $\Delta p = 0.7 \text{ bar}/25 \text{ m}+25 \text{ m}$  straight pipe (DN80)

Table 43. Vacon Heat Exchanger types

|               | HXL-M/V/R-040-N-P | HXL-M-M/V/R-120-N-P | HXS/T-M/V/R-070-N-P | HXL-M-M/R-300-N-P |
|---------------|-------------------|---------------------|---------------------|-------------------|
| Cooling power | 0...40 kW         | 0...120 kW          | 0...69 kW           | 0...300 kW        |
| Mains supply  | 380...440 VAC     | 380...440 VAC       | 380...440 VAC       | 380...440 VAC     |
| Flow          | 40...120 l/min    | 120...360 l/min     | 120...200 l/min     | 360...900 l/min   |

액체가 개별 드라이브에 분배 될 때 각 드라이브의 액체 압력이 동일하도록 주 파이프 라인의 치수를 지정해야 합니다.

냉각 시스템을 설계하고 치수를 지정할 때 Vacon NX 수냉식 드라이브 사용자 매뉴얼에서 다음 표를 참조하십시오.

- Table 5-6. Information about cooling agent and its circulation
- Tables 5-9. and 5-10. Pressure losses
- Tables 5-3, 5-4, and 5-5. Water specifications

### 11.2.2 열교환기 선택 예

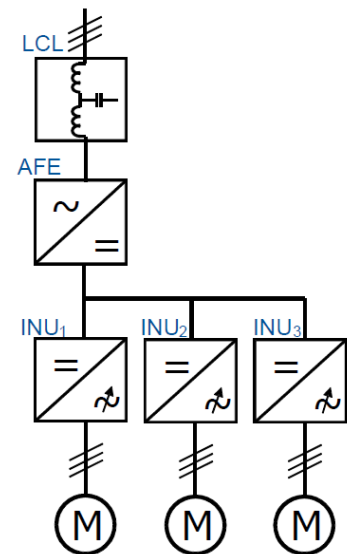
다음 예는 LCL 필터가 있는 프런트 엔드 장치 1 개와 인버터 장치 3 개가 포함된 드라이브 시스템의 전력 손실 및 정격 유량 값을 계산하고 계산된 값을 기반으로 HX 열교환기 유형을 선택하는 방법을 보여줍니다.

Table 44. Example of a liquid cooled common DC bus drive system

| Unit ID          | Chassis | Voltage (U) | Current (A) | Power losses to liquid (kW) | Required nominal flow (l/min) |
|------------------|---------|-------------|-------------|-----------------------------|-------------------------------|
| LCL-filter       | RLC-920 | 400         | 920         | 5,5                         | 40                            |
| AFE              | Ch63    | 400         | 920         | 14,4                        | 50                            |
| INU <sub>1</sub> | Ch61    | 400         | 385         | 5,5                         | 25                            |
| INU <sub>2</sub> | Ch61    | 400         | 300         | 4,5                         | 25                            |
| INU <sub>3</sub> | Ch61    | 400         | 300         | 4,5                         | 25                            |
| Total:           |         |             |             | <b>34,4</b>                 | <b>165</b>                    |

이 예에서 드라이브 시스템의 액체에 대한 총 전력 손실은 34.4kW 에 달하며 이는 HXL-M-040-NP 장치로 충분할 수 있음을 나타냅니다.

그러나 165 l/min 유량 요구 사항은 실제로 HXL-M-120-N-P 장치가 필요하다는 것을 의미합니다.



### 11.3 응결

수냉식 드라이브 시스템을 계획할 때는 드라이브 캐비닛 내부, 특히 NX 수냉식 드라이브의 냉각판에 결로 현상이 없어야 합니다. 냉각수 배관이 드라이브 캐비닛 내부에 위치하므로 냉각수의 온도가 이슬점보다 높아야 합니다. 드라이브 캐비닛 내부의 응결을 방지하는 가장 안전한 방법은 냉각수 온도를 드라이브 캐비닛 내부의 주변 온도보다 높게 유지하는 것입니다.

아래의 그래프를 사용하여 드라이브 작동 조건 (실온, 습도 및 냉각액 온도의 조합)이 안전한지 결정하거나 냉각액에 허용되는 온도를 선택하십시오.

점이 해당 곡선 아래에 있으면 조건이 안전합니다. 그렇지 않은 경우 실내온도 및/또는 상대습도를 낮추거나 냉각수 온도를 높여 적절한 예방 조치를 취하십시오. 로드 차트에서 그림보다 냉각액의 온도를 높이면 드라이브의 정격 출력 전류가 감소합니다. 아래 곡선은 해발 고도 (1013mbar)에서 유효합니다.

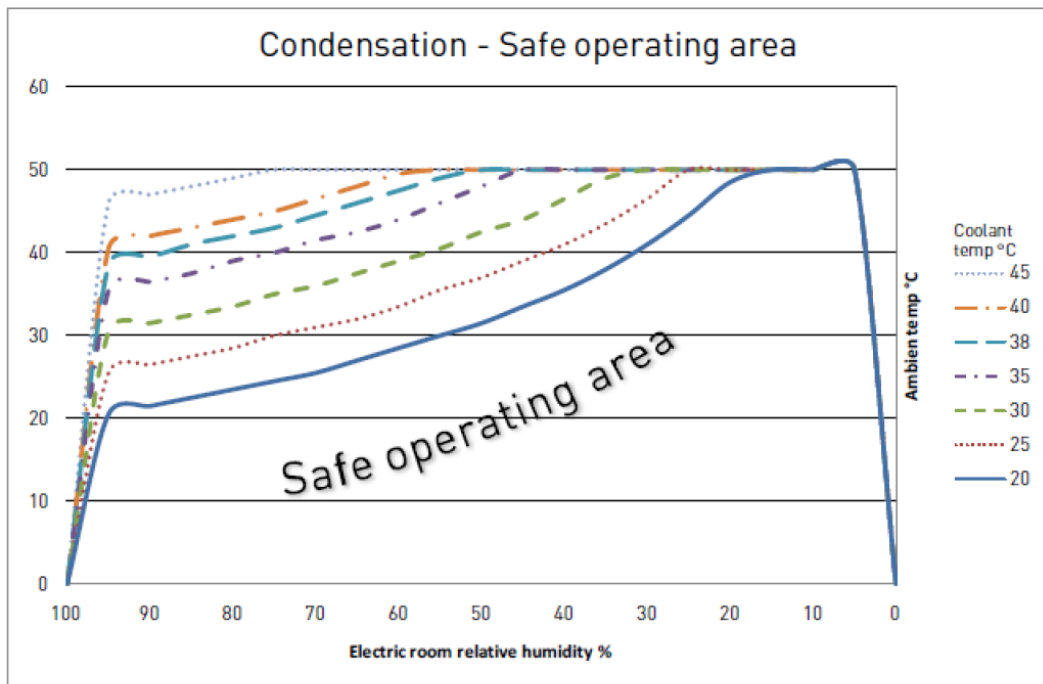


Figure 99. Safe operating area

예제 :

전기실의 온도가 30 °C이고 상대 습도가 40 %이고 냉각액의 온도가 20 °C 인 경우 (그림 안전 작동 영역에서 가장 낮은 곡선) 드라이브 작동 조건이 안전합니다.

그러나 실내 온도가 35 °C로 상승하고 상대 습도가 60 %로 상승하면 드라이브의 작동 조건이 더 이상 안전하지 않습니다. 이 경우 안전한 작동 조건에 도달하려면 공기 온도를 28 °C 이하로 냉각해야 합니다. 실내 온도를 낮출 수 없다면 냉각액의 온도를 25 °C 이상으로 올려야 합니다.

## 12. Motor Cable and Output Filter

모터 및 케이블은 전압 반사(voltage reflection), 전류 스파이크, 공진, 출력 전압의 높은 변화율 (즉,  $dU / dt$ ) 및 베어링 전류를 포함하는 특정 현상의 영향을 받습니다. 이러한 잠재적으로 유해한 영향을 줄이기 위해 주파수 변환기의 출력에 연결할 수 있는 세 가지 유형의 필터가 있습니다.

- the  $dU/dt$  filter
- the sine filter
- the common-mode filter

### 12.1 Output Filters

#### 12.1.1 $du/dt$ Filter

$du/dt$  필터는 본질적으로 차단 주파수가 컨버터의 스위칭 주파수를 초과하는 LC Low pass filter 입니다.

필터는 전압 펄스의 상승 시간을 증가시킵니다. 즉, 주파수 변환기의 출력 전압의 변화율과 고주파 성분을 줄입니다.  $du/dt$  필터는  $du/dt$  값을  $1\text{ kV} / \mu\text{ s}$  미만으로 줄입니다. 이것은 권선에서 부분 방전의 위험을 줄입니다. 부분 방전은 절연의 절연 강도를 초과하여 발생하며 방전은 절연을 서서히 열화시켜 권선에 turn-turn 간 결함을 일으킵니다.

$du/dt$  필터는 또한 모터에 대한 전압 스트레스를 유발하는 전압 반사를 감소시키는 데 도움이 됩니다.

이것은 또한 케이블 서지 임피던스의 증가로 인해 달성되며, 이는 케이블과 모터 임피던스 사이의 차이 및 반사계수를 감소시킵니다. 결과적으로 중요한 케이블 길이가 더 길어집니다.

$du/dt$  값을 줄이면 용량성 누출 전류가(capacitive leakage current) 더 작아집니다.  $du/dt$  필터는 또한 접지 전류를 감소시키고 다양한 베어링 전류 소스의 영향을 줄입니다.

$du/dt$  필터는 회로에서 약간의 전압 강하를 유발합니다. 따라서 모터의 풀 아웃 토크 제한이 몇 퍼센트 감소 할 수 있습니다. 이것은 일반적으로 프로세스에 영향을 미치지 않습니다.

필터는 방사 방출을 줄이지 않습니다. 따라서 모터 케이블을 차폐 해야 합니다.

필터는 주파수 변환기의 출력에 설치해야 합니다. 필터의 냉각 요구사항도 반드시 관리해야 합니다.

모터의 절연 요건은  $du/dt$  필터가 필요한지 여부를 결정하는 데 있어 주요 쟁점입니다.

Vacon은  $du/dt$  필터 사용에 대해 다음 권장 사항을 제공합니다.

Table 45. Use of  $du/dt$  filters

| Supply voltage | Need of Filter                                                                                           |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 200~400V       | No need                                                                                                  |
| 440~525V       | 모터가 이중절연 되어있고, 고전압 Spike 에 견딜 수 있는 경우라면 필요 없음. 그렇지 않다면 $du/dt$ 필터를 사용하십시오.<br>Frame 크기 200kW 이상에서는 필요 없음 |
| 525~690V       | $du/dt$ 또는 사인 필터를 사용하십시오. 모터가 이중 절연되어 있고 목적에 맞게 특별히 설계된 경우 필요하지 않습니다.                                    |

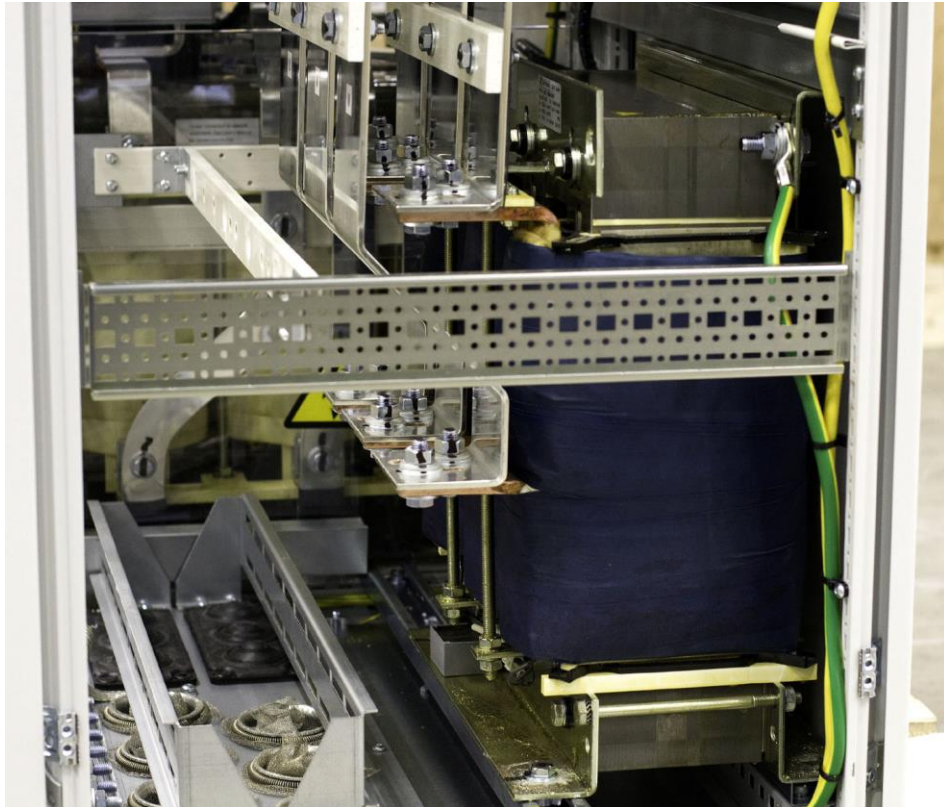


Figure 100. du/dt filters

### 12.1.2 Sine Filter

사인 필터는 LC Low pass filter 로서, du/dt 필터와 달리 차단 주파수는 주파수 변환기 출력 전압의 모든 고주파 성분을 제거하도록 설정되어 있습니다. 거의 완벽한 정현파 전압 파형을 생성합니다.

사인 필터를 사용하면 모터의 전압 스트레스가 동일한 전압의 전원을 사용하는 일반 DOL (직접 온라인) 사용시 존재하는 것과 동일합니다. 사인 필터는 AC 드라이브와 함께 사용하도록 설계되지 않은 구형 모터에 특히 적합합니다.

사인 필터는 베어링 전류 및 전압 반사를 제거하고 모터의 소음 수준을 줄입니다. 출력 변압기를 사용하는 경우 사인 필터는 변압기에 스트레스를 줄 수 있는 고주파 성분을 제거합니다.

du/dt 필터 대신 사인 필터를 항상 사용할 수 있지만 du/dt 필터보다 훨씬 비쌉니다. 원하는 주파수 특성은 더 큰 인덕턴스 및 커패시턴스를 사용해야 하기 때문입니다.

사인 필터는 일반적으로 7~10%의 전압 강하를 일으킵니다. 주파수 변환기의 출력 전압을 높여야 할 수도 있습니다. Field weakening 범위에서 사용하면 사인파 필터가 없는 것보다 풀 아웃 토크가 더 빨리 떨어집니다.

사인 필터를 사용하면 훨씬 긴 모터 케이블을 사용할 수 있습니다. 그러나 모든 Common mode voltage 및 EMC 간섭이 제거되는 것은 아니며 모터 케이블을 차폐해야 합니다.

du/dt 필터와 사인 필터는 가능한 노이즈 소스이며 사인 필터는 du/dt 필터보다 많습니다.

타사 du/dt 또는 사인 필터를 사용하는 경우 필터가 설계된 스위칭 주파수를 확인하고 드라이브 설정이 올바른지 확인하십시오. 또한 스위칭 주파수가 기본 설정보다 높은 경우 690V 드라이브의 부하 가능성을 확인하십시오.

### 12.1.3 Common-Mode Filter

Common mode 필터는 베어링 및 접지 전류를 줄이는 데 사용됩니다.

고주파 Common mode 필터링은 강자성 물질의 환상면 코어를 사용하여, 즉 페라이트 링을 케이블에 밀어 넣어 달성 할 수 있습니다. 전류를 전달하는 케이블 주위에는 자기장이 있습니다. 페라이트의 효과는 이 필드를 집중시켜 케이블의 인덕턴스를 수백 배 증가시키는 것입니다.

페라이트를 3 상을 모두 포함하는 케이블에 연결되면 차동 모드 전류에는 영향을 미치지 않지만 공통 모드 전류의 임피던스는 증가합니다. 이는 정의에 따라 차동 전류가 0 으로 합쳐져서 순수 자기장이 없기 때문입니다. Common mode 전류는 순 자속을 생성하며 이 자속은 대부분의 페라이트에 집중되어 Common mode 전류에 대해서만 임피던스가 증가합니다.

이것은 Phase Conductors 만 링을 통과시키는 이유이기도 합니다. PE (보호 접지) 도체를 분리해야 합니다. 모든 페라이트는 전도성 이므로 이를 통과하는 케이블이 충분히 절연되어 있어야 합니다.

Common mode 필터는 중요한 du/dt 필터링을 제공하지 않습니다.

Common mode 필터는 드라이브 출력 직후에 다른 출력 필터보다 먼저 설치해야 합니다.

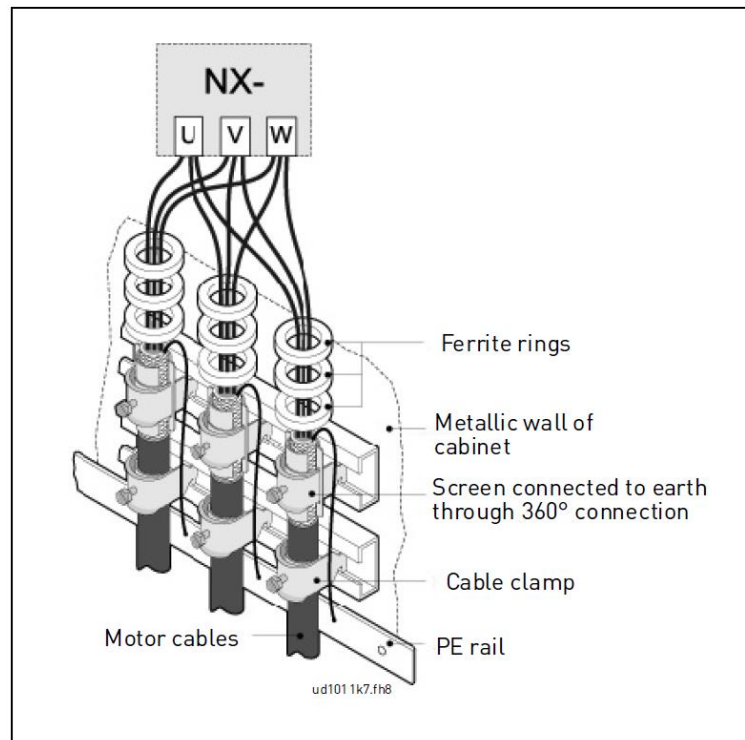


Figure 101. Ferrite rings

## 12.2 Bearing Currents

주파수 변환기의 출력 전압에는 고주파 common mode 전압 구성 요소가 있습니다.

경우에 따라 이 common mode 전압이 베어링 전류를 발생시켜 모터 베어링에 유해한 영향을 미칠 수 있습니다. 결과적으로 베어링 레이스와 베어링 볼이 침식됨에 따라 재료 제거로 인해 베어링의 품질이 급격히 저하됩니다. 또한 베어링과 레이스 마모로 인해 모터 소음과 진동이 발생합니다.

베어링이 정상 속도로 작동할 때 윤활은 볼을 베어링 레이스에서 절연시킵니다. 베어링을 가로 질러 전압이 발생하면, 커패시터가 충전됨에 따라 차단 전압(breakthrough voltage)에 도달할 때까지 필름을 통한 전기장이 증가한다. 필름이 깨지면 스파크가 갭을 뛰어 넘습니다. 각 스파크는 볼과 레이스에서 재료의 흔적을 제거하여 결국 베어링 레이스에 빨래판 패턴을 만듭니다. 이 전류를 EDM (electrical discharge machining) 전류라고 합니다.

베어링 윤활 필름의 두께는 일반적으로  $0.2 \sim 2.0 \mu\text{m}$  입니다. 저주파(50Hz DOL 모터)의 경우, 차단 전압은 몇 볼트 정도이지만, 빠른 상승 시간으로 인해 필름의 순간 내구성 값은  $10 \mu\text{s}$  펄스 시  $20 \sim 30\text{V}$  범위에 이를 수 있습니다. 실제 값은 온도, 금속 오염, 점도 및 기타 여러 요인의 복잡한 기능이므로 이러한 값은 상당히 보수적입니다. 이러한 전류의 주파수와 크기는 베어링이 얼마나 빨리 파괴되는지를 결정합니다. 주파수는 드라이브의 스위칭 주파수와 드라이브, 모터 및 접지의 물리적 특성의 크기에 따라 결정됩니다. 모든 베어링 전류는 정확하게 제어하거나 측정하기 어렵습니다.

### 12.2.1 베어링에서 실제로 일어나는 일

회전자 커패시턴스의 일반적인 방전은 12V이며 지속 시간은 50ns입니다. 10 ~ 100A 인 경우 높은 피크 전류입니다. 이것은 강철을 국부적으로 가열하여 소량의 기화가 일어나고 작은 크레이트가 형성됩니다. 분화구의 직경은 1  $\mu\text{m}$  미만입니다. 수백만 개의 분화구가 형성된 후 공이 튀기 시작합니다. 이 튕김은 워시보드 패턴을 만듭니다. 패턴은 AC 드라이브의 주파수와 연결되어 있지 않습니다.

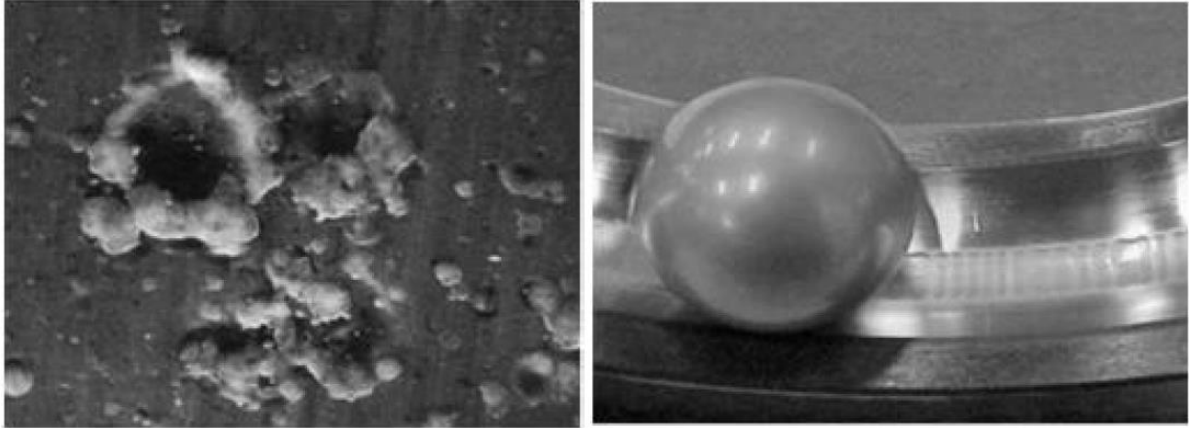


Figure 102. Left: miniature craters (microscope image), right: washboard pattern

### 12.2.2 베어링 전류의 3가지 주요 카테고리

베어링 전류 현상은 3 가지 주요 카테고리로 분류할 수 있습니다.

용량성 전압(capacitive voltage), 순환 전류(circulating current), 축 접지 전류(shaft-earth current)

#### 12.2.2.1 용량성 전압 (Capacitive voltage)

주파수 변환기의 출력에서 반도체는 변조 패턴을 생성합니다. 모터의 위상과 모터의 고정자 권선 사이의 전위는 당시에 어떤 반도체가 작동하는지에 따라 중간 회로의 + 및 - 전압에 따라 다릅니다. 예를 들어 400V 네트워크의 고정자 권선은 모터 프레임에 비해 +280V 에 있을 수 있으며 다른 스위치 위치는 모터 프레임에 비해 -280V 에 있습니다. 이 전압 변동은 모터의 부유 용량과 관련하여 모터 구성의 전압 분배로도 볼 수 있습니다. 아래 그림에서 (용량성 전압 공유) C1 은 모터 권선에서 회전자 회로 (모터 축)까지의 표유 커패시턴스(stray capacitance)이고, C2 는 회전자 회로에서 모터 프레임까지의 표유 커패시턴스입니다. 모터 베어링의 전압은 커패시터 C2 의 전압과 동일합니다. 이 전압 (그림에서 U 베어링)이 베어링 윤활유 필름의 항복 전압을 초과하면 작은 EDM 전류가 베어링 내부에서 발생합니다.

일반적으로 C1 및 C2 의 값은 매우 작으므로 EDM 전류의 결과 에너지도 매우 작습니다. 이러한 이유로 이 유형의 베어링 전류는 일반적으로 베어링을 조기에 손상시키지 않습니다.

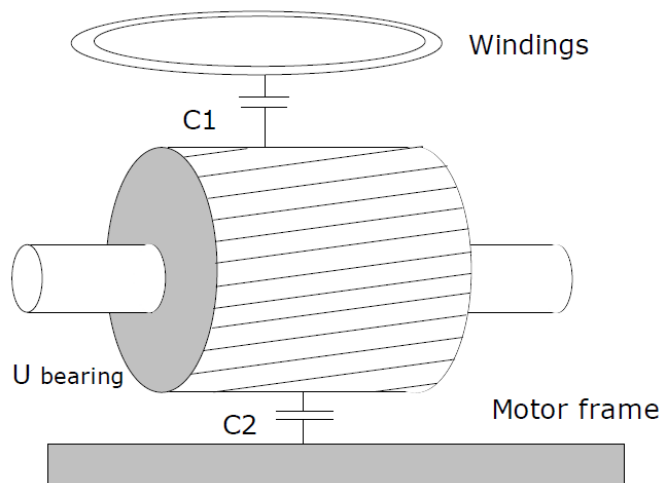


Figure 103. Capacitive voltage sharing

### 12.2.2.2 순환 전류 (Circulating current)

모터 프레임의 비대칭 누설 전류는 모터 축의 전압을 유도합니다. 전압이 충분히 높으면 베어링을 통해 전류 루프가 형성됩니다. 이는 일반적으로 >110kW의 대형 모터와 관련된 문제입니다.

주파수 변환기가 모터의 공급 전압을 변조하고 있을 때, 반도체가 켜지거나 전압의 상승 또는 하강 에지가 발생하는 순간 스테이터 권선의 전위가 변화하여 모터 내부의 비대칭 정전류가 발생합니다. 이러한 누설 전류는 모터 축의 끝부분 사이의 회전자 회로에서 전압( $U$ )을 유도합니다. 이 전압이 베어링의 항복 전압(breakdown voltage)을 초과하면 EDM이 발생합니다.

모터 축 끝의 베어링 사이의 유도 전압 진폭은 거리에 따라 다릅니다. 일반적으로 전압은 거리의 함수로 상승합니다. 따라서 이러한 유형의 베어링 전류 현상의 위험은 큰 프레임의 모터, 즉 큰 고출력 모터에서 가장 높습니다. 이러한 이유로 모터 제조업체는 일반적으로 주파수 변환기를 사용하여 모터를 제어하는 상황에 대한 특정 권장 사항을 갖습니다. 이러한 권장 사항에는 예를 들어 절연 베어링 및 출력 필터 사용이 포함될 수 있습니다. 예를 들어, 100kW는 종종 전력 한계치로 사용하는 경우가 많으며, 그 이후에는 모터에 절연 베어링을 제공하는 것이 좋습니다.

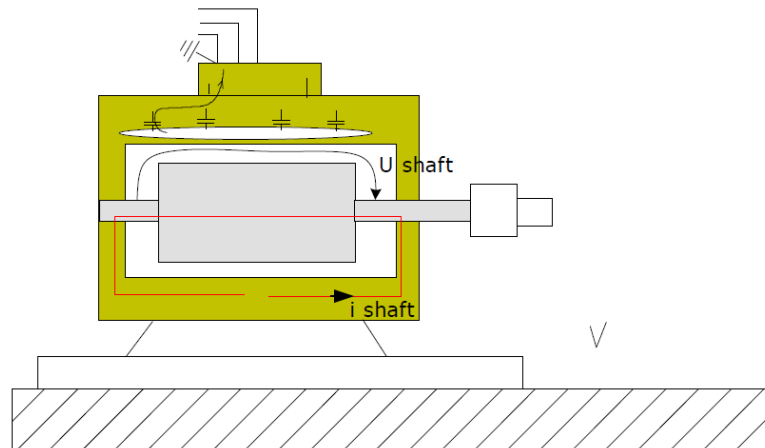


Figure 104. Circulating current

### 12.2.2.3 축 접지 전류 (Shaft-earth current)

모터 프레임과 기계 사이의 전압 전위 차이가 베어링의 차단 전압 한계치보다 클 경우 축 접지 전류가 발생할 수 있습니다.

반도체의 스위칭 에지 동안, 모터 프레임의 전위는 권선 및 접지 임피던스의 전위에 따라 고주파수 스윙을 발생 시키거나 감소시키는 경향이 있습니다. 적절한 설치시 용량성 누설 전류가 등전위 본딩으로 유도되는 모터의 적절한 접지로 모터 프레임의 전압 변동을 방지 할 수 있습니다.

누출 전류 경로는 접지 임피던스에 따라 구분됩니다. 모터로 제어되는 장치(예: 팬)가 모터 샤프트에 전도성으로 연결되어 있고 접지 임피던스가 모터 프레임의 접지 임피던스보다 작은 경우, 베어링 전압이 고장 전압 값을 초과할 위험이 있으며, 누설 전류가 베어링을 통해 샤프트로 전달되고, 장치를 통해 접지 회로로 전달됩니다. 이 경우 베어링이 조기에 손상될 위험이 있습니다. 또한 누설 전류가 장치의 베어링 또는 베어링을 통과하여 손상될 위험이 있습니다.

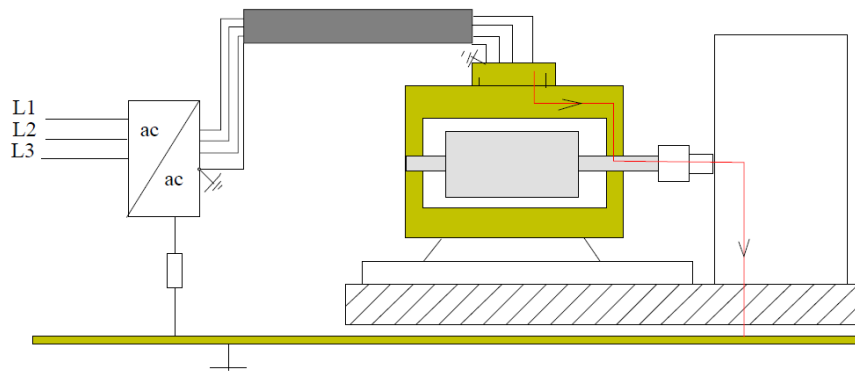


Figure 105. Shaft earth current

### 12.2.3 예방조치

#### 12.2.3.1 Cables and cabling

Common mode 전압을 최소화 하기 위해서는 아래 그림(대칭 케이블)과 같이 3상 도체가 있는 대칭 케이블과 별도의 실드를 사용하는 것이 좋습니다. 접지 체인의 고주파 임피던스를 최소화 하려면 동심방 실드를 접지 또는 주파수 변환기의 프레임 또는 모터 프레임에 연결해야 합니다. 이를 360° 접지라고 합니다. 이 360° 접지는 모터 케이블, 즉 모터 끝단, 주파수 변환기 끝단, 가능한 모든 안전 스위치, 연결 상자 또는 주파수 변환기와 모터 사이에 연결된 다른 모든 항목을 통해 수행해야 합니다.

360° 접지가 불가능한 경우 접지 회로의 인덕턴스를 최소화하기 위해 케이블 실드의 벗겨짐 지점과 접지 지점 사이의 거리는 가능한 짧아야 합니다(예: 3~4cm 미만). 그래서 피그테일 접지라고 불리는 것은 높은 임피던스 때문에 권장되지 않습니다.

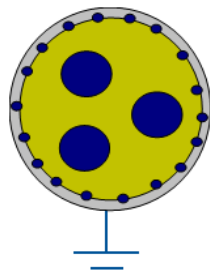


Figure 106. Symmetrical cable

- 대칭 케이블을 사용하십시오. 가장 일반적인 케이블 유형은 3core + 별도의 동심 접지입니다 (PE 와이어 전위가 낮음)
- 고전압 전위차를 방지하기 위해 낮은 hf 임피던스를 사용하여 모터와 기계 프레임을 함께 연결하십시오.

#### 12.2.3.2 절연 베어링

베어링 전류는 EDM 파열이 발생하지 않도록 베어링의 항복 전압 값을 안전한 수준으로 올리면 방지 할 수 있습니다. 일반적으로 이것은 분리된 베어링, 엔드 실드 또는 세라믹 볼이있는 베어링을 사용하여 수행됩니다. 모터 제조업체는 다양한 제품 옵션을 제공합니다.

#### 12.2.3.3 출력 필터 사용

특히 베어링 전류용 저비용 필터로서 위상 도체 주변에 설치된 페라이트 링으로 형성된 소위 Common mode filter 를 사용할 수 있습니다. 모터 절연을 보호하는 데 주로 사용되는 du/dt 필터, 사인 필터 및 AC 초크와 같은 다른 필터도 베어링 전류의 위험을 어느 정도 감소 또는 감소시킵니다. 그러나 일반적으로 3 극 철심으로 구성되므로 Common mode 인덕턴스가 상대적으로 낮습니다. 상기 필터가 베어링 전류에 대해 효과적이기 위해서는 단상 소자를 사용하여 제조되어야 합니다.

#### 12.2.3.4 장치와 모터 프레임 사이에 등전위 본딩

장치와 모터 샤프트 사이에 전도성 연결이 있는 경우 고주파수에서도 전위가 동일해야 합니다. 일반적으로 둘 다 동일한 금속 프레임 또는 금속 플레이트에 설치되어 있고, 연결 지점이 금속 프레임에 전도성 연결되어 있는 경우에는 위험이 없습니다. 위험이 존재하는 경우, 그 사이에 등전위 본딩이 형성되어야 합니다. 이는 인덕턴스가 낮은 플레이트(예: 폭 10cm)를 사용하여 이 작업을 수행할 수 있습니다. 정상적인 설치에 사용되는 16mm<sup>2</sup> 접지 도체는 고주파 임피던스가 형성되기 때문에 이 용도로는 사용할 수 없습니다..

## 12.3 Encoder

인코더는 모터의 위치와 관련된 데이터를 제공합니다. 데이터는 증분(incremental) 또는 절대(absolute)일 수 있습니다.

### 12.3.1 Incremental 데이터 제공 Encoder

Incremental 데이터는 모터를 조정하는 데 사용할 수 있습니다. 경우에 따라 Incremental 데이터를 위치 지정에도 사용할 수 있지만 시작 시 리미트 스위치를 사용하여 보정(calibration)이 필요합니다.

- Encoder RS422 (TTL)
- Encoder 10~24V (HTL)
- Double encoder (Wide Range)
- SIN/COS encoder interface

**HTL** = High voltage Transistor Logic, voltage level is 10V~30V

**TTL** = Transistor to Transistor Logic, voltage level is 5V

**RS422** = Differential receiver for -6V to +6V signal. (역방향 출력을 갖는 TTL encoders 와 호환)

### 12.3.2 Incremental과 Absolute 데이터 동시 제공 Encoder

Incremental 데이터와 absolute 데이터를 모두 제공하는 인코더를 사용하여 모터를 조정하고 보다 빠르고 정확하게 배치할 수 있습니다.

- SSI and ENDAT Encoders (with SIN+COS)
- RESOLVER

**RESOLVER** 는 축이 회전할 때 분해기 권선을 통과하는 에너지의 크기가 사인파적으로 변화하는 회전 변압기입니다. 분해능에는 1 차 권선 1 개와 2 차 권선인 SIN 및 COS 권선이 포함되어 있습니다.

**ENDAT** 는 절대 인코더를 위한 양방향 동기식 직렬 인터페이스입니다. 예를 들어 인코더 위치 데이터를 읽을 수 있으며 ENDAT 연결을 통해 인코더 파라미터를 설정할 수 있습니다. 또한 인코더 기능과 관련된 메시지를 전달합니다.

**SSI**(Synchronous Serial Interface)는 절대 위치 값을 전송하기 위한 단일 방향 인터페이스입니다.

**NOTE** : SIN+COS 데이터를 전송하는 센서는 보간(< 6Hz)으로 모터의 느린 작동에도 사용할 수 있습니다.

### 12.3.3 Absolute 데이터 제공 Encoder

속도 요구사항이 상대적으로 느린 경우 절대 데이터만 제공하는 인코더를 사용하여 정확한 위치를 지정할 수 있습니다.

- SSI and ENDAT Encoders (digital only)

### 12.3.4 설치

Vacon 은 항상 차폐 트위스트 페어 케이블을 인코더와 함께 사용하는 것이 좋습니다. 인코더 피드백에 권장되는 케이블을 사용합니다. 꼬인 쌍으로 신호를 혼합하지 마세요.

항상 케이블 전체 둘레(360°)에 접지를 하고 장치 끝에만 접지를 합니다.

피드백 신호는 모터 및 공급 케이블에서 나오는 소음으로 인해 어려움을 겪을 수도 있습니다. 차폐된 대칭 모터 케이블을 사용하십시오. 모터 케이블 실드를 360° EMC 부싱에 연결하는 것이 좋습니다. 모터 및 공급 케이블은 인코더의 신호 케이블과 평행이 되어서는 안됩니다.

## 13. Commissioning

설치 단계는 드라이브를 시운전 한 후, 드라이브 시스템을 작업자에게 인계합니다.

고객 프로세스에서 드라이브의 위치와 역할을 이해하는 것이 중요합니다. 복잡한 산업 프로세스에서는 일반적으로 특정 제어 기능을 처리하는 상위 제어 아키텍처가 있습니다. 시스템 사양은 이 상위 레벨 제어 아키텍처에서 처리해야 하는 조작 또는 제어, 드라이브에 속하는 작업을 정의합니다. 이 정의를 준수해야 합니다.

또한 일반적으로 고객의 프로세스를 개선하는 데 사용할 수 있는 다양한 추가 드라이브 기능 또는 속성이 있습니다. 커미셔닝 팀은 고객의 프로세스 요구 사항 및 드라이브 특성에 대한 철저한 지식을 통해 이러한 추가 기능을 어떻게 활용할 수 있는지 파악할 수 있습니다. 결과적으로 커미셔닝 팀은 고객의 기대를 충족 시키거나 초과하는 결과를 달성 할 수 있습니다.

시운전은 전체 프로젝트의 마지막 단계 중 하나입니다. 프로젝트 일정은 일반적으로 빡빡하고 끝까지 가까워지고 있습니다. 재료를 얻거나 실험실에서 일부 테스트를 실행하는 등의 커미셔닝 프로세스에 대한 준비를하는 것이 종종 가능합니다. 커미셔닝은 다양한 전문 분야의 전문가가 참여하는 팀워크입니다. 프로젝트 관리자는 커미셔닝 팀 구성원에게 다른 참가자와의 인터페이스 교차 점검을 수행 할 수 있는 기회를 제공 할 수 있습니다. 고객은 다시 자신의 요구를 확인하고 계획된 프로젝트 결과와 비교할 수 있습니다. 커미셔닝의 예비 정의는 커미셔닝 프로젝트의 일정 및 단계가 적절한 지 확인하는 데 도움이 됩니다. 이런 식으로 적절한 시간에 적절한 사람을 확보 할 수 있으므로 작업이 순조롭게 진행됩니다.

### 13.1 일반적인 시운전 프로세스

각 커미셔닝 프로세스는 고유합니다. 이 장에는 커미셔닝 범위에 대한 전반적인 아이디어를 제공하기 위한 몇 가지 예시와 일반적인 설명이 포함되어 있습니다. Chapter "13.1.2 설치 및 연결 확인"에는 몇 가지 연결 다이어그램 예가 포함되어 있습니다.

#### 13.1.1 안전한 작업 관행

개인 안전을 위해 커미셔닝을 수행하는 직원은 안전 문제에 대한 적절한 역량을 갖추어야 합니다.

전기 안전은 커미셔닝 단계에서도 필수적입니다. 전압 레벨에 관계없이 작업을 수행하려면 주의가 필요합니다.



Figure 107. Warning sign

또한 작업자가 부상을 입거나 드라이브 시스템의 구성 요소가 손상되지 않도록 커미셔닝에 사용되는 공구와 기타 장비가 적절해야 하며, 구내를 깨끗하고 깔끔하게 유지해야 합니다.

#### 13.1.2 설치 및 연결 확인

설치 및 연결은 프로세스의 주 컨트롤 시스템, 보조 컨트롤, 측정 및 피드백을 참조합니다. 이러한 연결은 드라이브에 직접 연결되는 기계 및 전자 연결입니다.

실제 커미셔닝 절차 전에 추가로 연구해야 할 기본 사항에는 변속기 세부 정보 및 메커니즘이 포함됩니다. 모터는 드라이브와 함께 일정한 성능을 제공합니다. 그러나 시스템의 기계적 특성은 자체 한계를 설정하며 드라이브를 사용하는 프로세스에는 특정 요구 사항이 있습니다. 최적의 커미셔닝 절차에서는 이 모든 것이 고려됩니다.

드라이브는 기계 작동 및 피드백을 모니터링하기 위한 다양한 기능을 갖추고 있습니다. 이러한 기능은 시스템 사양에 이미 정의되어 있는 기능 및 시스템 작동을 개선하는 데 사용할 수 있는 추가 기능 등 적절한 방법으로 의뢰해야 합니다.

드라이브 시스템의 모든 구성 요소가 납품 계약에 따라 납품되었는지, 장비에 가시적인 손상이 없는지 점검할 필요가 있습니다.

다음 목록에서는 확인해야 할 항목의 몇 가지 예를 보여 줍니다.

- 기계 및 전기 장비는 규정 또는 사양에 따라 설치됩니다.
- 모든 연결은 규정 또는 사양에 따라 이루어집니다.
- 접지(보호 접지 및 기술 접지)가 점검됩니다.
- 모든 케이블 및 버스바 연결부는 권장 토크에 따라 조여지며 절연 거리가 정확합니다.
- 비상 정지 회로와 관련된 구성 요소 및 케이블의 설정을 점검합니다.
- 장비와 시설은 깨끗합니다. 드라이브 캐비닛 내부에 스크랩이나 먼지가 없습니다.
- 드라이브 캐비닛 내부에서 모든 공구를 제거합니다.
- 위상 또는 접지 사이에 단락이 없습니다. 절연 테스트를 수행하여 확인할 수 있습니다. 고압 절연 테스트를 수행해야 하는 경우 공인 작업자가 수행해야 합니다.

### 13.1.3 설정 확인

예비 단계의 일환으로 드라이브 시스템의 다양한 설정을 점검해야 합니다. 이러한 설정에는 다음이 포함됩니다.

- Relays of the emergency stop circuit
- Timer relay
- Overload relay, thermal overload relays, etc.
- Breaker settings
- Earth leakage current protection circuit

### 13.1.4 드라이브 시스템 및 프로세스별 데이터 수집

커미셔닝을 진행하려면 모터, 드라이브 시스템 및 고객 프로세스에 대한 데이터를 상호 확인해야 합니다. 공정 속도, 방향 등과 같은 데이터는 실제 프로세스 설명과 일치해야 합니다. 이 데이터를 기반으로 고객의 프로세스 요구 사항에 따라 시스템이 구축되었는지 확인해야 합니다.

자세한 내용은 다음과 같습니다.

- Motor's rating
- Encoder
- Cooling fan details
- Motor's temperature measurement device, eg. Pt100, thermistor, over-temperature switch, etc.
- Mechanical brake
- Direction of the rotation of the motor and the corresponding process requirement
- Maximum motor speed, process speed and any other speed requirements
- Speed factors, such as transmission ratio and diameter
- Speed ramps
- Start/Stop method

### 13.1.5 전원 연결

드라이브에 전원이 연결되어 있을 때 모터가 의도하지 않게 시작되지 않도록 합니다.

- 모터의 온도 센서 및 안전 스위치 회로를 테스트합니다. 모터 끝에서 이 연결부를 확인합니다.
- 부하 없이 작동하며 모터와 부하를 분리합니다.
- 모터의 명판 데이터, 인코더 관련 파라미터, 시작, 중지 방법, 가속 및 감속 램프 시간 및 관련 IO 설정을 설정합니다.
- 전류 한계치를 설정합니다. 일반적으로 모터의 정격 전류 한계치와 동일합니다.

- 최대 속도까지 점진적으로 무부하 상태에서 모터를 구동하기 시작합니다. 인코더 피드백을 확인하고 속도를 통해 모터가 부드럽게 작동하는지 점검하여 올바르게 장착되었는지 확인합니다.
- ID(ID) 실행을 수행합니다.
- 전체 ID run 을 수행하는 것이 좋습니다. ID run 중에 모터는 일반적으로 정격 속도의 60-70%까지 구동됩니다. 일부 애플리케이션에서는 부하를 모터에서 분리할 수 없습니다. 이 경우 모터가 정지한 상태에서 ID run 을 수행할 수 있습니다.
- 모터 제어 모드를 속도 또는 토크 컨트롤을 포함하여 Open Loop 또는 Closed Loop 으로 설정합니다.
- 프로세스 요구 조건(속도, 토크 및 전류)에 따라 limit 를 설정합니다.
- 속도 컨트롤러, 부하 처짐(load drooping), 가속 또는 부하 보상의 프로세스별 설정/조정 합니다.
- 부하가 있는 상태에서 작동합니다.
- 양방향으로 공정의 속도 범위 전체에 걸쳐 부하를 가하여 모터를 구동합니다. 이렇게 하면 컨트롤의 안정성과 프로세스 및 역학이 제한 범위 내에서 원활하게 작동하는지 확인할 수 있습니다.

### 13.1.6 Documentation

유지보수 및 서비스 목적으로 문서가 필요합니다. 드라이브 시스템의 전체 수명 동안 저장해야 하며 사용 가능한 형식으로 유지해야 합니다.

- 커미셔닝 중에 연결이 변경된 경우, 변경 사항을 회로 다이어그램에 표시해야 합니다.
- 고객과 엔지니어링 팀을 위해 모든 문서와 도면을 업데이트해야 합니다.
- 드라이브의 매개 변수 파일을 저장해야 합니다.

성공적으로 시운전한 결과, 드라이브 시스템을 고객에게 인계할 수 있습니다. 고객은 최적의 성능을 목표로 시스템을 사용할 수 있습니다. 고객의 피드백과 커미셔닝 팀의 경험을 수집해야 합니다. 추가 프로세스 개선 및 유지관리는 커미셔닝 중에 습득한 정보에 의존합니다. 이 정보는 조작 담당자의 교육에도 필요합니다. 사용자 및 설치 설명서는 시작점만 정의하지만, 의뢰된 모든 시스템은 고객/프로젝트별로 다릅니다.

잘 조정된 드라이브 시스템은 더욱 신뢰성이 높고 고객의 기대치를 충족시켜 고객 만족도를 높일 수 있습니다. 커미셔닝을 통해 고객의 실제 요구를 파악하고 그에 따라 드라이브 시스템을 사용자 정의할 수 있는 기회를 한 번 더 얻을 수 있습니다.

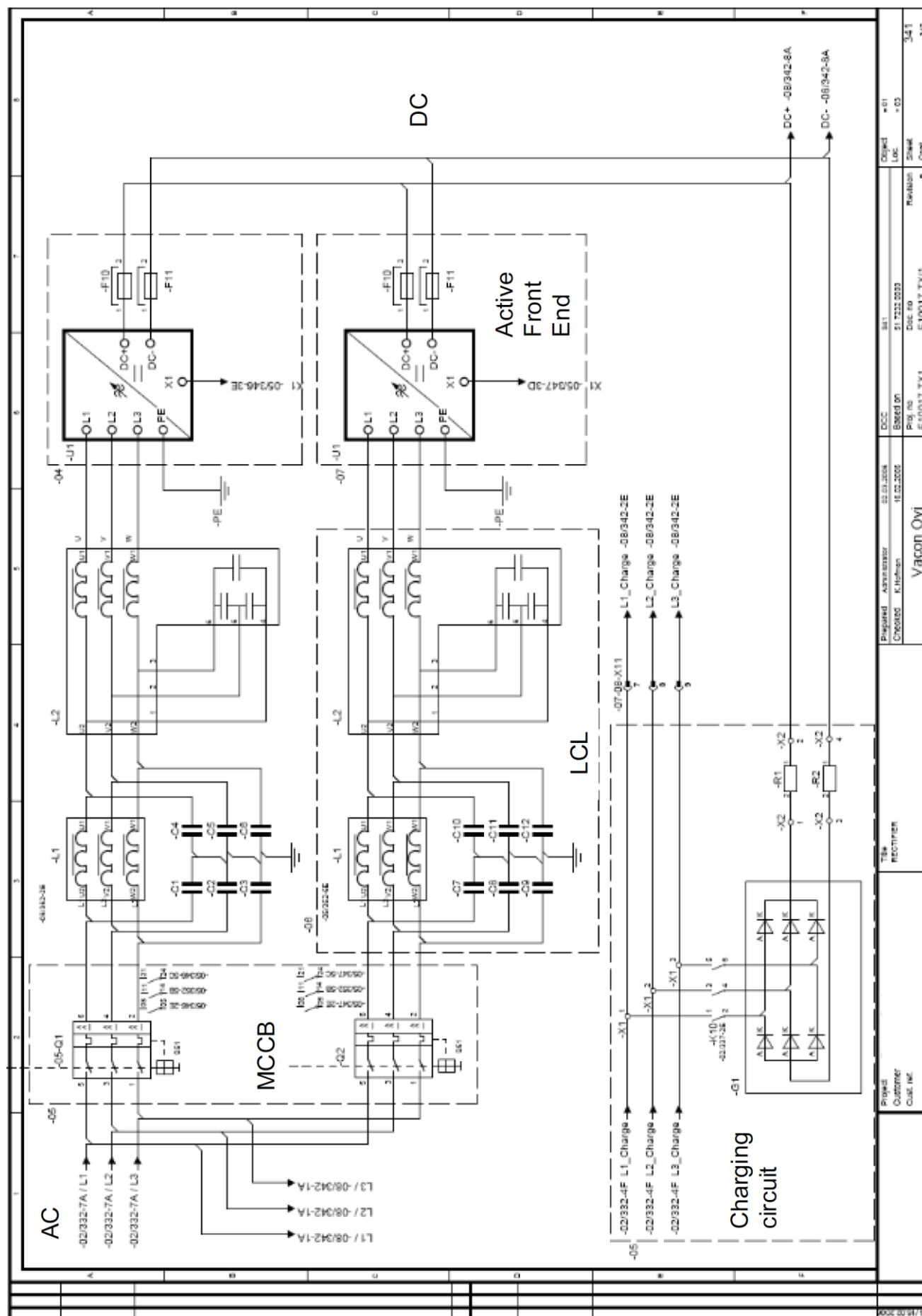


Figure 108. The supply section

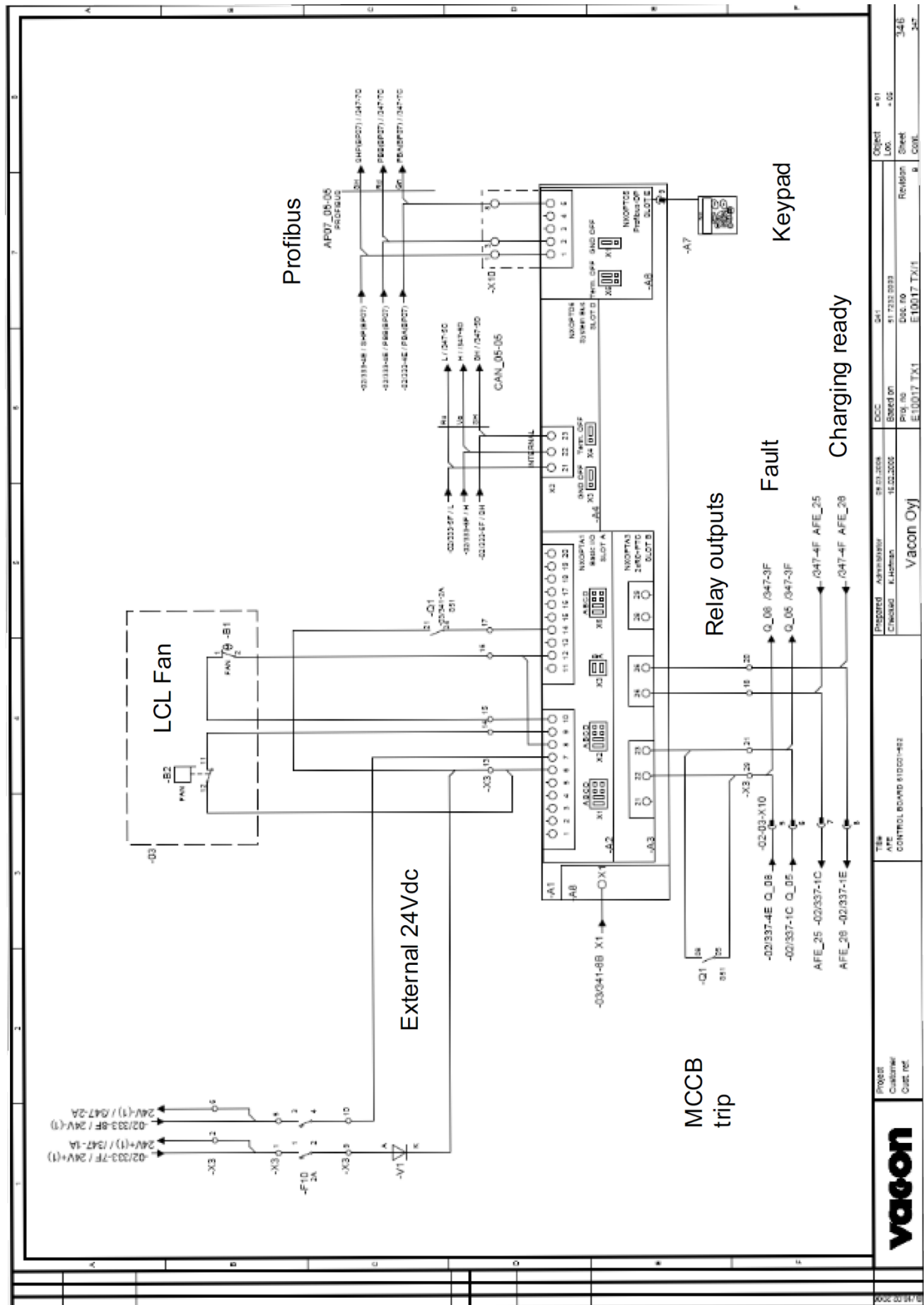
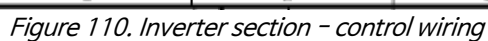


Figure 109. Supply section - control wiring



## 14. 약어 (Abbreviations)

| Abbreviation |   | Term                                                                    |
|--------------|---|-------------------------------------------------------------------------|
| AC           | = | Alternating Current                                                     |
| ACB          | = | Air Circuit Breaker                                                     |
| AFE          | = | Active Front End                                                        |
| BCU          | = | Brake Chopper Unit                                                      |
| CAN          | = | Controller Area Network                                                 |
| CISPR        | = | Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques         |
| DC           | = | Direct Current                                                          |
| DOL          | = | Direct On Line                                                          |
| EDM          | = | Electric Discharge Machining                                            |
| EMC          | = | Electromagnetic Compatibility                                           |
| EN           | = | European Norm                                                           |
| EPDM         | = | Ethylene Propylene Diene Monomer (type of rubber)                       |
| FC           | = | Frequency Converter                                                     |
| HTL          | = | High voltage Transistor Logic                                           |
| HVAC         | = | Heating Ventilation and Air Conditioning                                |
| Hx           | = | Vacon's liquid to liquid Heat exchanger unit                            |
| IEC          | = | International Electrotechnical Commission                               |
| IEEE         | = | Institute of Electrical and Electronics Engineers                       |
| IFA          | = | Institut für Arbeitsschutz der Deutsche Gesetzlichen Unfallversicherung |
| IGBT         | = | Insulated Gate Bipolar Transistor                                       |
| INU          | = | Inverter Unit                                                           |
| IP           | = | Protection class                                                        |
| ISO          | = | International Organisation for Standardization                          |
| LV           | = | Low Voltage                                                             |
| MCB          | = | Miniature Circuit Breaker                                               |
| MCCB         | = | Moulded Case Circuit Breaker                                            |
| MEN          | = | Multiple Earthed Neutral                                                |
| MV           | = | Medium Voltage                                                          |
| NBR          | = | Nitrile rubber                                                          |
| NFE          | = | Non-regenerative Front End                                              |
| NXI          | = | NX is a Vacon AC drive product family, I comes from "Inverter"          |
| OPT          | = | Option board                                                            |
| PC           | = | Personal Computer                                                       |
| PCC          | = | Point of Common Coupling                                                |
| PDS          | = | Power Drive System                                                      |
| PE           | = | Protective Earth                                                        |
| PID          | = | Proportional-Integral-Derivative                                        |
| PL           | = | Performance Level                                                       |
| PME          | = | Protective Multiple Earthing                                            |
| PPR          | = | Pulses Per Revolution                                                   |
| PVC          | = | Polyvinyl Chloride                                                      |
| PWM          | = | Pulse Width Modulation                                                  |
| RMS          | = | Root Mean Square                                                        |
| RPM          | = | Revolutions Per Minute                                                  |
| SCR          | = | Short Circuit Ratio                                                     |
| SIL          | = | Safety Integrity Level                                                  |
| SS1          | = | Safe Stop 1                                                             |
| SSI          | = | Synchronous Serial Interface                                            |
| STO          | = | Safe Torque Off                                                         |
| THD          | = | Total Harmonic Distortion                                               |
| TTL          | = | Transistor to Transistor Logic                                          |
| Vacon NXP    | = | NX is a Vacon AC drive product family, P comes from "High Performance"  |
| VCB          | = | Vacuum Circuit Breaker                                                  |
| VTT          | = | Technical Research Centre of Finland                                    |
| XLPE/PEX     | = | Cross linked Polyethylene                                               |