SIEMENS



Industriële besturingskasten en elektrische uitrusting van industriële machines in Noord-Amerika

Een praktische leidraad

Reference Manual



SIEMENS

Industriële besturingskasten en elektrische uitrusting van industriële machines in Noord-Amerika

Een praktische leidraad

Reference Manual

Afwijzing van aansprakelijkheid 1
Inleiding 2
Toepassingsgebied van dit document 3
Algemene informatie voor fabrikanten van machines en de bijbehorende elektrische uitrusting 4
Elektrische uitrusting van industriële machines en bijbehorende industriële besturingskasten 5
Overstroombeveiliging en dimensionering van de hoofdstroomketen 6
Overstroombeveiliging en dimensionering van de stuurstroomketen 7
Aarding 8
Functies stuurstroomketen 9
Besturingsuitrusting 10
Kabels en leidingen 11
Toebehoren en verlichting 12
Aanduidingen op de besturingskast en de machine 13
Technische documentatie 14
Testen en verifiëren 15
Technische vragen en hotline A
Bijlage B
Begrippenlijst C

08/2014
A5E02118900A/RS-AA/002

Wettelijke informatie

Waarschuwingsconcept

In deze leidraad komen opmerkingen voor waaraan u zich dient te houden voor uw persoonlijke veiligheid en om materiële schade te voorkomen. De opmerkingen betreffende uw persoonlijke veiligheid zijn in de leidraad gemarkeerd met een veiligheidswaarschuwingssymbool. Opmerkingen die uitsluitend wijzen op materiële schade hebben niet zo'n symbool. Onderstaande opmerkingen zijn gerangschikt naar de ernst van het gevaar.

⚠ GEVAAR

wijst op een gevaarlijke situatie die **leidt** tot overlijden of ernstig letsel als het gevaar niet wordt voorkomen.

⚠ WAARSCHUWING

wijst op een gevaarlijke situatie die **kan leiden** tot overlijden of ernstig letsel als het gevaar niet wordt voorkomen.

⚠ VOORZICHTIG

wijst op een gevaarlijke situatie die kan leiden tot middelmatig letsel als het gevaar niet wordt voorkomen.

LET OP

wijst op een gevaarlijke situatie die kan leiden materiële schade als het gevaar niet wordt voorkomen.

Als er gevaren van verschillende ernst aanwezig zijn, dan wordt de waarschuwing voor het ernstigste gevaar gebruikt. Een waarschuwing voor persoonlijk letsel met een veiligheidswaarschuwingssymbool kan ook een waarschuwing voor materiële schade inhouden.

Gekwalificeerd personeel

Het product/systeem zoals beschreven in dit document mag alleen bediend worden door **personeel dat gekwalificeerd** is voor de specifieke taak in overeenstemming met de relevante documentatie, met name met de daarin opgenomen waarschuwingen en de veiligheidsaanwijzingen. Gekwalificeerd personeel zijn personen die op basis van hun training en ervaring in staat zijn om risico's te herkennen en om mogelijke gevaren te vermijden tijdens het werken met deze producten/systemen.

Beoogd gebruik van Siemens producten

Let op het volgende:

⚠ WAARSCHUWING

Siemensproducten mogen alleen gebruikt worden voor toepassingen die beschreven zijn in de catalogus en in de desbetreffende technische documentatie. Als er producten en componenten van andere fabrikanten worden gebruikt, dan moeten die zijn aanbevolen of goedgekeurd door Siemens. De producten moeten deugdelijk worden vervoerd, geïnstalleerd, gemonteerd, in bedrijf gesteld, bediend en onderhouden zodat ze veilig en probleemloos functioneren. De toegestane omgevingscondities moeten worden aangehouden. De informatie in de desbetreffende documentatie moet worden opgevolgd.

Handelsmerken

Alle namen die gemarkeerd zijn met een ® , zijn geregistreerde handelsmerken van Siemens AG. Voor de overige handelsmerken in dit document geldt dat de rechten van de eigenaar mogelijk geschonden worden als derden de handelsmerken voor hun eigen doeleinden gebruiken.

Afwijzing van aansprakelijkheid

We hebben de inhoud van dit document nagekeken om te controleren of het document overeenstemt met de beschreven hardware en software. Afwijkingen kunnen niet geheel uitgesloten worden en we garanderen dan ook niet dat het document volledig consistent is. De inhoud van dit document wordt echter regelmatig nagekeken en eventueel noodzakelijke correcties worden in een volgende versie verwerkt.

Siemens AG
Industry Sector
Postfach 48 48
90026 NÜRNBERG
DUITSLAND

A5E02118900A/RS-AA/002
℗ 08/2015 Wijzigingen voorbehouden

Copyright © Siemens AG 2010.
Alle rechten voorbehouden

Inhoud

1 Afwijzing van aansprakelijkheid 21

2 Inleiding 23

3 Toepassingsgebied van dit document 25

4 Algemene informatie voor fabrikanten van machines en de bijbehorende elektrische uitrusting 27

4.1 Organisaties 27

4.2 Wetgeving, algemene eisen en regels 32

4.3 Normen 35

4.4 Bijzonderheden 41

4.5 UL-specifieke definitie en naamgeving 48
4.5.1 Symbolen 48
4.5.1.1 UL-listed 49
4.5.1.2 UL-recognized 50
4.5.1.3 Praktisch gebruik van "Listed" en "Recognized" 51
4.5.2 Categorisering via de Category Code Number (CCN) 52
4.5.3 Nieuwe symbolen met de UL "Enhanced Certification Marks and Badges" 54

5 Elektrische uitrusting van industriële machines en bijbehorende industriële besturingskasten 55

5.1 Algemene informatie 55
5.1.1 Afstand van lucht- en kruipwegen 56
5.1.2 Kunststof materialen 59

5.2 Bedrijfs- en omgevingscondities 63
5.2.1 Algemene informatie 63
5.2.2 Netspanningsconfiguratie 65

5.3 Inkomende voeding en netscheiders 69
5.3.1 Inkomende voedingsleiding en voedingsklemmen 69
5.3.2 Netscheiders 71
5.3.2.1 Toestellen 73
5.3.2.2 Dimensionering 73
5.3.2.3 Uitgezonderde circuits 78

5.4 Beschermingsmaatregelen 81
5.4.1 Algemene informatie 81
5.4.2 Bescherming tegen elektrische gevaren 81
5.4.2.1 Bescherming tegen directe aanraking 82
5.4.2.2 Bescherming tegen indirecte aanraking 90
5.4.2.3 Bescherming door toepassing van een "protective extra low voltage" (PELV) 91
5.4.2.4 Bescherming tegen restspanningen 93
5.4.3 Gevaar door vlamboog (bescherming tegen vlamboog) 94
5.4.3.1 Achtergrond, doel en nut 94
5.4.3.2 Noodzakelijke gegevens en aanduidingen door de fabrikant 95
5.4.3.3 Rekenvoorbeeld volgens NFPA 70E 96

6 Overstroombeveiliging en dimensionering van de hoofdstroomketen 97

6.1 Algemene informatie 97

6.2 Feeder Circuit 97

6.3 Branch Circuit 102
6.3.1 Motorische belastingen 102
6.3.1.1 Enkelvoudige Installatie 105
6.3.1.2 Groepsgewijze installatie 116
6.3.1.3 Ster-driehoek startcombinaties 123
6.3.2 Niet-motorische belastingen 128
6.3.2.1 Contactdozen 128
6.3.2.2 Verwarmingselementen 130
6.3.2.3 Overstroombeveiliging voor overige belastingen (appliance loads) 131
6.3.2.4 Overstroombeveiliging voor verlichting 132
6.3.2.5 Frequentieomvormers, servomotoren en halfgeleiderapparaten 132
6.3.2.6 Voedingstransformatoren 134

6.4 Kortsluitwaarde (SCCR) en berekening 136

7 Overstroombeveiliging en dimensionering van de stuurstroomketen 151

7.1 Algemene informatie 151

7.2 Classificatie 152
7.2.1 Class 1 control circuit 152
7.2.2 Class 2 control circuit 152
7.2.3 Low-voltage limited energy circuit 153

7.3 Voeding en kortsluitbeveiliging 155
7.3.1 Aftakken en voeding 155
7.3.2 Overstroombeveiliging van stuurstroomketens 158

7.4 Niet geliste componenten 166

8 Aarding 171

8.1 Algemene informatie 171

8.2 Eisen uit UL 508A voor aarding van een industriële besturingskast 172

8.3 Eisen in NFPA 79 voor aarding van machines 176

9 Functies stuurstroomketen 185

9.1 Start- en stopfuncties 185

9.2 Bedrijfsmodes 186

9.3 Veiligheidsfuncties en veiligheidstoestellen overbruggen 186

9.4 Gebruik 187
9.4.1 Start 188
9.4.2 Stop 188
9.4.3 Handelingen in noodgevallen (NOODSTOP, NOOD-UIT) 189

10 Besturingsuitrusting 193

10.1 Beschermingsniveaus behuizing 193

10.2 Werkplek 202

10.3 Toegang en onderhoud 205
10.4 Scheiden en groeperen 207
10.4.1 Scheiden 207
10.4.2 Groeperen 208
10.5 Behuizingen, deuren en openingen 209
10.6 Operatorinterfaces en bedienelementen 211
10.6.1 Algemene informatie 211
10.6.2 Plaats en bevestiging 212
10.6.2.1 Bedientoestellen 212
10.6.2.2 Regelapparatuur buiten de industriële besturingskast rondom de machine 212
10.6.2.3 beschermen 213
10.6.3 Speciale kenmerken van bepaalde toestellen 214
10.6.3.1 Plaatsing van START-drukknoppen 214
10.6.3.2 Voetschakelaars 214
10.6.3.3 Bedienelementen van drukknoppen en op kleurendisplays 215
10.6.3.4 Knipperlichten 217
10.6.3.5 Verlichte drukknoppen 217
10.6.3.6 Draaibare bedientoestellen 218
10.6.4 Toestellen en eisen voor STOP en NOODSTOP 218
10.6.4.1 Algemene informatie 218
10.6.4.2 Types NOODSTOP-toestellen 219
10.6.4.3 NOODSTOP-bedienelementen 219
10.6.4.4 Lokale bediening van de netscheider voor het maken van een NOODSTOP 220
10.6.5 Toestellen en eisen voor NOOD-UIT 221
10.6.5.1 Algemene eisen en plaats van de NOOD-UIT 221
10.6.5.2 Types NOOD-UIT-toestellen 221
10.6.5.3 Bedienelementen 222
10.6.5.4 Lokale bediening van de netscheider voor het maken van een NOOD-UIT 222
11 Kabels en leidingen 223
11.1 Algemene informatie 223
11.2 Certificering 223
11.2.1 In de industriële besturingskast 224
11.2.1.1 Hoofdstroomketen 224
11.2.1.2 Stuurstroomketen 225
11.2.2 Buiten de industriële besturingskast 226
11.2.2.1 Fundamentele eisen aan kabels en leidingen 226
11.2.2.2 Leidingen en kabels voor flexibele toepassingen 227
11.2.2.3 Haspels 229
11.2.2.4 Netsnoeren 230
11.2.2.5 Speciale kabels en leidingen 230
11.3 Dimensionering 234
11.3.1 In de industriële besturingskast 234
11.3.1.1 Hoofdstroomketen 234
11.3.1.2 Stuurstroomketen 238
11.3.2 Buiten de industriële besturingskast 239
11.3.2.1 Hoofdstroomketen 239
11.3.2.2 Verlichtingscircuit 245
11.3.2.3 Stuurstroomketen 245
11.3.3 Dimensioneringsvoorbeelden 246

11.4 Aanduiding en kleur ... 248

11.5 Bekabeling ... 249
11.5.1 In de industriële besturingskast ... 250
11.5.1.1 UL 508A ... 250
11.5.1.2 NFPA 79 ... 253
11.5.2 Buiten de industriële besturingskast ... 255
11.5.2.1 Externe kabelkanalen ... 256
11.5.2.2 Aansluiten op bewegende elementen van de machine ... 257
11.5.2.3 Cable-handling-systemen ... 258
11.5.2.4 Toestellen op de machine onderling verbinden ... 258
11.5.2.5 Steker/contactdoos-combinaties ... 258
11.5.2.6 Demontage voor transport ... 259
11.5.2.7 Stugge, soepele en vloeistofbestendige kabelbuizen ... 259
11.5.2.8 Kabelkanalen en -verdelersystemen ... 262
11.5.2.9 Eisen aan deugdelijke bekabeling ... 262

12 Toebehoren en verlichting ... 265

12.1 Contactdoos voor toebehoren en onderhoud ... 265
12.1.1 Eisen uit UL 508A, hoofdstuk 28.6 ... 265
12.1.1.1 UL tests en certificering ... 265
12.1.1.2 Aardlekschakelaars op contactdozen ... 266
12.1.2 Eisen in NFPA 79 ... 267
12.1.2.1 Contactdozen voor bijbehorende delen van de machine ... 267
12.1.2.2 Contactdozen voor onderhoud ... 268

12.2 Verlichting van de machine en de besturingskast ... 269
12.2.1 Algemene informatie ... 269
12.2.2 Eisen aan de industriële besturingskast overeenkomstig UL 508A, hoofdstuk 27 ... 269
12.2.2.1 Componenten van het verlichtingscircuit en de certificering ervan ... 269
12.2.2.2 Opbouw en overstroombeveiliging volgens UL 508A ... 269
12.2.3 Eisen aan machines en onderdelen volgens NFPA 79 ... 270
12.2.3.1 Algemene informatie ... 270
12.2.3.2 Toevoer ... 271

13 Aanduidingen op de besturingskast en de machine ... 277

13.1 Algemene eisen ... 277

13.2 Typeplaat ... 277
13.2.1 Eisen in NFPA 79 ... 278
13.2.2 Eisen volgens UL 508A ... 279
13.2.3 Voorbeeld ... 279

13.3 Aanduiding van de enclosure type rating op behuizingen ... 280

13.4 Aanduiding van de aansluitklemmen voor externe circuits (field wiring) ... 281
13.4.1 Algemene informatie ... 281
13.4.2 Aanduiding voor alle aansluitklemmen voor externe circuits ... 281
13.4.3 Andere aanduidingen voor klemmen in stuurstroomketens ... 286

13.5 Waarschuwings- en veiligheidsaanwijzingen ... 288
13.5.1 Waarschuwingsinformatie volgens UL 508A ... 288
13.5.1.1 Algemene informatie ... 288
13.5.1.2 Meerdere inkomende netspanningen ... 292
13.5.1.3 Aparte aanduidingen voor automaten en motorautomaten ... 293

13.5.2 Veiligheidstekens volgens NFPA 79 voor behuizingen met elektrische componenten 294
13.5.2.1 Algemene informatie 294
13.5.2.2 Waarschuwingen voor gevaar door elektrische schok of vlamboog 295
13.5.2.3 Veiligheidsteken voor netscheiders 295
13.5.2.4 Gevaren door vlamboog 296

13.6 Aanduidingen op de industriële besturingskast volgens UL 508A 297
13.6.1 Zekeringhouders 297
13.6.2 Schakelaars 298
13.6.3 Contactdozen 299
13.6.4 Externe toestellen 300
13.6.5 Apart gevoede stuurstroomketens 300
13.6.6 Aanduidingen in schakel- en bedradingsschema's 300

13.7 Functieaanduiding 301

13.8 Aanduidingen op apparatuur volgens NFPA 79 302

14 Technische documentatie 303

14.1 Algemene eisen en informatie 303

14.2 Documentatie voor machinebesturingskasten volgens UL 508A 305

14.3 Documentatie voor de elektrische uitrusting van machines en systemen volgens NFPA 79 306
14.3.1 Installatieschema volgens NFPA 79, hoofdstuk 17.5 307
14.3.2 Overzichtsschema's, blokschema's en functiediagrammen 308
14.3.3 Gebruikershandleiding 315
14.3.4 Onderhoudshandleiding 315
14.3.5 Onderdelenlijst 317

15 Testen en verifiëren 319

15.1 Algemene informatie 319

15,2 Testen en verifiëren 319

A Technische vragen en hotline 325

B Bijlage 327

B.1 Conversietabellen en -factoren 327

B.2 Softwarepakket voorbeelden 330

B.3 Voorbeeld bedradingsschema van elektrische deurvergrendeling 339

B.4 Checklists 342
B.4.1 Checklist voor industriële besturingskasten en de elektrische uitrusting voor Noord-Amerika (UL 508A and NFPA 79) 342
B.4.2 Stroomschema's voor het berekenen van de SCCR-waarde van een component 345
B.4.2.1 Berekenen van de SCCR-waarde van een component in de hoofdstroomketen 345
B.4.2.2 Berekenen van de SCCR-waarde bij gebruik van stroombegrenzende componenten 346
B.4.2.3 Berekenen van de SCCR-waarde van een industriële besturingskast 348
B.4.3 Flexibele snoeren en kabels (NEC, tabel 400.4) 349

B.5 Grafische symbolen en afkortingen volgens IEC en UL / NFPA 354

B.6 Nadere informatie en ondersteuning 394

B.6.1 Algemene informatie over automatisering en aandrijvingen bij Siemens AG en Siemens Industry Inc. USA ... 394
B.6.2 Informatie op internet over industriële besturingselementen en laagspanningsverdelers van Siemens ... 395
B.6.3 Industry Online Support ... 395
B.6.4 Planning Efficiency™ - Snel en gemakkelijk perfecte besturingskasten ontwikkelen ... 395
B.6.4.1 My Documentation Manager ... 396
B.6.4.2 CAx Download Manager ... 397
B.6.5 Energiebesparing in de industrie en bij het fabriceren van industriële besturingskasten ... 398
B.6.6 Training ... 398

C Begrippenlijst ... 401

Tabellen

Tabel 4- 1 UL-symbolen 48
Tabel 4- 2 Betekenis van het extra cijfer (op de vijfde plaats) 52
Tabel 4- 3 Voorbeelden van productclassificeringen (Category Code Numbers - CCN) 53
Tabel 5- 1 Vragenlijst (uittreksel) 55
Tabel 5- 2 Uittreksel uit UL 508A, tabel 10.2: Feeder circuits 58
Tabel 5- 3 Uittreksel uit UL 508A, tabel 10.1: Branch circuits 59
Tabel 5- 4 Algemene materialen voor barrières 61
Tabel 5- 5 Algemene materialen voor directe ondersteuning van ongeïsoleerde spanningvoerende delen 62
Tabel 5- 6 Ruimte om de draden te buigen 70
Tabel 5- 7 Minimumafstand tussen een opening en een deel dat een gevaar inhoudt voor elektrische schok of persoonlijk letsel 83
Tabel 6- 1 Motorstroom onder volledige belasting in ampère bij verschillende nominale AC-hp-waarden 99
Tabel 6- 2 Motorstroom onder volledige belasting in ampère bij verschillende nominale DC-hp-waarden 100
Tabel 6- 3 Verschillende opbouwwijzen voor Combination motor controllers 103
Tabel 6- 4 Vereiste nominale waarde voor verschillende types belastingen 105
Tabel 6- 5 Maximale nominale stroom voor kortsluitstroombeveiligingstoestel in motor branch circuit uitgedrukt als percentage van stroom onder volle belasting 108
Tabel 6- 6 Uittreksel uit UL Certificate of Compliance van de 3RT202… contactors van Siemens 111
Tabel 6- 7 Uittreksel uit UL Certificate of Compliance van de 3RT202… contactors van Siemens 114
Tabel 6- 8 Uittreksel uit UL Certificate of Compliance van de 3RU2126… thermische overbelastings-relais van Siemens 115
Tabel 6- 9 Basisfuncties van het motor branch circuit 116
Tabel 6- 10 Dimensionering contactors voor ster-driehoek controller 124
Tabel 6- 11 Nominaal vermogen in hp van ster-driehoek-controllers bij gebruik van gangbare contactors 125
Tabel 6- 12 Nominaal vermogen in [hp] van gangbare vol-vermogen magnetische motorbesturingen 125
Tabel 6- 13 Dimensionering branch circuit beveiliging uitsluitend aan primaire zijde 134
Tabel 6- 14 Dimensionering branch circuit beveiliging aan primaire en secundaire zijde van een voedingstransformator 136
Tabel 6- 15 maximaal te veronderstellen SCCR-waarde voor componenten zonder aanduiding 139
Tabel 6- 16 Secundaire kortsluitstroom van eenfase-transformatoren [a] 143
Tabel 6- 17 Secundaire kortsluitstroom van driefase-transformatoren [a] 143

Tabel 6- 18 Piek-doorlaatstromen en I²t-waarden voor smeltveiligheden 145
Tabel 7- 1 Overstroombeveiliging voor een low-voltage limited energy circuit 153
Tabel 7- 2 Dimensionering van de overstroombeveiliging alleen aan primaire zijde van een besturingstransformator 160
Tabel 7- 3 Dimensionering van kortsluitstroombeveiligingstoestellen aan primaire en secundaire zijde 161
Tabel 7- 4 Beveiliging van motor branch circuits voor gedeelde stuurstroomketen zonder bedientoestellen op afstand 162
Tabel 7- 5 Beveiliging van motor branch circuits voor gedeelde stuurstroomketen met bedientoestellen op afstand 164
Tabel 7- 6 Voorbeeld - Toestellen die beveiligd moeten worden met een ground fault circuit interrupter 167
Tabel 7- 7 Voorbeeld "Verslagleggingsformulier" 170
Tabel 8- 1 Dimensionering van aardingsklem 173
Tabel 8- 2 Minimale afmeting van aardleidingen en verbindingsbruggen 179
Tabel 9- 1 Stopcategorieën 185
Tabel 10- 1 Overzicht van alle beschikbare "Enclosure ratings" voor "Non-Hazardous" locaties 195
Tabel 10- 2 Openingen voor doorvoeren in behuizingen met omgevingsbeschermingsniveau anders dan type 1 196
Table 10- 3 Openings for components in enclosures with environmental rating other than Type 1 197
Tabel 10- 4 Alternatieve beschermingsniveaus voor behuizingen 198
Tabel 10- 5 Voorbeelden van enclosure ratings; vergelijking tussen Enclosure Type Rating en IP (Ingress Protection) rating 199
Table 10- 6 NFPA 79 Table F.5.5 "Assignment of IP-ratings to type-rated enclosures" 201
Tabel 10- 7 Diepte van de werkplek 202
Tabel 10- 8 Kleuren voor het bedienelement van drukknoppen 215
Tabel 10- 9 Kleuren voor indicatielampen en symbolen op kleurendisplays 217
Tabel 11- 1 Kenmerken van enkelvoudige leidingen 227
Tabel 11- 2 Derating-factor voor kabels op een haspel 229
Tabel 11- 3 Systematiek AWM style number (4 of 5-cijferig nummer) 233
Tabel 11- 4 Stroomcapaciteit en beveiliging voor hoofdstroomketens met AWG 16 en AWG 18 leidingen 234
Tabel 11- 5 Stroomcapaciteit van geïsoleerde leidingen 235
Tabel 11- 6 Stroomcapaciteit van leidingen in de stuurstroomketen 238
Tabel 11- 7 Stroomcapaciteit van koperen leidingen voor 60 °C (140 °F), 75 °C (167 °F) en 90 °C (194 °F) manteltemperatuur bij een omgevingstemperatuur van 30 °C (86 °F) 239

Tabel 11- 8 Correctiefactor omgevingstemperatuur 240
Tabel 11- 9 Correctiefactor voor meer dan drie stroomvoerende leidingen in een kabelkanaal of kabel. 240
Tabel 11- 10 Stroomcapaciteit voor netsnoeren bij een omgevingstemperatuur van 30 °C (86 °F) 244
Tabel 11- 11 Kleur van leidingen 248
Tabel 11- 12 Metrische maat / handelsmaat 260
Tabel 11- 13 Minimumstraal van bochten in kabelbuizen 261
Tabel 11- 14 Bevestiging van stugge niet-metalen kabelbuizen 261
Tabel 13- 1 Aanhaalmoment voor schroeven 283
Tabel 13- 2 Aanhaalmoment voor sleufkopschroeven kleiner dan No. 10 bedoeld voor leidingen met doorsnede 8 AWG (8,4 mm²) of kleiner 284
Tabel 13- 3 Aanhaalmoment voor inbusschroeven 284
Tabel 13- 4 Stroomcapaciteit van "field wiring"-leidingen kleiner dan "14 AWG (2,1 mm²) 287
Tabel 13- 5 Leidraad voor het selecteren van het signaalwoord als overlijden of letsel mogelijk is 290
Tabel 13- 6 Leidraad voor het selecteren van het signaalwoord als licht of middelmatig letsel mogelijk is 290
Tabel 13- 7 Leidraad voor het selecteren van het signaalwoord als er geen gevaar voor letsel is 290
Tabel 14- 1 Overzicht van de verplichte informatie en specificaties 306
Tabel 14- 2 Voorbeelden van apparatuuraanduidingen 311
Tabel 15- 1 Verificatie van de continuïteit van het aardingscircuit 320
Tabel B- 1 Omrekening van Fahrenheit naar Celsius en omgekeerd 327
Tabel B- 2 Celsius v. Fahrenheit 327
Tabel B- 3 Omrekenen verschillende vermogenseenheden 328

Figuren

Afbeelding 4-1 Samenhang van de relevante autoriteiten, wetgeving, bepalingen en normen voor het bouwen van industriële besturingskasten en machines 34
Afbeelding 4-2 Voorbeeld hoe de NEC op verschillende manieren is toegepast 41
Afbeelding 4-3 Overzicht van het gebruik van verschillende normen 42
Afbeelding 4-4 Acceptatiemogelijkheden voor OEM's 43
Afbeelding 4-5 Voorbeeld: Label voor een besturingskast inclusief toestellen en bedrading 49
Afbeelding 4-6 Toekomstige overgang van de huidige symbolen naar de UL "enhanced" symbolen (source: http://www.ul.com) 54
Afbeelding 4-7 Voorbeeld van UL enhanced symbolen 54
Afbeelding 5-1 Illustratie feeder circuit – branch circuit 57
Afbeelding 5-2 Voorbeeld van een "manual self-protected combination motor controller" overeenkomstig UL 508 type E 58
Afbeelding 5-3 Voorbeeld Plastic Recognition Yellow Card 60
Afbeelding 5-4 Geaard sternetwerk 480Y/277V 65
Afbeelding 5-5 Voorbeeld typeplaat van een motorbeveiligingsschakelaar goedgekeurd voor 65 kA bij 240 V en 480Y/277V 66
Afbeelding 5-6 Driehoekschakeling met middenaarde 240 V 68
Tabel 5-7 Ruimte om de draden te buigen 70
Afbeelding 5-8 Aansluiting van de voedingsleiding op de netscheider 71
Afbeelding 5-9 Plaatsingshoogte van hoofdnetscheider 72
Afbeelding 5-10 Voorbeeld van de opbouw van een uitgezonderd circuit 79
Afbeelding 5-11 Voorbeeld van de opbouw van een uitgezonderd circuit 79
Afbeelding 5-12 Geïsoleerde kabels 84
Afbeelding 5-13 Testvinger volgens NFPA 79, Fig. 6.2.2.1 85
Afbeelding 5-14 SIRIUS M200D decentrale motorstarter 86
Afbeelding 5-15 Label voor een door UL geteste lege industriële besturingskast 86
Afbeelding 5-16 Voorbeeld: Uitschakelen met een schroevendraaier 87
Afbeelding 5-17 Voorbeeld: Uitschakelen zonder gereedschap door een hendel aan de achterzijde van de deur te bedienen. 87
Afbeelding 5-18 Apparatuur voor bevestiging aan de deur 88
Afbeelding 5-19 Symbool "Double Insulation" (beschermingsklasse 2) 90
Afbeelding 5-20 Voorbeeld van de opbouw van protective extra low voltage (PELV) circuit 92
Afbeelding 5-21 Sinamics frequentieomvormer met waarschuwingsteken 93
Afbeelding 5-22 NFPA 70E Standard for Electrical Safety in the Workplace 94
Afbeelding 5-23 Waarschuwingslabel voor vlamboog-fouten volgens NFPA 70E en ANSI Z535.4 96

Afbeelding 5-24 Waarschuwingslabel betreffende gevaren door vlamboog met veiligheidsgrenzen 96
Afbeelding 6-1 Voorbeeld dimensionering van het kortsluitstroombeveiligingstoestel in het feeder circuit 101
Afbeelding 6-2 Voorbeelden van type F en type C 104
Afbeelding 6-3 Siemens-motor 109
Afbeelding 6-4 Bepalen stroom onder volle belasting 110
Afbeelding 6-5 Motorbesturing selecteren 111
Afbeelding 6-6 Overbelastingsbeveiligingstoestel selecteren 112
Afbeelding 6-7 Bedrading dimensioneren 113
Afbeelding 6-8 Kortsluitbeveiligingstoestel selecteren 114
Afbeelding 6-9 Volledig gedimensioneerd branch circuit 115
Afbeelding 6-10 Motor branch circuit, type F 116
Afbeelding 6-11 Groepsgewijze installatie methode 1 117
Afbeelding 6-12 Groepsgewijze installatie zonder beveiliging uitgangsleidingen volgens methode 2 118
Afbeelding 6-13 Groepsgewijze installatie met beveiliging uitgangsleidingen volgens methode 2 120
Afbeelding 6-14 Groepsgewijze installatie methode 3 121
Afbeelding 6-15 Ster-driehoekschakelingen volgens UL 508A (bron: UL 508A, afbeelding 33.1) 123
Afbeelding 6-16 Siemens-motor 126
Afbeelding 6-17 Dimensionering van een ster-driehoekcombinatie 126
Afbeelding 6-18 Vermelding bij een contactdoos 129
Afbeelding 6-19 Uittreksel uit een UL-rapport voor een Siemens Sinamics Basic Line Module 132
Afbeelding 6-20 Uittreksel uit een UL-rapport voor een Siemens Sinamics G120D drive 133
Afbeelding 6-21 Voorbeeld van een vermelding op een 3RT contactor 138
Afbeelding 6-22 Voorbeeld van "Bepalen SCCR-waarde op basis van vermeldingen op de componenten" 138
Afbeelding 6-23 Voorbeeld van "Bepalen SCCR-waarde op basis van veronderstelde SCCR" 140
Afbeelding 6-24 Uittreksel uit Certificate of Compliance van de 3RT2015… contactor van Siemens 140
Afbeelding 6-25 Voorbeeld van "Bepalen SCCR-waarde op basis van geteste combinatie van toestellen" 141
Afbeelding 6-26 Schema met "kortsluitstroombegrenzing in het feeder circuit" 141
Afbeelding 6-27 Doorlaat-diagram van automaat met aanduiding "current limiting" 144
Afbeelding 6-28 Voorbeeld van "Bepalen SCCR-waarde op basis van stroombeperkende smeltveiligheid" 149
Afbeelding 7-1 Stuurstroomketen met aparte inkomende voedingsleiding 155
Afbeelding 7-2 Stuurstroomketen afgetakt vóór de hoofdnetscheider 156
Afbeelding 7-3 Stuurstroomketen afgetakt achter de hoofdnetscheider maar vóór de branch circuits 156

Afbeelding 7-4 Stuurstroomketen afgetakt achter het kortsluitstroombeveiligingstoestel in een branch circuit 157
Afbeelding 7-5 Vergelijking van supplementary protectors en automaten in de uitvoering van miniatuurinstallatieautomaat 159
Afbeelding 7-6 Afgetakt achter de hoofdnetscheider en achter de beveiliging van een motor branch circuit 164
Afbeelding 7-7 Opbouw van een stuurstroomketen voor een niet geliste component 168
Afbeelding 7-8 Ground fault circuit interrupter 170
Afbeelding 8-1 Aardingsconcept van een industriële besturingskast 176
Afbeelding 8-2 Aardingsklemmen voor de inkomende voedingsleiding 178
Afbeelding 8-3 Ongeaarde stuurstroomketens 182
Afbeelding 8-4 Verlichtingscircuits 183
Afbeelding 10-1 Groeperen en scheiden van klemmen voor het aansluiten van externe leidingen 208
Afbeelding 10-2 Machine in zijn omgeving 212
Afbeelding 10-3 Naderingsschakelaar 213
Afbeelding 10-4 Siemens 3SE2 voetschakelaar met afdekking 214
Afbeelding 10-5 Siemens 3SB3 paddenstoelvormige drukknop 215
Afbeelding 10-6 Siemens 3SB3 drukknop met verlengd bedienelement 215
Afbeelding 10-7 Voorbeeld van Siemens 8WD4 signaalzuil 216
Afbeelding 10-8 Voorbeeld van operator-bedienplek met NOODSTOP 218
Afbeelding 10-9 Symbool voor NOODSTOP 219
Afbeelding 10-10 Draaibaar bedienelement in de deur voor NOODSTOP 220
Afbeelding 10-11 Voorbeeld van een NOOD-UIT-drukknop in actie 222
Afbeelding 11-1 Selectie van "UL-geliste" leidingen, geschikt voor industriële machines 226
Afbeelding 11-2 Voorbeeld van een AS-interfacekabel als component van een geteste toepassing 231
Afbeelding 11-3 Voorbeeld van een motorkabel aan de belastingszijde van een frequentieomvormer met bijbehorend uittreksel uit de Guide Info (UL-database) van de fabrikant 231
Afbeelding 11-4 Uittreksel uit de guide information voor style number 1866 233
Afbeelding 11-5 Voorbeeld van een typeplaat 237
Afbeelding 11-6 Voorbeeld van een aanduiding voor een leiding 248
Afbeelding 11-7 Voorbeeld van een aanduiding als elektrische behuizing 249
Afbeelding 11-8 Handmatig krimpen 251
Afbeelding 11-9 Voorbeeld kabeldoorvoer 251
Afbeelding 11-10 Voorbeeld kabelklem 252
Afbeelding 11-11 Voorbeeld van een bevestiging van een leiding 254
Afbeelding 11-12 Voorbeeld van bevestiging met kabelklemmen 254

Afbeelding 11-13 Kabeldoorvoer door een aansluitbus overeenkomstig UL 514B 255
Afbeelding 11-14 Leidingen in kabelkanalen 256
Afbeelding 11-15 Bekabeling naar bewegende elementen van de machine 256
Afbeelding 11-16 Voorbeeld haspel 257
Afbeelding 11-17 Voorbeeld mechanische codering 259
Afbeelding 11-18 Voorbeelden van kabelbuizen 260
Afbeelding 11-19 Voorbeeld van onbedekte kabels 262
Afbeelding 12-1 Siemens 5TE6 800 contactdoos volgens UL 498, met afdekking 267
Afbeelding 12-2 Siemens GFCI, class A volgens UL 943, 2-polig, IΔN = 5 mA 268
Afbeelding 12-3 Opbouw machineverlichting, optie 1 271
Afbeelding 12-4 Opbouw machineverlichting, optie 2 272
Afbeelding 12-5 Opbouw machineverlichting, optie 3 273
Afbeelding 12-6 Opbouw machineverlichting, optie 4 274
Afbeelding 12-7 Opbouw machineverlichting, optie 5 275
Afbeelding 13-1 Aanduiding van netspanningsleiding met overstroombeveiliging 278
Afbeelding 13-2 Voorbeeld van een typeplaat 279
Afbeelding 13-3 Aanduidingen op onderdelen van een industriële besturingskast 280
Afbeelding 13-4 Voorbeeld van aanduiding bij aansluitklemmen 282
Afbeelding 13-5 Voorbeeld van aanduiding bij veerklemmen 282
Afbeelding 13-6 Siemens 8WH aardingsklemmen 285
Afbeelding 13-7 Siemens 8WH klemmen, lay-out 285
Afbeelding 13-8 Voorbeeld van waarschuwingsinformatie op de behuizing van een industriële besturingskast 288
Afbeelding 13-9 Stroomschema voor het selecteren van het signaalwoord 291
Afbeelding 13-10 Elementen van een waarschuwingsbord 292
Afbeelding 13-11 Voorbeeldaanduiding voor meerdere inkomende voedingsleidingen 292
Afbeelding 13-12 Voorbeeld van een waarschuwing bij onvertraagde automaten 293
Afbeelding 13-13 Voorbeeld van een waarschuwing bij onvertraagde automaten 293
Afbeelding 13-14 Voorbeeld van een waarschuwing bij motorautomaten 294
Afbeelding 13-15 Voorbeeld van een waarschuwing bij motorautomaten 294
Afbeelding 13-16 IEC-symbool bij elektrische componenten in de behuizing 294
Afbeelding 13-17 Voorbeeld van een waarschuwingsteken bij een netscheider 295
Afbeelding 13-18 Voorbeeld van een waarschuwingsteken als er een stekerverbinding wordt gebruikt als netscheider 296
Afbeelding 13-19 Voorbeeld van aanduiding voor zekeringhouders 297
Afbeelding 13-20 Bedieningshendel van hoofdnetscheider 298

Afbeelding 13-21 Draaimechanisme voor hoofdnetscheider 298
Afbeelding 13-22 Voorbeeld van een aanduiding die aangeeft dat de schakelaar niet onder belasting mag worden bediend 298
Afbeelding 13-23 Voorbeeld van een aanduiding bij een contactdoos voor apparaten in de stuurstroomketen 299
Afbeelding 13-24 Voorbeeld van een aanduiding 299
Afbeelding 13-25 Siemens dubbele drukknop met 3SB31 00 indicatorlamp, functieaanduiding op het bedienelement 301
Afbeelding 13-26 Siemens 3SB3 38 hangende knoppenkast met klantspecifieke knoppen, functieaanduiding naast het bedienelement 301
Afbeelding 14-1 Voorbeeld van een blokschema 308
Afbeelding 14-2 Voorbeelden van een functiediagram 309
Afbeelding 14-3 Voorbeeld van een schakelschema voor een stuurstroomketen 312
Afbeelding 14-4 Hoofdstroomketen in IEC-weergave 313
Afbeelding 14-5 Stuurstroomketen in IEC-weergave 314
Afbeelding B-1 AutoCAD voorbeeld 1 330
Afbeelding B-2 AutoCAD voorbeeld 2 331
Afbeelding B-3 AutoCAD voorbeeld 3 331
Afbeelding B-4 AutoCAD voorbeeld 4 332
Afbeelding B-5 EPLAN voorbeeld 1 333
Afbeelding B-6 EPLAN voorbeeld 2 334
Afbeelding B-7 EPLAN voorbeeld 3 334
Afbeelding B-8 EPLAN voorbeeld 4 335
Afbeelding B-9 NX 8 voorbeeld 1 336
Afbeelding B-10 NX 8 voorbeeld 2 337
Afbeelding B-11 NX 8 voorbeeld 3 337
Afbeelding B-12 NX 8 voorbeeld 4 338
Afbeelding B-13 Voorbeeld bedradingsschema van elektrische deurvergrendeling (pag 1 van 3) 339
Afbeelding B-14 Voorbeeld bedradingsschema van elektrische deurvergrendeling (pag 2 van 3) 340
Afbeelding B-15 Voorbeeld bedradingsschema van elektrische deurvergrendeling (pag 3 van 3) 341
Afbeelding B-16 Berekenen van de SCCR-waarde van een component in de hoofdstroomketen 345
Afbeelding B-17 Berekenen van de SCCR-waarde bij gebruik van stroombegrenzende componenten (deel 1 van 2) 346
Afbeelding B-18 Berekenen van de SCCR-waarde bij gebruik van stroombegrenzende componenten (deel 2 van 2) 347
Afbeelding B-19 Berekenen van de SCCR-waarde van een industriële besturingskast 348

Auteurs

Gerhard Flierl

Dipl.-Ing. **Gerhard Flierl** werkt sinds 1996 bij Siemens AG op het gebied van laagspanningsverdelingen en -besturingen.

Na zijn opleiding tot industrieel elektrotechnicus bij Siemens AG en zijn studie elektrotechniek en bedrijfsadministratie, werkte hij 4 jaar in de ontwikkelafdeling voor laagspanningsbeveiligingssystemen.

Sinds 2008 is hij werkzaam op het gebied van technische marketing en technische verkoop bij Siemens AG in Duitsland en ook vele jaren bij Siemens Industry Inc. in de VS.

Een van zijn taken is het verlenen van advies voor de toepassing van de Amerikaanse regelgeving, UL / NFPA / ANSI en CSA normen en de relevante IEC-normen.

E-mail: gerhard.flierl@siemens.com

Martin Berger

Martin Berger werkt sinds 1991 bij Siemens AG. In die tijd is hij vrijwel uitsluitend actief geweest op het gebied van laagspanningsverdelingen en -besturingen.

Na afronding van zijn opleiding is hij enige jaren werkzaam geweest in de productie van industriële besturingsapparatuur. Na afronding van zijn vervolgstudie tot landelijk erkend technicus, heeft hij zeven jaar verdelersystemen en industriële besturingsapparatuur ontwikkeld. Gedurende deze periode droeg hij een aantal jaren projectverantwoordelijkheid voor nieuwe producten.

Sinds 2010 is hij werkzaam op het gebied van technische verkoop bij Siemens AG in Duitsland.

Een van zijn taken is het verlenen van advies voor de wereldwijde toepassing van de Amerikaanse regelgeving, UL / NFPA / ANSI en CSA normen en de relevante IEC-normen.

E-mail: bergermartin@siemens.com

Afwijzing van aansprakelijkheid

1

De informatie in dit document is bedoeld als algemeen naslagwerk voor het gebruik van Siemens-producten in algemene toepassingen. De informatie wordt geleverd zonder garantie. Het is uw verantwoordelijkheid om ervoor te zorgen dat u alle Siemens-producten in uw toepassing correct toepast en onderhoudt. Hoewel we ernaar streven de informatie juist en up-to-date te houden, is er geen garantie dat de informatie in dit document juist is of van toepassing is op uw specifieke situatie.

Als u de informatie in dit document gebruikt voor uw specifieke toepassing, controleer dan zorgvuldig of de informatie juist en van toepassing is. Realiseert u zich dat u de informatie op eigen risico gebruikt.

Inleiding

2

Dit document is een ondersteunende leidraad, opgesteld door experts van Siemens die werkzaam zijn op het gebied van laagspanningsverdelingen en -besturingen.

Doelgroep

Deze leidraad is bedoeld voor de volgende doelgroepen:

- fabrikanten van installaties;
- bouwers van de industriële besturingskasten;
- machinebouwers.

De informatie in deze leidraad is bedoeld om gebruikers te helpen bij praktische problemen.

Voorbeeldschakelschema's en interpretatie van de normen

De voorbeeldschakelschema's en interpretatie van de normen zijn niet bindend en worden niet geacht compleet te zijn aangaande configuratie, apparatuur of enige andere omstandigheid.

De voorbeeldschakelschema's en interpretatie van de normen vormen geen specifieke oplossing voor de klant, maar zijn slechts bedoeld om ondersteuning te bieden bij veelvoorkomende toepassingen.

Iedere gebruiker is er zelf verantwoordelijk voor dat hij de beschreven producten juist gebruik.

De voorbeeldschakelschema's en interpretatie van de normen ontslaan u niet van de verantwoordelijkheid om ervoor te zorgen dat de apparatuur veilig gebruikt, geïnstalleerd, bediend en onderhouden wordt. Door deze voorbeeldschakelschema's en interpretatie van de normen te gebruiken, gaat u ermee akkoord dat Siemens niet aansprakelijk kan worden gehouden voor eventuele schade, voor zover deze aansprakelijkheid verder gaat dat hierboven beschreven. We behouden ons het recht voor deze voorbeeldschakelschema's en interpretatie van de normen zonder voorafgaande aankondiging aan te passen of te reviseren.

Informatie over gebruikte bronnen

Veel van de tabellen en teksten in deze leidraad zijn rechtstreeks overgenomen uit de desbetreffende regelgeving, normen en wetten. Alle gebruikers moeten telkens controleren of de aangehaalde items nog up-to-date en van toepassing zijn.

De informatie in deze leidraad is in het algemeen niet voldoende voor goedkeuring, listing, certificering of autorisatie. Hiervoor is gedetailleerde kennis van de desbetreffende regelgeving nodig.

Veel gebruikte begrippen en uitdrukkingen zijn toegelicht in de begrippenlijst (pag. 401).

Bepalingen

De leidraad is gebaseerd op ANSI, UL en NFPA normen (afkomstig uit de VS) en bevat primair bepalingen uit de volgende normen en wetten:

- National Electrical Code, 2014 edition
- NFPA 79, 2012 edition
- UL 508A, February 2010

Industriële besturingskasten en elektrische uitrustingen voor machines, bestemd voor de Amerikaanse markt, moeten minstens aan de desbetreffende regelgeving voldoen. Dit document is opgesteld om fabrikanten en hun toeleveranciers te ondersteunen, ongeacht of de fabrikant de goederen exporteert naar de VS of ze ter plaatse in de VS produceert.

Elektrische installaties worden geïnspecteerd door de plaatselijke autoriteiten. Deze baseren zich hierbij in het algemeen op de **N**ational **E**lectrical **C**ode® (zie het hoofdstuk Normen (pag. 35)). NEC® 2014, Art. 110.2, bepaalt dat alle toestellen, apparatuur, toebehoren, machines en leidingen moeten zijn goedgekeurd voor gebruik in een elektrische installatie. Dit betekent dat apparatuur die in de VS wordt geïnstalleerd, moet worden goedgekeurd door de **A**uthority **H**aving **J**urisdiction (AHJ – zie het hoofdstuk Eigenaardigheid (pag. 41)).

In veel gevallen bevat de NEC echter niet alle benodigde details. Om aan de behoeften van de fabrikant door het ontbreken hiervan, tegemoet te komen, hebben we in deze leidraad vrij gebruik gemaakt van bepalingen uit andere toepasselijke normen en regelgeving. De hier beschreven toepassingen zijn algemeen erkende werkwijzen.

Toepassingsgebied van dit document 3

Deze leidraad is in het algemeen beperkt tot het ontwerp van elektrische uitrusting van machines. Anders gezegd: tot industriële besturingskasten volgens de norm UL 508A en algemene elektrische uitrusting voor industriële machines en systemen volgens NFPA 79.

De NEC (National Electrical Code – NFPA 70), die belangrijker is, is ook in menig opzicht van toepassing en wordt op verschillende plaatsen in dit document aangehaald.

Industriële besturingskasten en items voor algemene elektrische uitrustingen van machines worden ofwel gebouwd door de kastenbouwer met de bedoeling deze afzonderlijk of als onderdeel van een ander verdeelsysteem of andere installatie of machine te leveren, ofwel anderszins gebouwd door de fabrikant van de machine zelf.

Aangezien deze leidraad sterk leunt op de voorschriften uit de normen, is het toepassingsgebied ook op deze normen gebaseerd. Details over het toepassingsgebied op basis van de belangrijkste aangehaalde normen (UL 508A, NFPA 79 en NEC) zijn te vinden in het hoofdstuk Normen (pag. 35).

Deze leidraad is verder uitsluitend beperkt tot informatie over de elektrische veiligheid die vereist is voor industriële besturingskasten en de elektrische uitrusting van machines en systemen.
Dit document richt zich dus niet primair op andere aspecten zoals machineveiligheid, beveiliging tegen explosie en elektromagnetische compatibiliteit.

Algemene informatie voor fabrikanten van machines en de bijbehorende elektrische uitrusting

4

4.1 Organisaties

Dit hoofdstuk gaat met name over organisaties, autoriteiten en standaardisatie en normalisatie-instituten in Noord-Amerika. Het onderscheid tussen de organisaties wordt hieronder toegelicht. Daarvoor worden de belangrijkste organisaties afzonderlijk opgesomd, met een uitleg van hun rol.

ANSI (American National Standard Institute)

Het American National Standards Institute (ANSI)[1)] is de Amerikaanse autoriteit voor normalisatie binnen de industrie. ANSI is lid van de International Organization for Standardization (ISO).

[1)] 1919 - 1928 AESC (American Engineering Standards Committee), 1928 - 1966 ASA (American Standards Association), 1966 - 1969 USASI (United States of America Standards Institute)

ANSI is de spreekbuis voor de normalisatie en beoordelingsprocedures voor de conformiteit in de VS. De organisatie stelt de leden in staat om de Amerikaanse economie in de wereldmarkt te versterken. Tegelijkertijd ondersteunt ANSI de consumenten bij hun zorgen over gezondheid en veiligheid en stimuleert de bescherming van het milieu. ANSI houdt hiervoor de ontwikkeling, publicatie en het gebruik in de gaten van duizenden normen en richtlijnen op vrijwel alle gebieden, onder andere energienetten, machines voor de bouw, melkproductie en veeteelt en nog veel meer.

ANSI stelt zelf geen normen op, maar certificeert en beoordeelt normen die zijn opgesteld door private normalisatie-instituten (waaronder UL).

Voorbeelden:

- ANSI/NFPA 70 (NEC), ANSI/NFPA 79 Industrial Machinery
- ANSI/UL 508 Industrial Control Equipment
- ANSI/NEMA Z535 Series

UL 508A standard for Industrial Control Panels is een uitzondering en is een van de weinige normen die niet gecertificeerd zijn door ANSI.

Aanvullende informatie

Meer informatie is te vinden op de website van de American National Standards Institute (http://www.ansi.org).

UL (Underwriters Laboratories)

UL is opgericht in 1894 en is een onafhankelijke organisatie die de veiligheid van producten inspecteert en certificeert. Het hoofdkantoor is gevestigd in Northbrook, Illinois.

UL International Germany GmbH is gevestigd in Neu-Isenburg in de buurt van Frankfurt in Duitsland (hoofdkantoor voor Europa en Latijns-Amerika).

UL richt zich primair op het testen en certificeren van producten, materialen, componenten en systemen zodat deze voldoen aan de specifieke eisen.

UL keurt geen producten goed in de wettelijke zin van het woord. Het UL-keurmerk is vrijwillig, maar is in Amerika bijzonder wijdverspreid en wordt ruim geaccepteerd.

UL voert als onderdeel van zijn taak tests uit op basis van de eigen UL-normen of van andere normen en geeft op basis van de resultaten het desbetreffende keurmerk af.

UL stelt daarnaast ook vele belangrijke en noodzakelijke normen op, bijvoorbeeld UL 508A, betreffende industriële besturingskasten.

Aanvullende informatie

Meer informatie is te vinden op internet:

- UL (http://www.ul.com)
- UL - Online Certifications Directory (http://www.ul.com/database)
- UL - Scopes for UL Standards (http://ulstandardsinfonet.ul.com/scopes/)

CSA (Canadian Standards Association)

De CSA is opgericht in 1919 onder de naam "Canadian Engineering Standards Association (CESA)". In 1944 is de naam officieel veranderd in CSA. Het hoofdkantoor is gevestigd in Mississauga, Ontario.

Voor industriële besturingskasten is de norm "CSA 22.2 No.14-10 Industrial Control Equipment", uitgegeven door de CSA, ongeveer het equivalent van "UL 508A Industrial Control Panels", uitgegeven door UL

Aanvullende informatie

Meer informatie is te vinden op internet:

- CSA Group (http://www.csagroup.org)
- CSA Group - Certified Product Listing (CPL) (http://www.csagroup.org/ca/en/services/testing-and-certification/certified-product-listing)
- CSA Group - Codes & Standards (http://www.csagroup.org/us/en/services/codes-and-standards)

NEMA (National Electrical Manufacturer Association)

NEMA is een vereniging met meer dan 400 leden. De organisatie fungeert als beroepsvereniging en belangenbehartiger voor de Amerikaanse elektrotechnische industrie. NEMA is opgericht op 1 september 1926 en heeft zijn hoofdkantoor in Rosslyn, Virginia.

NEMA heeft een aantal normen voor de elektrotechnische sector onder zijn hoede.

Voorbeelden:

- ANSI/NEMA MG 1: Motors and Generators
- ANSI Z535 series: Safety Signs, Labels and further information
- ANSI C12.1: Electric Meters-Code for Electricity Metering
- ANSI/NEMA 250: Enclosures for Electrical Equipment

Aanvullende informatie

Meer informatie is te vinden op de website van de National Electrical Manufacturer Association (http://www.nema.org).

NFPA (National Fire Protection Association)

NFPA is een internationale non-profitorganisatie, opgericht in 1896. Het hoofdkantoor bevindt zich in Quincy, Massachusetts.

NFPA beoogt de gevolgen van brand en andere gevaren terug te dringen. De organisatie doet dit door normen en regelgeving te ontwikkelen, opleidingen en trainingen te verzorgen en onderzoek uit te voeren.

Op het gebied van normen en regelgeving is NFPA verantwoordelijk voor ongeveer 300 documenten op het gebied van brandveiligheid. Dit betreft onder andere het opstellen van criteria voor de bouw en procedures en processen voor onderhouds- en installatiewerk; in de VS en vele andere landen.

Een van de kernnormen van NFPA op het gebied van elektrische aspecten van installatiewerk, is de NEC (NFPA 70). De NEC (NFPA 70) is verplicht in de VS maar wordt ook in vele andere landen vrijwel integraal geaccepteerd en toegepast.

Aanvullende informatie

Meer informatie is te vinden op de website van de National Fire Protection Association (http://www.nfpa.org).

IAEI (International Association of Electrical Inspectors)

De IAEI is opgericht in 1928 en is een toonaangevende industriële organisatie op het gebied van elektrotechniek. Het hoofdkantoor bevindt zich in Richardson, Texas, VS. Een van de belangrijkste verantwoordelijkheden is het stimuleren van veilige producten en installaties.

De leden van de vereniging zijn testlaboratoria, normalisatie-instituten, fabrikanten, groothandels, installateurs en natuurlijk ook inspecteurs.

De IAEI is een non-profitorganisatie die draaiende gehouden wordt door de leden. De belangrijkste doelen zijn opleiding en certificering van inspecteurs en de ontwikkeling van normen en regelgeving.

Aanvullende informatie

Meer informatie is te vinden op de website van de International Association of Electrical Inspectors (http://www.iaei.org).

OSHA (Occupational Safety and Health Administration)

OSHA is een overheidsinstantie in de VS, opgericht in 1971 om de arbo-wetgeving te handhaven. Het primaire doel van de OSHA is het verlagen van het aantal ongelukken op het werk.

OSHA werkt onder toezicht van het Amerikaanse ministerie van arbeid. De wetten en voorschriften van deze nationale instantie zijn geldig in alle staten van de VS, tenzij staten strengere voorschriften hebben dan die van de OSHA. 22 staten hebben eigen wetten en in 29 staten gelden de OSHA-voorschriften.

Een van de voorschriften is OSHA 29 en daarmee ook de essentiële CFR 1910[1)] "Safety and Health Standards", waarin onderwerpen aan de orde komen als elektrische en mechanische veiligheid en gevaarlijke stoffen. CFR 1910 is daarom buitengewoon belangrijk voor fabrikanten van machines en industriële besturingskasten.

[1)] CFR – Code of Federal Regulation

OSHA zorgt niet alleen voor wetten en voorschriften, maar certificeert en accrediteert ook NRTL's (Nationally Recognized Testing Laboratories). OSHA vereist onder andere dat elektrische apparatuur in elektrische installaties (bijv. van machines of in fabrieken) getest en gelist moeten worden volgens de Amerikaanse normen voor productveiligheid. Deze tests en certificeringen mogen alleen uitgevoerd worden door testorganisaties die geaccrediteerd zijn door OSHA (NRTL's).

Aanvullende informatie

Meer informatie is te vinden op de website van de Occupational Safety and Health Administration (http://www.osha.gov).

De door OSHA erkende NRTL's zijn op internet te vinden op de website Nationally Recognized Testing Laboratories (NRTLs) (http://www.osha.gov/dts/otpca/nrtl/).

AHJ (Authority Having Jurisdiction)

In de VS wordt de term "Authority Having Jurisdiction" (AHJ) gebruikt om een organisatie, bureau of persoon aan te duiden die verantwoordelijk is voor de implementatie van de volgende eisen:

- eisen uit wetgeving en normen;
- eisen voor certificering van apparatuur en materialen;
- eisen voor installaties en procedures.

De AHJ speelt een cruciale rol in het Amerikaanse veiligheidsconcept. De belangrijkste taak op het gebied van elektrische veiligheid is het controleren of elektrische installaties voldoen aan de National Electrical Codes (NEC).

Het begrip "authority having jurisdiction" of de afkorting AHJ, wordt in de NFPA-documenten in algemene zin gebruikt, aangezien wetgeving, goedkeuringsinstanties en hun verantwoordelijkheden van plaats tot plaats kunnen verschillen.

In het geval van publieke veiligheid kan de AHJ een nationale, regionale of staatgebonden autoriteit zijn. In dit geval kan de AHJ zelfs een persoon zijn. Voorbeelden: deskundige, brandweercommandant, hoofd brandveiligheids-, of arbo-autoriteit, site manager, elektrotechnisch inspecteur of een andere persoon met een wettelijke verantwoordelijkheid.

Voor verzekeringsaangelegenheden kan de inspectieafdeling van de verzekeraar, een schade-expertbureau of een andere vertegenwoordiger van de verzekeraar de AHJ zijn.

In veel gevallen vervult de eigenaar van het product of zijn erkende vertegenwoordiger de rol van AHJ. In overheidsorganen kan de hoogste leidinggevende fungeren als AHJ.

4.2 Wetgeving, algemene eisen en regels

Vele producten in de VS zijn onderworpen aan wat bekend staat als de Codes of Federal Regulations (CFR). CFR's zijn nationale wetten die soms vereisen dat producten goedgekeurd zijn, voordat ze op de markt gebracht kunnen worden.

Er zijn veel nationale autoriteiten in de VS:

- FDA ("Food and Drug Administration", Website FDA (http://www.fda.gov))
- FCC ("Federal Communications Commission", Website FCC (http://www.fcc.gov))
- OSHA ("Occupational Health and Safety Administration", Website OSHA (http://www.osha.gov))

Met name OSHA is een belangrijke autoriteit. Deze is verbonden aan het ministerie van arbeid. OSHA brengt de bindende wettelijke arbo-regelgeving uit die gelijk is voor alle staten in de VS. Deze regelgeving bevat essentiële eisen gericht op operators (arbeidsveiligheid).

Naast tal van andere eisen zijn de OSHA Safety and Health Standards in artikel 29, deel 1910 van de CFR van belang voor met name operators van elektrische en mechanische systemen. Het is daarom van belang twee onderwerpen te benadrukken die speciaal van belang zijn in verband met machines en elektrisch bediende apparatuur:

- **Machine Safeguarding,** Article 29 CFR Part 1910, Subpart O
- **Electrical,** Article 29 CFR Part 1910, Subpart S

OSHA vereist dat, in samenhang met bepaalde toepassingen, alle elektrische apparatuur voor de specifieke toepassing geautoriseerd wordt door een door OSHA geaccrediteerde NRTL.

In essentie betekent dat dat voor alle elektrische systemen een bouwvergunning nodig is. Deze wordt verleend door de plaatselijke AHJ. Het is geregeld op nationaal niveau en diverse departementen in de verschillende staten zijn verantwoordelijk voor de uitvoering. Vaak is dat de State Electrical Commission, de State Fire Marshal of het departement van volksgezondheid. Zie ook AHJ (Authority Having Jurisdiction) in het hoofdstuk organisaties (pag. 27).
Deze departementen zijn ervoor verantwoordelijk om normen en wetten in te voeren en te handhaven, om toestellen, materialen en systemen te certificeren en om het correct installeren te bewaken. De departementen testen zelf echter geen toestellen voor installatie. Ze laten dit doen door een verantwoordelijke derde partij, een NRTL. De bekendste derde partij in de VS die deze goedkeurings- en testdiensten levert voordat producten toegang tot de markt krijgen, is UL. Zie ook UL (Underwriters Laboratories) in het hoofdstuk Organisaties (pag. 27).

De "Electrical Inspection Manual" is gebaseerd op de NEC (NFPA 70). Het is een veelgebruikte handleiding voor het controleren en goedkeuren van elektrische installaties. In de inleiding staan twee belangrijke begrippen vermeld:

Approved

Acceptable to the authority having jurisdiction. [Approval is a primary responsibility of an electrical inspector. Investigations by a third-party and the listing and labeling that result are a great aid to inspectors in this responsibility (see "Labeled" and "Listed").]

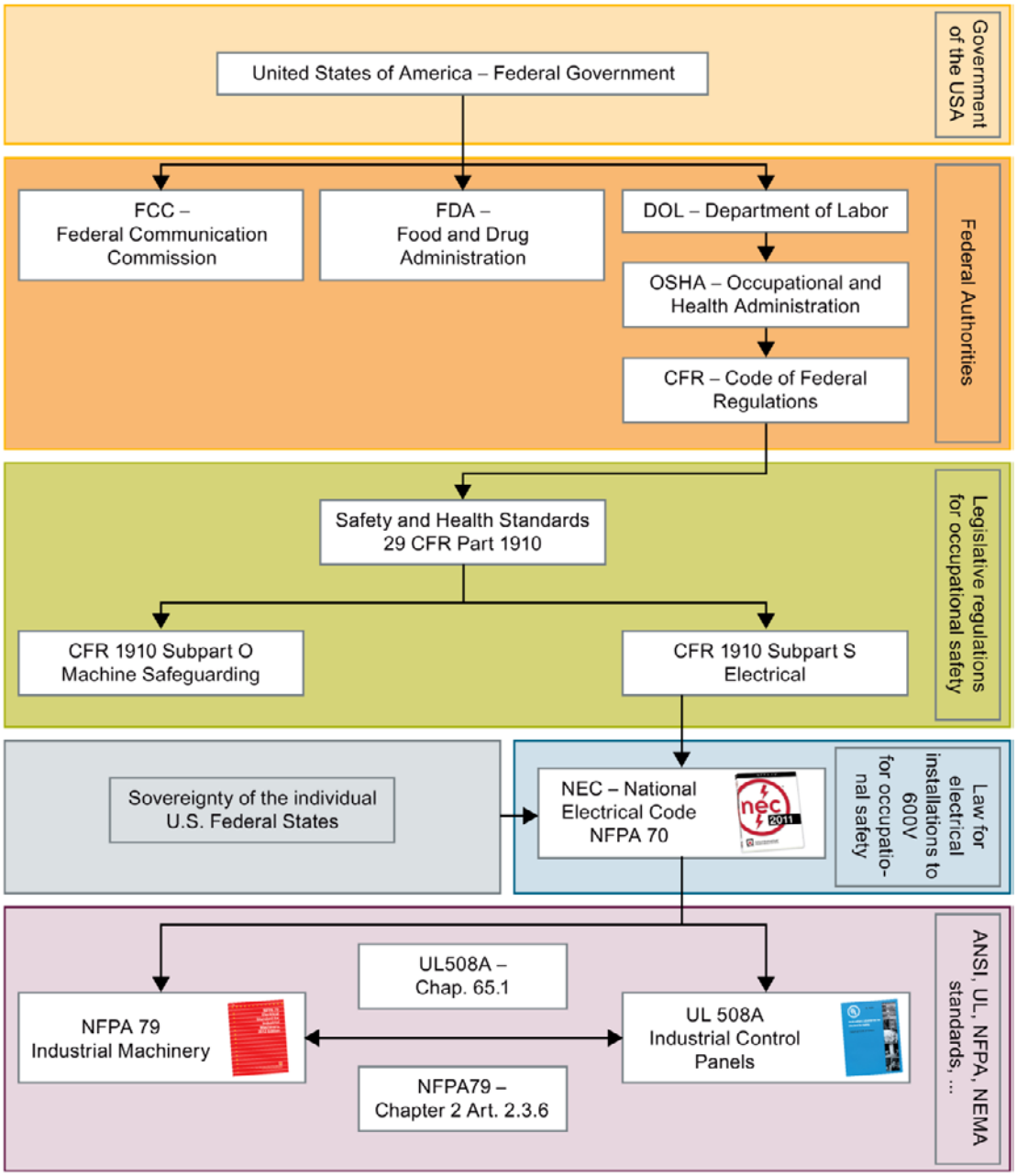
⇒ De inspecteur beslist wat acceptabel is en wat niet. De UL-symbolen vormen een waardevolle referentie en hulp voor de inspecteur.

AHJ function

The key to a successful and correct electrical inspection lies in applying the rules of the Code, not the personal preferences of the inspector. To reiterate, if the installation meets the Code requirements (including any local amendments) and is safe, the installation should pass inspection.

⇒ De inspecteur baseert zijn beslissing tot acceptatie en goedkeuring op de mate waarin de NEC (de wet) is toegepast en nageleefd.

Onderstaande figuur toont een overzicht van de relevante autoriteiten, wetten en regelgeving, tot op het detailniveau van de belangrijkste normen voor het bouwen van industriële besturingskasten en machines, en de onderlinge samenhang. Deze figuur is alleen als richtlijn bedoeld en bevat niet alle nationale autoriteiten, regelgeving, wetten of toepasselijke normen. Meer normen voor de machinebouw zijn te vinden in het hoofdstuk Normen (pag. 35).



Afbeelding 4-1 Samenhang van de relevante autoriteiten, wetgeving, bepalingen en normen voor het bouwen van industriële besturingskasten en machines

4.3 Normen

In dit hoofdstuk wordt het stelsel van normen in de VS toegelicht. Het bevat ook een opsomming met uitleg van de normen waarnaar inhoudelijk wordt verwezen in deze leidraad.

In afbeelding 4-3 Overzicht van het gebruik van verschillende normen (pag. 42) is te zien waar de hier beschreven normen van toepassing zijn.

Onderstaande normen zijn in de VS belangrijk voor fabrikanten van machines, systemen en industriële besturingskasten voor de elektrische veiligheid en andere relevante toepassingsgebieden.

NEC (National Electrical Code, Edition 2014)

Toepassingsgebied

In de NEC komen elektrische leidingen, apparatuur en kabelkanalen aan de orde en de opbouw en het leggen van signaal- en communicatieleidingen met de bijbehorende apparatuur. Het betreft de volgende gebieden:

- op privaat en openbaar grondgebied inclusief gebouwen, voertuigen, huizen, mobiele woningen en woonboten, boerderijen, grond, markten en industriële aansluitstations;
- installatie van leidingen en apparatuur voor de stroomvoorziening;
- installaties voor elektriciteitsbedrijven, bijv. in gebouwen, magazijnen, kantoren en werkplaatsen die geen onderdeel zijn van een energiecentrale of de gebouwen met de industriële besturingskasten of de besturing ervan.

De NEC **gaat niet over**, bijvoorbeeld, installaties op schepen of vaartuigen (uitgezonderd woonboten), treinen, vliegtuigen of auto's. Meer uitzonderingen zijn te vinden in NEC 2014, Art. 90.2 (B).

De NEC is **de bepalende** regelgeving voor laagspanningsinstallaties en is in tegenstelling tot andere normen, wettelijk voorgeschreven in de VS.

De eerste uitgave van de NEC stamt al uit 1897. De NEC wordt om de drie jaar bijgewerkt en gepubliceerd.

De NEC is gratis online te raadplegen op de website van de NFPA (http://www.nfpa.org).

UL 508A Industrial Control Panels

Toepassingsgebied

- Industriële besturingskasten voor industrieel gebruik
  - geïnstalleerd overeenkomstig de NEC (NFPA 70) in een conventionele industriële omgeving
  - max. 40 °C omgevingstemperatuur
  - max. voedingsspanning 600 V
- Industriële besturingskasten voor kranen en hijsapparatuur, liftbesturingen, air-conditioningssystemen, koelingen, veiligheidsinstallaties voor het bewaken van opstellingen voor ontvlambare brandstoffen en industriële besturingskasten voor de inkomende netspanning
- Besturing van stationaire motorisch aangedreven machines en systemen

Industriële besturingskasten bestaan volgens de definitie uit minstens twee componenten in de hoofdstroom- en/of stuurstroomketen. Voorbeelden hiervan zijn automaten, besturingstoestellen, bedien- en signaleringstoestellen, smeltveiligheden met bijbehorende leidingen, elektrische en mechanische aansluitingen en dragende delen. De componenten kunnen in of aan een behuizing, of op een montagepaneel zijn bevestigd.

De voorschriften in de normen betreffen dus uitsluitend de industriële besturingskast zelf en stellen geen eisen aan de inkomende netspanningsleidingen of de uitgaande leidingen van de industriële besturingskast. Alleen de aansluitingen voor de aangesloten circuits met bijvoorbeeld de bijhorende aanduidingen, worden beschreven.

NFPA 79 Standard for Industrial Machinery

Toepassingsgebied

Binnen het toepassingsgebied van NFPA 79 valt de elektrische uitrusting van machines, beginnend bij de aansluitklemmen voor de netspanning helemaal tot aan de eindverbruiker. De maximale voedingsspanning is 600 V en de norm is van toepassing op conventionele industriële omgevingen. De feitelijke machines zijn in het algemeen motorisch aangedreven en permanent opgesteld en kunnen tijdens gebruik niet worden verplaatst.

Naast de eisen uit de NFPA 79 gelden altijd overkoepelend de eisen uit de NEC. Dat betekent bijvoorbeeld dat kortsluitstroombeveiliging voor de voeding van machines toevoerleidingen moet hebben en opgebouwd moet zijn overeenkomstig de NEC (NFPA 70).

NFPA 79 is de minimumeis in zijn toepassingsgebied. Er kunnen echter altijd extra maatregelen verlangd worden om te zorgen voor een voldoende veiligheidsniveau van de desbetreffende machines en systemen.

Onder industriële machines vallen machines voor het vormen, persen en snijden van materiaal. Hieronder vallen ook elektrische, thermische of optische materiaalbewerkingsprocessen of een combinatie daarvan. In die zin betreft het ook apparatuur voor transporteren van materialen, klaarzetten van gereedschap, de(monteren) van onderdelen (waaronder toebehoren), verpakken van goederen en testen of inspecteren.

De bijbehorende elektrische uitrusting, zoals de industriële besturingskast of andere gedistribueerde componenten, worden geacht onderdeel van de machine te zijn.

Voorbeelden van industriële machines

Bijlage C van de norm bevat een lijst voorbeelden van industriële machines die onder de norm vallen. De volgende categorieën machines worden vermeld:

- machinaal gereedschap voor snijden/vormen van metaal
- machines voor kunststoffen
- houtbewerkingsmachines
- assemblagemachines
- machines voor verplaatsen van materiaal
- inspectie/testmachines
- verpakkingsmachines

Andere normen

In dit document wordt verder naar delen van onderstaande normen verwezen. We geven hier geen gedetailleerde uitleg over het toepassingsgebied.

ANSI/NEMA Z535.1 to 6 (Safety Labels and Signs, Colors, Criteria, Product Safety Tags, Product Safety Information in Manuals)

Belangrijke norm voor veiligheidsinformatie, veiligheidssymbolen en labels met bijbehorend ontwerp, kleurgebruik, selectiecriteria e.d.

NFPA 70E (Standard for electrical safety requirements for employee workplaces)

Deze norm richt zich met name op operators en gebruikers van elektrische apparatuur.

De norm bevat op de eerste plaats eisen aan de elektrische veiligheid op de werkplek. Hierdoor kan personeel praktische hulpmiddelen veilig en toch onder gunstige omstandigheden gebruiken.

NFPA 70B (Recommended Practice for Electrical Equipment Maintenance)

Deze voorschriften zijn gewijd aan aanbevolen werkwijzen voor service en onderhoud van elektrische apparatuur waarmee storingen en mogelijke gevaren voor mensen en zaken worden voorkomen. De voorschriften zijn niet bedoeld als vervanging van de aanwijzingen van de fabrikant, bijvoorbeeld de handleiding bij de apparatuur.

Belangrijke Amerikaanse normen voor de bouw van machines en systemen

Opmerking

Zoals al eerder vermeld in de inleidende hoofdstukken van dit document, richt deze leidraad zich niet op de machineveiligheid. Onderstaande lijst van Amerikaanse normen is alleen bedoeld als overzicht van de talrijke verschillende basisnormen voor machineveiligheid. In de praktijk blijken de internationale IEC- en ISO-normen steeds beter geaccepteerd te worden op de Amerikaanse markt. In de toelichting in bijlage A van NFPA 79 worden zowel IEC/ISO- als ANSI-normen aanbevolen. Het is daarom aan te raden dat leverancier en klant vooraf duidelijke afspraken over dit onderwerp maken.

Basisveiligheidseisen en algemene eisen

Normen	Omschrijving
OSHA 29CFR1910	Safety and Health Standards
OSHA 29CFR1910.212	General requirements for (Guarding of) All Machines

Algemene normen voor veiligheidsaspecten

Normen	Omschrijving
ANSI / NFPA 70	The National Electrical Code (NEC)
ANSI / NFPA 70E	Electrical Safety Requirements for Employee Workplaces
ANSI / NFPA 79	Electrical Standard for Industrial Machinery
OSHA 29CFR1910.333	Selection and Use of Work Practices (Electrical Safety)
OSHA 29CFR1910.147	The Control of Hazardous Energy (Lockout/Tagout)
ANSI Z244.1	Lockout/Tagout of Energy Sources
ANSI Z535.1	Safety Color Code
ANSI Z535.2	Environmental and Facility Safety Signs
ANSI Z535.3	Criteria for Safety Symbols
ANSI Z535.4	Product Safety Signs and Labels
ANSI Z535.5	Accident Prevention Tags and Labels
ANSI Z136.1	Safe Use of Lasers
ANSI B11.21	Machine Tools Using Lasers - Safety
OSHA 29CFR1910.219	Mechanical Power Transmission Apparatus
ANSI / ASME B15.1	Mechanical Power Transmission Apparatus
ANSI B11.19	Safeguarding (Machine Tools)
ANSI B11/TR1	Ergonomic Guidelines
ANSI B11/TR3	Risk Assessment / Risk Reduction
MIL-STD-882D	U.S. DOD System Safety Program (Risk Assessment)
OSHA 3071	Job Hazard Analysis

Veiligheidsnormen voor specifieke machinetoepassingen

Normen	Omschrijving
Machine tools	
OSHA 29CFR1910.217	Guarding of Mechanical Power Press
ANSI B11.1	Mechanical Power Presses
ANSI B11.2	Hydraulic Power Presses
ANSI B11.3	Power Press Brakes
ANSI B11.4	Shears
ANSI B11.5	Iron Workers
ANSI B11.6	Lathes
ANSI B11.7	Cold Headers and Cold Formers
ANSI B11.8	Drilling, Milling and Boring Machines
ANSI B11.9	Grinding Machines
ANSI B11.10	Sawing Machines
ANSI B11.11	Gear Cutting Machines
ANSI B11.12	Roll Forming and Roll Bending Machines
ANSI B11.13	Automatic Bar and Chucking Machines
ANSI B11.14	Coil Slitting Machines / Systems
ANSI B11.15	Pipe, Tube and Shape Bending Machines
ANSI B11.16	Powder Metal Presses
ANSI B11.17	Horizontal Hydraulic Extrusion Presses
ANSI B11.18	Coil Processing Equipment
ANSI B11.20	Manufacturing Systems / Cells
ANSI B11.22	Numerically Controlled Turning Machines
ANSI B11.23	Automatic Drilling, Milling and Boring
ANSI B11.24	Transfer Machines
Conveyors	
ANSI / ASME B20.1	Conveyors and Related Equipment
Industrial Robots	
ANSI / RIA R15.06	Industrial Robots and Robot Systems
Injection Molding	
ANSI B151.1	Horizontal Injection Molding Machines
ANSI B151.21	Injection Blow Molding Machines - Safety
ANSI B151.26	Dynamic Reaction - Injection Molding Machines
ANSI B151.27	Plastics Machinery - Robots Used with HIM Machines - Safety
ANSI / SPI B151.29	Vertical Clamp Injection Molding Machines
Injection Molding	
ANSI B151.1	Horizontal Injection Molding Machines
ANSI B151.21	Injection Blow Molding Machines - Safety
ANSI B151.26	Dynamic Reaction - Injection Molding Machines
ANSI B151.27	Plastics Machinery - Robots Used with HIM Machines - Safety
ANSI / SPI B151.29	Vertical Clamp Injection Molding Machines

Normen	Omschrijving
Mills and Calenders	
OSHA 29CFR1910.261	Pulp, Paper and Paperboard Mills
OSHA 29CFR1910.216	Mills and Calenders in the Rubber and Plastics Industries
ANSI B28.1	Safety Code for Rubber Mills and Calenders
Verpakking	
ANSI / PMMI B155.1	Packaging and Packaging-Related Converting Machinery - Safety
Kranen	
OSHA 29CFR1910.179	Overhead and Gantry Cranes
ANSI / ASME B30.5	Mobile and Locomotive Cranes
Drukken	
ANSI / B65.1	Printing Press Systems
ANSI / B65.2	Binding and Finishing Systems
ANSI / B65.5	Stand Alone Platen Presses
Halfgeleiders	
SEMI S1	Safety Guideline for Equipment Safety Labels
SEMI S2	Environmental Health and Safety Guideline for Semiconductor Manufacturing Equipment
SEMI S3	Safety Guidelines for Heated Chemical Baths
SEMI S7	Safety Guidelines for Environmental, Safety, and Health Evaluation of Semiconductor Manufacturing Equipment
SEMI S8	Safety Guidelines for Ergonomics Engineering of semiconductor Manufacturing Equipment
SEMI S9	Safety Guideline for Electrical Design Verification Tests for Semiconductor Manufacturing Equipment
SEMI S10	Safety Guideline for Risk Assessment
SEMI S13	Safety Guidelines for Operation and Maintenance Manual Used with Semiconductor Manufacturing Equipment
SEMI S17	Safety Guideline for Unmanned Transport Vehicle Systems (UTV)
SEMI S19	Safety Guideline for Training of Semiconductor Manufacturing Equipment, Installation, Maintenance and Service Personnel
Woodworking, Lumber and Logging	
OSHA 29CFR1910.213	Woodworking Machinery Requirements
OSHA 29CFR1910.261	Pulp, Paper and Paperboard Mills
OSHA 29CFR1910.265	Sawmills
OSHA 29CFR1910.266	Logging Operations
ANSI O1.1	Woodworking Machinery Requirements

4.4 Eigenaardigheid

Toepassing van de NEC (NFPA 70) binnen de staten van de VS

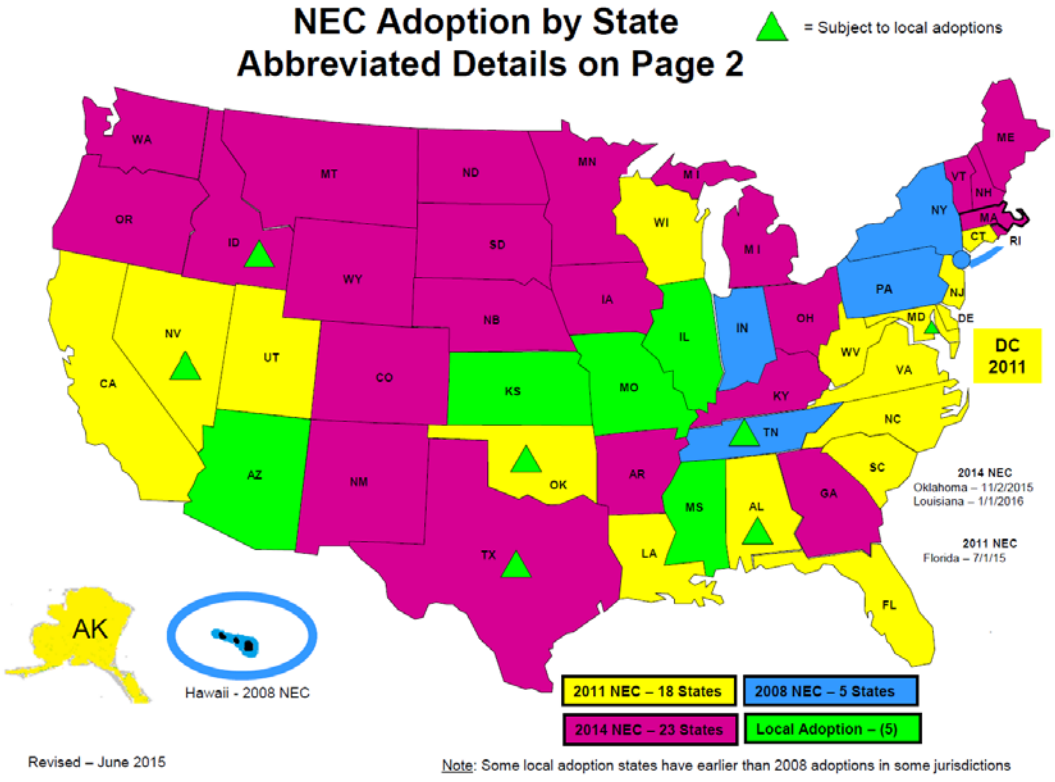
De NEC is een erkende verzameling uitgebreide regels voor laagspanningsinstallaties in de VS. De NEC wordt echter pas wettelijk bindend en van toepassing als deze is vastgelegd in de wetten van de staat en geaccepteerd door de regionale AHJ (Authority Having Jurisdiction).

De termijn waarbinnen dat gebeurt, verschilt van staat tot staat. Bovendien accepteren sommige staten de NEC met extra toevoegingen en/of amendementen. Dit kan zelfs verschillen per stad stad binnen een staat (dit is bijvoorbeeld het geval in Texas, Arizona en Nevada).

NEMA publiceert regelmatig online nieuws over dit onderwerp op (http://www.nema.org).

Voorbeeld hoe de NEC op verschillende manieren is toegepast

(per juni 2015, bron: NEMA Website (http://www.nema.org))



Afbeelding 4-2 Voorbeeld hoe de NEC op verschillende manieren is toegepast

Verschillen tussen NFPA 79 en UL 508A

In de NEC wordt in verschillende hoofdstukken verwezen naar aanvullende normen met gedetailleerdere voorschriften op bepaalde gebieden.

In artikel 409 van de NEC wordt bijvoorbeeld verwezen naar UL 508A als de toonaangevende norm voor industriële besturingskasten. In artikel 670 van de NEC komt het onderwerp industriële machines aan de orde en wordt verwezen naar NFPA 79.

Deze twee normen behandelen vaak dezelfde technische onderwerpen. Soms zijn ze zelfs identiek. Er zijn echter ook onderwerpen waarvoor de eisen verschillen in de normen.

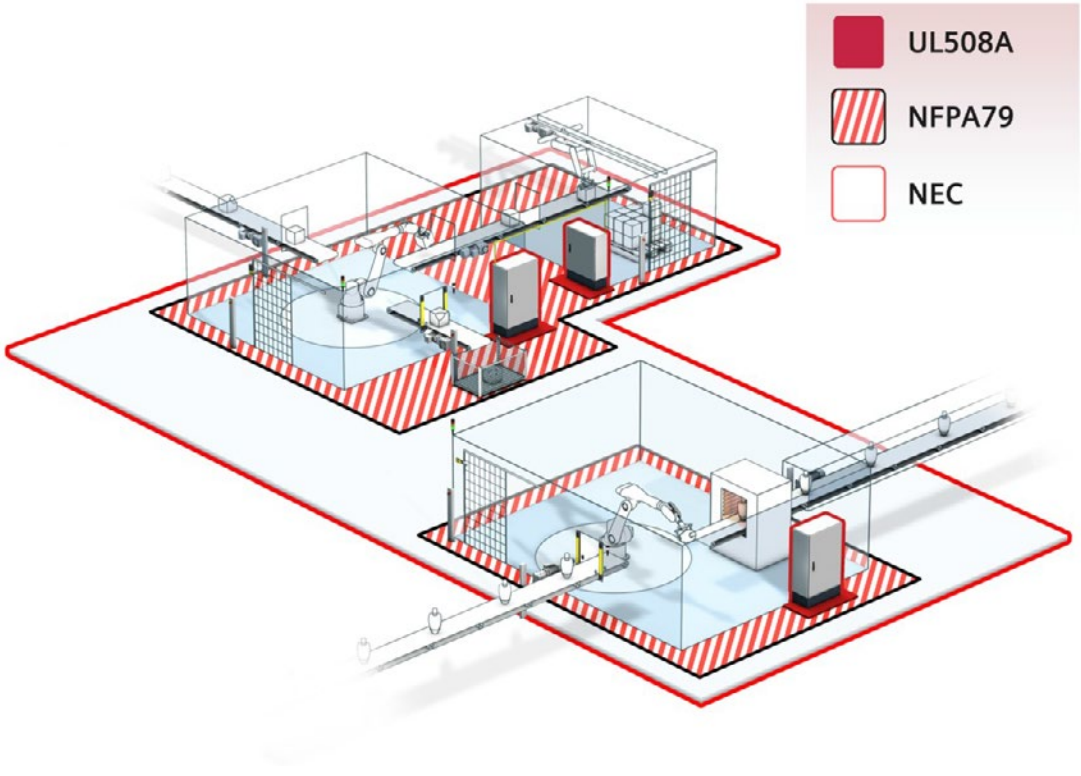
Dit is onder andere het geval voor het toepassingsgebied van beide normen (zie het hoofdstuk Normen (pag. 35)):

UL 508A gaat alleen over industriële besturingskasten en in de aanvullende eisen in hoofdstuk 65 "Industrial Machinery" ook over besturingskasten voor machines.

Het toepassingsgebied van de NFPA 79 beslaat echter alle elektrische apparatuur voor machines en dus niet alleen de industriële besturingskast, maar ook de elektrische uitrusting rondom de machine.

Beide normen worden in deze leidraad tot op dezelfde hoogte uitgelegd en geïnterpreteerd. We raden niettemin aan om altijd vooraf met de gebruikers en operators af te stemmen welke normen van toepassing zijn.

Onderstaande afbeelding illustreert waar de verschillende normen en regelingen voor elektrische veiligheid van toepassing zijn.



Afbeelding 4-3 Overzicht van het gebruik van verschillende normen

Eigenaardigheden over acceptatie en inbedrijfstelling in de VS

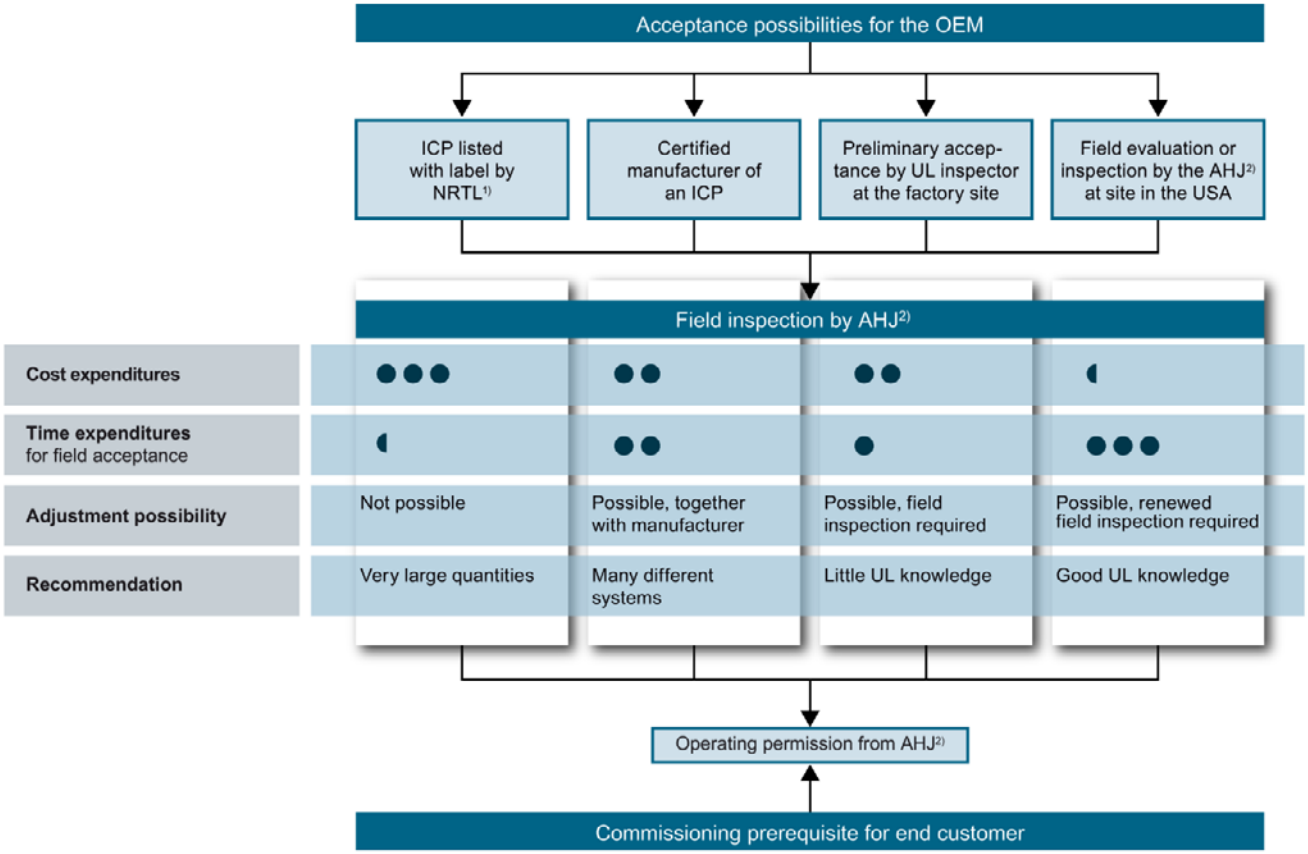
Iedere elektrische machine en ieder elektrisch systeem in de VS wordt voor de inbedrijfstelling gecontroleerd door een inspecteur die optreedt als AHJ (Authority Having Jurisdiction).

De acceptatie is gebaseerd op de NEC (National Electrical Code, NFPA 70), de toepassingsspecifieke normen zoals NFPA 79 en UL 508A, en de plaatselijke normen en voorschriften.

Acceptatie is wettelijk verplicht in de VS. Operators die hun machines of systemen niet laten inspecteren door een AHJ, riskeren hun verzekering en hun energievoorziening kwijt te raken.

Een machine kan alleen geaccepteerd worden als deze correct volgens de toepasselijke normen is opgebouwd. Onderstaand schema bevat vier mogelijke manieren voor een geslaagde acceptatie.

Een industriële besturingskast fabriceren die voldoet aan de eisen in UL 508A gaat verder dan eenvoudigweg UL-goedgekeurde producten gebruiken. Het is ook van cruciaal belang dat de toestellen samenwerken overeenkomstig de relevante toepassingsnorm en dat de industriële besturingskast wordt geaccepteerd in de feitelijke toepassingsomgeving.



1) Nationally Recognized Testing Laboratories
2) Authority Having Jurisdiction

Afbeelding 4-4 Acceptatiemogelijkheden voor OEM's

1ste mogelijkheid: industriële besturingskast listed met label door NRTL

Industriële besturingskast goedgekeurd door een erkend testinstituut - Derde-partijcertificering:
(zie ook de NEC 2014, art. 90.7).

In dit geval hoeft het systeem niet nog eens geïnspecteerd te worden door een plaatselijke inspecteur. Alleen de aansluitingen en de installatiecondities uit het certificeringsrapport hoeven te worden bekeken. Dit is een gunstige werkwijze als afzonderlijke industriële besturingskasten worden geëxporteerd, met name als ze in serie zijn vervaardigd.

Dit betekent niet dat de AHJ in de VS het systeem niet hoeft te beoordelen en of het niet uiteindelijk hoeft te accepteren. Maar het proces kan wat eenvoudiger verlopen omdat een geliste industriële besturingskast (zie begrippenlijst "Listed") goed geaccepteerd wordt door de inspecteurs (AHJ). Hierdoor is een gedetailleerdere inspectie niet meer nodig.

2de mogelijkheid: gecertificeerde fabrikant van industriële besturingskasten

Gecertificeerde fabrikanten van industriële besturingskasten

Kastenbouwers die allerlei verschillende systemen bouwen voor verschillende toepassingsgebieden, kunnen overeenkomstig UL 508A een certificaat krijgen van bepaalde NRTL's. De fabrikant kan op die manier industriële besturingskasten bouwen en onder eigen verantwoordelijkheid voorzien van een "Panel Listing" aanduiding.

De kastenbouwer moet hiervoor aan verschillende eisen voldoen. De productieomgeving wordt dan verschillende malen per jaar bezocht door een inspecteur van een NRTL die controleert of de fabrikant zich houdt aan UL 508A. Soms zijn de bezoeken aangekondigd, soms niet. De kastenbouwer betaalt een jaarlijks bedrag en draagt de kosten van de bezoeken van de inspecteur.

Zie ook de sectie "Label Service (Type L)" in het hoofdstuk UL-listed (pag. 49).

Verschillende NRTL's certificeren fabrikanten. Voorbeelden:

- UL (listed Panel Shop)
- Intertek (Panel Shop listing)

Ook in dit geval moet de AHJ in de VS een acceptatietest uitvoeren. De acceptatie door de AHJ kan echter aanzienlijk eenvoudiger zijn aangezien gelabelde besturingskasten (zie termenlijst "Labeled") goed geaccepteerd worden door de inspecteurs (AHJ). Hierdoor is een gedetailleerdere inspectie niet meer nodig.

3de mogelijkheid: voorafgaande acceptatie door de UL-inspecteurs in de fabriek

Iedere machine- of kastenbouwer kan een voorafgaande acceptatie krijgen. De fabrikant moet een geschikte NRTL inschakelen die goedgekeurd is voor de desbetreffende toepassing. De besturingskast of delen daarvan kunnen voorafgaand in de fabriek geïnspecteerd worden. Hierdoor kunnen eventuele aanpassingen of correcties uitgevoerd worden voorafgaand aan de levering. Onder bepaalde omstandigheden kan de NRTL ook afwijkingen ten opzichte van de norm goedkeuren en deze certificeren met wat heet een "Deviation Note".

Dit betekent niet dat de AHJ de besturingskast niet hoeft goed te keuren in de VS. De acceptatie door de AHJ kan echter aanzienlijk eenvoudiger zijn aangezien deze acceptatierapporten goed geaccepteerd worden door de plaatselijke inspecteurs (AHJ).

4de mogelijkheid: field evaluation or inspection op locatie in de VS door de AHJ

In dit geval wordt de elektrische uitrusting van de machine waaronder de industriële besturingskasten, geïnspecteerd en geaccepteerd op locatie door een plaatselijke inspecteur. De fabrikant is afhankelijk van de mening van een individuele inspecteur. Klachten moeten op locatie worden verholpen. Dit leidt vaak tot extra kosten en vertraging van de inbedrijfstelling. De kosten voor een algemene derde-partijcertificering worden daarbij echter vermeden. Dit kan gunstig zijn voor het installeren van afzonderlijke systemen.

Opmerking

De beslissing van een afzonderlijke AHJ kan worden aangevochten. Hiervoor moet een schriftelijk beroep worden ingediend bij de desbetreffende Electrical Board, binnen 15 dagen na ontvangst van de negatieve beslissing. NEC 2014 Annex G, 80.15 (G)

Opmerking

Het is de plaatselijke inspecteurs niet toegestaan om met de fabrikant te onderhandelen over afwijkingen van de norm. De AHJ's hebben enige speelruimte voor hun technische beslissingen. Zie ook de NEC 2014, art. 90.4.

Belangrijke definities (uittreksel uit de NEC 2014)

Verplichte eisen (Mandatory requirements) - NEC 2014, Art. 90.5 (A)

Verplichte regels in de NEC verwijzen naar handelingen die specifiek verplicht of verboden zijn. Ze zijn te herkennen aan de zinsnede moet ("shall") of mag niet "shall not".

Toestemmingen (Permissive requirements) - NEC 2014, Art. 90.5 (B)

Toestemmende regels in de NEC verwijzen naar handelingen die toegestaan, maar niet verplicht zijn. Ze worden in het algemeen gebruikt om opties of alternatieven aan te geven. Ze zijn te herkennen aan de zinsnede is toegestaan ("shall be permitted") of is niet verplicht "shall not be required".

Toelichting (Explanatory material) - NEC 2014, Art. 90.5 (C)

Toelichtingen zoals verwijzingen naar andere normen, verwijzingen naar verwante delen van de NEC of informatie met betrekking tot een regel in de NEC, zijn opgenomen als kleingedrukte opmerkingen (FPN).

Deze toelichtingen zijn alleen ter informatie opgenomen en kunnen niet afgedwongen worden als eisen uit de NEC.

Opmerking

Het formaat en de formuleringen in de NEC volgen de richtlijnen van de NFPA, gepubliceerd in de NEC Style Manual. U kunt een exemplaar hiervan verkrijgen bij de NFPA.

Goedkeuring (Approval) - NEC 2014 Art. 90.7

De geleiders en de apparatuur zoals verplicht of toegestaan in de NEC is uitsluitend acceptabel als ze zijn goedgekeurd (Approved).

Opmerking

Zie sectie 90-7 van de "Beoordeling van veiligheidsapparatuur" (Examination of Equipment for Safety) en sectie 110-3 van "Beoordelen, herkennen, installeren en gebruiken van apparatuur" (Examination, Identification, Installation, and Use of Equipment).

Aangeduid (Identified) - NEC 2014 Art. 100

Aanduiding bevestigd op de apparatuur

Geeft geschiktheid aan voor een specifiek doel, functie, gebruik, omgeving, toepassing e.d. zoals beschreven in bepaalde eisen uit de NEC.

Opmerking

Of de apparatuur geschikt is voor een bepaald doel, omgeving of toepassing, kan bepaald worden door een gekwalificeerd testlaboratorium, inspectiebureau of een andere keuringsorganisatie. Een aanduiding kan onder andere inhouden dat het product gelist of gelabeld is (zie definities van "Labeled" en "Listed").

Gelabeld (Labeled) - NEC 2014 Art. 100

Apparatuur of materiaal waaraan een label, symbool of andere aanduiding is bevestigd van een organisatie die acceptabel is voor de AHJ, die zich bezig houdt met productbeoordeling, die regelmatig de productie van gelabelde apparatuur of materialen inspecteert en waarvan het label aangeeft dat de fabrikant aan de juiste normen of specifieke prestatie-eisen voldoet.

Gelist (Listed) - NEC 2014 Art. 100

Apparatuur, materiaal of dienst die is opgenomen in een lijst die gepubliceerd wordt door een organisatie die acceptabel is voor de AHJ en die zich bezig houdt met product- of dienstenbeoordeling, die regelmatig de productie van geliste apparatuur of materiaal of de uitvoering van diensten inspecteert.

Een dergelijke listing betekent ofwel dat de apparatuur, het materiaal of de dienst aan genoemde normen voldoet of dat deze geschikt is bevonden voor het opgegeven doel.

Opmerking

De manier waarop geliste apparatuur moet worden aangeduid, verschilt per organisatie die belast is met de productevaluatie. Sommige beschouwen apparatuur pas als gelist als het ook gelabeld is. De AHJ herkent een gelist product via het systeem van de organisatie die verantwoordelijk is voor de listing.

Nuttige uittreksels uit de Electrical Inspection Manual*

* Handleiding voor de acceptatie van elektrotechnische installaties, op basis van de NEC (NFPA 70)

Goedgekeurd (Approved)

"Acceptable to the authority having jurisdiction."

Opmerking

Approval is a primary responsibility of an electrical inspector. Investigations by a third-party and the listing and labeling that result are a great aid to inspectors in this responsibility (see "Labeled" and "Listed").

Betekenis: de inspecteur beslist wat acceptabel is en wat niet. De UL-goedkeuringen vormen een waardevolle referentie en hulp voor de inspecteur.

AHJ function

Opmerking

The key to a successful and correct electrical inspection lies in applying the rules of the Code, not the personal preferences of the inspector. To reiterate, if the installation meets the Code requirements (including any local amendments) and is safe, the installation should pass inspection.

Betekenis: de toepassing van de normen is een belangrijke overweging voor de inspecteur bij zijn beslissing of hij de installatie accepteert.

4.5 UL-specifieke definitie en naamgeving

Het volgende hoofdstuk gaat over definities, eigenaardigheden en de algemeen aanvaarde aanduidingsvoorschriften van UL (Underwriters Laboratories).

4.5.1 Symbolen

UL heeft verschillende symbolen uitgebracht. De belangrijkste worden hieronder opgesomd en toegelicht. Voor het aanduiden van UL-gecertificeerde producten wordt in het algemeen onderscheid gemaakt tussen "listed" toestellen en "recognized" componenten. Verder zijn er ook varianten voor de Canadese markt.

Tabel 4- 1 UL-symbolen

Symbool	Applications
	UL Listing Mark: Dit is een van de meestgebruikte UL-symbolen. Producten met dit symbool (bijv. wasmachines, computers, elektrische besturingskasten, brandblussers, reddingsboeien, etc.) voldoen aan alle veiligheidseisen van UL en zijn algemeen toepasbaar, zonder nadere instructies en zonder toepassingsbeperkingen. Siemens biedt bijvoorbeeld contactors overeenkomstig UL 508 en automaten overeenkomstig UL 489.
	C-UL Listing Mark: Dit symbool wordt gebruikt voor producten voor de Canadese markt. Producten met dit symbool zijn beoordeeld volgens de Canadese veiligheidseisen. Deze kunnen enigszins afwijken van die in de VS. U treft dit symbool aan op huishoudelijke apparaten en computerapparatuur, verkoopautomaten, particuliere beveiligingssystemen, verlichtingsarmaturen en vele andere producten.
	C-UL-US Listing Mark: UL heeft dit symbool in1998 geïntroduceerd. Het geeft aan dat het product zowel aan de Amerikaanse als aan de Canadese eisen voldoet. Het Canada/US UL symbool is optioneel. UL moedigt fabrikanten van producten die gecertificeerd zijn voor beide landen, aan om dit nieuwe gecombineerde symbool te gebruiken, maar ze kunnen ook de afzonderlijke symbolen voor de VS en Canada blijven gebruiken.
	Recognized Component Mark: Dit symbool wordt gebruikt voor componenten en toestellen die gebruikt worden in machines, systemen of producten zoals wasmachines. Dergelijke componenten kunnen functionele beperkingen hebben of onvolledig zijn. Het Recognized Component symbool is te vinden op allerlei producten zoals schakelaars, voedingen, printplaten, sommige soorten industriële besturingsapparatuur en op vele andere producten. Ze moeten geïnstalleerd worden door experts want er kunnen beperkingen "Conditions of Acceptability" (CoA) gelden voor deze toestellen. Het UR-symbool is bijvoorbeeld te vinden op de Siemens-miniatuurautomaten volgens UL 1077, Siemens-tijdschakelaars volgens UL 917 en op SITOR-smeltveiligheden.
	Canadian Recognized Component Mark: Vergelijkbaar met het Recognized Component symbool - zie boven): Producten voor de Canadese markt hebben het Recognized Component symbool "C".
	Recognized Component Mark for Canada and the United States: Dit nieuwe UL Recognized Component symbool is beschikbaar sinds 1 april 1998 en kan gebruikt worden op componenten die UL gecertificeerd heeft voor de VS en voor Canada, UL was in eerste instantie niet van plan een gecombineerd Recognized Component symbool te introduceren. De Canada/US Listing en Classification symbolen waren echter zo populair bij de klanten, dat UL dit gecombineerde symbool toch heeft ingevoerd.
Certificeringen zoals en worden verleend door de NRTL's (Nationally Recognized Testing Laboratories) nadat tests met succes zijn afgerond. OSHA heeft Underwriters Laboratories (UL) geaccrediteerd als NRTL.	

Opmerking

UL en CSA hebben de bevoegdheid goedkeuringscertificaten te verstrekken overeenkomstig Canadese en Amerikaanse regelgeving. Deze wederzijdse erkenning is gebaseerd op een Memorandum of Understanding tussen de beide organisaties.

4.5.1.1 UL-listed

Algemene regel



Toestellen die als een "compleet geheel" worden beschouwd, hebben dit symbool. Het label bevat de bedrijfsnaam, alle opgegeven en goedgekeurde gegevens en het UL-symbool. Dergelijke toestellen mogen overeenkomstig de goedkeuring worden geïnstalleerd en gebruikt door een technicus zonder speciaal gereedschap en zonder aanvullende aanwijzingen. (Voorbeelden: contactor, automaat)

UL-listed varianten

Er zijn verschillende varianten:

- **Reexamination Service (Type R):** een of meer toestellen zijn getest door UL, geïnspecteerd en in detail beschreven in een rapport. UL-inspecteurs bezoeken regelmatig de productielocatie en controleren of het product overeenkomstig de beschrijving wordt vervaardigd. (Voorbeelden: contactor, koffiezetapparaat)
- **Label Service (Type L):** een speciaal UL-label dat op een product wordt geplaatst nadat dit een specifieke controle heeft ondergaan.

  Voorbeelden:

  – Alle automaten (UL 489) moeten tijdens de productie een speciale test ondergaan (bijvoorbeeld een Type R + Reassessment Test).

  – Industriële besturingsapparatuur (UL 508A) wordt getest en geaccepteerd door een UL-inspecteur.

  Deze labels kunnen rechtstreeks bij UL gekocht worden of bij een UL-geregistreerde drukkerij. Ze worden beheerd door de fabrikant, maar de UL-inspecteur controleert of ze overeenstemmen met de productie.

Toepassingsvoorbeeld

Een industriële besturingskast met een dergelijk label is gefabriceerd overeenkomstig UL-regelgeving door een goedgekeurde UL-listed fabrikant van industriële besturingskasten (Listed Panelbuilder).



Afbeelding 4-5 Voorbeeld: Label voor een besturingskast inclusief toestellen en bedrading

4.5.1.2 UL-recognized

Algemene regel



Dit symbool wordt gebruikt voor componenten. Dat zijn toestellen die in een fabriek met andere onderdelen en componenten samengebouwd worden tot een eindproduct met mogelijk UL-goedkeuring.

Omgaan met UL-recognized componenten

UL-recognized componenten hoeven alleen voorzien te zijn van een typeaanduiding en een fabrikant-id. Het ontwerp en de toepassing zijn dus niet volledig beschreven.
De gebruiker moet letten op de aanvullende informatie en de bedrijfscondities die in detail zijn voorgeschreven op het UL-certificaat (deze staan bekend onder de naam **C**onditions **o**f **A**cceptability, CoA).

Opmerking

Gebruik van UL-goedgekeurde toestellen

Toestellen met een UL-goedkeuring (listed of recognized) kunnen niet zonder meer in een industriële besturingskast worden ingebouwd. Het beoogde gebruik (goedkeuring) moet bekend zijn. Een schakelaar van het type 3LD25 LISTED MAN MTR CNTR (overeenkomstig UL 508) kan bijvoorbeeld niet gebruikt worden als netscheider. Een schakelaar met het label RECOGNIZED OPEN SWITCH zou aan de andere kant wel aan deze eis voldoen. Met name de "Type Listings" vereisen bijzondere aandacht. Een geliste kunststof kabelbuis (nonmetallic conduit) is niet vanzelf gelist als waterdicht (Liquidtight), zelfs niet als hij beschermingsgraad IP65 volgens IEC heeft.

Nadere informatie is te vinden in het hoofdstuk Categorisering via de Category Code Number (CCN) (pag. 52).

Opmerking

UL-goedgekeurde toestellen moeten altijd zijn goedgekeurd door een NRTL.
Deze NRTL's zijn goedgekeurd door OSHA. NRTL's zijn alleen goedgekeurd voor specifieke producten/toepassingen. Het is daarom aan te raden om te letten op het doel waarvoor een bepaalde NRTL is goedgekeurd.

4.5.1.3 Praktisch gebruik van "Listed" en "Recognized"

Gebruik van de symbolen

In sommige categorieën kunt u kiezen of u een toestel wilt laten goedkeuren als "Listed" of als "Recognized".

Toepassingsvoorbeelden van "Recognized" componenten

Een contactor voor een speciale toepassing zonder nominale gegevens, maar met de fabrikant-id en het productnummer, kan UR-goedgekeurd zijn.
Sommige toestellen kunnen uitsluitend als component worden goedgekeurd, met "UR" dus. Bijv.:

- onvertraagde automaten (instantaneous trip circuit breakers) zie NEC 2014 430.52 (C) (3);
- aansluitklemmen volgens UL 1059;
- miniatuurautomaten volgens UL 1077;
  deze toestellen zijn alleen toegestaan als aanvullende beveiliging (zie NEC 2014, 430.72 (A)).

Voorbeeldtoepassing van UL-Listed en UL-Recognized

Wasmachine

Een wasmachine bestaat uit allerlei afzonderlijke componenten. Vaak zijn veel van deze componenten UL-recognized omdat het toepassingsgebied beperkt is of omdat de componenten alleen in combinatie met bepaalde andere componenten gebruikt kunnen worden.

Het kan dus voorkomen dat de afzonderlijke componenten voorzien zijn van een UL-recognized label, terwijl de complete wasmachine een UL-listed label heeft.

4.5.2 Categorisering via de Category Code Number (CCN)

UL kent een aantal goedkeuringen. Hiervan komen "Listing" en "Recognized" echter het meest voor.

Een productcategorie kan echter niet per se alleen aan de hand van het label worden bepaald. Daarbij komt nog dat onder veel UL-normen tal van producten vallen. Om onderscheid en classificering mogelijk te maken, heeft UL de "Category Code Number" (CCN) in het leven geroepen. Inspecteurs kunnen aan de hand van de CCN controleren of een component juist gebruikt wordt.

Een UL-classificering bestaat uit 4 letters, in sommige gevallen aangevuld met een cijfer. De 4 letters worden tamelijk willekeurig gebruikt. Het aanvullende cijfer wordt echter altijd op een consistente manier gebruikt.

In de UL-database is een lijst van alle UL-goedgekeurde producten te vinden. De database is te raadplegen via internet (http://www.ul.com/database).

De database kan met verschillende zoekcriteria doorzocht worden, bijvoorbeeld bedrijfsnaam, UL File No., CCN, adres, postcode, land, trefwoord.

Tabel 4- 2 Betekenis van het extra cijfer (op de vijfde plaats)

Geen cijfer alleen 4 letters		**Listed product voor de VS** Inspectie/acceptatie door een erkende NRTL volgens de relevante normen.
4 letters plus het cijfer 7		**Listed product voor Canada** Inspectie/acceptatie door een erkende NRTL volgens de relevante Canadese normen (deze wijken af van die in de VS).
4 letters plus het cijfer 2		**Recognized product voor de VS** Inspectie/acceptatie door een erkende NRTL volgens de relevante normen.
4 letters plus het cijfer 8		**Recognized product voor Canada** Inspectie/acceptatie door een erkende NRTL volgens de relevante Canadese normen (deze wijken af van die in de VS).

Hieronder worden enkele **CCN's** opgesomd. Dit laat zien hoe deze producten onder een bepaalde classificering kunnen worden gevonden.

Tabel 4- 3 Voorbeelden van productclassificeringen (Category Code Numbers - CCN)

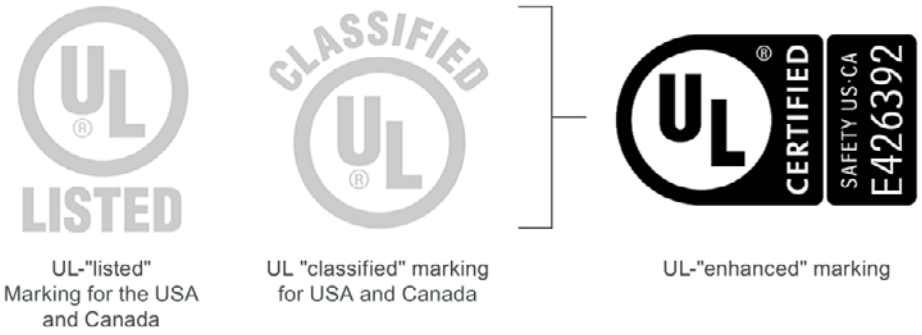
Classificering – Uittreksel	**UL-listed**	**UL-recognized**
UL Industrial Control Panels (Panel Builder Program UL 508A)	NITW	
UL Industrial Control Components (UL 508)	bijv. NLDX	bijv. NLDX 2
Automaten (Circuit breakers) (UL 489)	DIVQ	
Miniatuurautomaten (Miniature circuit breakers) (UL 489)	DIVQ	
Motorstarters (Combination starters) (UL 508A)	NKJH	----
Scheiders (Switch units)	----	WHTY2
Diverse schakalaars (Miscellaneous switches)	WPZX	----
Klemmenstroken (Terminal blocks)	----	XCFR2
Contactors (Magnetic motor controllers)	NLDX	NLDX2
Aanvullende beveiliging (Supplementary protec-tors)(UL 1077)	----	QVNU2
Hulptoestellen (overstroomrelais, contactor etc.)	NKCR	NKCR2
Classificering – Uittreksel	**c-UL-listed**	**c-UL-recognized**
UL Industrial Control Panels (Panel Builder Program UL 508A)	NITW 7	
UL Industrial Control Components (UL 508)	bijv. NLDX 7	bijv. NLDX 8
Automaten (Circuit breakers) (UL 489)	DIVQ 7	
Miniatuurautomaten (Miniature circuit breakers) (UL 489)	DIVQ 7	
Motorstarters (Combination starters) (UL 508A)	NKJH 7	----
Scheiders (Switch units)	----	WHTY 8
Diverse schakalaars (Miscellaneous switches)	WPZX 7	----
Klemmenstroken (Terminal blocks)	----	XCFR 8
Contactors (Magnetic motor controllers)	NLDX 7	NLDX 8
Aanvullende beveiliging (Supplementary protec-tors)(UL 1077)	----	QVNU 8
Hulptoestellen (overstroomrelais, contactor etc.)	NKCR 7	NKCR 8

Opmerking

Toestellen die volgens UL 508A geschikt zijn voor een industriële besturingskast, zijn opgesomd in UL 508A, Tabel SA1.1 List. De meeste laagspanningsbesturings- en verdeeltoestellen van Siemens zijn uiteraard UL-goedgekeurd. Op de Siemens support website is onder "Normen en goedkeuringen" een overzicht en een samenvatting te vinden van de UL-, CSA- en IEC-goedkeuringen met nuttige informatie. Zie het hoofdstuk Nadere informatie en ondersteuning (pag. 394).

4.5.3 Nieuwe symbolen met de UL "Enhanced Certification Marks and Badges"

In 2013 heeft UL voor toekomstig gebruik, nieuwe symbolen geïntroduceerd. De "Enhanced UL-Marks" gaan op de middellange tot lange termijn de huidige symbolen voor UL-listed en UL-classified vervangen. De huidige symbolen blijven ondertussen geldig. Fabrikanten zijn niet verplicht om deze nieuwe symbolen onmiddellijk in te voeren voor hun producten en toestellen.



Afbeelding 4-6 Toekomstige overgang van de huidige symbolen naar de UL "enhanced" symbolen (source: http://www.ul.com)

Voorbeeld van een UL "enhanced" symbool met uitleg



① E-file number voor fabrikantreferentie
② Kenmerk
③ Landcode

Afbeelding 4-7 Voorbeeld van UL enhanced symbolen

Elektrische uitrusting van industriële machines en bijbehorende industriële besturingskasten

5

5.1 Algemene informatie

Overeenkomstig de **NEC**, **NFPA 79** en **UL 508A** moeten elektrische componenten voor machines en de bijbehorende industriële besturingskasten zijn goedgekeurd en geschikt zijn voor het beoogde gebruik. Dit leidt tot tal van criteria die een rol spelen bij de keuze van de juiste componenten. Zie hoofdstuk UL-specifieke definities en aanduidingen (pag. 48).

Voorbeelden

- Is de component goedgekeurd voor het beoogde gebruik?
- Zijn er extra accessoires nodig om de component overeenkomstig de normen te gebruiken?
- Heeft de component de vereiste nominale waarden (ratings), bijv. SCCR-rating, nominale stroom?

Het is alleen mogelijk om de juiste componenten te selecteren als de basis- en omgevingscondities vooraf duidelijk zijn vastgelegd.

Bijlage B van de NFPA 79 bevat een vragenlijst waarin veel noodzakelijke of nuttige basiscondities worden bevraagd. Het is aan te raden dat de fabrikanten en de gebruiker vooraf afspraken maken en dat deze afspraken integraal onderdeel van het gunningsproces worden.

De gedetailleerde vragenlijst is gebaseerd op NFPA 79 en u vindt het in de bijlage onder Checklists (pag. 342).

Tabel 5- 1 Vragenlijst (uittreksel)

VRAGENLIJST VOOR DE ELEKTRISCHE UITRUSTING VAN MACHINES				
Naam van de fabrikant/leverancier				
Naam van de eindgebruiker				
Uitvraag-/opdrachtnummer			**Datum**	
Type machine/serienummer				
1.	Zijn er modificaties nodig zoals toegestaan in de norm?	☐ Ja ☐ Nee		
Bedrijfscondities – speciale eisen (zie par. 4.4)				
2.	Bereik omgevingstemperatuur			
3.	Bereik luchtvochtigheid			
4.	Hoogte			
5.	Omgeving (bijv. agressieve atmosfeer, stofdeeltjes, EMC)			

Bron: NFPA 79, Bijlage B

5.1.1 Afstand van lucht- en kruipwegen

De **NEC**, **NFPA 79** en **UL 508A** maken in het algemeen onderscheid tussen de volgende twee circuits in een hoofdstroomketen:

- Feeder circuit
- Branch circuit

Opmerking

In stuurstroomketens worden een feeder circuit en een branch circuit onderscheiden.

Definities

Definitie volgens de NEC en NFPA 79

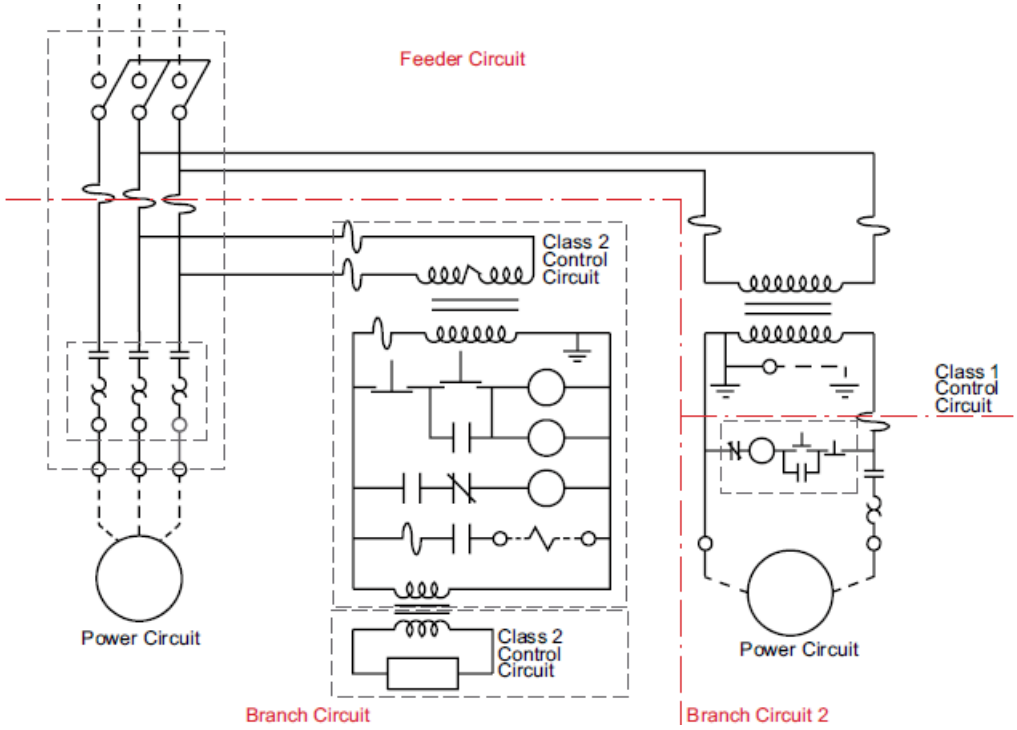
- Feeder circuit: alle geleiders tussen de voedingsingang en het kortsluitstroombeveiligingstoestel van het branch circuit.
- Branch circuit: de geleiders tussen het kortsluitstroombeveiligingstoestel van het branch circuit en de uitgangen.

Definitie volgens UL 508A

- Feeder circuit: de geleiders en de bekabeling aan de ingangszijde van het kortsluitstroombeveiligingstoestel van het branch circuit.
- Branch circuit: de geleiders en componenten achter het laatste kortsluitstroombeveiligingstoestel van het branch circuit dat een belasting beschermt.

De grens tussen het feeder circuit en het branch circuit is eenvoudiger te definiëren als men het van de andere kant benadert.

- Feeder circuit: gezien vanuit de belasting, alle producten vanaf het eerste kortsluitstroombeveiligingstoestel van het branch circuit.
- Branch circuit: gezien vanuit de belasting, alle producten tot aan het eerste kortsluitstroombeveiligingstoestel van het branch circuit.



Afbeelding 5-1 Illustratie feeder circuit – branch circuit

Bron: UL 508A, Fig. 6.2/3

De exacte grens is de ingangsklem van het kortsluitstroombeveiligingstoestel van het branch circuit. De ingangsklem zelf behoort tot het feeder circuit. Alle geleiders en componenten onder de ingangsklem behoren tot het branch circuit.

Minimumafstand van lucht- en kruipwegen

a) Minimumafstanden voor feeder circuits

De minimumafstand van lucht- en kruipwegen tussen de fasen in feeder circuits is voorgeschreven in de NEC, tabel 430.97 en UL 508A, tabel 10.2. De afstanden zoals beschreven in de NEC, tabel 430.97 komen overeen met die in UL 508A, tabel 10.2.

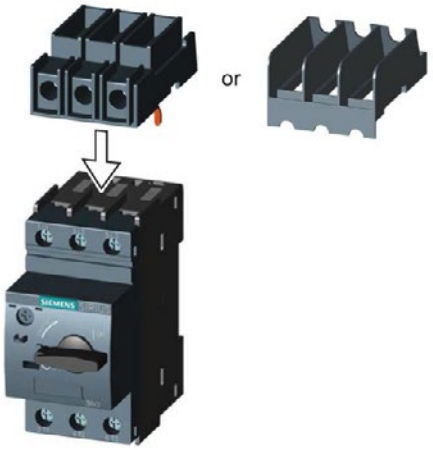
In NFPA 79 wordt weliswaar geen minimumafstand van lucht- en kruipwegen beschreven, maar aangezien elektrische installaties altijd moeten voldoen aan de NEC, geldt de eis ook voor het toepassingsgebied van NFPA 79.

Tabel 5- 2 Uittreksel uit UL 508A, tabel 10.2: Feeder circuits

	125 V of minder		126 - 250 V		251 - 600 V	
	inch	mm	inch	mm	inch	mm
Door de lucht	1/2	12,7	3/4	19,1	1	25,4
Over oppervlak	3/4	19,1	1-1/4	31,8	2	50,8
Tussen spanningvoerende delen en de kast	1/2	12,7	1/2	12,7	1 *1/2	25,4

*) Voor details en uitzonderingen, zie UL 508A, tabel 10.2

In sommige apparaten moet de noodzakelijke afstand door de lucht of over oppervlak voor het feeder circuit worden gerealiseerd met een geschikt extra accessoire. Voorbeeld: manual self-protected combination motor controller in bepaalde afmetingen op basis van UL 508 type E, die overeenkomstig UL 508A gebruikt mogen worden als kortsluitstroombeveiligingstoestel voor motoren, moeten aan de ingangszijde worden voorzien van extra ingangsklemmen of barrières tussen de fasen.



Afbeelding 5-2 Voorbeeld van een "manual self-protected combination motor controller" overeenkomstig UL 508 type E

Andere toestellen, zoals automaten overeenkomstig UL 489, voldoen, afhankelijk van het ontwerp, al direct aan de minimumafstanden door de lucht of over oppervlak.

Opmerking

Volgens UL 508A, sectie 10.8, gelden de minimumafstanden door de lucht of over oppervlak voor branch circuits in tabel 10.1, voor alle zekeringhouders, ongeacht of deze deel uitmaken van een feeder circuit of een branch circuit.

b) Minimumafstanden voor branch circuits

De minimumafstanden voor branch circuits zijn vastgelegd in UL 508A, tabel 10.1 . In de NEC is geen minimumafstand vastgelegd voor branch circuits.

Tabel 5- 3 Uittreksel uit UL 508A, tabel 10.1: Branch circuits

	51 - 150 V		151 - 300 V		301 - 600 V	
	inch	mm	inch	mm	inch	mm
Door de lucht	1/8	3,2	1/4	6,4	3/8	9,5
Over oppervlak	1/4	6,4	3/8	9,5	1/2	12,7
Tussen spanningvoerende delen en de kast	1/2	12,7	1/2	12,7	1/2	12,7

Voor details en uitzonderingen, zie UL 508A, tabel 10.1

Alle goedgekeurde componenten (bijv. industriële regelapparatuur, klemmenblokken) voldoen, afhankelijk van het ontwerp, aan de vereiste afstanden door de lucht en over oppervlak voor branch circuits.

5.1.2 Kunststof materialen

Goedkeuringen

Volgens de NEC, UL 508A en NFPA 79, moeten alle gebruikte kunststof materialen (zoals isolatiemateriaal, kabelgoten en barrières) altijd bepaalde technische kenmerken hebben (bijv. brandwerendheid).

Voor kunststof componenten of componenten die kunststof bevatten en die zijn goedgekeurd voor een bepaalde toepassing (bijv. Machine Tool Wire overeenkomstig UL 1063 of kabelgoten overeenkomstig UL 870) moet, met behulp van de beschikbare goedkeuring, worden aangetoond dat ze aan de eisen voor het beoogde gebruik voldoen.

Voor kunststoffen die niet voor een bepaalde toepassing zijn goedgekeurd, moet op een andere wijze worden aangetoond dat ze de vereiste technische kenmerken hebben. Een voorbeeld hiervan is een zelfgebouwde kunststof afdekking van spanningvoerende componenten (bijv. busbars).

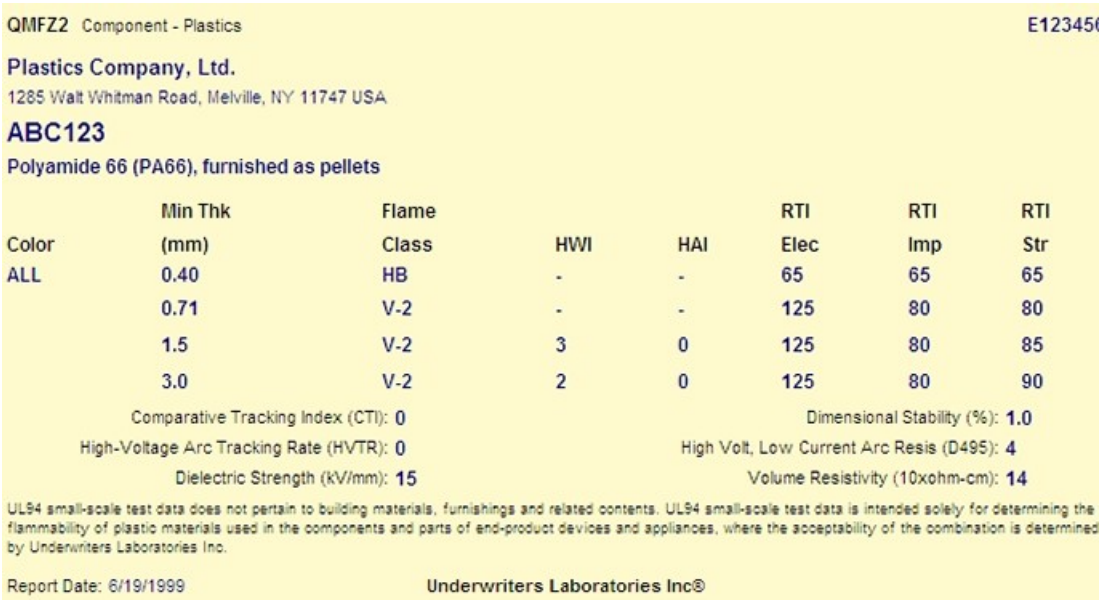
Dit kan onder andere worden aangetoond met de "Plastic Recognition Yellow Card".

Plastic Recognition Yellow Card

UL geeft voor iedere geïnspecteerde en goedgekeurde kunststof een "Plastic Recognition Yellow Card" af. Hierop staan het "Category Control Number" en het "UL File Number" en de geteste technische kenmerken. Bijv.:

- Flame class (volgens UL 94)
- HWI (hot-wire ignition, ontvlambaarheid door hete draad)
- HAI (high amp arc ignition, ontvlambaarheid door vlamboog)
- RTI (relative temperature index, relatieve temperatuurindex)

U vindt meer informatie op de website van UL onder Plastics and components (http://www.ul.com/plastics).



QMFZ2 Component - Plastics E12345(

Plastics Company, Ltd.

1285 Walt Whitman Road, Melville, NY 11747 USA

ABC123

Polyamide 66 (PA66), furnished as pellets

Color	Min Thk (mm)	Flame Class	HWI	HAI	RTI Elec	RTI Imp	RTI Str
ALL	0.40	HB	-	-	65	65	65
	0.71	V-2	-	-	125	80	80
	1.5	V-2	3	0	125	80	85
	3.0	V-2	2	0	125	80	90

Comparative Tracking Index (CTI): 0 — Dimensional Stability (%): 1.0

High-Voltage Arc Tracking Rate (HVTR): 0 — High Volt, Low Current Arc Resis (D495): 4

Dielectric Strength (kV/mm): 15 — Volume Resistivity (10xohm-cm): 14

UL94 small-scale test data does not pertain to building materials, furnishings and related contents. UL94 small-scale test data is intended solely for determining the flammability of plastic materials used in the components and parts of end-product devices and appliances, where the acceptability of the combination is determined by Underwriters Laboratories Inc.

Report Date: 6/19/1999 **Underwriters Laboratories Inc®**

Afbeelding 5-3 Voorbeeld Plastic Recognition Yellow Card

Bron: UL - Plastic Recognition Yellow Card (http://www.ul.com/global/eng/pages/offerings/industries/chemicals/plastics/card/)

Isolerende barrières en isolatiemateriaal

UL 508A geeft informatie over materialen en minimumafmetingen voor het geval er een "isolerende barrière" of "isolatiemateriaal" vereist is.

Isolerende barrières, UL 508A, sectie 12

Isolerende barrières worden ander andere toegepast om de afstand door de lucht of over oppervlak tussen de fasen te vergroten. Zie hoofdstuk Afstand van lucht- en kruipwegen (pag. 56).

Het isolatiemateriaal moet aan de volgende eisen voldoen.

- Het isolatiemateriaal moet ofwel zijn vermeld in de tabel "Algemene materialen voor barrières" hieronder, ofwel voldoen aan een van de volgende eisen:
  - Isolatiemantel volgens UL 1441
  - Isolerende pijp volgens UL 224
  - Minimaal twee gewikkelde lagen van isolatietape volgens UL 510
- De nominale waarden van het isolatiemateriaal zijn geschikt voor direct contact met de desbetreffende spanningvoerende delen.
- Het isolatiemateriaal wordt alleen gebruikt voor isolatie en niet als dragend onderdeel van het ontwerp.

Uitzondering: materialen die niet aan de vermelde eisen voldoen, moeten worden onderzocht als isolerende barrière overeenkomstig UL 508 (Industrial Control Equipment).

Tabel 5- 4 Algemene materialen voor barrières

Algemeen materiaal	Minimumdikte	
	inch	(mm)
Aramidepapier	0,010	(0,25)
Elektropapier	0,028	(0,71)
Epoxyhars	0,028	(0,71)
Mica	0,006	(0,15)
Mylar (PETP)	0,007	(0,18)
RTV	0,028	(0,71)
Siliconen rubber	0,028	(0,71)
Gevulkaniseerde vezel	0,028	(0,71)

Bron: UL 508A, Tabel 12.1

Isolatiemateriaal, UL 508A, sectie 13

In veel toepassingen is het soms nodig om blootliggende, ongeïsoleerde, spanningvoerende delen mechanisch te ondersteunen. Dit geldt bijvoorbeeld voor afstandsbussen of isolerende dragers voor busbars of klemmenstroken.

De hiervoor gebruikte materialen moeten zijn vermeld in onderstaande tabel "Algemene materialen voor directe ondersteuning".

Uitzondering: materialen die niet aan de vermelde eisen voldoen, moeten worden onderzocht als isolatiemateriaal overeenkomstig UL 508 (Industrial Control Equipment)

In het geval van dergelijke zelfgebouwde structuurdelen, moet nog steeds worden voldaan aan de minimumafstanden door de lucht en over oppervlak zoals vastgelegd in het hoofdstuk Afstanden door de lucht en over oppervlak (pag. 56).

Tabel 5- 5 Algemene materialen voor directe ondersteuning van ongeïsoleerde spanningvoerende delen

Algemeen materiaal	Minimumdikte	
	inch	(mm)
Diallylftalaat	0,028	(0,71)
Epoxyhars	0,028	(0,71)
Melamine	0,028	(0,71)
Melamine-fenolisch	0,028	(0,71)
Fenolisch	0,028	(0,71)
Ongevuld nylon	0,028	(0,71)
Ongevuld polycarbonaat	0,028	(0,71)
Ureumformaldehyde	0,028	(0,71)
Keramiek, porselein en lei	geen grenswaarde	geen grenswaarde
Berylliumoxide	geen grenswaarde	geen grenswaarde

Bron: UL 508A, Tabel 13.1

5.2 Bedrijfs- en omgevingscondities

5.2.1 Algemene informatie

De bedrijfs- en omgevingscondities zijn cruciaal bij het plannen en configureren van industriële besturingskasten en de elektrische uitrusting van industriële machines.

Bedrijfs- en omgevingscondities hebben een sterke invloed op de uitvoering en configuratie.

- Welke normen zijn van toepassing?
- Welke netspanningsconfiguratie is er beschikbaar?
- Hoe hoog is de maximale kortsluitstroom aan de ingangszijde (SCCR-waarde)?
- Welk type behuizingen zijn toegestaan?
- etc.

Bedrijfscondities

De bedrijfscondities (bijv. de vereiste nominale kortsluitstroom (SCCR-rating), netspanningsconfiguratie, nominale stroom, etc.) zijn uitgebreid geregeld en beschreven in de NEC en in NFPA 79 en UL 508A.

omgevingscondities

In de NEC en in NFPA 79 en UL 508A. zijn op verschillende niveaus specificaties te vinden voor de omgevingscondities. Omgevingscondities worden gedetailleerd beschreven in NFPA 79, hoofdstuk 4. UL 508A daarentegen beschrijft alleen de spanning en de maximale omgevingstemperatuur van 40 °C. De NEC definieert geen omgevingscondities.

Omgevingen zonder explosiegevaar (non-hazardous locations)

UL 508A en NFPA 79 zijn normen voor omgevingen zonder explosiegevaar en betreffen het laagspanningsgebied tot 600 V.

Omgevingen met explosiegevaar (hazardous locations)

Industriële besturingskasten en machines voor omgevingen met explosiegevaar worden beschreven in de NEC, artikel 500 e.v. en artikel 505 e.v. en in UL 698A met aanvullende eisen.

Toepasselijkheid van de gespecificeerde omgevings- en bedrijfscondities

Tenzij anders overeengekomen tussen de fabrikant en de gebruiker van de machine zijn de condities uit NFPA 79, hoofdstuk 4 van toepassing.

Met behulp van de vragenlijst in de bijlage (zie Checklists (pag. 342)) kunnen gebruikers de omgevingscondities vastleggen die op de toekomstige bedrijfslocatie heersen.

Hieronder vindt u enige voorbeelden van NFPA 79, hoofdstuk 4.

- **AC-spanning voor verdelers en DC-spanning voor power-voedingen/transformators:**

  Continue bedrijfsspanning: 0,9 tot 1,1 maal de nominale spanning

- **Frequentie:**
  - 0,99 tot 1,01 maal de continue nominale frequentie
  - 0,98 tot 1,02 kortstondig
- **Elektromagnetische compatibiliteit (EMC):**
  - Hier dient u rekening mee te houden in het geval van verstoringen.
  - Mogelijke maatregelen uit NFPA 79, hoofdstuk A.4.4.2 (ter informatie): filteren, afschermen, RF-onderdrukkingstechnieken, etc.
- **Omgevingstemperatuur:** tijdens bedrijf: +5 tot +40 °C
- **Luchtvochtigheid:** tijdens bedrijf max. 50% bij 40 °C (max. 90% bij 20 °C)
- **Hoogte:** tot 1.000 m boven zeeniveau
- **Transport en opslag:** -25 °C tot +55 °C, kortstondig, max. 24 uur, tot 70 °C

5.2.2 Netspanningsconfiguratie

In de industrie in de VS komen verschillende netspanningsconfiguraties voor. Hier dient u op te letten bij het selecteren van kortsluitbeveiligingsapparatuur. De netspanningsconfiguraties in de VS zijn beschreven in ANSI C 84.1.

Voor kastenbouwers en machinebouwers is niet alleen de nominale spanning een belangrijk uitgangspunt, maar ook de specificatie van het netspanningssysteem. In de desbetreffende Amerikaanse normen, NEC, NFPA 79 en UL 508A, wordt een geaard driefase-sternetwerk aangeduid met "slash rating".

Voor netspanningssystemen anders dan een geaard driefase-sternetwerk bestaat er in de normen geen officiële overkoepelende naam. Deze netspanningssystemen worden in het normale spraakgebruik vaak aangeduid met "straight rating".

Het netspanningssysteem waarvoor de machine of de besturingskast bedoeld is, moet vooraf worden overeengekomen tussen de kastenbouwer/machinebouwer en de gebruiker.

Opmerking

De toegepaste kortsluitstroombeveiligingstoestellen moeten worden goedgekeurd voor de beschikbare netvorm (slash rating of straight rating).

Slash rating

Met slash rating wordt een stevig geaard sternetwerk aangeduid. In een dergelijk netsysteem komen twee spanningen voor:

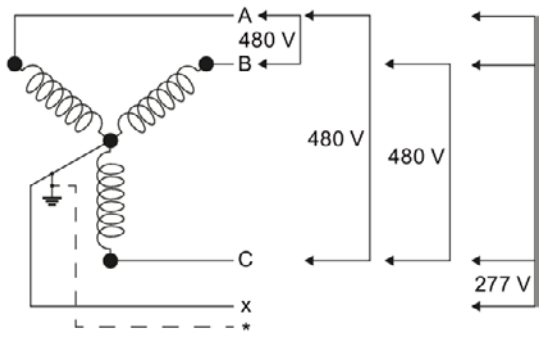
- "fase-fase"
- "fase-aarde"

In het geval van een slash rating worden beide spanningen vermeld. Bijvoorbeeld:

- 208Y/120V
- 240Y/131V
- 480Y/277V
- 600Y/347V

De term slash rating verwijst naar de schuine streep (slash) in de aanduiding.

Het meestgebruikte industriële netspanningssysteem in de VS is het 480Y/277V systeem.



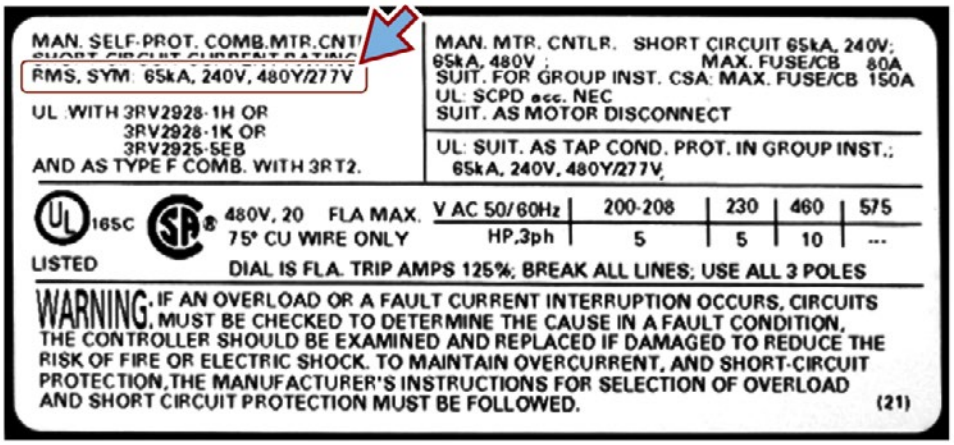
Afbeelding 5-4 Geaard sternetwerk 480Y/277V

In het geval van een slash rating wordt de eerste eenpolige kortsluiting bij de fase-aarde-spanning (bijv. 277 V bij een 480Y/277V systeem) geschakeld. Dat betekent dat de kortsluitstroombeveiligingstoestellen goedgekeurd moeten zijn voor **ten minste** de fase-aardespanning.

Voorbeeld

Goedgekeurde toestellen voor een 480Y/277V netsysteem zijn toestellen met de volgende aanduiding:

- 480Y/277V
- 480 V
- 600Y/347V
- 600 V



Afbeelding 5-5 Voorbeeld typeplaat van een motorbeveiligingsschakelaar goedgekeurd voor 65 kA bij 240 V en 480Y/277V

Straight rating

Met straight rating worden netsystemen aangeduid die geen geaard driefase-sternetwerk zijn.

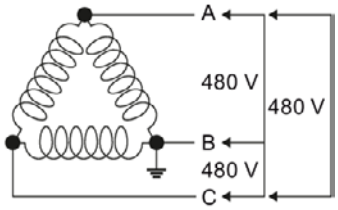
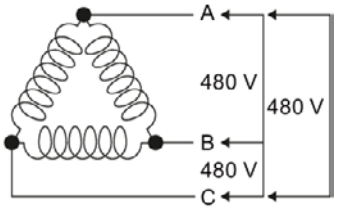
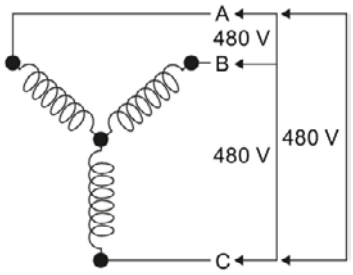
In dergelijke systemen is er sprake van slechts één spanning. Dit is de fase-fasespanning. Indien aanwezig is de fase-aardespanning gelijk hieraan.

Dergelijke netsystemen zijn onder andere:

- driehoeksystemen, geaard of ongeaard
- ongeaarde sternetwerken

Voor een straight rating wordt dan ook slechts één spanning aangegeven. Bijvoorbeeld:

- 240 V
- 480 V
- 600 V

Aan één hoek geaarde driehoek 480 V 3 fasen, 3 draden	Ongeaarde driehoek 480 V 3 fasen, 3 draden	Ongeaarde ster 480 V 3 fasen, 3 draden
		

Driehoeksysteem, geaard en ongeaard 480 V, ongeaard stersysteem 480 V

Bij een straight rating wordt de kortsluitstroom geschakeld bij de volledige spanning (bijv. 480 V of 600 V). Dat betekent dat de kortsluitstroombeveiligingstoestellen goedgekeurd moeten zijn voor ten minste deze spanning.

Voorbeeld

Goedgekeurde toestellen voor een 480 V netsysteem zijn toestellen met de volgende aanduiding:

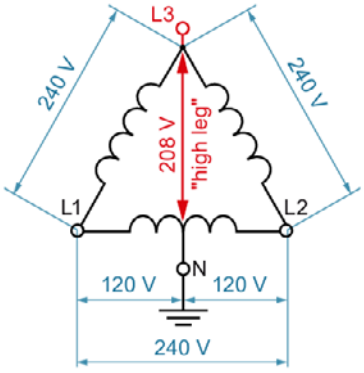
- 480 V
- 600 V

Opmerking

Toestellen met de aanduiding 480Y/277V of 600Y/347V zijn hiervoor niet goedgekeurd.

Andere netspanningsconfiguraties

De "driehoekschakeling met middenaarde" komt minder vaak voor.



Afbeelding 5-6 Driehoekschakeling met middenaarde 240 V

Bij dit systeem bevindt de aarde zich tussen de fasen. De kortsluitstroom wordt dan geschakeld bij de "high leg"-spanning. Deze is 208 V bij een driehoeksschakeling met middenaarde van 240 V. Dit betekent dat de gebruikte kortsluitstroombeveiligingstoestellen een kortsluitstroom moeten kunnen onderbreken bij een spanning van 208 V.

Voorbeeld

Goedgekeurde toestellen voor een 240 V driehoeksysteem met middenaarde zijn toestellen met de volgende aanduiding:

- 240 V
- 480Y/277V
- 480 V
- 600Y/347V
- 600 V

Kortom: de netspanningsconfiguratie heeft ontegenzeggelijk een zeer grote invloed op het ontwerp van de installatie en op de benodigde ruimte in de besturingskast en daardoor ook op de kosten. Toestellen die zijn goedgekeurd voor een straight rating, zijn vaak groter en duurder dan toestellen die alleen voor een slash rating zijn goedgekeurd.

Smeltveiligheden overeenkomstig UL 248-4…12, -15 zijn zowel voor straight ratings als voor slash ratings goedgekeurd. De toepasselijke goedgekeurde rating moet worden aangehouden voor industriële besturingsapparatuur.

5.3 Inkomende voeding en netscheiders

5.3.1 Inkomende voedingsleiding en voedingsklemmen

In de toepasselijke normen (UL 508A, NFPA 79 en NEC) wordt de aansluiting tussen de binnenkomende voedingsbron(nen) en de voedingsklemmen op een zeer verschillende manier beschreven. UL 508A en de NEC geven weinig informatie over dit onderwerp, maar NFPA 79 gaat er uitgebreider op in.

UL 508A vermeldt alleen maar dat er een netscheider (disconnecting means) moet worden aangebracht voor elke inkomende voedingsleiding. De sectie "specific use" (deel 2), hoofdstuk 66.6.1 vermeldt ook de restrictie dat er zich aan de ingangszijde van de netscheider geen andere componenten mogen bevinden dan de aansluitklemmen.

NFPA 79 daarentegen behandelt het onderwerp zeer gedetailleerd in hoofdstuk 5.1 en 5.2.

Eisen in NFPA 79

- De elektrische uitrusting van een machine moet, indien mogelijk, slechts aan één netspanning worden aangesloten.
- Als er voor bepaalde delen van de uitrusting (bijv. elektronische schakelingen, elektromagnetische koppelingen) een andere voeding nodig is, dan moet die voor zover mogelijk worden afgeleid van toestellen (bijv. transformators, omzetters) die deel uitmaken van de uitrusting van de machine.
- De inkomende voedingsleidingen moeten indien mogelijk rechtstreeks aan de netscheiders worden aangesloten. Aansluiting aan klemmen vóór de netscheider is alleen toegestaan voor uitgezonderde circuits (verlichting, onderhoud, etc.) of om een andere inkomende voedingsleiding aan te sluiten.

  Opmerking

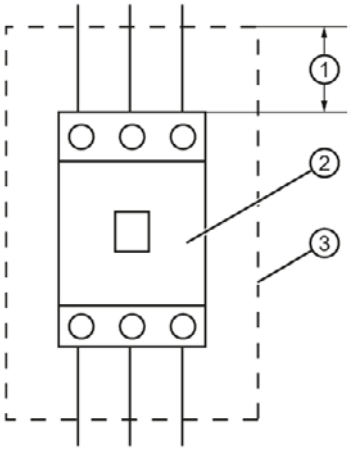
  De minimumafstand van lucht- en kruipwegen moet worden aangehouden, want er is hier sprake van een feeder circuit.

- Klemmen die geschikt zijn voor meer dan één draad, moeten als zodanig zijn gekenmerkt.
- Geaarde leidingen moeten worden gemarkeerd en worden aangesloten op een aparte klem.
- De klemmen voor alle inkomende voedingsleidingen moeten duidelijk gekenmerkt zijn, overeenkomstig de aanduidingen in de technische documentatie.
- De beschikbare ruimte om de draden te buigen tussen de voedingsklemmen en de wand van de kast, moeten worden aangehouden overeenkomstig de NEC, tabel 430.10(B).

Tabel 5- 6 Ruimte om de draden te buigen

Draaddikte (AWG of kcmil)	Draden per klem			
	1		2	
	mm	inch	mm	inch
14 … 10	niet aangegeven		–	–
8 … 6	38	1 1/2	–	–
4 … 3	50	2	–	–
2	65	2 1/2	–	–
1	75	3	–	–

Uittreksel uit de NEC, tabel 430.10 (B) "Minimum Wire-Bending Space at the Terminals of Enclosed Motor Controllers"



① Ruimte om draden te buigen volgens de NEC, tabel 430.10 (B)
② Hoofdnetscheiders
③ Behuizing industriële besturingskast

Afbeelding 5- 7 Ruimte om de draden te buigen

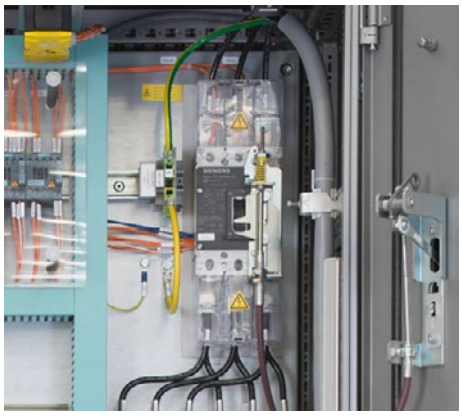
- Elke set inkomende voedingsleidingen aan de netzijde van de netscheider moet gescheiden worden van alle andere interne leidingen, ook van de leidingen van andere hoofdstroomketens.

  Hiervoor moet een van de volgende maatregelen worden genomen:

  – monteer de netscheider zo dicht mogelijk bij de bovenkant van de kast;
  – scheidt met behulp van barrières.

- Alle spanningvoerende delen aan de netzijde van de hoofdnetscheider moeten worden afgeschermd tegen onbedoelde rechtstreekse aanraking (dat wil zeggen, het moet veilig zijn ze aan te raken) als de netscheider in de "Uit"-stand staat en de deur van de kast open staat.
- Voor iedere inkomende voedingsleiding moet een aardklem beschikbaar zijn.

Voorbeeldfoto toont hoe de inkomende voedingsleiding aan de netscheider kan worden aangesloten:



Afbeelding 5-8 Aansluiting van de voedingsleiding op de netscheider

5.3.2 Lastscheider

Volgens NFPA 79, hoofdstuk 5.3 en UL 508A, hoofdstuk 30.3, moet ieder inkomende hoofdstroomketen voorzien worden van een eigen netscheider.

De netscheider schakelt alle elektrische circuits uit, ook de stuurstroomketens. In het hoofdstuk "Uitgezonderde circuits (pag. 78)" staat beschreven voor welke circuits dit niet verplicht is.

Voorwaarden

De netscheider voor de inkomende voedingsleidingen moet buiten de kast te bedienen zijn.

- Als ze in verticale richting worden bediend, dan moet de "omhoog"-stand van de hendel overeenkomen met de 'Aan'-stand. (UL 508A, hoofdstuk 30.4.1)
- De "Aan" en "Uit" stand moet duidelijk zijn aangegeven. (UL 508A, hoofdstuk 30.4.2 en NFPA 79, hoofdstuk 5.3.3.1 (7))
- Als er twee of meer netscheiders zijn, dan moeten ze indien mogelijk in een groep bij elkaar worden geplaatst. (UL 508A, hoofdstuk 30.3.5 en NFPA 79, hoofdstuk 5.3.1.5)
- Het moet mogelijk zijn de hendel te vergrendelen in de "Uit"-stand. (UL 508A, hoofdstuk 30.4.3 en NFPA 79, hoofdstuk 5.3.3.1 (3))
- Het bedienmechanisme (de hendel) moet gemakkelijk toegankelijk (en bedienbaar) zijn, ongeacht of de deur open of dicht is. (UL 508A, hoofdstuk 66.6.3 (a) en NFPA 79, hoofdstuk 5.3.4.2 (1))
- De netscheider moet te bedienen en te vergrendelen zijn, ongeacht de stand van de deur. (UL 508A, hoofdstuk 66.6.3 (c), (d), NFPA 79, hoofdstuk 5.3.3.1 (3) en 5.3.4.2 (3))

Uitzondering

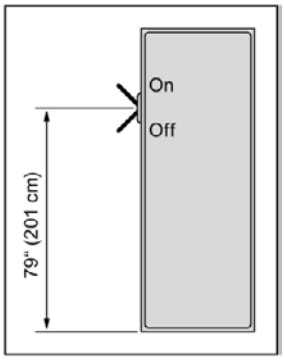
De netscheider hoeft geen externe hendel te hebben, als een andere functie, bijvoorbeeld een gemotoriseerd bedienmechanisme voor installatieautomaten, de netscheider bedient.

Plaatsingsvoorwaarden

Volgens UL 508A, hoofdstuk 60.1 mag de netscheider in de industriële besturingskast worden geplaatst, maar het is ook toegestaan om op de kast aan te geven dat de netscheider door de installateur moet worden verzorgd.

In NFPA 79, hoofdstuk 5.3.1.3 staat dat de netscheider voor de inkomende voedingsleiding in de kast of er direct bij in de buurt wordt geplaatst. Stekerverbindingen zijn hierbij niet toegestaan. Als het totale uitgangsvermogen van de machine niet groter is dan 2 hp (1,47 kW), dan mag de netscheider tot 6 m van de kast worden geplaatst. De hoofdnetscheider moet in het blikveld van de operator worden geplaatst en gemakkelijk toegankelijk zijn.

Volgens UL 508A is de maximale hoogte 201 cm (79") en volgens NFPA 79 200 cm (6 ft 7").



Afbeelding 5-9 Plaatsingshoogte van hoofdnetscheider

5.3.2.1 Toestellen

Volgens UL 508A, hoofdstuk 30.1 en NFPA 79, hoofdstuk 5.3.2, mogen de volgende toestellen gebruikt worden als netscheider voor de hoofdstroomketen:

- installatieautomaten in gegoten behuizing overeenkomstig UL 489
- schakelaars in gegoten behuizing overeenkomstig UL 489

  (zonder zekeringfunctie)
- handmatige motorschakelaars overeenkomstig UL 508 (type E)

  (uitsluitend als er niet meer dan 1 motor wordt bediend)
- netscheiders overeenkomstig UL 98
- netscheiders overeenkomstig UL 977
- vermogensinstallatieautomaten overeenkomstig UL 1066

UL 508A erkent ook "Pull out switches" overeenkomstig UL 1429; deze zijn in Europa echter niet gangbaar.

NFPA 79 staat ook stekerverbindingen toe voor voedingskabels met de passende goedkeuring en verbreekkenmerken.

5.3.2.2 Dimensionering

In NFPA 79, hoofdstuk 5.3.3.1 wordt er voor de dimensioneringsvoorschriften geen onderscheid gemaakt tussen netscheiders. In UL 508A, hoofdstuk 30.2.2 wordt wel onderscheid gemaakt tussen de typen.

Dimensionering volgens NFPA 79

Volgens NFPA 79 moet de dimensionering van de netscheider voldoen aan de volgende regels.

1. De netscheider moet een stroom kunnen schakelen van minimaal 115% van alle nominale stromen voor alle belastingen tezamen.
2. Als de nominale waarde in hp beschikbaar is voor de netscheider moet deze minstens gelijk zijn aan:
   - de som van de "locked rotor current"-waarden overeenkomstig NFPA 70 (NEC), tabel 430.251 (B), voor alle motoren die gelijktijdig gestart kunnen worden,
   - plus de nominale stroom voor de overige motoren en niet-motorbelastingen die op datzelfde moment gebruikt kunnen worden.
3. De nominale spanning moet minstens zo hoog zijn als de netspanning.

Dimensionering volgens UL 508A

Volgens **UL 508A** hangen de regels af van het type netscheider dat wordt gebruikt.

a) Installatieautomaten volgens UL 489 (inverse time circuit breakers)

Dimensionering

Standaardinstallatieautomaten mogen belast worden met maximaal 80% van hun nominale stroom. Een 125 A installatieautomaat mag dus bijvoorbeeld alleen ingezet worden voor een nominale belasting tot 100 A.

Uitzondering

Installatieautomaten goedgekeurd om continu voor 100% van de nominale stroom te worden belast. Dit moet echter wel op de automaat zelf en op het UL-certificaat van de automaat zijn vermeld.

b) Schakelaars in gegoten behuizing overeenkomstig UL 489 (molded case switches)

Dimensionering

I) Een of meer niet-motorbelastingen
- 100 % voor schakelaars zonder ingebouwde smeltveiligheid
- 80 % voor schakelaars met ingebouwde smeltveiligheid

II) Een enkele motorbelasting
- Nominale hp niet minder dan die van de motor
- Minstens 115% van de nominale motorstroom onder volle belasting overeenkomstig tabel 6-1, motorstroom onder volledige belasting in ampère in overeenstemming met de verschillende nominale AC-hp-waarden (pag. 99)
- Minstens de nominale ingangsstroom van een frequentieomvormer

III) Voor een of meer motoren en een willekeurig aantal andere belastingen (motorisch of niet-motorisch)
- Minstens 115% van de nominale stroom van alle motoren onder volle belasting overeenkomstig tabel 6-1, motorstroom onder volledige belasting in ampère in overeenstemming met de verschillende nominale AC-hp-waarden (pag. 99)
- Nominale ingangsstroom van een frequentieomvormer plus de nominale stroom van alle andere niet-motorbelastingen
- De toegestane LRC (locked rotor current) van de schakelaar mag niet minder zijn dan de som van de locked rotor current van alle motoren samen plus de nominale stroom van alle andere belastingen.
  - Voor eenfasige motoren: LRC = 6 x stroom onder volle belasting overeenkomstig tabel 6-1, motorstroom onder volledige belasting in ampère in overeenstemming met de verschillende nominale AC-hp-waarden (pag. 99)
  - Voor driefasige motoren is de LRC van toepassing overeenkomstig UL 508A, tabel 50.3

c) Type E handmatige motorschakelaar

Volgens UL 508A mag een manual self-protected combination motor controller worden gebruikt als netscheider als er slechts een motor wordt bediend via de desbetreffende besturingskast (inclusief de bijbehorende stuurstroomketens).

Dimensionering

Een type E handmatige motorschakelaar mag worden gedimensioneerd voor 100 % van de stroom onder volle belasting overeenkomstig tabel 6-1, motorstroom onder volledige belasting in ampère in overeenstemming met de verschillende nominale AC-hp-waarden (pag. 99)

d) Netscheiders overeenkomstig UL 98

(disconnect switch of switch unit)

Dimensionering

I) Een of meer niet-motorbelastingen
   - 100 % voor schakelaars zonder ingebouwde smeltveiligheid
   - 80 % voor schakelaars met ingebouwde smeltveiligheid

II) Een enkele motorbelasting
   - Nominale hp niet minder dan die van de motor
   - Minstens 115% van de nominale motorstroom onder volle belasting overeenkomstig tabel 6-1, motorstroom onder volledige belasting in ampère in overeenstemming met de verschillende nominale AC-hp-waarden (pag. 99)
   - Minstens de nominale ingangsstroom van een frequentieomvormer

III) Voor een of meer motoren en een willekeurig aantal andere belastingen (motorisch of niet-motorisch)
   - Minstens 115% van de nominale stroom van alle motoren onder volle belasting overeenkomstig tabel 6-1, motorstroom onder volledige belasting in ampère in overeenstemming met de verschillende nominale AC-hp-waarden (pag. 99)
   - Nominale ingangsstroom van een frequentieomvormer plus de nominale stroom van alle andere niet-motorbelastingen
   - De toegestane LRC (locked rotor current) van de schakelaar mag niet minder zijn dan de som van de locked rotor current van alle motoren samen plus de nominale stroom van alle andere belastingen.
     – Voor eenfasige motoren: LRC = 6 x stroom onder volle belasting overeenkomstig tabel 6-1, motorstroom onder volledige belasting in ampère in overeenstemming met de verschillende nominale AC-hp-waarden (pag. 99)
     – Voor driefasige motoren is de LRC van toepassing overeenkomstig UL 508A, tabel 50.3

e) Netscheiders overeenkomstig UL 977

Voor stromen van meer dan 600 A

Dimensionering

I) Een of meer niet-motorbelastingen
- 100 % voor schakelaars zonder ingebouwde smeltveiligheid
- 80 % voor schakelaars met ingebouwde smeltveiligheid

II) Een enkele motorbelasting
- Nominale hp niet minder dan die van de motor
- Minstens 115% van de nominale motorstroom onder volle belasting overeenkomstig tabel 6-1, motorstroom onder volledige belasting in ampère in overeenstemming met de verschillende nominale AC-hp-waarden (pag. 99)
- Minstens de nominale ingangsstroom van een frequentieomvormer

III) Voor een of meer motoren en een willekeurig aantal andere belastingen (motorisch of niet-motorisch)
- Minstens 115% van de nominale stroom van alle motoren onder volle belasting overeenkomstig tabel 6-1, motorstroom onder volledige belasting in ampère in overeenstemming met de verschillende nominale AC-hp-waarden (pag. 99)
- Nominale ingangsstroom van een frequentieomvormer plus de nominale stroom van alle andere niet-motorbelastingen
- De toegestane LRC (locked rotor current) van de schakelaar mag niet minder zijn dan de som van de locked rotor current van alle motoren samen plus de nominale stroom van alle andere belastingen.
  - Voor eenfasige motoren: LRC = 6 x stroom onder volle belasting overeenkomstig tabel 6-1, motorstroom onder volledige belasting in ampère in overeenstemming met de verschillende nominale AC-hp-waarden (pag. 99)
  - Voor driefasige motoren is de LRC van toepassing overeenkomstig UL 508A, tabel 50.3

f) Vermogensinstallatieautomaten overeenkomstig UL 1066

Dimensionering

I) Een of meer niet-motorbelastingen
- 100 % voor schakelaars zonder ingebouwde smeltveiligheid
- 80 % voor schakelaars met ingebouwde smeltveiligheid

II) Een enkele motorbelasting
- Nominale hp niet minder dan die van de motor
- Minstens 115% van de nominale motorstroom onder volle belasting overeenkomstig tabel 6-1, motorstroom onder volledige belasting in ampère in overeenstemming met de verschillende nominale AC-hp-waarden (pag. 99)
- Minstens de nominale ingangsstroom van een frequentieomvormer

III) Voor een of meer motoren en een willekeurig aantal andere belastingen (motorisch of niet-motorisch)
- Minstens 115% van de nominale stroom van alle motoren onder volle belasting overeenkomstig tabel 6-1, motorstroom onder volledige belasting in ampère in overeenstemming met de verschillende nominale AC-hp-waarden (pag. 99)
- Nominale ingangsstroom van een frequentieomvormer plus de nominale stroom van alle andere niet-motorbelastingen
- De toegestane LRC (locked rotor current) van de schakelaar mag niet minder zijn dan de som van de locked rotor current van alle motoren samen plus de nominale stroom van alle andere belastingen.
  - Voor eenfasige motoren: LRC = 6 x stroom onder volle belasting overeenkomstig tabel 6-1, motorstroom onder volledige belasting in ampère in overeenstemming met de verschillende nominale AC-hp-waarden (pag. 99)
  - Voor driefasige motoren is de LRC van toepassing overeenkomstig UL 508A, tabel 50.3

5.3.2.3 Uitgezonderde circuits

In toepassingen op het gebied van industriële besturingskasten en elektrische uitrusting van machines is het soms nodig dat niet alle circuits worden uitgeschakeld als de netspanning wordt uitgeschakeld. Met name voor service- en onderhoudswerkzaamheden of voor procedures die met het proces te maken hebben, kan het nodig zijn dat bepaalde toepassingen niet worden uitgeschakeld.

UL 508A en NFPA 79 gaan hier op gelijksoortige wijze mee om. De eisen aan de componenten en aan de configuratie worden hieronder afzonderlijk beschreven.

Uitgezonderde circuits volgens NFPA 79

Circuits die niet hoeven te worden uitgeschakeld als de hoofdnetscheider wordt verbroken, worden opgesomd in NFPA 79, hoofdstuk 5.3.5 "Excepted circuits".

De volgende circuits zijn uitgezonderd:

- Circuits voor verlichting die nodig is tijdens onderhoud of reparatie
- Stekerverbindingen (stekers en contactdozen) uitsluitend bedoeld om reparatie- of onderhoudsgereedschap en -apparaten aan te sluiten.
- Circuits voor onderspanningsbeveiliging die alleen maar gebruikt worden om de installatie automatisch uit te schakelen bij een probleem met de voedingsspanning.
- Voedingscircuits voor apparaten die onder spanning moeten blijven om bevredigend te werken (bijv. temperatuurmeters, apparaten voor programmaopslag, productverwarmers (voor onderhanden productie)

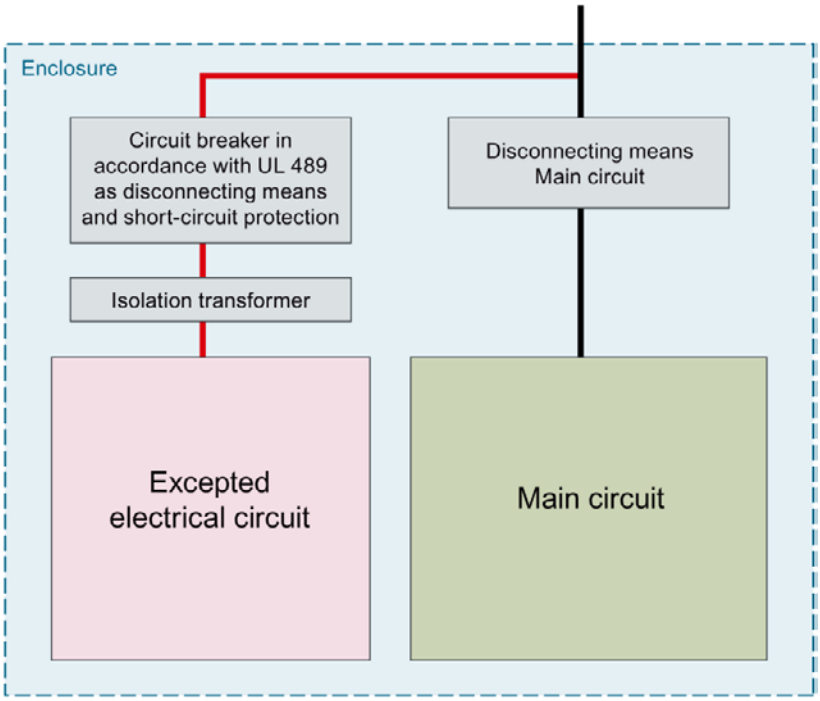
Configuratie

Uitgezonderde circuits moeten de volgende voorzieningen hebben.

- Aparte netscheider, scheidingstrafo en overbelastingsbeveiliging

  Deze netscheider hoeft niet in de deurvergrendeling te worden opgenomen.
- De componenten worden ofwel in een aparte kast geplaatst of in de eigenlijke besturingskast in de buurt van de netscheiders.
- Inkomende voedingsleidingen worden binnen de kast apart geleid. Als de leiding 460 mm of langer is, dan moet er (ook) een kabelgoot worden gebruikt.

Het moet mogelijk zijn het deurvergrendelingscircuit te verbreken in de besturingskast van waaruit hij wordt gevoed.

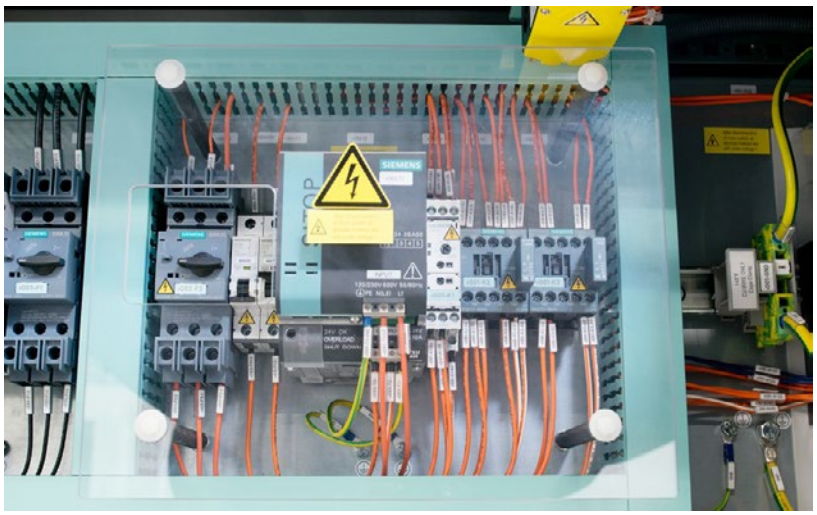


Afbeelding 5-10 Voorbeeld van de opbouw van een uitgezonderd circuit

Voorwaarden

De volgende voorwaarden gelden voor circuits die niet uitgeschakeld worden door de eigenlijke netscheider:

- Permanent waarschuwingsteken in de buurt van de bedieningshendel van de hoofdnetscheider dat aangeeft dat niet alle circuits spanningsloos worden met de hoofdnetscheider.
- In de documentatie bij de machine moet een opmerking worden opgenomen over de desbetreffende circuits.
- Aanduiding van de betrokken circuits in de industriële besturingskast in de vorm van veiligheidsteken of kleurcodering (oranje).



Afbeelding 5-11 Voorbeeld van de opbouw van een uitgezonderd circuit

Definitie volgens UL 508A

UL 508A gaat niet rechtstreeks in op "uitgezonderde circuits". De volgende circuits mogen vóór de netscheider worden afgetapt:

- stuurstroomketens.
- verlichtingscircuits voor onderhoud

Stuurstroomketens die vóór de netscheider worden afgetapt, moeten een eigen netscheider hebben overeenkomstig UL 508A, hoofdstuk 39.1.

Verlichtingscircuits moeten als volgt worden opgebouwd, overeenkomstig hoofdstuk 66.1.4:

- Max. spanning 150 V
- Branch circuit beveiliging max. 15 A
- Bij aftappen vóór de netscheider moet aan één van de volgende voorwaarden zijn voldaan:
  - gevoed door de secondaire zijde van een scheidingstrafo die aan de primaire zijde is aangesloten op de inkomende zijde van de hoofdnetscheider en alleen gebruikt voor verlichting binnen de industriële besturingskast.
  - gevoed door de secondaire zijde van een scheidingstrafo die aan de primaire zijde is aangesloten op de inkomende zijde van de hoofdnetscheider en de scheidingstrafo heeft een eigen scheidingsschakelaar. De scheidingsschakelaar moet in de industriële besturingskast, de buurt van de hoofdnetscheider worden plaatst.

5.4 Beschermende maatregelen

5.4.1 Algemene informatie

Een belangrijk aspect van de normen voor industriële apparatuur en machines is het voorkomen van ongevallen en dus ook het beschermen van mensen.

De desbetreffende normen maken onderscheid tussen "elektrische veiligheid" en "machineveiligheid". De NEC, NFPA 79 en UL 508A regelen primair zaken rond de "elektrische veiligheid".

Voor onderwerpen rond "machineveiligheid" verwijzen ze naar andere normen. In de context van risicoanalyse verwijst NFPA 79, bijlage A bijvoorbeeld naar IEC 62061, ISO 13849-1 en 2 en naar ANSI, B11-TR3 en TR4.

Er kunnen verschillende gevaren optreden bij de omgang met elektrisch aangedreven apparatuur. Deze gevaren moeten met passende maatregelen worden vermeden of zelfs geheel uitgebannen.

Het volgende hoofdstuk gaat over "bescherming tegen elektrische gevaren" en gaat in op de eisen in de hierboven aangehaalde normen.

5.4.2 Bescherming tegen elektrische gevaren

Met "elektrische gevaren" worden gebeurtenissen van elektrische aard bedoeld die een gevaar voor mensen vormen. De belangrijkste daarvan zijn elektrische schok en vlamboog.

In de 2012-editie van NFPA 79 is de titel van hoofdstuk 6 gewijzigd van "Bescherming tegen elektrische schok" (Protection from Electric Shock) in "Bescherming tegen elektrische gevaren" (Protection from Electrical Hazards). Hoofdstuk 6 is tegelijkertijd uitgebreid en behandelt ook het onderwerp "gevaar door vlamboog" (arc flash hazard).

In NFPA 79, hoofdstuk 6.1, staat de eis dat elektrische uitrustingen mensen moeten beschermen tegen de volgende gevaren:

- elektrische schok door directe of indirecte aanraking
- vlamboog

De mogelijkheden die norm toestaat of voorschrijft en de door te voeren veiligheidsmaatregelen, staan deels in dit hoofdstuk en deels in het hoofdstuk Gevaar door vlamboog (bescherming tegen vlamboog) (pag. 94) beschreven.

5.4.2.1 Bescherming tegen directe aanraking

De algemene regel voor spanningen die bij aanraking een gevaar kunnen opleveren (≥ 50 VAC of ≥ 60 VDC), is dat er gezorgd moet worden voor bescherming tegen directe aanraking.

Bescherming tegen directe aanraking betekent dat het onder normale bedrijfscondities van de elektrische apparatuur niet mogelijk is om spanningvoerende delen aan te raken die bij aanraking een gevaar kunnen vormen.

UL 508A gaat alleen over industriële besturingskasten en beperkt zich op dit punt dus uitsluitend tot de kast. Een kast met een deur moet vergrendeld zijn zoals beschreven bij punt 3 hieronder: "Bescherming deurvergrendeling".

Volgens hoofdstuk 18.4 is in de volgende omstandigheden een **deur vereist**:

- de industriële besturingskast bevat smeltveiligheden
- er zijn installatieautomaten in de hoofdstroomketen opgenomen die niet van buiten zijn te resetten
- de overbelastingrelais van de industriële besturingskast zijn niet van buiten te resetten
- de industriële besturingskast bevat meetapparaten die moeten worden gereset of die onderhoud vergen

Uitzondering

In de volgende gevallen is een **deur niet vereist**:

- toegang is alleen nodig om defecte componenten te vervangen (bijv. na een kortsluiting);
- de industriële besturingskast bevat alleen maar smeltveiligheden voor een stuurstroomketen en de belasting van de stuurstroomketen bevindt zich in dezelfde behuizing
- alle overbelastingrelais zijn van buiten te resetten
- de afdekkap is vastgeschroefd en is vergrendeld met de externe bedienhendel van de hoofdnetscheider Dit zorgt ervoor dat de spanning wordt uitgeschakeld voordat de afdekkap kan worden verwijderd om een smeltveiligheid te vervangen of een overbelastingsrelais te resetten.

Als er sprake is van deze uitzonderingen, dan kan voor een afdekkap gekozen worden in plaats van een deur en is er geen deurvergrendeling nodig. Volgens UL 508A, hoofdstuk 2.14 mag een afdekkap niet scharnieren.

De logica hierachter is dat een deur veel gemakkelijker te hanteren is. In het algemeen is er gereedschap nodig om een afdekkap te verwijderen en kan een deur gemakkelijk zonder gereedschap geopend en gesloten worden als de spanning van de industriële besturingskast is uitgeschakeld. In het licht van bovenstaande eisen is een afdekkap niet praktisch tijdens onderhoud of reguliere vervangingswerkzaamheden e.d. Met een afdekkap wordt het daardoor minder waarschijnlijk dat gebruikers na regelmatig voorkomend onderhoud en servicewerk de kast weer veilig afsluiten.

Voor kleine behuizingen kan een afdekkap een zinnige oplossing zijn. Voor grotere kasten is dit in het algemeen geen praktische oplossing (bijv. vanwege gewicht en hanteerbaarheid).

UL 508A, hoofdstuk 20 beschrijft de minimumafstand tot spanningvoerende delen in het geval van openingen in de kast.

De tabel "Minimumafstand tussen een opening en een deel dat een gevaar inhoudt voor elektrische schok of persoonlijk letsel" hieronder, bevat de volgende minimumafstanden:

- tot ongeïsoleerde spanningvoerende delen > 30 VAC of 42,4 VDC
- tot bewegende delen in de kast, bijvoorbeeld een ventilatorblad

Hierbij geldt de kortste afstand tussen de rand van de opening en het desbetreffende deel.

Uitzondering

Deze eis geldt niet voor kasten met de volgende kenmerken:

1. de kast is aan de vloer bevestigd
2. de onderrand van de kast bevindt zich minstens 152 mm (6") boven de vloer (bijv. gemonteerd op een open voet)
3. de blootliggende, spanningvoerende delen bevinden zich minstens 152 mm (6") boven het hoogste punt van de onderrand van de kast

Tabel 5- 7 Minimumafstand tussen een opening en een deel dat een gevaar inhoudt voor elektrische schok of persoonlijk letsel

Kleinste maat van de opening [a]		**Minimumafstand van opening tot ongeïsoleerd spanningvoerend of bewegend deel**	
inch	**(mm)**	**inch**	**(mm)**
Minder dan 1/8	Minder dan 3,18	1/2	(12,7)
1/2	(12,7)	4	(101,6)
1[b]	(25,4)	6 … 1/2[b]	(165,0)
1 … 1/2[b]	(38,1)	8 … 3/8[b]	(212,7)
2[b]	(50,8)	11 … 5/8[b]	(295,3)
meer dan 2 en niet meer dan 3[b]	(meer dan 50,8 en niet meer dan 76,2)	30[b]	(762,0)

[a] Kleinste maat van de opening is gedefinieerd als de diameter van de grootste cilindervormige sonde met een bolvormige punt die door de opening te steken is. De opening wordt gemeten zonder verwijderbare filters.

[b] Voor maten die tussen de waarden in de tabel liggen, moet de minimumafstand door interpolatie worden bepaald. Hierbij is de tussenliggende minimumafstand = (voorgaande minimumafstand) + (tussenliggende kleinste maat - voorgaande kleinste maat) * (eerstvolgende minimumafstand - voorgaande minimumafstand) / (eerstvolgende kleinste maat - voorgaande kleinste maat).

Voorbeeld: Bereken de minimumafstand voor een opening van 3/4 inch (kleinste maat). Deze ligt tussen 1/2 inch en 1 inch in de tabel.

Minimumafstand = 4 inch + (3/4 - 1/2) x (6-1/2 - 4) / (1 - 1/2) = 5,25 inches

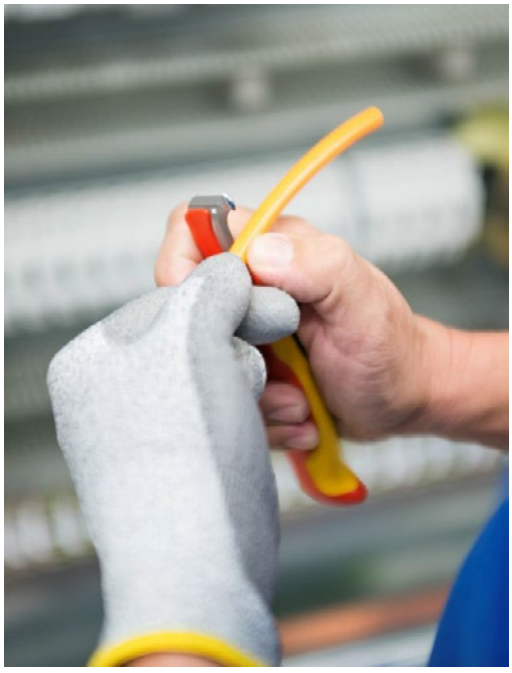
Bron: UL 508A, Tabel 20.1

NFPA 79 gaat niet alleen over de industriële besturingskast zelf, maar geeft ook richtlijnen voor de volledige elektrische uitrusting voor machines, inclusief componenten zoals kabels en veldapparatuur. In hoofdstuk 6.2 is een aantal mogelijke maatregelen opgesomd ter bescherming tegen directe aanraking.

1. Isoleren van spanningvoerende delen
2. Bescherming door een behuizing
3. Bescherming door deurvergrendeling
4. Beperkte toegang tot de behuizing

1. Isoleren van spanningvoerende delen

Als deze maatregel wordt toegepast om directe aanraking te voorkomen, dan moet isolatiemateriaal de spanningvoerende delen volledig bedekken. Het isolatiemateriaal mag alleen te verwijderen zijn door het te vernielen en het moet bestand zijn tegen mechanische, chemische, elektrische en thermische invloeden.



Afbeelding 5-12 Geïsoleerde kabels

Opmerking

Verf, vernis, lak e.d. bieden in het algemeen geen bescherming tegen aanraking.

2. Bescherming door een behuizing

Bescherming tegen directe aanraking van buiten een behuizing

Alle elektrisch gevoede delen en toestellen bevinden zich in de behuizing. Het is de bedoeling dat het onmogelijk is om spanningvoerende delen in de industriële besturingskast van buiten af aan te raken. Hiertoe moeten de behuizing en de openingen in de behuizing voldoen aan een van de volgende normen en dit moet op passende wijze worden getest.

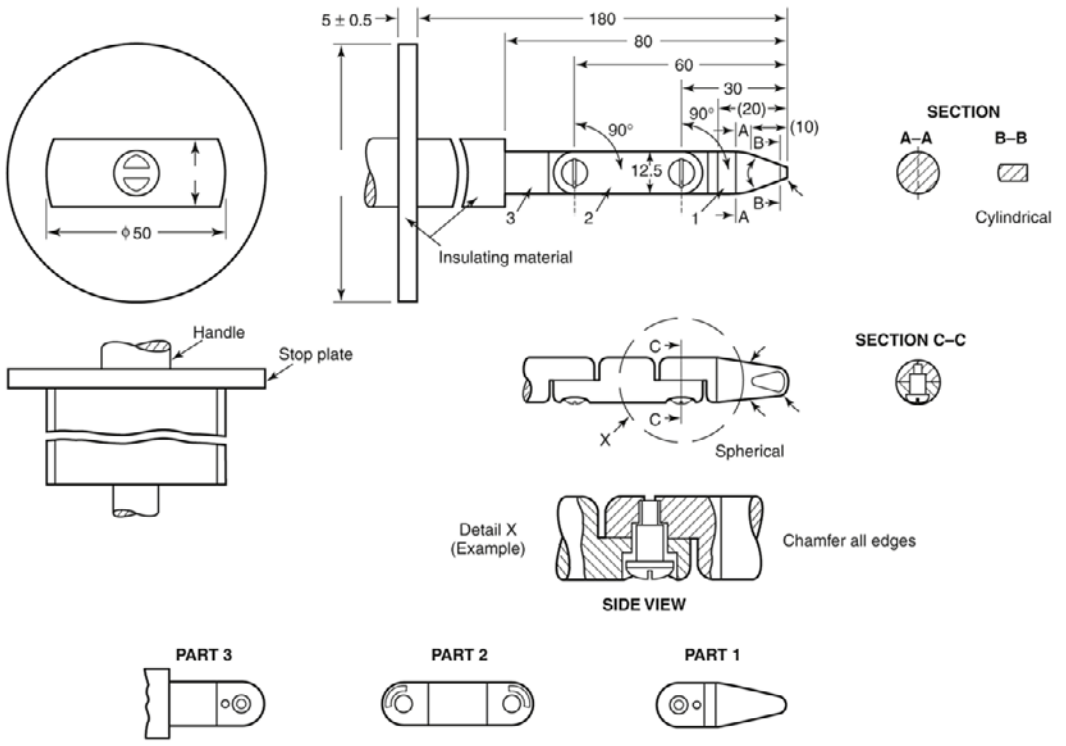
- ANSI / UL 508
- UL 508A
- ANSI / UL 50
- NEMA 250

Uitzondering

Niet goedgekeurde kasten kunnen worden getest met een testvinger. Verwijder eerst alle delen van de kast die zonder gereedschap zijn te verwijderen en steek dan de testvinger in alle openingen van de kast. Het mag niet mogelijk zijn een spanningvoerend deel te raken met de testvinger.

In praktijk betekent dit dat lege kasten worden ontworpen en opgebouwd in overeenstemming met de regels uit UL 508A, hoofdstuk 62-64, en vervolgens worden getest met een testvinger, zodat er in ieder geval bescherming geboden wordt tegen directe aanraking.

Onderstaande afbeelding toont een voorbeeld van zo'n testvinger.



Afbeelding 5-13 Testvinger volgens NFPA 79, Fig. 6.2.2.1

Voorbeeld: Sirius M200D motorstarter met hoge bescherming door type behuizing, voor gebruik in het veld, goedgekeurd volgens ANSI/UL 508



Afbeelding 5-14 SIRIUS M200D decentrale motorstarter

Voorbeeld: Industriële besturingskasten, gecertificeerd door UL overeenkomstig ANSI/UL 50



Afbeelding 5-15 Label voor een door UL geteste lege industriële besturingskast

3. Bescherming door deurvergrendeling

Bij industriële besturingskasten met een bedrijfsspanning van ≥ 50 VAC of ≥ 60 VDC, moet de isolatievoorziening (bijv. de hoofdnetscheider) vergrendeld zijn met de deur van de industriële besturingskast. De vergrendeling kan mechanisch, elektrisch of een combinatie van beide zijn.

De volgende netscheiders hoeven niet vergrendeld te zijn met de deur:

- netscheider voor de verlichting van de industriële besturingskast
- netscheider voor geheugenelementen (om gegevensverlies te voorkomen)

Voorwaarden

Volgens UL 508A, hoofdstuk 66.1.5.1 en NFPA 79, hoofdstuk 6.2.3.2, moet de deurvergrendeling aan de volgende eisen voldoen.

1. Het moet mogelijk zijn voor gekwalificeerd personeel om de vergrendeling uit te schakelen zodat de deur van de industriële besturingskast geopend kan worden voor service en onderhoud terwijl de hoofnetscheider in de "Aan"-stand staat. Hiervoor moet gereedschap nodig zijn (bijv. een kleine platte schroevendraaier).



Afbeelding 5-16 Voorbeeld: Uitschakelen met een schroevendraaier

2. De vergrendeling moet weer automatisch, zonder extra maatregelen, actief worden als de deur van de industriële besturingskast wordt gesloten.
3. Als de deur open is moet de hoofdnetscheider mechanisch vergrendeld zijn tegen inschakelen. Deze vergrendeling moet zonder gereedschap zijn uit te schakelen.

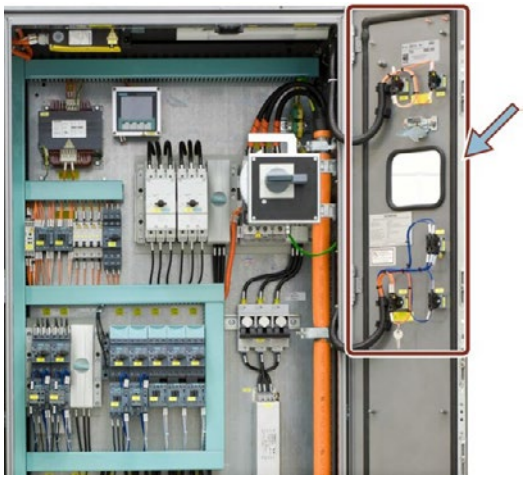


Afbeelding 5-17 Voorbeeld: Uitschakelen zonder gereedschap door een hendel aan de achterzijde van de deur te bedienen.

In de bijlage (pag. 339) vindt u een voorbeeldschema van een elektrische deurvergrendeling.

Toestellen met een spanning ≥ 50 V, aan de binnenzijde van de deur van industriële besturingskasten moeten ook beschermd worden tegen onbedoelde aanraking volgens NFPA 79, hoofdstuk 6.2.3.3. Deze bescherming kan worden gerealiseerd door de aard van het ontwerp van de toestellen zelf, of door barrières toe te passen op een afstand van 50 mm van de spanningvoerende delen.

Deze eis is gebaseerd op IEC-normen. De afstand van 50 mm komt overeen met de IEC-test voor "achterkant van de hand" -veiligheid met IP-beschermingsklasse IP1. Aangezien de beschermingsklasse in de VS niet algemeen erkend wordt, is deze test beschreven via afstandseisen. Deze eis is bedoeld om onbedoelde aanraking met spanningvoerende delen te voorkomen tijdens werkzaamheden met de deur open.



Afbeelding 5-18 Apparatuur voor bevestiging aan de deur

De logica achter het onderling vergrendelen van de netscheider en de deur is al vermeld onder Bescherming tegen directe aanraking.

Volgens de Amerikaanse normen leidt aanraking met een spanning van 50 VAC of 60 VDC of hoger tot een voor mensen ontoelaatbaar hoge stroom door het lichaam. Daarom zorgen de bovengenoemde regelingen ervoor dat leken geen toegang hebben tot industriële besturingskasten en dat netscheiders niet onbedoeld kunnen worden ingeschakeld als de deur open is. Gekwalificeerd personeel mag de vergrendeling echter met een bewuste handeling uitschakelen, zodat ze de kast kunnen openen terwijl deze spanningvoerend is of de voeding kunnen inschakelen terwijl de deur open is. Gekwalificeerd personeel heeft immers de kennis, ervaring en opleiding om de handeling juist en bewust uit te voeren.

4. Beperkte toegang tot de behuizing

UL 508A beschrijft de industriële besturingskast vanaf de voedingsklemmen tot aan de uitgangsklemmen voor de veldbekabeling. Gebieden buiten de industriële besturingskast worden in UL 508A niet beschreven.

NFPA 79 beschrijft daarentegen de gehele machine. Deze omvat eventuele subverdelers die gevoed kunnen worden door een hoofdkast met netscheider.

In hoofdstuk 6.2.4 van NFPA 79 is dit onderwerp als volgt geregeld.

Als een gekwalificeerde persoon een industriële besturingskast opent **die geen eigen netscheider** heeft en die spanning voert, dan moet aan de volgende voorwaarden worden voldaan:

1. er moet een sleutel of gereedschap nodig zijn om de deur van de industriële besturingskast te openen;
2. de deur van de kast mag alleen zonder sleutel of gereedschap te openen zijn als alle spanningvoerende delen in de kast een eigen behuizing hebben of zo zijn afgeschermd dat er geen directe aanraking met spanningvoerende delen mogelijk is.

Zoals beschreven in het hoofdstuk Inkomende voedingsleiding en voedingsklemmen (pag. 69), moet ieder inkomende hoofdstroomketen een eigen netscheider hebben. Iedere kast met een deur en eigen netscheider moet een deurvergrendeling hebben. Voor deze kasten zijn bovenstaande regels niet van toepassing.

De regels kunnen bijvoorbeeld wel toegepast worden voor kasten die zichtbaar zijn vanaf de desbetreffende netscheider en die geen eigen netscheider hebben (bijvoorbeeld modulaire kasten of decentrale kasten). Hierdoor hoeft er minder te worden geïnvesteerd in dure regelsystemen voor deurvergrendelingsmechanismen.

Opmerking

Ieder bedienelement van netscheiders (bijv. de hendel van de hoofdnetscheider) moet de volgende kenmerken hebben overeenkomstig NFPA 79, hoofdstuk 5.5.5.

- Altijd toegankelijk
- Duidelijk aangeduid
- te vergrendelen in de "Uit"-stand
- Zichtbaar vanaf dat deel van de machine of installatie dat uitgeschakeld moet worden.

5.4.2.2 Bescherming tegen indirecte aanraking

De hiervoor beschreven bescherming tegen directe aanraking is niet alles. Er is ook aandacht nodig voor gevaarlijke situaties die kunnen optreden door fouten en de benodigde maatregelen. Indirecte aanraking van spanningvoerende delen kan alleen optreden als er een fout optreedt. De meestvoorkomende fout is een fout in de isolatie tussen spanningvoerende en blootliggende delen. Met passende beschermingsmaatregelen moet worden voorkomen dat er een potentieel gevaarlijke aanraakspanning kan ontstaan.

In NFPA 79, hoofdstuk 6.3.1 worden twee beschermingsmaatregelen beschreven.

1. **Bescherming door dubbele isolatie**

   Dubbele of versterkte isolatie is bedoeld om te voorkomen dat er op toegankelijke delen gevaarlijke aanraakspanningen kunnen ontstaan door fouten in de basisisolatie.

   De apparatuur moet als zodanig 'gelist' zijn of op een vergelijkbare manier zijn gecontroleerd en voorzien zijn van de passende aanduiding.

   Afbeelding 5-19 Symbool "Double Insulation" (beschermingsklasse 2)

2. **Bescherming door automatisch uitschakelen van de voeding**

   Blootliggende moeten worden geaard (zie hoofdstuk Aarding (pag. 171)) en er moeten bijpassende kortsluitbeveiligingstoestellen worden toegepast die de netspanning onmiddellijk en onafhankelijk uitschakelen als er een fout optreedt. Dit zorgt ervoor dat spanningen die bij aanraking een gevaar kunnen opleveren, zo kort mogelijk aanwezig zijn. De uitschakeltijd is in het algemeen in de orde van grootte van milliseconden (zie uitschakelkarakteristieken van smeltveiligheden, installatieautomaten e.d.) In het hoofdstuk Testen en verifiëren (pag. 319) is beschreven hoe deze beschermingsmaatregel geverifieerd moet worden.

In UL 508A wordt de bescherming tegen indirecte aanraking door automatisch uitschakelen van de voeding, beschreven in de desbetreffende hoofdstukken ("Aarding en kortsluitbeveiliging"). De norm verwijst niet expliciet naar beschermende maatregelen, maar deze worden sowieso gedekt door de gestelde constructieve eisen.

5.4.2.3 Bescherming door toepassing van een "protective extra low voltage" (PELV)

In **NFPA 79, hoofdstuk 6.4** wordt beschreven wat een PELV is. Een PELV is bedoeld om mensen te beschermen tegen elektrische schok door indirecte aanraking en in sommige gebieden ook door directe aanraking.

Voorwaarden

Een PELV-circuit moet aan de volgende voorwaarden voldoen.

1. De nominale spanning mag niet hoger zijn dan:

   a) 30 VAC (effectieve waarde) of 60 VDC (zonder rimpel) voor apparatuur die in normale droge omstandigheden wordt gebruikt en waarvoor niet te verwachten is dat het menselijk lichaam met een groot oppervlak in aanraking komt met spanningvoerende delen.

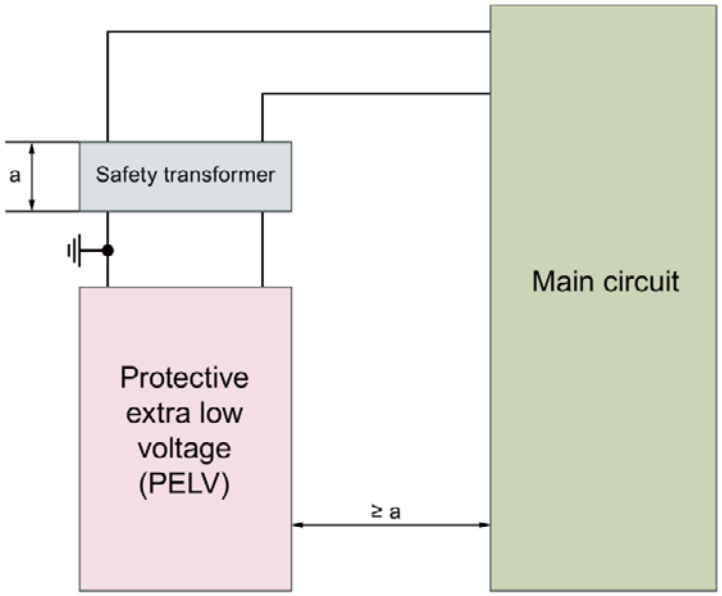
   b) 6 VAC (effectieve waarde) of 15 VDC (zonder rimpel) in alle andere gevallen dan bedoeld onder a).

2. Een zijde van het circuit of een punt van de voeding moet geaard zijn.
3. Spanningvoerende delen van PELV-circuits moeten elektrisch gescheiden zijn van de spanningvoerende delen van andere circuits. De afstand moet minstens zo groot zijn als de afstand tussen de primaire en secundaire zijde van een veiligheidstransformator.
4. De kabels moeten fysiek gescheiden zijn van de kabels van alle andere circuits. Als dat niet mogelijk is, dan moeten de kabels bestand zijn tegen de hoogste spanning die voorkomt in de desbetreffende kabelgoot.

Gebruikte toestellen

De volgende toestellen mogen gebruikt worden om een PELV te leveren:

1. Veiligheidstransformator (scheidingstransformator!)
2. Stroombron met een veiligheidsniveau gelijk aan dat van een veiligheidstransformator (bijv. roterende omvormer met geïsoleerde wikkeling).
3. Elektrochemische bron (bijv. accu) of een andere bron die niet afhankelijk is van een hogere spanning (bijv. dieselgenerator).
4. Elektronische voeding met gezekerde uitgangen. Een interne fout mag niet leiden tot een spanning hoger dan de spanning die de norm voorschrijft voor de PELV.



Afbeelding 5-20 Voorbeeld van de opbouw van protective extra low voltage (PELV) circuit

5.4.2.4 Bescherming tegen restspanningen

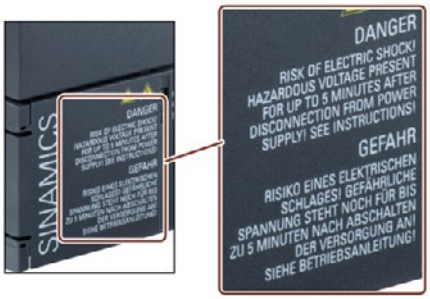
In NFPA 79, hoofdstuk 6.5 staat beschreven hoe met opgeslagen energie omgegaan moet worden.

1. Restspanningen van > 60 V moeten binnen 5 seconden afnemen tot ≤ 60 V.

   Uitzonderingen

   – Componenten waarvan de opgeslagen lading Q ≤ 60 µC

   – Als een dergelijke voorziening het functioneren van de apparatuur zou belemmeren, dan is het toegestaan om een duurzame veiligheidsaanduiding te monteren die wijst op het gevaar van elektrische schok en die de vereiste wachttijd aangeeft. De aanduiding moet goed zichtbaar worden aangebracht op of direct bij de behuizing met de restspanning.



Afbeelding 5-21 Sinamics frequentieomvormer met waarschuwingsteken

2. Als het lostrekken van een steker leidt tot blootstelling aan geleiders (bijv. de pinnen van de steker), dan moet de ontlaadtijd t ≤ 1 s zijn.

   Uitzonderingen

   – Componenten waarvan de opgeslagen lading Q ≤ 60 µC

   – Geleiders beschermd tegen directe aanraking

In de NEC, hoofdstuk 460.6 en in NFPA 79, hoofdstuk 6.5.3. staan de volgende eisen aan condensatoren.

Condensatoren moeten:

1. de opgeslagen energie kunnen wegvloeien;
2. de spanning terugbrengen tot ≤ 50 V binnen een minuut nadat de voeding is uitgeschakeld.
3. Het ontlaadcircuit moet aan de volgende eisen voldoen:

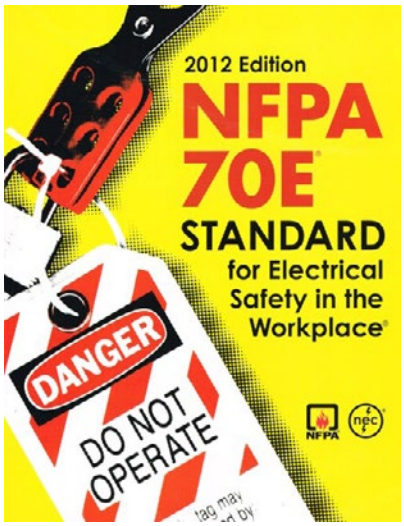
   – het circuit moet permanent verbonden zijn aan de condensator of de condensatorbank;

   – het circuit moet automatisch worden ingeschakeld als de spanning wordt uitgeschakeld; handmatige methoden om het circuit in te schakelen zijn niet toegestaan.

5.4.3 Gevaar door vlamboog (bescherming tegen vlamboog)

5.4.3.1 Achtergrond, doel en nut

"Gevaar door vlamboog" is een belangrijk onderwerp in de VS en wordt zo ook behandeld. De aandacht ervoor wordt gestimuleerd. Het bewustzijn van dergelijke gevaren is in Amerika duidelijk groter dan bijvoorbeeld in Europa. De betreffende normen leggen nadruk op de bescherming tegen vlamboog en de bijbehorende gevaren en bevatten eisen daarover. Dit is met name het geval in de NEC (NFPA 70), NFPA 79 (voor industriële machines) en NFPA 70E (betreffende elektrische veiligheid op de werkplek).



Afbeelding 5-22 NFPA 70E Standard for Electrical Safety in the Workplace

NEC

In de NEC, de Amerikaanse wet voor de elektrotechnische sector, staan de volgende eisen over gevaren door vlamboog.

NEC 110.16, bescherming tegen vlamboog

Elektrische apparatuur zoals schakel- en bedieningspanelen, industriële besturingskasten, elektriciteitsmeters en motorbesturingen, niet in woningen, waarvoor aannemelijk is dat ze worden geïnspecteerd, afgesteld, gerepareerd of onderhouden terwijl ze spanning voeren, moeten ter plaatse van een waarschuwing zijn voorzien.

Hiermee worden personen gewaarschuwd voor een mogelijke elektrische vlamboog. De waarschuwing moet duidelijk leesbaar zijn voor gekwalificeerd personeel, voordat ze de apparatuur gaan inspecteren, afstellen, repareren of onderhouden.

Dit betekent dat industriële besturingskasten die zijn gebouwd volgens UL 508A en die mogelijk ook moeten voldoen aan de eisen uit NFPA 79 voor de elektrische uitrusting van machines, geïnspecteerd, afgesteld, gerepareerd of onderhouden kunnen worden terwijl ze spanning voeren. Hiervoor zorgen de eisen aan de netscheider en de deurvergrendeling (zie het hoofdstuk Bescherming tegen directe aanraking (pag. 82)).

NFPA 79

NFPA 79 bevat naast eisen voor de bescherming tegen elektrische gevaren, ook de volgende duidelijke eis.

NFPA 79, sectie 6.6 en 16.2.3

Er moet een veiligheidsteken aanwezig zijn voor gevaren door vlamboog. De elektrische uitrusting van machines (bijv. industriële besturingskasten, kasten met een netscheider) moeten een duidelijk waarschuwingsteken hebben waarmee gekwalificeerde personen gewaarschuwd worden tegen de gevaren van elektrische schok en vlamboog.

De waarschuwing moet duidelijk leesbaar zijn voor gekwalificeerd personeel, voordat ze de apparatuur gaan onderhouden, afstellen, repareren of problemen gaan opsporen.

De waarschuwing mag alleen achterwege blijven als de behuizing te klein is voor de waarschuwing (bijv. bij bedienstations, bedieningspanelen of positiesensors).

De eis in NFPA 79 is op dit punt geharmoniseerd met de NEC.

NFPA 70E bevat een veelgebruikte methode om mogelijke gevaren door vlamboog vast te leggen. We raden aan ANSI Z535.4 te raadplegen voor informatie over de vormgeving van veiligheidswaarschuwingen op producten.

5.4.3.2 Noodzakelijke gegevens en aanduidingen door de fabrikant

Verzamelen van de noodzakelijke gegevens

Op dit vlak kost het verzamelen van de noodzakelijke gegevens voor een volledig vlamboogonderzoek, de meeste tijd.

IEEE 1584, editie 2002, is een leidraad bij het evalueren van gevaren door vlamboog. In deze leidraad worden 9 stappen aangeraden voor een volledige evaluatie.

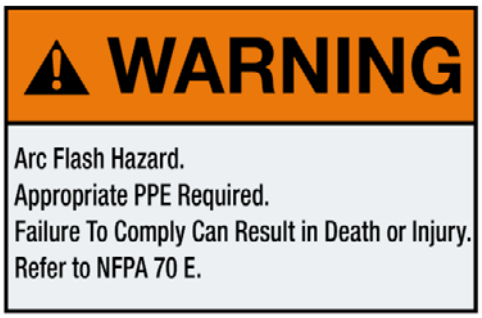
- Stap 1: verzamel alle gegevens over het systeem en de installatie
- Stap 2: bepaal de bedrijfsmodes van het systeem
- Stap 3: bepaal de kortsluitstroom
- Stap 4: bepaal de vlamboog-stromen
- Stap 5: bepaal de eigenschappen van het kortsluitstroombeveiligingstoestel en de duur van de vlamboog
- Stap 6: leg de bedrijfsspanning en de apparaatklasses vast
- Stap 7: kies de werkafstanden
- Stap 8: bepaal hoe hoog de energie is in het geval van een fout
- Stap 9: leg voor alle apparatuur de veilige afstanden voor vlambogen vast

Voor het uitvoeren van deze 9 stappen is diepgaande technische kennis nodig, met name voor het verzamelen van alle relevante gegevens over het systeem en de installatie.

Meestal kunnen fabrikanten en leveranciers van industriële besturingskasten en mechanische apparatuur veel van deze gegevens niet leveren

Identification

We raden fabrikanten en leveranciers van apparatuur waarvoor een Arc Flash Hazard-label overeenkomstig NEC en NFPA 79 nodig is, daarom aan het apparaat te voorzien van een algemene veiligheidswaarschuwing (zie afbeelding hieronder).

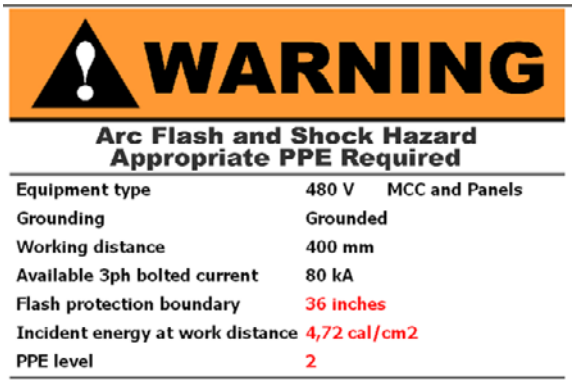


Afbeelding 5-23 Waarschuwingslabel voor vlamboog-fouten volgens NFPA 70E en ANSI Z535.4

Veiligheidswaarschuwingen met algemene informatie zijn meestal voldoende en voldoen aan de eisen van de NEC en daarmee ook aan die van NFPA 79. De waarschuwing vermeldt echter niet wat de bestaande condities ter plaatse, de veilige afstanden of de persoonlijke beschermingsmiddelen (Personal Protective Equipment (PPE)) zijn.

De veiligheidsinformatie is bedoeld voor gebruik op locatie. De informatie is gericht op operators en service- en onderhoudspersoneel en is daarom niet hetzelfde als de veiligheidswaarschuwing voor de bouw en het ontwerp bij de oorspronkelijke fabrikant.

Onderstaand veiligheidslabel daarentegen legt de veiligheidsgrenzen, de energie van de vlamboog bij een fout, de persoonlijke beschermingsmiddelen e.d. wel vast. Deze gegevens worden meestal op locatie door de operator toegevoegd nadat deze vlamboog-berekeningen heeft uitgevoerd en de noodzakelijke persoonlijke beschermingsmiddelen heeft vastgesteld.



Afbeelding 5-24 Waarschuwingslabel betreffende gevaren door vlamboog met veiligheidsgrenzen

5.4.3.3 Rekenvoorbeeld volgens NFPA 70E

Een gedetailleerd rekenvoorbeeld voor het bepalen van de vlamboog-energie, de veilige afstanden en de noodzakelijke persoonlijke beschermingsmiddelen, is te vinden in NFPA 70E 2009, deel 2, bijlage A en bijlage B.

Overstroombeveiliging en dimensionering van de hoofdstroomketen

6

6.1 Algemene informatie

Volgens de NEC, UL 508A en NFPA 79 moeten industriële besturingskasten en industriële machines en installaties juist gedimensioneerd zijn en voorzien zijn van een overstroombeveiliging. De componenten en de kortsluitstroombeveiligingstoestellen moeten goedgekeurd zijn voor het beoogde gebruik en de desbetreffende productcategorie (zie hoofdstuk Categorisering met een Category Code Number (CCN) (pag. 52)), en moeten zo gekozen en gedimensioneerd worden, dat ze op elkaar afgestemd zijn.

In de volgende hoofdstukken worden de relevante regels en toepasselijke procedures toegelicht.

6.2 Feeder circuit

In de NEC, NFPA 79 en UL 508A worden alle leidingen en componenten vóór het branch circuit aangeduid als een feeder circuit (zie hoofdstuk Minimumafstanden door de lucht en over oppervlak (pag. 56) voor een definitie).

Volgens UL 508A, hoofdstuk 32 moeten de volgende toestellen worden gebruikt om de leidingen en componenten in het feeder circuit te beveiligen tegen kortsluiting:

- inverse-time circuit breakers overeenkomstig UL 489 **of**
- smeltveiligheden overeenkomstig UL 248-4 tot 12 en -15

Deze toestellen voldoen zonder aanvullende accessoires aan de eisen voor de minimumafstanden door de lucht en over oppervlak in feeder circuits (zie hoofdstuk Minimumafstanden door de lucht en over oppervlak (pag. 56)).

Er moet een overstroombeveiliging worden aangebracht in elke ongeaarde leiding, normaal gesproken de fasen.

Uitzondering: kortsluitstroombeveiligingstoestellen die aanwezig zijn buiten de industriële besturingskast maken geen deel uit van de elektrische uitrusting van de fabrikant. In dat geval moet er een duidelijk label worden aangebracht waarop staat welke type kortsluitstroombeveiligingstoestel nodig is en wat de nominale waarden daarvoor zijn. Zie hoofdstuk Aanduidingen op de besturingskast en de machine (pag. 277).

Kortsluitstroombeveiligingstoestel

De nominale stroom van het kortsluitstroombeveiligingstoestel mag niet groter zijn dan de volgende waarden:

1. de nominale stroom van het zwaarste kortsluitstroombeveiligingstoestel in het branch circuit plus de nominale stroom volgens onderstaande tabel "Motorstroom onder volledige belasting in ampère bij verschillende nominale AC-hp-waarden" voor wisselstroommotoren resp. onderstaande tabel "Motorstroom onder volledige belasting in ampère bij verschillende nominale DC-hp-waarden" voor gelijkstroommotoren en de

nominale stromen van andere belastingen in de groep. (zie afbeelding "Voorbeeld dimensionering van het kortsluitstroombeveiligingstoestel in het feeder circuit" hieronder)

2. de stroomcapaciteit van de leidingen en busbars aan de belastingszijde van het kortsluitstroombeveiligingstoestel (zie hoofdstuk dimensionering (pag. 234)).

Tabel 6- 1 Motorstroom onder volledige belasting in ampère bij verschillende nominale AC-hp-waarden

Horse power	110 - 120 V		200 V		208 V		220 … 240 V[a]		380 - 415 V		440 - 480 V		550 - 600 V	
	1-phase	3-phase	1-phase	3-phase	1-phase	3-phase	1-phase	3-phase	1-phase	3-phase	1-phase	3-phase	1-phase	3-phase
1/10	3,0	–	–	–	–	–	1,5	–	1,0	–	–	–	–	–
1/8	3,8	–	–	–	–	–	1,9	–	1,2	–	–	–	–	–
1/6	4,4	–	2,5	–	2,4	–	2,2	–	1,4	–	–	–	–	–
1/4	5,8	–	3,3	–	3,2	–	2,9	–	1,8	–	–	–	–	–
1/3	7,2	–	4,1	–	4,0	–	3,6	–	2,3	–	–	–	–	–
1/2	9,8	4,4	5,6	2,5	5,4	2,4	4,9	2,2	3,2	1,3	2,5	1,1	2,0	0,9
3/4	13,8	6,4	7,9	3,7	7,6	3,5	6,9	3,2	4,5	1,8	3,5	1,6	2,8	1,3
1	16,0	8,4	9,2	4,8	8,8	4,6	8,0	4,2	5,1	2,3	4,0	2,1	3,2	1,7
1-1/2	20,0	12,0	11,5	6,9	11,0	6,6	10,0	6,0	6,4	3,3	5,0	3,0	4,0	2,4
2	24,0	13,6	13,8	7,8	13,2	7,5	12,0	6,8	7,7	4,3	6,0	3,4	4,8	2,7
3	34,0	19,2	19,6	11,0	18,7	10,6	17,0	9,6	10,9	6,1	8,5	4,8	6,8	3,9
5	56,0	30,4	32,2	17,5	30,8	16,7	28,0	15,2	17,9	9,7	14,0	7,6	11,2	6,1
7-1/2	80,0	44,0	46,0	25,3	44,0	24,2	40,0	22,0	27,0	14,0	21,0	11,0	16,0	9,0
10	100,0	56,0	57,5	32,2	55,0	30,8	50,0	28,0	33,0	18,0	26,0	14,0	20,0	11,0
15	135,0	84,0	–	48,3	–	46,2	68,0	42,0	44,0	27,0	34,0	21,0	27,0	17,0
20	–	108,0	–	62,1	–	59,4	88,0	54,0	56,0	34,0	44,0	27,0	35,0	22,0
25	–	136,0	–	78,2	–	74,8	110,0	68,0	70,0	44,0	55,0	34,0	44,0	27,0
30	–	160,0	–	92	–	88	136,0	80,0	87,0	51,0	68,0	40,0	54,0	32,0
40	–	208,0	–	120	–	114	176,0	104,0	112,0	66,0	88,0	52,0	70,0	41,0
50	–	260,0	–	150	–	143	216,0	130,0	139,0	83,0	108,0	65,0	86,0	52,0
60	–	–	–	177	–	169	–	154,0	–	103,0	–	77,0	–	62,0
75	–	–	–	221	–	211	–	192,0	–	128,0	–	96,0	–	77,0
1000	–	–	–	285	–	273	–	248,0	–	165,0	–	124,0	–	99,0
125	–	–	–	359	–	343	–	312,0	–	208,0	–	156,0	–	125,0
150	–	–	–	414	–	396	–	360,0	–	240,0	–	180,0	–	144,0
200	–	–	–	552	–	528	–	480,0	–	320,0	–	240,0	–	192,0
250	–	–	–	–	–	–	–	604	–	403,0	–	302,0	–	242,0
300	–	–	–	–	–	–	–	722	–	482,0	–	361,0	–	289,0
350	–	–	–	–	–	–	–	828	–	560,0	–	414,0	–	336,0
400	–	–	–	–	–	–	–	954	–	636,0	–	477,0	–	382,0
450	–	–	–	–	–	–	–	1030	–	–	–	515,0	–	412
500	–	–	–	–	–	–	–	1180	–	786,0	–	590,0	–	472,0

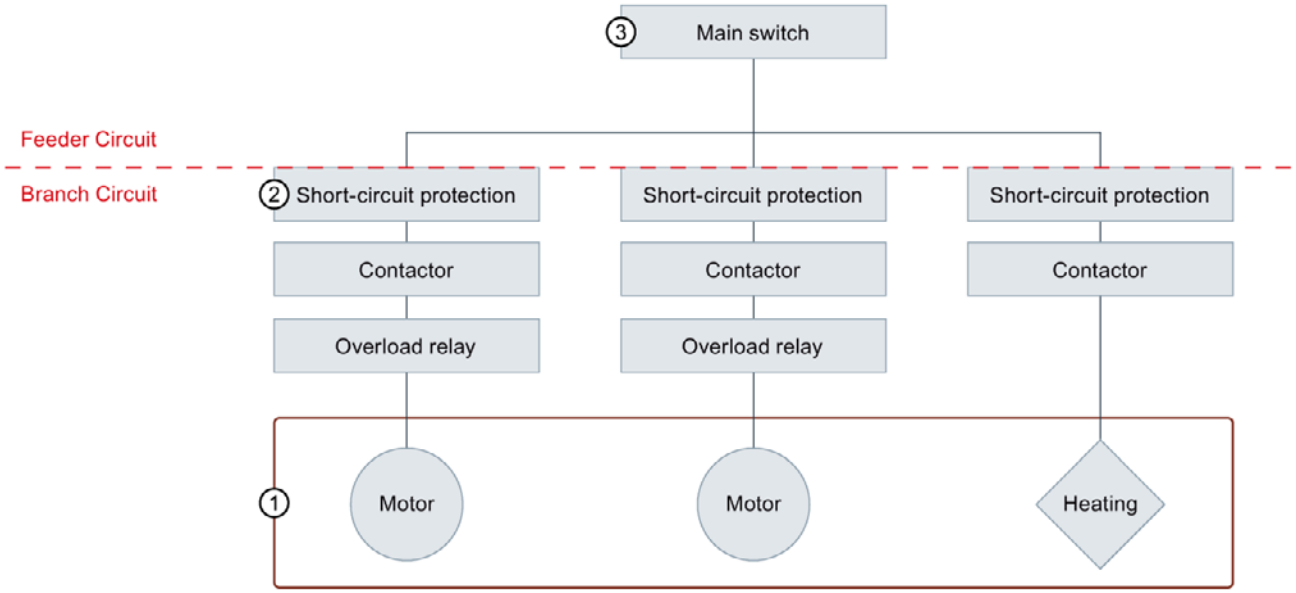
[a] Bereken de stroom bij volledige belasting voor 265 en 270 V motoren door de vermelde waarde bij 220 – 240 V te verminderen met 13% resp. 17%.

Bron: UL 508A, Tabel 50.1

Tabel 6- 2 Motorstroom onder volledige belasting in ampère bij verschillende nominale DC-hp-waarden

Horsepower	90 volts	110 … 120 volts	180 volts	220 … 240 volts	500 volts	550 … 600 volts
1/10	–	2,0	–	1,0	–	–
1/8	–	2,2	–	1,1	–	–
1/6	–	2,4	–	1,2	–	–
1/4[a]	4,0	3,1	2,0	1,6	–	–
1/3	5,2	4,1	2,6	2,0	–	–
1/2	6,8	5,4	3,4	2,7	–	–
3/4	9,6	7,6	4,8	3,8	–	1,6
1	12,2	9,5	6,1	4,7	–	2,0
1-1/2	–	13,2	8,3	6,6	–	2,7
2	–	17	10,8	8,5	–	3,6
3	–	25	16	12,2	–	5,2
5	–	40	27	20	–	8,3
7-1/2	–	58	–	29	13,6	12,2
10	–	76	–	38	18	16
15	–	110	–	55	27	24
20	–	148	–	72	34	31
25	–	184	–	89	43	38
30	–	220	–	106	51	46
40	–	292	–	140	67	61
50	–	360	–	173	83	75
60	–	–	–	206	99	90
75	–	–	–	255	123	111
100	–	–	–	341	164	148
125	–	–	–	425	205	185
150	–	–	–	506	246	222
200	–	–	–	675	330	294

[a] Motorstroom onder volledige belasting voor een motor van 0,25 hp en 32 VDC is 8,6 A.
Bron: UL 508A, Tabel 50.2



① De nominale stroom van de belastingen bepalen.

- Motor 10 hp overeenkomstig tabel 6-1, "Motorstroom onder volledige belasting in ampère in overeenstemming met de verschillende nominale AC-hp-waarden" 15 A bij 480 V
- Motor 5 hp overeenkomstig tabel 6-1, "Motorstroom onder volledige belasting in ampère in overeenstemming met de verschillende nominale AC-hp-waarden" 7,6 A bij 480 V
- Nominale stroom van verwarmingselement volgens typeplaat 10 A

② Het zwaarste kortsluitstroombeveiligingstoestel in het branch circuit bepalen volgens hoofdstuk 6.3.1.1 Inverse time circuit breaker max. 37,5 A toegestaan → gekozen 20 A

③ Beveiligingstoestel in het feeder circuit 20 A (②) + 7,6 A (nominale stroom overeenkomstig "Motorstroom onder volledige belasting in ampère in overeenstemming met de verschillende nominale AC-hp-waarden") + 10 A = 37,6 A
→ **te kiezen nominale stroom voor kortsluitstroombeveiligingstoestel: 35 A**

Afbeelding 6-1 Voorbeeld dimensionering van het kortsluitstroombeveiligingstoestel in het feeder circuit

6.3 Branch circuit

De uitgaande leidingen van het kortsluitstroombeveiligingstoestel voor het branch circuit en alle componenten en leidingen daarachter worden gezamenlijk aangeduid als branch circuit (zie hoofdstuk Minimumafstanden door de lucht en over oppervlak (pag 56) voor de definitie). Zie afbeelding 6-1 Voorbeeld dimensionering van het kortsluitstroombeveiligingstoestel in het feeder circuit (pag. 101).

De juiste beveiliging en dimensionering van het branch circuit hangt af van de belasting. Dit onderwerp wordt behandeld in hoofdstuk 31 van UL 508A en wordt in de volgende hoofdstukken van dit document toegelicht.

6.3.1 Motorische belastingen

Een motortak wordt in UL 508A een 'motor branch' genoemd.

Volgens hoofdstuk 2.10 heeft de motortak vier basisfuncties:

- Lastscheider
- beveiliging branch circuit
- Motorbesturing
- overbelastingsbeveiliging

Deze vier functies kunnen worden gerealiseerd met verschillende combinaties van toestellen. Aangezien er ook nog verschillende productcategorieën bestaan, zijn er talrijke verschillende configuraties mogelijk voor een motor branch circuit.

UL 508 (productnorm voor industriële besturingsapparatuur) onderscheidt daarom zes verschillende opbouwwijzen. Deze worden in tabel 76.2 als volgt omschreven.

Tabel 6- 3 Verschillende opbouwwijzen voor Combination motor controllers

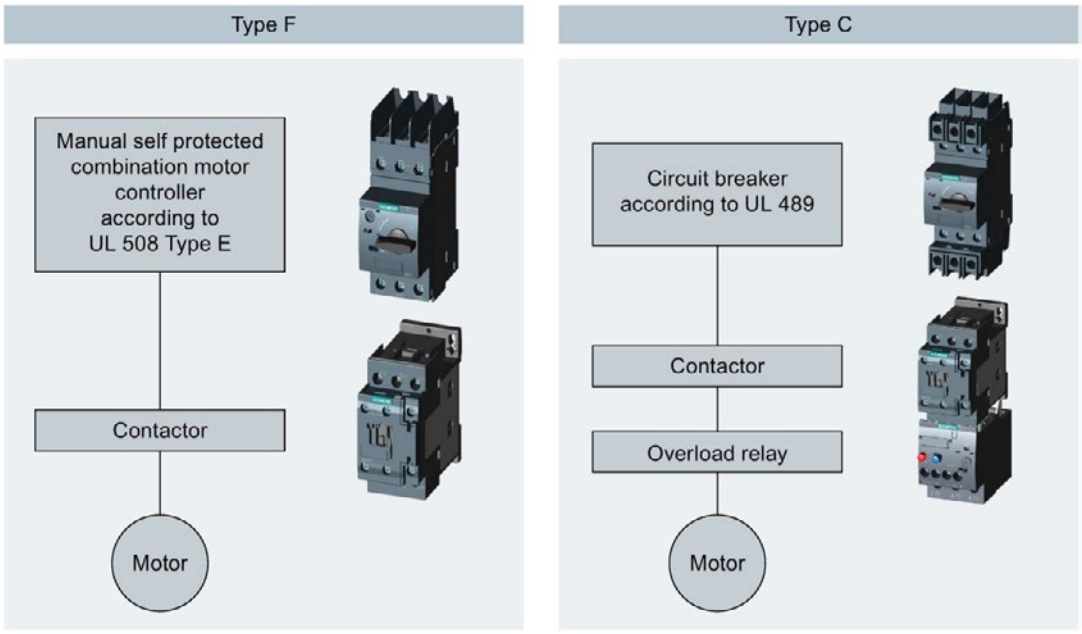
Opbouw	Component[a]	Component norm	Component functie			
			Scheiden	Beveiliging branch circuit	Motorbesturing	Overbelasting motor
A	Handmatige lastscheider	UL 98 of UL 489	•			
	Smeltveiligheid	UL 248 reeks		•		
	Magnetische of solid state motor controller (motorbesturing)	UL 508			•	
	Overbelastingsrelais	UL 508				•
B	Handmatige lastscheider	UL 98 of UL 489	•			
	Kortsluitbeveiliging motor	UL 508		•		
	Magnetische of solid state motor controller (motorbesturing)	UL 508			•	
	Overbelastingsrelais	UL 508				•
C	Inverse-time circuit breaker (automaat met stroomafhankelijke vertraging)	UL 489	•	•		
	Magnetische of solid state motor controller (motorbesturing)	UL 508			•	
	Overbelastingsrelais	UL 508				•
D	Onvertraagde automaat	UL 489	•	•		
	Magnetische of solid state motor controller (motorbesturing)	UL 508			•	
	Overbelastingsrelais	UL 508				•
E[b]	Intern beveiligde motorbesturing	UL 508	•	•	•	•
F	Handmatige intern beveiligde gecombineerde besturing	UL 508	•	•		•
	Magnetische of solid state motor controller (motorbesturing)	UL 508			•	

[a] De componenten worden afzonderlijk getest tegen de toepasselijke eisen in de UL-norm die in de tabel is vermeld
Bron: UL 508, Tabel 76.2

Voorbeelden

Een combinatie van een motorautomaat en een contactor is een gecombineerde motorbesturing van type F.

Een thermo-magnetische automaat gecombineerd met een contactor en een overbelastingsrelais is een gecombineerde motorbesturing van type C.



Afbeelding 6-2 Voorbeelden van type F en type C

Opbouwwijzen

UL 508A maakt onderscheid tussen enkelvoudige installaties (single installation) en groepsgewijze installaties (group installation).

De logica achter deze opdeling wordt in de navolgende paragrafen Enkelvoudige installatie (pag. 105) en Groepsgewijze installatie (pag. 116) toegelicht.

6.3.1.1 Enkelvoudige installatie

"Enkelvoudige installatie" betekent dat ieder motor branch circuit beveiligd is met een eigen kortsluitbeveiligingstoestel.

Deze paragraaf gaat alleen over de regels volgens UL 508A die specifiek dit onderwerp betreffen. NFPA 79 is niet strijdig met UL 508A.

Keuze van een motorbesturing overeenkomstig UL 508A, hoofdstuk 33

Een motorbesturing (bijv. een contactor of een handmatige schakelaar) moet aan de volgende eisen voldoen.

- Goedgekeurd volgens productnorm UL 508
- Goedgekeurd voor minimaal de nominale spanning van het circuit.
- Minstens voor de nominale stroom getest overeenkomstig tabel 6-1, Motorstroom onder volledige belasting in ampère in overeenstemming met de verschillende nominale AC-hp-waarden (pag. 99) voor wisselstroommotoren of tabel 6-2, Motorstroom onder volledige belasting in ampère in overeenstemming met de verschillende nominale DC-hp-waarden (pag. 100) (voor gelijkstroommotoren). Zie hoofdstuk Feeder circuit (pag. 97).
- Goedgekeurd voor het type belasting overeenkomstig onderstaande tabel "Vereiste nominale waarde voor verschillende types belastingen".

Tabel 6- 4 Vereiste nominale waarde voor verschillende types belastingen

Gebruikerscategorie		Geschikte type belastingen
Type	Eenheid	
AC verwarmingselement of ohmse belasting	ampère AC	AC verwarmingselementen
DC verwarmingselement of ohmse belasting	ampère DC	DC verwarmingselementen
AC, general-purpose of general-use	ampère AC	AC niet-motorisch huishoudelijk apparaat of AC verwarmingselement, AC voedingstransformator voor niet-motorische belasting
DC, general-purpose of general-use	ampère DC	DC niet-motorisch huishoudelijk apparaat of DC verwarmingselement
AC tungsten	ampère of watt AC	AC verlichting, AC verwarmingselementen
DC tungsten	ampère of watt DC	DC verlichting, DC verwarmingselementen
AC motor voor specifieke toepassing - definite-purpose motor	FLA (A volle belasting) en LRA (A geblokkeerde rotor)	AC compressormotor, AC niet-motorisch huishoudelijk apparaat of AC verwarmingselementen
DC motor voor specifieke toepassing - definite-purpose motor	FLA (A volle belasting) en LRA (A geblokkeerde rotor)	DC compressormotor, DC niet-motorisch huishoudelijk apparaat of DC verwarmingselementen
AC motor, uitvoering B, C of D	Horsepower	AC motor[a], AC motorisch huishoudelijk apparaat, AC niet-motorisch huishoudelijk apparaat, AC verwarmingselementen, AC TL-verlichting, AC voedingstransformator voor motorische belasting

Gebruikerscategorie		Geschikte type belastingen
Type	Eenheid	
AC motor, uitvoering E	Horsepower	AC motor, AC motorisch huishoudelijk apparaat, AC TL-verlichting, AC voedingstransformator voor motorische belasting
DC motor	Horsepower	DC motor, DC motorisch huishoudelijk apparaat, niet-motorisch huishoudelijk apparaat of DC verwarmingselementen

[a] Geschikt voor motoren in uitvoering E, indien nominale waarde volgens 33.2.4.
Bron: UL 508A, Tabel 33.1

Keuze en instelling van overbelastingsbeveiliging overeenkomstig UL 508A, hoofdstuk 34

Een overbelastingsrelais, thermisch of elektronisch, stand-alone of ingebouwd in een Manual self-protected combination motor controller, moet zijn goedgekeurd overeenkomstig UL 508.

Als een motor al is uitgerust met een ingebouwde overbelastingsbeveiliging, dan moet op de besturingskast worden aangegeven hoe deze beveiligingsfunctie opgenomen moet worden in de motorstuurstroomketen. Bovendien moet er een voorziening zijn om de overbelastingsbeveiliging aan te sluiten op de ongeaarde leidingen van de motorstuurstroomketen.

Als een motor beveiligd is via een impedantiemeting (I.P.) of een temperatuurmeting (T.P.) en de beveiliging hoeft niet op de motorstuurstroomketen te worden aangesloten, dan moet dit op de besturingskast worden aangegeven. In dat geval is een overbelastingsrelais niet verplicht.

Anders dan bij dimensioneren van de kabels of het selecteren van een kortsluitbeveiliging, is bij het instellen van het overbelastingsrelais de nominale stroom op de typeplaat van de motor bepalend.

Overbelastingsrelais spreken normaal gesproken aan bij 125% van de ingestelde nominale waarde van het relais. Deze factor is van belang bij het juist instellen van een overbelastingsrelais. Ook van belang is de servicefactor (SF) van de motor. Deze geeft aan met welke stroom de motor belast kan worden zonder beschadigd te raken en wordt aangegeven als factor van de stroom bij volle belasting. Een motor met een SF 1,15 bijvoorbeeld, kan continu belast worden met 115% van de nominale waarde. Een motor met SF 1,00 kan maar tot 100% belast worden.

In de NEC, hoofdstuk 430.32 staat dat motoren als volgt beveiligd moeten zijn tegen overbelasting:

- motoren met een servicefactor ≥ 1,15 ⇒ overbelastingsbeveiliging 125% van de nominale stroom van de motor
- motoren met een temperatuurstijging ≤ 40 °C ⇒ overbelastingsbeveiliging 125% van de nominale stroom van de motor
- alle andere motoren ⇒ overbelastingsbeveiliging 115 % van de nominale stroom van de motor

Als we deze eisen in de NEC combineren met de waarde waarbij een overbelastingsrelais aanspreekt, dan betekent dat:

- Voor een motor met SF 1,15 moet het overbelastingsrelais volgens de NEC aanspreken bij 125% van de nominale stroom van de motor. Als het overbelastingsrelais, zoals gebruikelijk, aanspreekt bij 125% van zijn ingestelde nominale stroom, dan is de juiste nominale stroom van het relais dus 1x de nominale stroom van de motor.
- Voor een motor met SF <1,15 moet het relais volgens de NEC aanspreken bij 115% van de nominale stroom van de motor. Dit is weer 125% van de ingestelde nominale stroom van het relais. De juiste nominale stroom van het relais is daarom 0,92x de nominale stroom van de motor. ⇒ 115% / 125% = 0,92

Een overbelastingstoestel moet altijd zo gekozen worden, dat hij ingesteld kan worden om aan te spreken bij 115% van de nominale stroom van de motor.

Keuze en instelling van kortsluitbeveiliging overeenkomstig UL 508A, hoofdstuk 31

De nominale stroom van een kortsluitbeveiligingstoestel moet de **laagste waarde** hebben van de waarden onder punt 1 en 2 hieronder.

1. Overeenkomstig motorstroom en percentages

a) Zoek de motorstroom op in tabel 6-1, Motorstroom onder volledige belasting in ampère in overeenstemming met de verschillende nominale AC-hp-waarden (pag. 99) voor wisselstroommotoren of tabel 6-2, Motorstroom onder volledige belasting in ampère in overeenstemming met de verschillende nominale DC-hp-waarden (pag. 100) (voor gelijkstroommotoren). Zie hoofdstuk Feeder circuit (pag. 97).

b) Zoek het toepasselijke percentage op in de tabel "Maximale nominale stroom voor kortsluitstroombeveiligingstoestel in motor branch circuit uitgedrukt als percentage van stroom onder volle belasting".

c) Vermenigvuldig de waarden onder punt a) en b) met elkaar.

Tabel 6- 5 Maximale nominale stroom voor kortsluitstroombeveiligingstoestel in motor branch circuit uitgedrukt als percentage van stroom onder volle belasting

Type kortsluitstroombeveiligingstoestel in het branch circuit	Nominale stroom [A]	Nominale stroom voor kortsluitstroombeveiligingstoestel in motor branch circuit uitgedrukt als percentage van stroom onder volle belasting	Opmerkingen
Snelle smeltveiligheid	0 … 600	300	Zie 31.3.7, 31.3.8, 31.3.9(a)
Snelle smeltveiligheid	groter dan 600	300	Zie 31.3.7, 31.3.8, 31.3.9(b)
Dual-elementsmeltveiligheid (tijdsvertraging) behalve klasse CC	Alle	175	Zie 31.3.7, 31.3.8, 31.3.9(c)
Dual-elementsmeltveiligheid (tijdsvertraging) klasse CC	0 … 30	300	Zie 31.3.7, 31.3.8, 31.3.9(a)
Inverse-time circuit breaker (automaat met stroomafhankelijke vertraging)	0 … 100	250	Zie 31.3.7, 31.3.8, 31.3.9(d)
Inverse-time circuit breaker (automaat met stroomafhankelijke vertraging)	groter dan 100	250	Zie 31.3.7, 31.3.8, 31.3.9(e)
Onvertraagde automaat	Alle	800	Zie 31.3.4, 31.3.9(f)
Self-protected combination motor controller	Alle	100	Zie 31.3.3
Handmatige motorbesturing met eigen beveiliging (Manual self-protected combination motor controller)	Alle	100	Zie 31.3.3

Bron: UL 508A, Tabel 31.1

2. Overeenkomstig de opgave van de fabrikant

Als de fabrikant van het toestel expliciete beveiligingsspecificaties geeft, bijvoorbeeld op stickers op de toestellen zelf, een temperatuurtabel van een overbelastingsrelais of geleverd bij het toestel (bijv. Certificate of Compliance), dan moet het kortsluitbeveiligingstoestel zo worden gekozen en gedimensioneerd dat het past bij de componenten in het branch circuit. Het toestel moet dus:

a) de nominale waarden hebben die de fabrikant opgeeft voor de te beschermen componenten en

b) van het type zijn dat de fabrikant opgeeft voor de te beschermen componenten.

Als de informatie van de fabrikant alleen de termen "fuse" of "circuit breaker" bevat, dan verwijzen deze naar smeltveiligheden overeenkomstig UL 248-4 tot -12 of -15 respectievelijk inverse-time circuit breakers (automaat met stroomafhankelijke vertraging) overeenkomstig UL 489

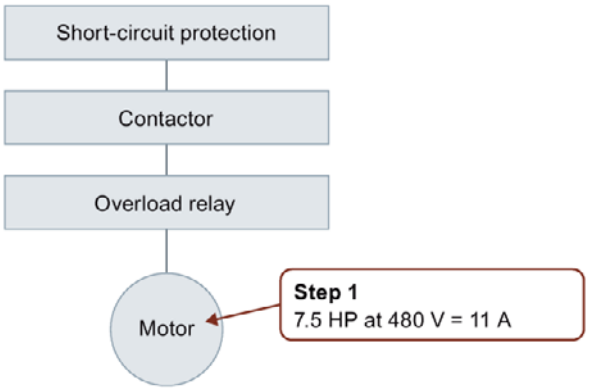
Voorbeelden van dimensioneringsregels



Nominaal vermogen:	7,5 hp
Spanning:	460 V
Stroom onder volle belasting (FLA):	8,8 A
Servicefactor:	1,15

Afbeelding 6-3 Siemens-motor

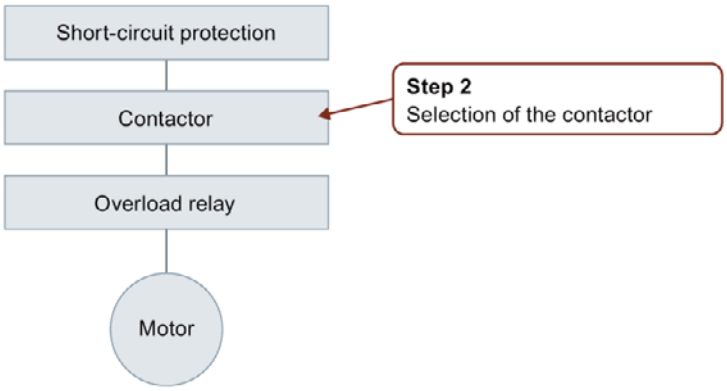
Stap 1 – Bepaal de motorstroom onder volle belasting met tabel 6-1, motorstroom onder volledige belasting in ampère in overeenstemming met de verschillende nominale AC-hp-waarden (pag. 99)



Afbeelding 6-4 Bepalen stroom onder volle belasting

Stap 2 – Motorbesturing selecteren

De contactor is bedoeld om motoren te schakelen. De nominale waarden zijn te vinden op het Certificate of Compliance.



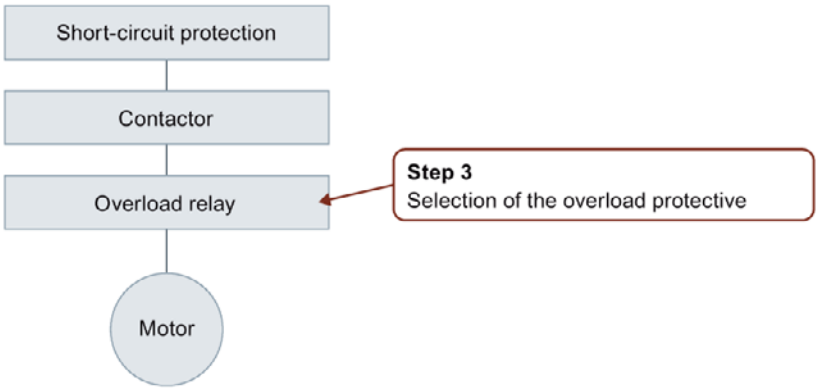
Afbeelding 6-5 Motorbesturing selecteren

Tabel 6- 6 Uittreksel uit UL Certificate of Compliance van de 3RT202… contactors van Siemens

spanning;	1-fase	3-fase	FLA / LRA
110 - 120 V	1-fase	-	16 / 96
200	1	-	11,5 / 69
208	1½	-	13,2 / 79,2
220 / 240 V	2	-	12 / 72
200 V	2	3	11,0 / 73,6
208 V	-	3	10,6 / 71
220 / 240 V	-	3	9,6 / 64
380 - 415 V	-	5	9,7 / 61
440 / 480 V	-	7½	11 / 63,5
550 / 600 V	-	10	11 / 64,8

Stap 3 – Overbelastingsbeveiligingstoestel selecteren

Er moet een thermisch overbelastingsrelais worden gebruikt.



Afbeelding 6-6 Overbelastingsbeveiligingstoestel selecteren

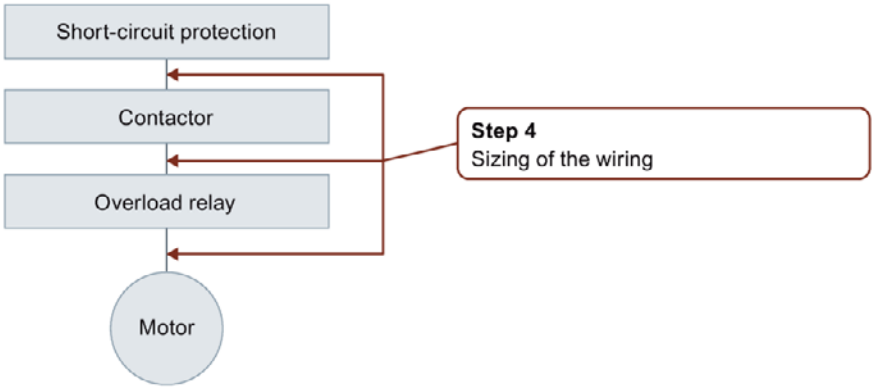
Uittreksel uit UL Certificate of Compliance van de 3RU2126… thermische overbelastingsrelais van Siemens

"These devices are open type 3-pole thermal overload relays. They are adjusted over a small range as indicated in the setting range table. They are provided with integral ambient compensated, non-replaceable thermal trip features and are suitable for providing overload protection. The trip current is 125 percent of the FLA shown on dial."

Aanspreekstroom =125%, servicefactor van de motor = 1,15⇒ **ingestelde waarde = 8,8 A**

→ Siemens Type 3RU2126-1J (stroominstelling 7 tot 10 A)

Stap 4 – Bedrading dimensioneren



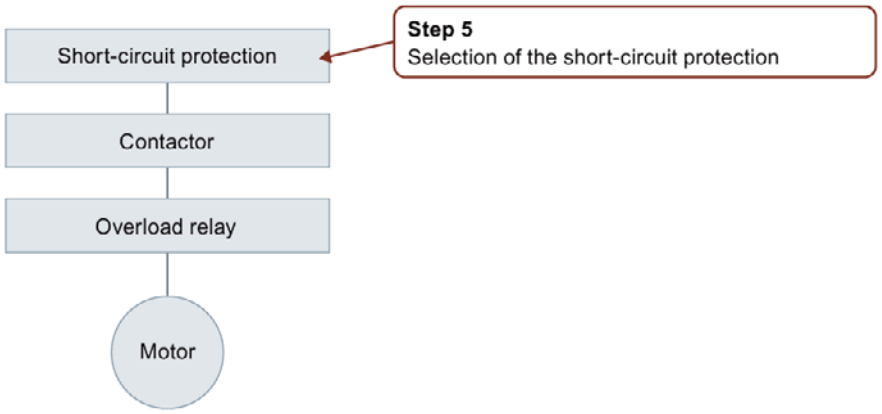
Afbeelding 6-7 Bedrading dimensioneren

De procedure voor het dimensioneren van de bedrading is beschreven hoofdstuk Dimensionering (pag. 234).

⇒ 125% van de motorstroom onder volle belasting (zie tabel 6-1, motorstroom onder volledige belasting in ampère in overeenstemming met de verschillende nominale AC-hp-waarden (pag. 99)) ⇒ 11 A x 1,25 = 13.75 A

Volgens tabel 11-5 Stroomcapaciteit van geïsoleerde leidingen (pag. 235), is de minimumdoorsnede in de hoofdstroomketen AWG 14. De leiding moet worden beveiligd met een kortsluitbeveiligingstoestel ≤ 15 A.

Stap 5 – Kortsluitbeveiligingstoestel selecteren



Afbeelding 6-8 Kortsluitbeveiligingstoestel selecteren

Het kortsluitbeveiligingstoestel moet zijn aangepast aan de componenten en leidingen van het motor branch circuit en zijn gedimensioneerd volgens tabel 6-5 Maximale nominale stroom voor kortsluitstroombeveiligingstoestel in motor branch circuit uitgedrukt als percentage van de stroom onder volle belasting (pag. 108) waarbij de motorstroom wordt bepaald met behulp van tabel 6-1 Motorstroom onder volledige belasting in ampère bij verschillende nominale AC-hp-waarden (pag. 99).

De inverse-time circuit breaker kan worden gedimensioneerd overeenkomstig tabel 6-5 Maximale nominale stroom voor kortsluitstroombeveiligingstoestel in motor branch circuit uitgedrukt als percentage van stroom onder volle belasting (pag. 108), in dit geval 250% van de motorstroom (zie tabel 6-1 Motorstroom onder volledige belasting in ampère bij verschillende nominale AC-hp-waarden (pag. 99)). ⇒ Maximale toegestane nominale waarde: 11 A x 2,5 = 27,5 A

Het kortsluitstroombeveiligingstoestel voor de contactor en dat voor het overbelastingsrelais moeten toegelaten zijn volgens de UL-norm.

Tabel 6- 7 Uittreksel uit UL Certificate of Compliance van de 3RT202… contactors van Siemens

*Type No.	Fuse Class J	Comb. Mot. Ctlr. 3RV201 or 3RV202[1)]	Bkr TM 3RV1742	Bkr 3RV1721, 3RV1821	Bkr TM 3RV27, 3RV28	Bkr I	Short Circuit	span-ning;
3RT2023		-				-	100 kA	600 V
	60 A			22 A	22 A	-	50 kA	480 V
		12,5 A			15 A	-	65 kA	480 V
				8 A	12,5 A	-	10 kA	600 V
			20 A			-	20 kA	600 V
		12,5 A				-	30 kA	600 V
3RT2024	60 A	-				-	100 kA	600 V
				22 A	22 A	-	50 kA	480 V
		12,5 A			**15 A**	-	65 kA	480 V
				12,5 A	12,5 A	-	10 kA	600 V
			20 A			-	20 kA	600 V
		12,5 A				-	30 kA	600 V

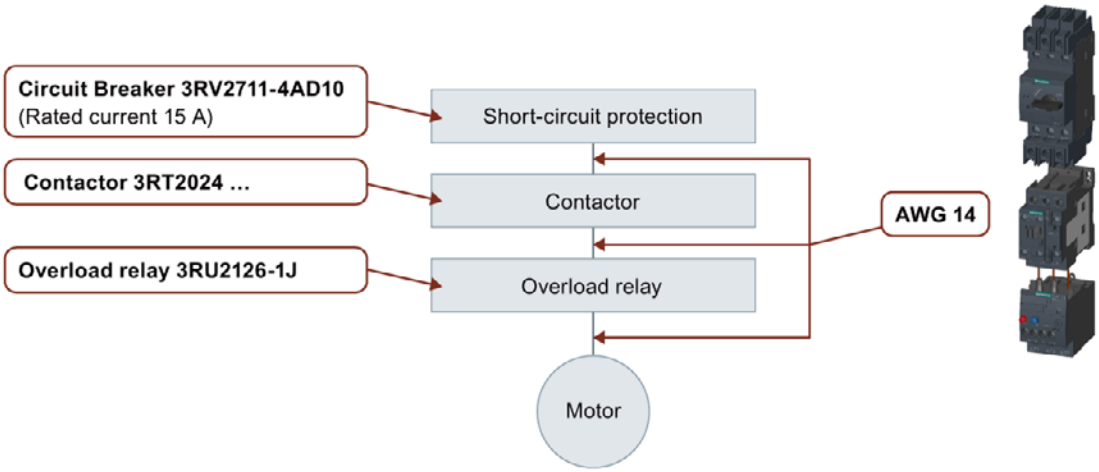
→ Automaat 3RV27… maximaal 15 A

Tabel 6- 8 Uittreksel uit UL Certificate of Compliance van de 3RU2126… thermische overbelastingsrelais van Siemens

HIC Short Circuit Ratings for Overload Relays with CB Siemens type 3RV. 480V.				
Overload Relay from to	Setting rating (A) (A)	Short Circuit Current	Voltage	Circuit Breaker type 3RV2711
3RU2126-1C	1,80 … 2,50	65 kA	480 V	15 A
3RU2126-1D	2,20 … 3,20	65 kA	480 V	15 A
3RU2126-1E	2,80 … 4,00	65 kA	480 V	15 A
3RU2126-1F	3,50 … 5,00	65 kA	480 V	15 A
3RU2126-1G	4,50 … 6,30	65 kA	480 V	15 A
3RU2126-1H	5,50 … 8,00	65 kA	480 V	15 A
3RU2126-1J	7,00 … 10,00	65 kA	480 V	15 A

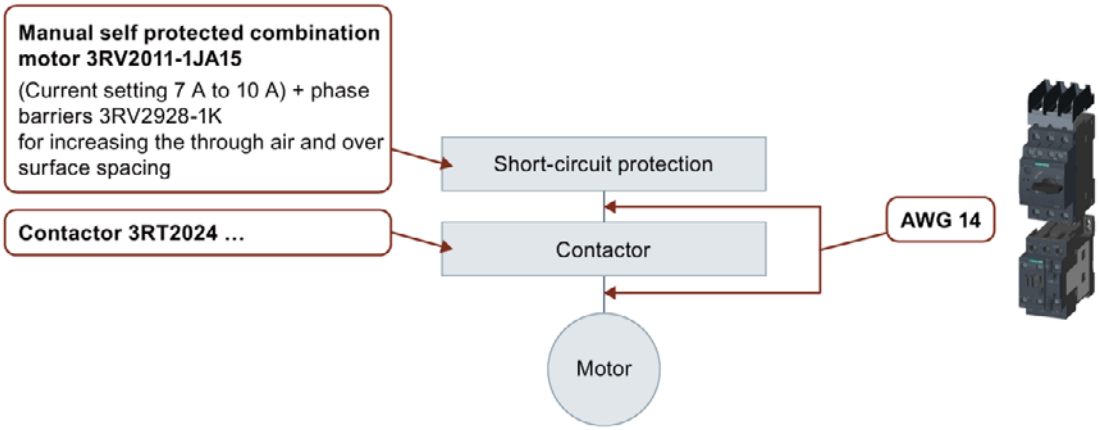
→ Automaat 3RV27… maximaal 15 A

Aangezien het kortsluitstroombeveiligingstoestel voor de leidingen ook niet meer dan 15 A mag zijn, komt het branch circuit er als volgt uit te zien:



Afbeelding 6-9 Volledig gedimensioneerd branch circuit

In een branch circuit van type F of E mogen het overbelastingsrelais en de kortsluitbeveiliging worden gecombineerd in een toestel. In dat geval moet de nominale stroom gelijk zijn aan die van het overbelastingsrelais.



Afbeelding 6-10 Motor branch circuit, type F

U vindt informatie over de toepassing van industriële besturingsapparatuur van Siemens in de UL Configuration Manual. U kunt de UL Configuration Manual downloaden op:

- Industrial Control Panels for North America - Application consulting (http://www.siemens.com/applicationconsulting/ul)
- USA: UL Training - Automation Technology US (http://www.usa.siemens.com/controlpaneldesign)

6.3.1.2 Groepsgewijze installatie

Overzicht

Groepsgewijze installatie betekent dat meerdere motoren of een of meer motoren samen met andere belastingen, door een gezamenlijk kortsluitbeveiligingstoestel worden beveiligd.

Het kortsluitbeveiligingstoestel moet een smeltveiligheid zijn overeenkomstig UL 248 – 4 … 12, 15 of een inverse-time circuit breaker overeenkomstig UL 489.

Dit betekent het volgende voor de vier basisfuncties van een motor branch circuit.

Tabel 6- 9 Basisfuncties van het motor branch circuit

Lastscheider	→ Elke motor afzonderlijk of 1 x gemeenschappelijk voor de hele groep
Kortsluitbeveiliging	→ 1 x gemeenschappelijk voor de hele groep, dimensionering hieronder beschreven
Motorbesturing	→ Elke motor afzonderlijk, voor dimensionering zie hoofdstuk Enkelvoudige installatie (pag. 105)
Overbelastingsbeveiliging	→ Elke motor afzonderlijk, voor dimensionering zie hoofdstuk Enkelvoudige installatie (pag. 105)

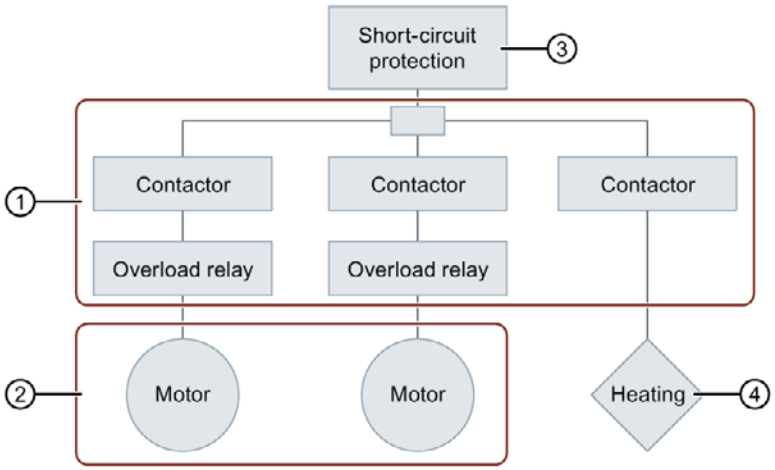
De gedetailleerde regels voor de opbouw vindt u in de NEC, UL 508A en in NFPA 79. Aangezien de regels in deze twee bronnen vrijwel hetzelfde zijn, beschrijven we hier alleen de procedure volgens UL 508A in meer detail. Als de NEC en NFPA 79 verschillen, dan wijzen we hier apart op.

Volgens UL 508A, hoofdstuk 31.4 zijn de volgende opties toegestaan.

Methode 1

- Kortsluitbeveiligingstoestel is niet zwaarder dan 20 A bij ≤ 125 V of 15 A bij ≤ 600 V
- Geen enkele motor > 6A
- Kortsluitbeveiligingstoestel geselecteerd volgens de specificatie van de fabrikant (typeplaat of UL-Certificate of Compliance) van de te beveiligen componenten (bijv. contactor of overbelastingsrelais)
- Een groep die niet-motorische belastingen bevat, moet voor ieder afzonderlijk niet-motorisch branch circuit voorzien zijn van een extra smeltveiligheid overeenkomstig UL 248 – 4 … 12, 15 of een inverse-time circuit breaker overeenkomstig UL 489 en moet worden gedimensioneerd volgens hoofdstuk 6.3.2.1 - 6.3.2.4.

  Uitzondering: als de nominale waarde van groepsgewijze beveiliging niet hoger is dan die in hoofdstuk 6.3.2.1 - 6.3.2.4, dan is deze extra kortsluitbeveiliging niet vereist.



Afbeelding 6-11 Groepsgewijze installatie methode 1

① **Stap 1:** Controleer of er bepaalde eisen voor de contactors en overbelastingsrelais gelden ten aanzien van de groepsgewijze installatie. Zo ja, ga verder met methode 3

→ **UL-Certificate of Compliance**

② **Stap 2:** a) Zoek de motorstroom op in tabel 6-1, Motorstroom onder volledige belasting in ampère in overeenstemming met de verschillende nominale AC-hp-waarden (pag. 99) of tabel 6-2, Motorstroom onder volledige belasting in ampère in overeenstemming met de verschillende nominale DC-hp-waarden (pag. 100), max 6 A.

③ **Stap 3:** ≤ 20 A bij max. 125 V of

≤ 15 A bij max. 600 V

④ **Stap 4:** Kortsluitbeveiligingstoestel voldoet aan de eisen in hoofdstuk 6.3.2.2

→ **Geen extra kortsluitbeveiliging nodig in het afzonderlijke branch circuit**

In de NEC, hoofdstuk 430.53 en in NFPA 79, hoofdstuk 7.2.10.2, staat dezelfde regel met als aanvulling dat er geen motor > 1 hp mag zijn aangesloten.

Methode 2

- Het kortsluitbeveiligingstoestel voldoet voor alle motoren in de groep aan de regels voor enkele installatie zoals beschreven in hoofdstuk Enkelvoudige installatie (pag. 105).
- De stroomcapaciteit van de leidingen naar de individuele belastingen mag niet minder zijn dan $^1/_3$ van de leidingen in het branch circuit van de groep.

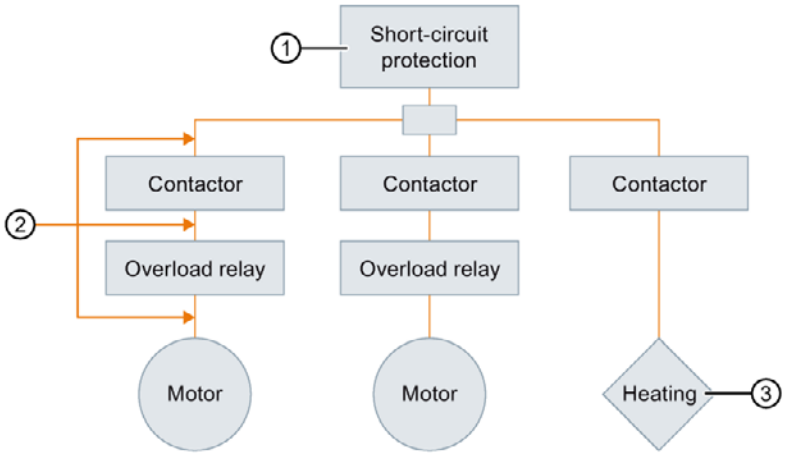
  Uitzondering: als er een manual motor controller overeenkomstig UL 508 met de vermelding "Suitable for tap conductor protection" in de afzonderlijke branch circuits zijn opgenomen, dan mag de stroomcapaciteit voor elk branch circuit gedimensioneerd worden op $^1/_{10}$ van de nominale stroom van de kortsluitbeveiliging voor de hele groep van het branch circuit.

  De leidingen aan de belastingszijde van de manual motor controller moeten een stroomcapaciteit hebben van minstens 125% van de motorstroom, zoals vermeld in tabel 6-1, Motorstroom onder volledige belasting in ampère in overeenstemming met de verschillende nominale AC-hp-waarden (pag. 99) of tabel 6-2, Motorstroom onder volledige belasting in ampère in overeenstemming met de verschillende nominale DC-hp-waarden (pag. 100).

LET OP
Niet-motorische belastingen Voor non-motorische belastingen mag de doorsnede slechts tot $^1/_3$ worden verkleind.

- Niet-motorische belastingen: zoals beschreven bij methode 1.

Zonder "Manual motor controller (MMC) suitable for tap conductor protection" is de opbouw als volgt.



Afbeelding 6-12 Groepsgewijze installatie zonder beveiliging uitgangsleidingen volgens methode 2

① **Stap 1:** Kortsluitbeveiliging op basis van de nominale motorstroom volgens tabel 6-1 Motorstroom onder volledige belasting in ampère in overeenstemming met de verschillende nominale AC-hp-waarden (pag. 99), gedimensioneerd overeenkomstig tabel 6-5 Maximale nominale stroom voor kortsluitstroombeveiligingstoestel in motor branch circuit uitgedrukt als percentage van stroom onder volle belasting (pag. 108).

② **Stap 2:** Stroomcapaciteit van de leiding = $^1/_3$ van die van het branch circuit voor de groep

③ **Stap 3:** Kortsluitbeveiligingstoestel voldoet aan de eisen in hoofdstuk 6.3.2.2

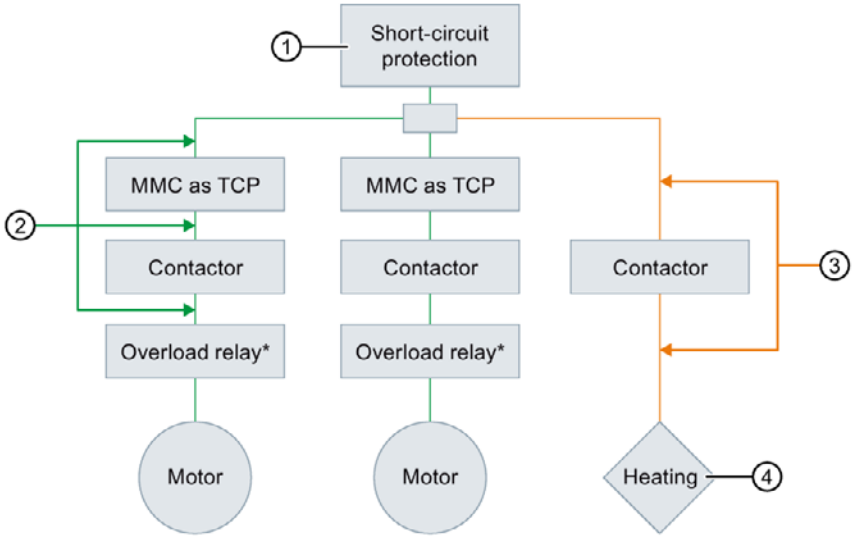
→ Geen extra kortsluitbeveiliging nodig in het afzonderlijke branch circuit

Deze regel is op vergelijkbare wijze beschreven in de NEC, hoofdstuk 430.53 en in NFPA 79, hoofdstuk 7.2.10.5.

In deze normen geldt de $^1/_3$-regel alleen als de lengte van de dunnere leiding ≤ 7,5 m (25 ft.), gerekend vanaf het punt waar de leiding dunner wordt tot aan het overbelastingsrelais.

→ Als de lengte van de leiding > 7,5 m (25 ft.), dan mogen leidingen in de afzonderlijke branch circuits geen kleinere doorsnede hebben.

Met "Manual motor controller (MMC) suitable for tap conductor protection" is de opbouw als volgt.



Afbeelding 6-13 Groepsgewijze installatie met beveiliging uitgangsleidingen volgens methode 2

① **Stap 1:** Kortsluitbeveiliging op basis van de nominale motorstroom volgens tabel 6-1 Motorstroom onder volledige belasting in ampère in overeenstemming met de verschillende nominale AC-hp-waarden (pag. 99), gedimensioneerd overeenkomstig tabel 6-5 Maximale nominale stroom voor kortsluitstroombeveiligingstoestel in motor branch circuit uitgedrukt als percentage van stroom onder volle belasting (pag. 108).

② **Stap 2:** Stroomcapaciteit van de leiding = $^1/_{10}$ van de nominale stroom van het kortsluitstroombeveiligingstoestel voor het branch circuit onder punt 1

③ **Stap 3:** Stroomcapaciteit van de leiding = $^1/_3$ van die van het branch circuit

④ **Stap 4:** Kortsluitbeveiligingstoestel voldoet aan de eisen in hoofdstuk Verwarmingselementen (pag. 130)

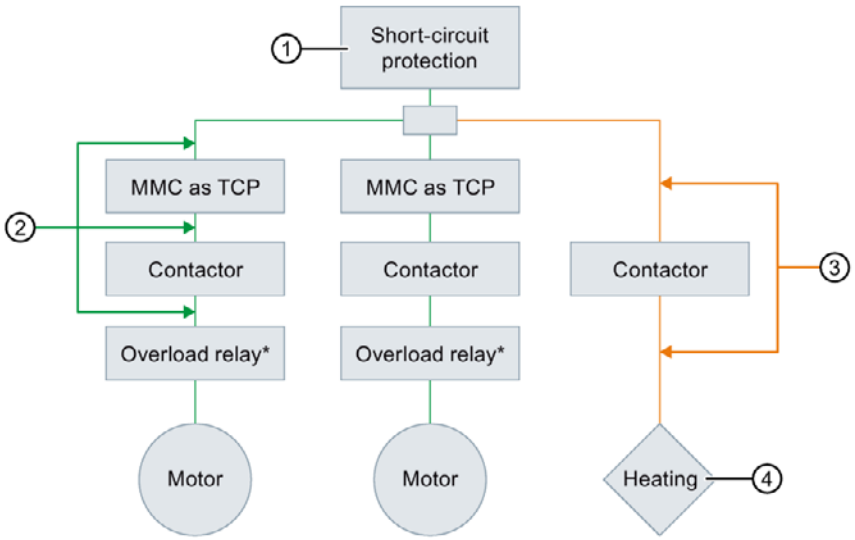
→ Geen extra kortsluitbeveiliging nodig in het afzonderlijke branch circuit

* Kan ook zijn ingebouwd in de manual motor controller

Methode 3

- Alle componenten aan de belastingszijde van het kortsluitbeveiligingstoestel zijn volgens de specificaties van de fabrikant goedgekeurd voor groepsgewijze installatie. Zie de typeplaat van de componenten, het Certificate of compliance en ook de temperatuurstijgingstabel in het geval van overbelastingsrelais.
- De leiding is gedimensioneerd als in methode 2.
- Niet-motorische belastingen als in methode 1 en 2.
- De nominale waarde van het kortsluitbeveiligingstoestel mag niet hoger zijn dan laagste van de volgende twee waarden.
  - Bepaal de motorstroom met behulp van tabel 6-1, Motorstroom onder volledige belasting in ampère in overeenstemming met de verschillende nominale AC-hp-waarden (pag. 99) of tabel 6-2, Motorstroom onder volledige belasting in ampère in overeenstemming met de verschillende nominale DC-hp-waarden (pag. 100).

    De nominale stroom is maximaal gelijk aan de stroom overeenkomstig tabel 6-5 Maximale nominale stroom voor kortsluitstroombeveiligingstoestel in motor branch circuit uitgedrukt als percentage van stroom onder volle belasting (pag. 108) + de standaardstroom van de andere motoren + de nominale stroom van alle niet-motorische belastingen.
  - Het kleinste vereiste kortsluitbeveiligingstoestel voor alle componenten in de groep (typeplaat, UL-Certificate of compliance).



Afbeelding 6-14 Groepsgewijze installatie methode 3

① **Stap 1:** Kortsluitbeveiliging is de kleinste van:
- grootste motorstroom x de waarde uit tabel 6-5 Maximale nominale stroom voor kortsluitstroombeveiligingstoestel in motor branch circuit uitgedrukt als percentage van stroom onder volle belasting (pag. 108) + de som van alle andere belastingen
- Kleinste vereiste kortsluitbeveiliging van alle componenten in de groep

② **Stap 2:** Stroomcapaciteit van de leiding = $^1/_{10}$ van de nominale stroom van het kortsluit-stroombeveiligingstoestel voor het branch circuit onder punt 1

③ **Stap 3:** Stroomcapaciteit van de leiding = $^1/_3$ van die van het branch circuit

④ **Stap 4:** Kortsluitbeveiligingstoestel voldoet aan de eisen in hoofdstuk Verwarmingselementen (pag. 130)

→ **Geen extra kortsluitbeveiliging nodig in het afzonderlijke branch circuit**

* Kan ook zijn ingebouwd in de manual motor controller

6.3.1.3 Ster-driehoek startcombinaties

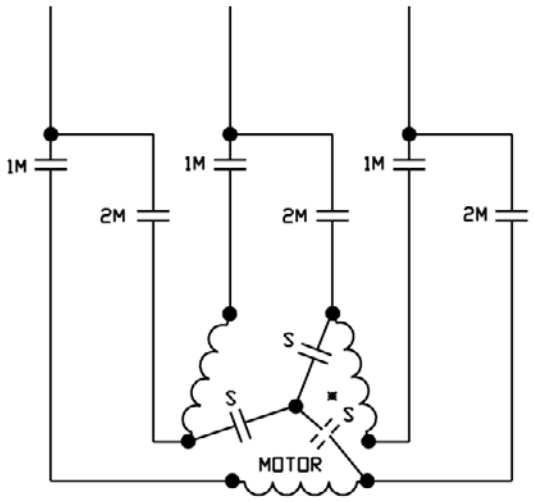
Het in ster-driehoek starten van motoren is een populaire manier om de aanloopstroom te beperken.

In UL 508A, hoofdstuk 33.5 staan 2 oplossingen; een met en een zonder stroomonderbreking tijdens het schakelen van ster naar driehoek. Deze overgangen worden respectievelijk "open-circuit" en "closed-circuit" genoemd.

Figure 33.1
Contactor sequencing

Figure 33.1 effective April 25, 2003

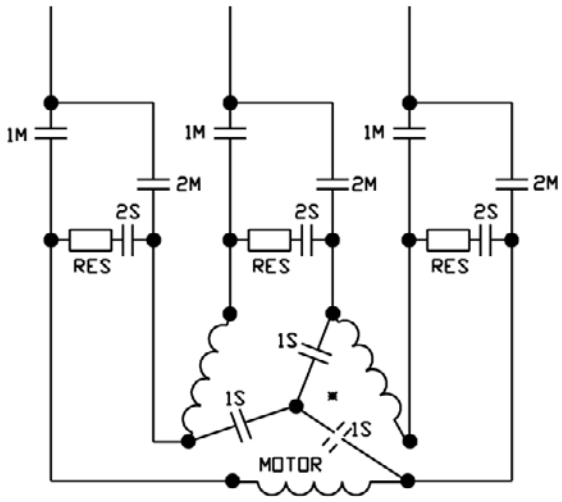
OPEN-CIRCUIT TRANSITION



* ALTERNATE METHOD

CONTACTOR SEQUENCE				
CON-TACTOR	START		TRAN-SITION	RUN
1M		X	X	X
2M				X
S	X			

CLOSED-CIRCUIT TRANSITION



* ALTERNATE METHOD

CONTACTOR SEQUENCE						
CON-TACTOR	START		TRANSITION			RUN
			1	2	3	
1M		X	X	X	X	X
2M					X	X
1S	X		X			
2S			X	X	X	

SM1261

Afbeelding 6-15 Ster-driehoekschakelingen volgens UL 508A (bron: UL 508A, Tabel 33.1)

Bij een closed-circuit overgang blijft de motor tijdens het omschakelen van ster naar driehoek, verbonden met het voedingssysteem via een extra contactor-weerstand eenheid (niet bedoeld voor stromen onder volle belasting).

De gebruikelijkste opzet is echter de open-circuit overgang. Closed-circuit overgang wordt gebruikt als de stroompieken die kunnen optreden als grote motoren van ster naar driehoek schakelen, niet toegestaan zijn.

Het is tegenwoordig goedkoper om in dergelijke gevallen in plaats daarvan een softstarter toe te passen. Ook Siemens heeft verschillende softstarters in zijn assortiment.

We beschrijven hier alleen de open-circuit overgang.

Dimensionering contactor

De aanloopstroom en de nominale stroom van de contactor moeten op elkaar zijn afgestemd volgens de tabel hieronder:

Tabel 6- 10 Dimensionering contactors voor ster-driehoek controller

Naam contactor	Vereiste nominale stroom contactor	
	aanloopstroom, LRA	uitschakelstroom, FLA
1M	0,3 x LRA van de motor	0,577 x de FLA van de motor
2M	0,577 x LRA van de motor	0,577 x de FLA van de motor
1S	Geen stroom	0,33 x LRA van de motor
2S	a	a
[a] Nominale stroom van de contactor moet bepaald worden op basis van de impedantie die gebruikt wordt.		

Bron: UL 508A, Tabel 33.2

Bepaal de nominale stroom van de contactor op basis van de motorstroom uit tabel 6-1, motorstroom onder volledige belasting in ampère in overeenstemming met de verschillende nominale AC-hp-waarden (pag. 99). De contactor moet goedgekeurd zijn voor de aanloopstroom. Deze is 6 maal de motorstroom onder volle belasting of de aanloopstroom (armature blocking current) zoals vermeld op de motor.

Als er contactors worden gebruikt met een gangbare nominale waarde en als de aanloopstroom niet groter is dan 6 x motorstroom onder volle belasting, dan zijn de dimensionering van de contactor en het nominale ster-driehoekvermogen af te lezen in onderstaande tabel.

Tabel 6- 11 Nominaal vermogen in hp van ster-driehoek-controllers bij gebruik van gangbare contactors

Grootte van de controller	Grootte van de contactor[a]		3-fasevermogen [hp]			
	M1 en M2	S	60 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz
			200 V	230 V	380 V	460 of 575 V
1YD	1	1	10	10	15	15
2YD	2	2	20	25	40	40
3YD	3	3	40	50	75	75
4YD	4	4	60	75	150	150
5YD	5	5	150	150	250	300
6YD	6	6	300	350	500	700
7YD	7	6	500	500	800	1000
8YD	8	7	750	800	1000	1500
9YD	9	8	1500	1500	2000	3000

OPMERKING - Voor motoren met een aanloopstroom die hoger is dan 6 maal de motorstroom onder volle belasting, moet tabel 33.2 worden gebruikt

[a] Zie tabel 33.4 voor nominale waarden in hp voor gangbare contactors

Bron: UL 508A, Tabel 33.3

Onderstaande tabel toont het minimale nominale vermogen in [hp] van gangbare contactors, zonder ster-driehoekschakeling.

Tabel 6- 12 nominaal vermogen in [hp] van gangbare vol-vermogen magnetische motorbesturingen

Grootte van de controller	3-fasevermogen [hp]			
	60 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz
	200 V	230 V	380 V	460 of 575 V
1	7-1/2	7-1/2	10	10
2	10	15	25	25
3	25	30	50	50
4	40	50	75	100
5	75	100	150	200
6	150	200	300	400
7	–	300	–	600
8	–	450	–	900
9	–	800	–	1600

OPMERKING - Voor motoren met een aanloopstroom die hoger is dan 6 maal de motorstroom onder volle belasting, moet tabel 33.2 worden gebruikt

Bron: UL 508A, Tabel 33.4

Overbelastingsbeveiliging

Volgens UL 508A, hoofdstuk 34.3.6, moet er een overbelastingsrelais aanwezig zijn aan de belastingszijde van contactor 1M. Deze moet gedimensioneerd zijn voor 0,577 x de motorstroom onder volle belasting.

De aanlooptijd van de motor moet overeenkomen met een overbelastingsrelais klasse 20 (20 s).

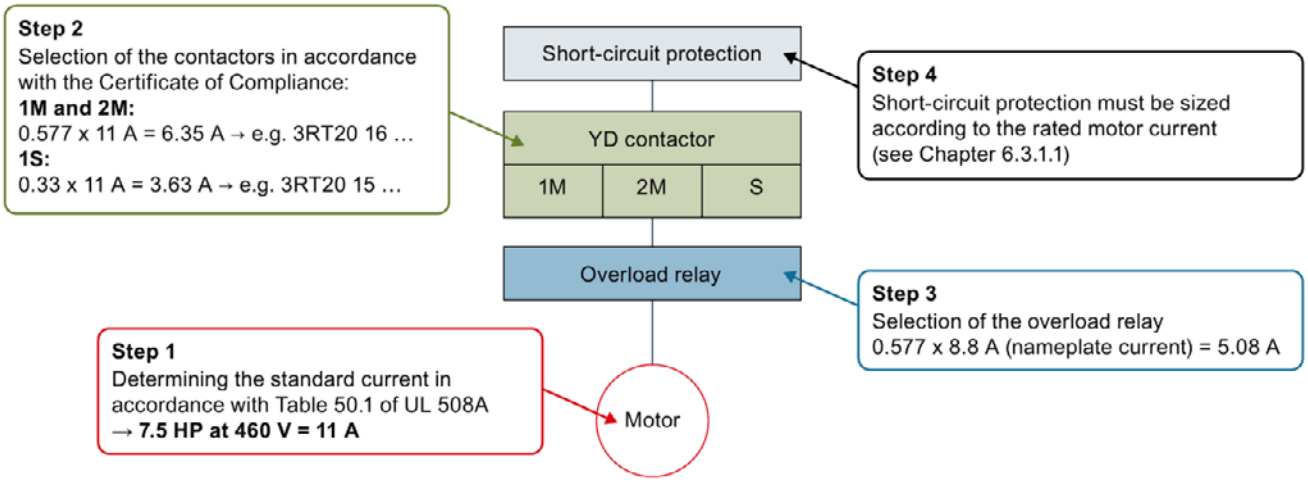
Voorbeeld

Dimensionering van een ster-driehoekcombinatie voor dezelfde motor als in het voorbeeld in het hoofdstuk Enkelvoudige installatie (pag. 105).



Nominaal vermogen:	7,5 hp
Spanning:	460 V
Stroom onder volle belasting (FLA):	8,8 A
Servicefactor:	1,15

Afbeelding 6-16 Siemens-motor



Afbeelding 6-17 Dimensionering van een ster-driehoekcombinatie

Opmerking

Volgens UL 508A, SB 4.2 is de ster-contactor niet van belang voor de bepaling van de nominale kortsluitstroom. Dit betekent dat, overeenkomstig het Certificate of Compliance, het kortsluitbeveiligingstoestel alleen geschikt moet zijn voor de lijn en de driehoek-contactor.

6.3.2 Niet-motorische belastingen

Het soort beveiliging voor niet-motorische belastingen hangt af van de desbetreffende belasting. In UL 508A wordt dit geregeld in hoofdstuk 31.5 - 31.8. In NFPA 79 wordt dit geregeld in hoofdstuk 7.

In onderstaande hoofdstukken wordt beschreven welke regels van toepassing zijn voor verschillende belastingen.

In het algemeen geldt dat alleen smeltveiligheden overeenkomstig UL 248-4…12, -15 of automaten overeenkomstig UL 489 zijn toegestaan als kortsluitbeveiliging voor niet-motorische belastingen.

6.3.2.1 Contactdozen

De eisen omtrent contactdozen worden in detail beschreven in het hoofdstuk Contactdozen voor toebehoren en onderhoud (pag. 265). Dit hoofdstuk beperkt zich ten aanzien van contactdozen tot de kortsluitbeveiliging.

Eisen uit UL 508A, hoofdstuk 31.5

De nominale waarde van de kortsluitbeveiliging van een contactdoos mag niet hoger zijn dan de nominale stroom van de contactdoos zelf.

De nominale waarde van het kortsluitbeveiligingstoestel voor een dubbele contactdoos of voor twee of meer contactdozen mag niet hoger zijn dan de nominale stroom van de contactdoos/contactdozen.

Uitzondering 1

Er mag een 20 A kortsluitbeveiligingstoestel worden gebruikt voor een 15 A contactdoos.

Uitzondering 2

Er mogen kortsluitstroombeveiligingstoestellen worden gebruikt met een lagere nominale stroom dan die van de contactdoos/contactdozen als die contactdozen bedoeld zijn voor een speciale belasting. De maximale stroom en de bedoelde belasting moeten bij de contactdoos zijn vermeld.



Afbeelding 6-18 Vermelding bij een contactdoos

Eisen uit NFPA 79, hoofdstuk 7

Voedingscircuits voor contactdozen voor onderhoudsdoeleinden moeten voorzien zijn van een kortsluitbeveiliging.

Voor ongeaarde contactdozen moet de kortsluitbeveiliging ≤ 15 A zijn.

Als kortsluitbeveiligingstoestel moet een smeltveiligheid overeenkomstig UL 248-4…12, -15 of een automaat overeenkomstig UL 489 worden gebruikt.

6.3.2.2 Verwarmingselementen

Eisen uit UL 508A, hoofdstuk 31.6.1

Ohmse verwarmingselementen (AC-1) moeten voorzien zijn van een branch circuit beveiliging die als volgt is gedimensioneerd:

1. minstens 125% van de nominale stroom van het verwarmingselement
2. niet zwaarder dan 60 A en
3. niet zwaarder dan de stroomcapaciteit van de bedrading (zie tabel 6-11 Nominaal vermogen in hp van ster-driehoek-controllers bij gebruik van gangbare contactors (pag. 125))

Dit betekent dat een verwarmingselement nooit een hogere nominale stroom dan 48 A kan hebben.

Uitzondering 1

Ohmse verwarmingselementen (AC-1) voor water of stoom met een ASME-rating (Amerikaanse beroepsvereniging van machinebouwers) moeten voldoen aan de volgende eisen.

- Kortsluitbeveiliging maximaal 150 A
- Behalve de nominale stroom moet ook het type belasting vermeld worden

  Voorbeelden: "Water heater with ASME vessel", "Steam boiler with ASME vessel", "Pipeline heater", "Industrial furnace" of soortgelijke aanduidingen.

Uitzondering 2

In het geval van verwarmingselementen voor industriële ovens, pijpleidingen of vaten/boilers, outdoor-ontdooisystemen of sneeuwsmeltsystemen waarbij het verwarmingselement niet opgedeeld kan worden in delen ≤ 48 A, hoeft de dimensionering van het kortsluitbeveiligingstoestel alleen te voldoen aan UL 508A, hoofdstuk 31.6.1 (zie punt 1 en punt 2 hierboven).

Uitzondering 3

Kortsluitbeveiligingstoestellen > 60 A kunnen in een industriële besturingskast worden gebruikt als in het bekabelingsschema buiten de kast extra kortsluitbeveiligingstoestellen ≤ 60 A zijn opgenomen.

Eisen uit NFPA 79, hoofdstuk 7.2.11.2

Verwarmingselementen > 48 A moeten worden opgedeeld. De kortsluitbeveiligingstoestellen voor de opgedeelde belastingen mogen niet zwaarder zijn dan 60 A.

Uitzondering

Een enkel buisverwarmingselement dat meer dan 48 A verbruikt, moet worden beveiligd met maximaal 125% van de nominale stroom en het element moet onderdeel uitmaken van en opgesloten zijn in de behuizing van de machine.

Alle kortsluitbeveiligingstoestellen voor de opgedeelde belastingen moeten aan de volgende eisen voldoen:

1. gemonteerd in of aan de machine of als afzonderlijke eenheid
2. toegankelijk (maar niet vrij toegankelijk)
3. goedgekeurd voor kortsluitbeveiliging

Als kortsluitbeveiligingstoestel moet een smeltveiligheid overeenkomstig UL 248-4…12, -15 of een automaat overeenkomstig UL 489 worden gebruikt.

6.3.2.3 Overstroombeveiliging voor overige belastingen (appliance loads)

De kortsluitbeveiliging voor een niet-motorische belasting, niet beschreven in hoofdstuk 6.3.2.1/2/4/5/6, moet worden gedimensioneerd overeenkomstig UL 508A, hoofdstuk 31.7. D.w.z.:

1. overeenkomstig de aanduiding op het apparaat of (indien niet aanwezig)
2. max. 20 A voor apparaten met een nominale stroom van minder dan 13,3 A of
3. max. 150% voor apparaten met een nominale stroom van meer dan 13,3 A

Uitzondering 1

Apparaten met een voedingskabel en een steker worden beveiligd via de contactdoos (zie hoofdstuk Contactdozen (pag. 128)).

Uitzondering 2

Als de nominale stroom zoals berekend onder punt 3, niet overeenkomt met een standaardbeveiligingstoestel, dan kan het eerstvolgende zwaardere model worden gebruikt.

In NFPA 79, hoofdstuk 7.11.1 staat de volgende eis:

in een branch circuit voor een niet-motorische belasting > 16,7 A mag de kortsluitbeveiliging niet hoger zijn dan 150% van de nominale stroom van de belasting.

6.3.2.4 Overstroombeveiliging voor verlichting

Verlichtingscircuits worden in UL 508A, hoofdstuk 31.8 beschreven.

De nominale stroom van kortsluitbeveiligingstoestellen voor standaardgloeilampen of TL-verlichting mag maximaal 20 A zijn en niet hoger dan de stroomcapaciteit van de leidingen.

De nominale stroom van kortsluitbeveiligingstoestellen voor met "heavy duty" aangeduide fittingen voor TL-verlichting of infraroodlampen, mag maximaal 50 A zijn en niet hoger dan de stroomcapaciteit van de leidingen.

Volgens NFPA 79, hoofdstuk 7.2.6 moet de beveiliging van verlichtingscircuits ≤ 15 A.

In hoofdstuk Verlichting besturingskast en machine (pag. 269) staan meer eisen die aan verlichting worden gesteld.

6.3.2.5 Frequentieomvormers, servomotoren en halfgeleiderapparaten

Frequentieomvormers moet zijn goedgekeurd volgens UL 508C en halfgeleiderapparaten volgens UL 508.

Eisen volgens UL 508A

Branch circuit (kortsluit)beveiliging

Volgens UL 508A, hoofdstuk 31.3.2, moet voor frequentieomvormers het type en de dimensionering van de beveiliging in het branch circuit overeenkomen met de voorschriften van de fabrikant van de frequentieomvormer (bijv. in het UL Certificate of Compliance).

Short Circuit Ratings are provided as follows:

Table A

Part No. / model	Volts	SCCR	Protective Device			
				current rating	class or model	voltage / SCCR
6SL3130-1TE24-0A..	480	65 kA	Fuse	100A	Class J	600Vac 200kA
	480	65 kA	C.B.		3VL2110-2KN30	480Vac 65kA
	480	65 kA	C.B.		3VL2110-3KN30	480Vac 100kA

C.B. = circuit breaker

Afbeelding 6-19 Uittreksel uit een UL-rapport voor een Siemens Sinamics Basic Line Module

Als de fabrikant geen kortsluitbeveiligingstoestel met bijbehorende nominale stroom specificeert, dan moet een inverse-time circuit breaker volgens UL 489 worden toegepast of een smeltveiligheid volgens UL 248-4…12, -15.

In dat geval mag het kortsluitbeveiligingstoestel niet zwaarder zijn dan de stroom onder volle belasting, vermenigvuldigd met waarde uit tabel 6-6 Uittreksel uit UL Certificate of Compliance van de 3RT202… contactors van Siemens (pag. 111).

Uitzondering 1

Als er al een inverse-time circuit breaker, een branch circuit smeltveiligheid of een halfgeleiderzekering in de frequentieomvormer is ingebouwd, dan is er geen aparte kortsluitbeveiliging nodig.

Uitzondering 2

Tenzij de fabrikant anderszins voorschrijft, is er bij een frequentieomvormer geen kortsluitbeveiliging in de gelijkstroomvoeding van de "common bus" omvormer nodig.

Kortsluitbeveiliging van halfgeleider-contactors en softstarters moet gedimensioneerd worden overeenkomstig het UL Certificate of Compliance van de fabrikant.

Overbelastingsbeveiliging

Moet, indien ingebouwd in het apparaat, in het UL-rapport zijn gespecificeerd.

```
-     This equipment is capable of providing internal motor overload
      protection according to UL508C. The marking shall indicate protection
      level in percent of full-load current & instructions for adjustment.
```

Afbeelding 6-20 Uittreksel uit een UL-rapport voor een Siemens Sinamics G120D drive

Eisen in NFPA 79

Overbelastingsbeveiliging

- Voor iedere motor moet een overbelastingsbeveiliging aanwezig zijn
- Als de overbelastingsbeveiliging in het apparaat is ingebouwd, dan is er geen extra beveiliging vereist
- Iedere motor in een motorgroep moet zijn eigen overbelastingsbeveiliging hebben

Temperatuurbeveiliging

Servoaandrijvingen moeten met een van de volgende maatregelen worden beveiligd tegen oververhitting:

- ingebouwde thermistorbeveiliging
- servoaandrijving met beveiliging met geheugenfunctie tegen overbelasting en te hoog toerental of kabelverlies door oververhitting
- temperatuurrelais met sensors in de motor
- motor met koeling

Opmerking

De leidingen moeten beveiligd zijn en er moet ook een beveiliging tegen oververhitting zijn.

Systemen voor motorkoeling (bijv, lucht- of waterkoeling) moeten beveiligd zijn tegen uitvallen van de koelfunctie.

Iedere motor in een motorgroep moet zijn eigen oververhittingsbeveiliging hebben

In de volgende gevallen is automatisch opnieuw starten niet toegestaan:

- niet getest met de motor
- er kan een gevaar voor personen optreden

Opmerking

Uitschakelen in het geval van een fout, mag het gevaar niet vergroten. Als dit het geval kan zijn, dan moet een alarm op hoger niveau ervoor zorgen dat de machine gecontroleerd uitgeschakeld wordt.

6.3.2.6 Voedingstransformatoren

Transformatoren in de hoofdstroomketen moeten zijn goedgekeurd volgens UL 508A, hoofdstuk 35.1 en UL 5085-1/2 of UL 1561.

Beveiliging uitsluitend aan primaire zijde

In UL 508A, hoofdstuk 35.2 wordt in de volgende gevallen alleen een beveiliging aan primaire zijde voorgeschreven:

- tweepolig en slechts één spanning aan de secundaire zijde
- driepolige, driefasige enkele spanning aan de secundaire zijde waarbij zowel primaire zijde als secundaire zijde in driehoek geschakeld zijn.

Het kortsluitstroombeveiligingstoestel moet een branch circuit smeltveiligheid volgens UL 248-4…12, -15 of een inverse-time circuit breaker volgens UL 489 zijn, en moet worden gedimensioneerd volgens UL 508A (zie onderstaande tabel).

Tabel 6- 13 Dimensionering branch circuit beveiliging uitsluitend aan primaire zijde

Primaire stroom voedingstransformator [A]	Nominale stroom branch circuit beveiliging als percentage van primaire stroom
9 of hoger	125[a]
2 … 8,99	167
lager dan 2	300

[a] Als de berekende stroom voor de branch circuit beveiliging niet overeenkomt met een standaardwaarde voor een smeltveiligheid of niet instelbare automaat, dan kan de eerstvolgende hogere waarde worden gebruikt. Zie 31.3.8 voor standaardwaarden voor branch circuit kortsluitstroombeveiligingstoestellen.

Bron: UL 508A, Tabel 35.1

De leidingen aan de secundaire zijde van de transformator moeten gedimensioneerd zijn overeenkomstig tabel 11-7 Stroomcapaciteit koperen leidingen met een temperatuur van de isolatie van 60 °C, 75 °C of 90 °C, bij een omgevingstemperatuur van 30 °C (pag. 239) en

overeenkomstig het kortsluitstroombeveiligingstoestel aan primaire zijde. Hierbij moet natuurlijk rekening gehouden worden met de transformatieverhouding.

Beveiliging aan primaire en secundaire zijde

Beveiliging aan primaire en secundaire zijde is verplicht als de transformator meerdere secundaire windingen of aftakkingen heeft.

Het kortsluitstroombeveiligingstoestel moet een branch circuit smeltveiligheid volgens UL 248-4…12, -15 of een inverse-time circuit breaker volgens UL 489 zijn. Het kortsluitstroombeveiligingstoestel moet worden gedimensioneerd volgens UL 508A (zie onderstaande tabel) of volgens UL 248-4…12, -15 als er meer dan één branch circuit smeltveiligheid of inverse-time circuit breaker volgens UL 489 is. De nominale stroom van alle kortsluitbeveiligingstoestellen samen moet overeenkomen met de waarden in onderstaande tabel.

Tabel 6- 14 Dimensionering branch circuit beveiliging aan primaire en secundaire zijde van een voedingstransformator

Primaire zijde		Secundaire zijde	
Nominale stroom [A]	Branch circuit beveiliging, percentage van nominale stroom	Nominale stroom [A]	Branch circuit beveiliging, percentage van nominale stroom
9 of hoger	250	9 of hoger	125[a]
2 … 8,99	250	lager dan 9	167
lager dan 2	300	–	–

[a] Als de berekende stroom voor de branch circuit beveiliging niet overeenkomt met een standaardwaarde voor een smeltveiligheid of niet instelbare automaat, dan kan de eerstvolgende hogere waarde worden gebruikt. Zie 31.3.8 voor standaardwaarden voor branch circuit kortsluitstroombeveiligingstoestellen.

Bron: UL 508A, Tabel 35.2

6.4 Kortsluitwaarde (SCCR) en berekening

Volgens de NEC, hoofdstuk 409.110 moet iedere industriële besturingskast een aanduiding voor de kortsluitwaarde (SCCR-waarde) hebben. De opgegeven waarde moet aan een van de volgende eisen voldoen:

- komt overeen met een gelist en gelabeld apparaat of
- is berekend volgens een goedgekeurde methode

De achtergrond hiervan is brandveiligheid en persoonlijke veiligheid. Er moet worden vermeden dat de industriële besturingskast wordt aangesloten op een stroombron met een mogelijke kortsluitstroom die groter is dan de berekende SCCR-waarde van de besturingskast.

Een goedgekeurde methode is bijvoorbeeld die volgens UL 508A, supplement SB.

De vereiste SCCR-waarde hangt af van de voedingstransformator. De klant moet deze waarde als specificatie opgeven aan de bouwer van de kast.

Bij het bepalen van de SCCR-waarde moet rekening worden gehouden met alle componenten in de hoofdstroomketen. De component met de kleinste SCCR-waarde bepaalt de SCCR-waarde van de gehele besturingskast.

Sectie SB4.2.1 en tabel SB4.1 van UL 508A bevatten onderstaande opsomming van componenten die deel uitmaken van de hoofdstroomketen.

- Netscheiders
- Supplementary Protectors
- Beveiligingstoestellen in het branch circuit
- Busbars
- Zekeringhouders
- Stroommeters
- Besturingen
- Stroommeetweerstanden
- Motoroverbelastingsrelais
- Industriële besturingsapparatuur
- Contactdozen
- Klemmenstroken en verdeelblokken

Uitzondering 1

- Voedingstransformatoren
- Spoelen
- Stroomtransformatoren
- Droge condensatoren
- Weerstanden
- Varistors
- Spanningsmeters

Uitzondering 2

De ster-contactor van een ster-driehoek motorbesturing

Uitzondering 3

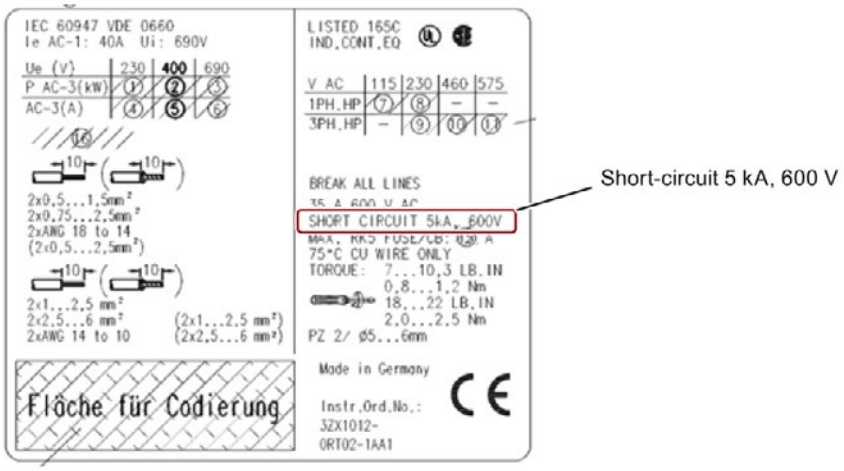
Airconditioners voor de kast en multi-motor- en combinatiebelastingen die zijn aangesloten met een voedingskabel met steker of die gevoed worden via een branch circuit dat beveiligd is met 60 A of minder, hoeven geen SCCR-waarde te krijgen.

In sectie SB3.2.1 van UL 508A wordt ook uitgelegd dat het primaire kortsluitbeveiligingstoestel voor de stuurstroomketen ook meegenomen moet worden in de berekening van de SCCR-waarde van de hoofdstroomketen. Daarom wordt de SCCR-waarde van de kortsluitbeveiligingstoestellen aan de primaire zijde van de besturingstransformator (exclusief de 'supplementary protectors recognized' volgens UL 1077 of 'supplemental fuses recognized' volgens UL 248-13) ook meegenomen in de berekening van de SCCR-waarde van de besturingskast. Componenten in de stuurstroomketen achter deze toestellen worden niet meegenomen in de berekening van de SCCR-waarde.

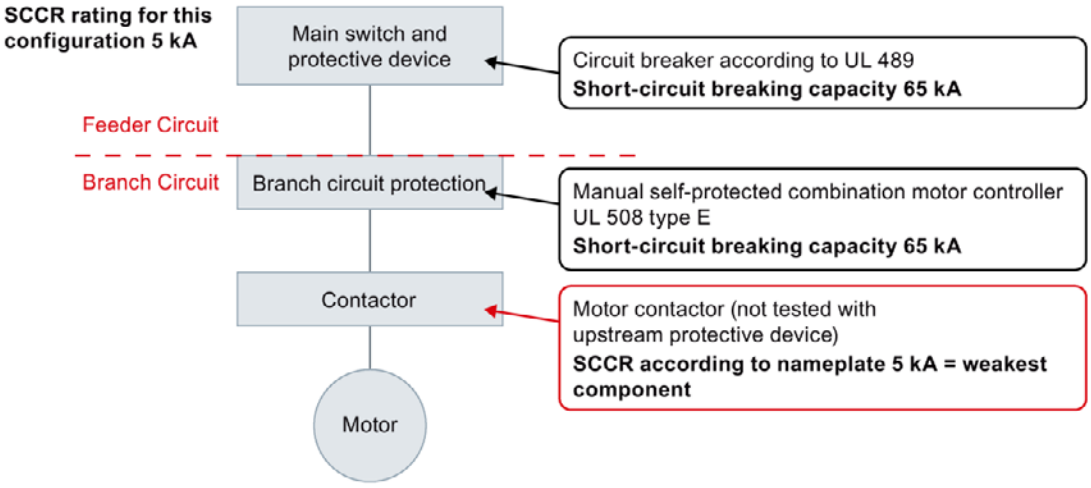
De SCCR-waarde van afzonderlijke componenten kan op vier manieren worden bepaald.

1. Op basis van de SCCR-waarde die op de component of op het bijbehorende datablad is vermeld

Op de meeste kortsluitstroombeveiligingstoestellen voor hoofdstroomketens staat de SCCR-waarde vermeld op de voorzijde of op de typeplaat.



Afbeelding 6-21 Voorbeeld van een vermelding op een 3RT contactor



Afbeelding 6-22 Voorbeeld van "Bepalen SCCR-waarde op basis van vermeldingen op de componenten"

2. Op basis van veronderstelde SCCR

Voor componenten zonder aanduiding kan de maximaal te veronderstellen SCCR-waarde worden gebruikt overeenkomstig onderstaande tabel.

Tabel 6- 15 maximaal te veronderstellen SCCR-waarde voor componenten zonder aanduiding

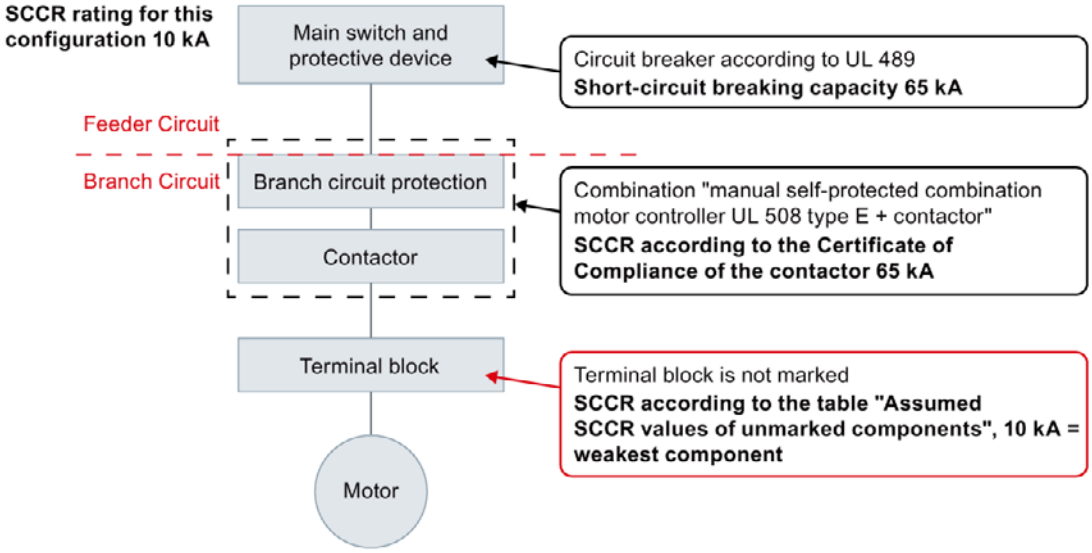
Component	SCCR-waarde [kA]
Busbars	10
Automaten (waaronder type GFCI)	5
Stroommeters	a
Stroommeetweerstanden	10
Zekeringhouders	10
Industriële besturingsapparatuur	
a. Hulptoestellen (overbelastingsrelais)	5
b. Schakelaars (behalve kwikschakelaars)	5
c. Kwikschakelaars	
> 60 A of > 250 V	5
≤ 250 V of ≤ 60 A en > 2 kVA	3,5
≤ 250 V en ≤ 2 kVA	1
Motorbesturing, nominaal vermogen in hp (kW)	
a. 0 … 50 (0 … 37.3)	5[c]
b. 51 … 200 (38 … 149)	10[c]
c. 201 … 400 (150 … 298)	18[c]
d. 401 … 600 (299 … 447)	30[c]
e. 601 … 900 (448 … 671)	42[c]
f. 901 … 1500 (672 … 1193)	85[c]
Stroommetervoet	10
Miniatuur- of overige smeltveiligheid	10[b]
Contactdoos (GFCI type)	2
Contactdoos (behalve GFCI type)	10
Supplementary Protector	0,2
Schakeleenheid	5
Klemmenstrook en verdeelblok	10

[a] Een SCCR-rating is niet vereist indien aangesloten via een stroomtransformator of meetweerstand. Als de meter rechtstreeks is aangesloten, moet deze een SCCR-rating hebben.

[b] Miniatuursmeltveiligheden mogen alleen gebruikt worden in 125 V-circuits.

[c] Standaard nominale foutstroom voor motorbesturingen met het vermelde nominale vermogen.

Bron: UL 508A, tabel SB4.1



Afbeelding 6-23 Voorbeeld van "Bepalen SCCR-waarde op basis van veronderstelde SCCR"

3. Op basis van geteste combinatie van toestellen volgens UL 508

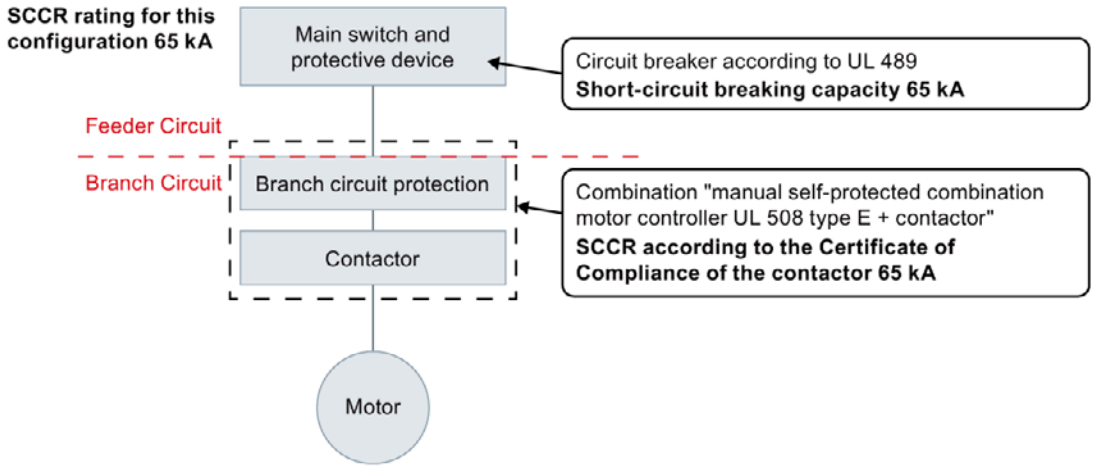
Als een component in de hoofdstroomketen een te lage SCCR-waarde heeft, dan moeten er maatregelen worden getroffen om deze te corrigeren. Er moet een passend kortsluitstroombeveiligingstoestel in het circuit vóór de desbetreffende component worden geplaatst, zodat de SCCR-waarde van de combinatie hoger is dan die van de component alleen. In het UL Certificate of Compliance van de component met de te lage SCCR-waarde staat vermeld welk kortsluitstroombeveiligingstoestel geschikt is om de SCCR-waarde te verhogen.

Voorbeeld: Een 3RT2015… contactor heeft standaard een SCCR-waarde van 5 kA, zoals vermeld op de typeplaat. In het UL Certificate of Compliance staat met welke kortsluitstroombeveiligingstoestellen de SCCR-waarde kan worden verhoogd. Zo wordt bijvoorbeeld een SCCR-waarde van 65 kA bij 480 V bereikt als de contactor wordt beveiligd met een 3RV2.1 of 3RV2.2 combination motor controller max. 16 A.

High Capacity Short Circuit Ratings:

			Circuit Breaker					
Type No.	Fuse Class J	Comb. Mtr. Ctlr. 3RV2.1 or 3RV2.2	Bkr TM 3RV1742	Bkr TM 3RV1721, 3RV1821	Bkr TM 3RV2711, 3RV2811	Bkr I	Short Circuit	Voltage
3RT2015	25 A					-	100 kA	600 V
			10 A			-	42 kA	480 V
				22 A		-	50 kA	480 V
		16 A			15 A	-	65 kA	480 V
				8 A	3.2 A	-	10 kA	600 V
		12.5 A				-	30 kA	600 V

Afbeelding 6- 24 Uittreksel uit Certificate of Compliance van de 3RT2015… contactor van Siemens



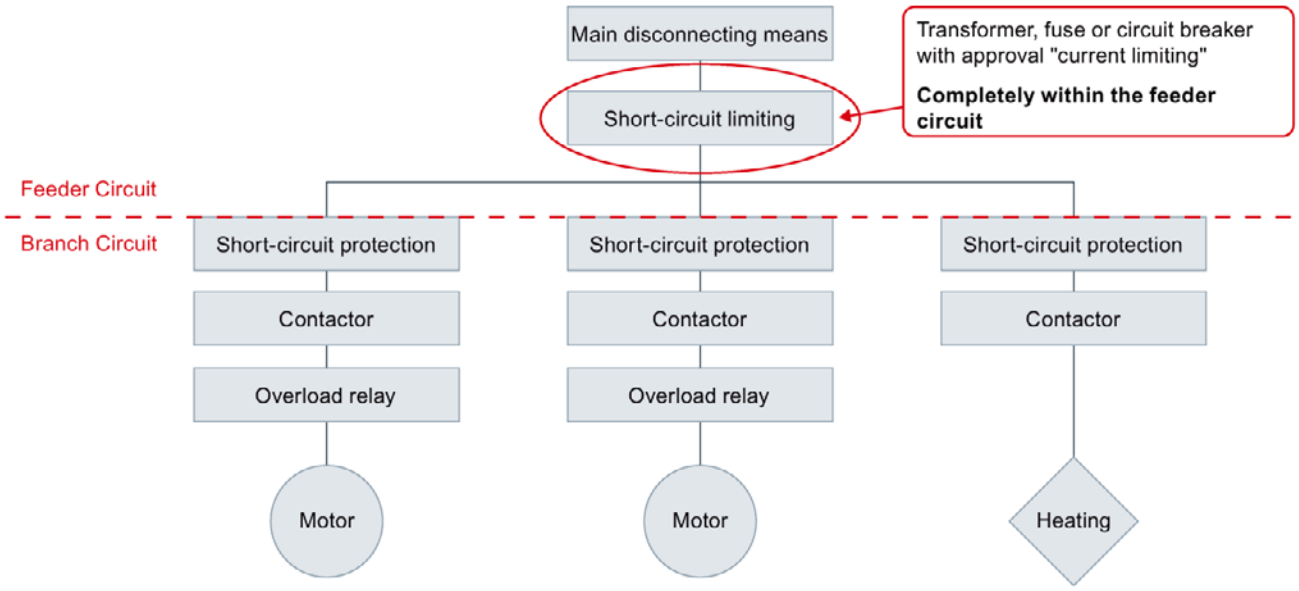
Afbeelding 6-25 Voorbeeld van "Bepalen SCCR-waarde op basis van geteste combinatie van toestellen"

4. Beperken van de maximaal optredende kortsluitstroom op basis van doorlaatwaarden met stroombegrenzers in het feeder circuit

Als er componenten in het feeder circuit worden opgenomen die de kortsluitstroom begrenzen, dan moeten alle componenten in het branch circuit gedimensioneerd worden voor de doorlaatstroom van de stroombegrenzende componenten in het feeder circuit.

De kortsluitstroombegrenzende componenten moeten zich **volledig in het feeder circuit** bevinden. De volgende componenten zijn geschikt om de kortsluitstroom te beperken:

- transformatoren
- smeltveiligheden
- automaten volgens UL 489 met de aanduiding "current limiting"



Afbeelding 6-26 Schema met "kortsluitstroombegrenzing in het feeder circuit"

a) Stroombegrenzende transformatoren

Transformators waarvoor de procentuele kortsluitspanning (Impedance Z in termen van UL 508A) bekend is

De mogelijke kortsluitstroom aan de secundaire kant van de transformator is uit te rekenen met de volgende twee formules:

$$\text{Secondary rated current } (I_{FL})\ [A] = \frac{\text{Transformer rating (P) [VA]}}{\text{Secondary voltage } (U_{sec})\ [V] \times \sqrt{3}}$$

Opmerking

Bij eenfasige transformatoren vervalt de factor √3 in de noemer.

$$\text{Secondary short-circuit current } (I_{SC})\ [A] = \frac{\text{Secondary rated current } (I_{FL})\ [A]}{\text{Impedance (Z) [\%]}}$$

Alle branch circuits aan de secundaire zijde van de transformator moeten een SCCR-waarde hebben ≥ de berekende kortsluitstroom (I_{sc}).

→ SCCR van de branch circuits = het afschakelvermogen van het primaire kortsluitbeveiligingstoestel

Transformators waarvoor de procentuele kortsluitspanning (Impedance Z in termen van UL 508A) onbekend is of waarvoor Z ≥ 2,1%

De maximale kortsluitstroom aan secundaire zijde kan worden berekend met bovenstaande formules onder de aanname Z = 2,1% of als volgt worden bepaald met onderstaande tabellen "Secundaire kortsluitstroom van een-fase transformatoren" (1-fase) of "Secundaire kortsluitstroom van drie-fase transformatoren" (-fase).

1. Het vermogen van de transformator moet ≤ de waarde in kolom 1 zijn **en**
2. De spanning aan secundaire zijde mag niet lager zijn dan de spanning in kolom 2. Als de secundaire spanning tussen twee waarden ligt, dan moet de kolom met de laagste spanning worden gekozen.

Tabel 6- 16 Secundaire kortsluitstroom van eenfase-transformatoren [a]

Column 1	Column 2							
Transformator Max. kVA	Minimum transformer secondary voltage (V)							
	120	120/240[b]	208	240	277	347	480	600
1	400 A	300 A	230 A	200 A	180 A	140 A	100 A	80 A
3	1.200 A	900 A	690 A	600 A	520 A	420 A	300 A	240 A
5	1.990 A	1.490 A	1.150 A	1.000 A	860 A	690 A	500 A	400 A
10	3.970 A	2.980 A	2.290 A	1.990 A	1.720 A	1.380 A	1.000 A	800 A
15	5.960 A	4.470 A	3.440 A	2.980 A	2.580 A	2.060 A	1.490 A	1.200 A
25	9.930 A	7.450 A	5.730 A	4.970 A	4.300 A	3.440 A	2.490 A	1.990 A
37,5	14.890 A	11.170 A	8.590 A	7.450 A	6.450 A	5.150 A	3.730 A	2.980 A
50	19.850 A	14.890 A	11.450 A	9.930 A	8.600 A	6.870 A	4.970 A	3.970 A
75	29.770 A	22.330 A	17.180 A	14.890 A	12.900 A	10.300 A	7.450 A	5.960 A

[a] Eis: Aangenomen Z = 2,1%
[b] Vermelde kortsluitstroom tussen fase en nul.
Bron: UL 508A, tabel SB4.3

Tabel 6- 17 Secundaire kortsluitstroom van drie-fase transformatoren [a]

Column 1	Column 2						
Transformator Max. kVA	Minimum transformer secondary voltage (V)						
	208Y/120[b]	208	240	480Y/277[b]	480	600Y/347[b]	600
5	1.160 A	930 A	810 A	510 A	410 A	410 A	330 A
10	2.320 A	1.860 A	1.610 A	1.010 A	810 A	810 A	650 A
15	3.470 A	2.780 A	2.410 A	1.510 A	1.210 A	1.210 A	970 A
20	4.630 A	3.710 A	3.210 A	2.010 A	1.610 A	1.610 A	1.290 A
25	5.790 A	4.630 A	4.010 A	2.510 A	2.010 A	2.010 A	1.610 A
30	6.940 A	5.560 A	4.820 A	3.010 A	2.410 A	2.410 A	1.930 A
45	10.410 A	8.330 A	7.220 A	4.520 A	3.610 A	3.610 A	2.890 A
75	17.350 A	13.880 A	12.030 A	7.520 A	6.020 A	6.020 A	4.820 A
100	23.140 A	18.510 A	16.040 A	10.030 A	8.020 A	8.020 A	6.420 A

[a] Eis: Aangenomen Z = 2,1%
[b] Vermelde kortsluitstroom tussen fase en nul.
Bron: UL 508A, tabel SB4.4

Alle branch circuits aan de secundaire zijde van de transformator moeten een SCCR-waarde hebben ≥ de berekende secundaire kortsluitstroom (I_{sc}).

→ SCCR van de branch circuits = het afschakelvermogen van het primaire kortsluitbeveiligingstoestel

b) stroombegrenzende automaten (overeenkomstig UL 489)

Automaten mogen volgens UL 489 alleen worden gebruikt als stroombegrenzer in het feeder circuit als ze de aanduiding "current limiting" hebben.

In dat geval is de doorlaatwaarde van de automaat bepalend.

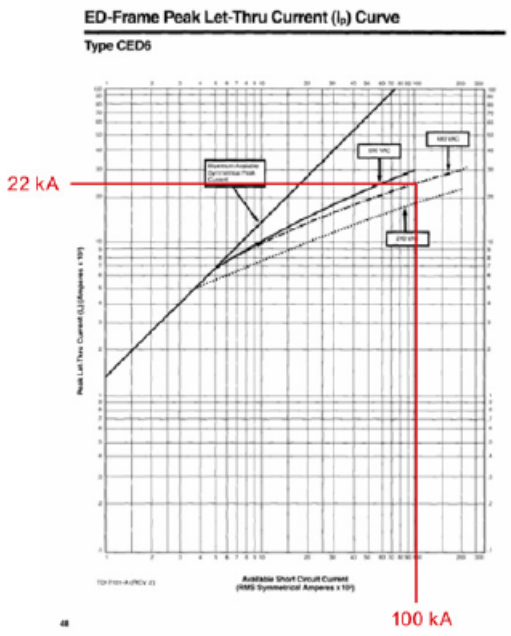
De doorlaatwaarde kan worden afgelezen uit het diagram van de automaat.

De **SCCR-waarde** van een branch circuit **is gelijk aan het nominale afschakelvermogen van de automaat** in het feeder circuit als:

- de SCCR-waarde van de afzonderlijke componenten in het branch circuit niet lager is dan de piek-doorlaatstroom van de automaat in het feeder circuit;
- het nominale afschakelvermogen van alle kortsluitstroombeveiligingstoestellen in het branch circuit of de SCCR-waarde van alle "Combination Motor Controllers" niet kleiner is dan het nominale afschakelvermogen van de automaat in het feeder circuit.

→ De SCCR-waarde van een branch circuit is gelijk aan het kleinste nominale afschakelvermogen van alle kortsluitstroombeveiligingstoestellen of "Combination Motor Controllers" achter de automaat in het feeder circuit als deze waarde lager is dan het nominale afschakelvermogen van de automaat in het feeder circuit.

→ De SCCR-waarde van de gehele configuratie is gelijk aan de kleinste SCCR-waarde van alle branch circuit automaten achter de automaat in het feeder circuit als niet aan bovengenoemde voorwaarden is voldaan.



Afbeelding 6-27 Doorlaat-diagram van automaat met aanduiding "current limiting"

De gekozen automaat laat 22 kA door bij een kortsluitstroom van 100 kA.

⇒ Met andere woorden: alle componenten in het branch circuit moeten gedimensioneerd zijn voor minstens 22 kA.

De industriële besturingskast is geschikt voor een maximale kortsluitstroom van 100 kA.

c) Stroombegrenzende smeltveiligheden

Alleen de smeltveiligheden uit onderstaande tabel "Piek-doorlaatstromen en I²t-waarden voor smeltveiligheden" zijn toegestaan als stroombegrenzende smeltveiligheden. Deze tabel bevat de overeenkomstige doorlaatwaarden (zie kolom Ip x 10³).

Tabel 6- 18 Piek-doorlaatstromen en I²t-waarden voor smeltveiligheden

Type smeltveiligheid	Nominale stroom	Tussen drempelwaarde en 50 kA		100 kA		200 kA	
		$I^2t \times 10^3$	$I_p \times 10^3$	$I^2t \times 10^3$	$I_p \times 10^3$	$I^2t \times 10^3$	$I_p \times 10^3$
Klasse CC	15	2	3	2	3	3	4
	20	2	3	3	4	3	5
	30	7	6	7	7,5	7	12
Klasse G	15	–	–	3,8	4	–	–
	20	–	–	5	5	–	–
	30	–	–	7	7	–	–
	60	–	–	25	10,5	–	–

Type smeltveiligheid	Nominale stroom	Tussen drempelwaarde en 50 kA		100 kA		200 kA	
		$I^2t \times 10^3$	$I^p \times 10^3$	$I^2t \times 10^3$	$I^p \times 10^3$	$I^2t \times 10^3$	$I^p \times 10^3$
300 V, Klasse T[b]	1	–	–	0,4	0,8	–	–
	3	–	–	0,6	1,3	–	–
	6	–	–	1	2	–	–
	10	–	–	1,5	3	–	–
	15	–	–	2	4	–	–
	20	–	–	2,5	4,5	–	–
	25	–	–	2,7	5,5	–	–
	30	3,5	5	3,5	7	3,5	9
	35	–	–	6	7	–	–
	40	–	–	8,5	7,2	–	–
	45	–	–	9	7,6	–	–
	50	–	–	11	8	–	–
	60	15	7	15	9	15	12
	70	–	–	25	10	–	–
	80	–	–	30	10,7	–	–
	90	–	–	38	11,6	–	–
	100	40	9	40	12	40	12
	110	–	–	50	12	–	–
	125	–	–	75	13	–	–
	150	–	–	88	14	–	–
	175	–	–	115	15	–	–
	200	150	30	150	16	150	20
	225	–	–	175	21	–	–
	250	–	–	225	22	–	–
	300	–	–	300	24	–	–
	350	–	–	400	27	–	–
	400	500	22	550	28	550	35
	450	–	–	600	32	–	–
	500	–	–	800	37	–	–
	600	1000	29	1000	37	1000	46
	700	–	–	1250	45	–	–
	800	1500	37	1500	50	1500	65
	1000	–	–	3500	65	–	–
	1200	3000	50	3500	65	4000	80

Type smeltveiligheid	Nominale stroom	Tussen drempelwaarde en 50 kA		100 kA		200 kA	
		$I^2t \times 10^3$	$I^p \times 10^3$	$I^2t \times 10^3$	$I^p \times 10^3$	$I^2t \times 10^3$	$I^p \times 10^3$
Klasse CF (tot 100 A), Klasse J en 600 V Klasse T[b]	1	–	–	0,8	1	–	–
	3	–	–	1,2	1,5	–	–
	6	–	–	2	2,3	–	–
	10	–	–	3	3,3	–	–
	15	–	–	4	4	–	–
	20	–	–	5	5	–	–
	25	–	–	5,5	6	–	–
	30	7	6	7	7,5	7	12
	35	–	–	12	7,5	–	–
	40	–	–	17	8	–	–
	45	–	–	18	8,5	–	–
	50	–	–	22	9	–	–
	60	30	8	30	10	30	16
	70	–	–	50	11,5	–	–
	80	–	–	60	12,5	–	–
	90	–	–	75	13,5	–	–
	100	60	12	80	14	80	20
	110	–	–	100	14,5	–	–
	125	–	–	150	15,5	–	–
	150	–	–	175	17	–	–
	175	–	–	225	18,5	–	–
	200	200	16	300	20	300	30
	225	–	–	350	22,5	–	–
	250	–	–	450	24	–	–
	300	–	–	600	26	–	–
	350	–	–	800	29	–	–
	400	1000	25	1100	30	1100	45
	450	–	–	1500	36	–	–
	500	–	–	2000	42	–	–
	600	2500	35	2500	45	2500	70
	700	–	–	1200	45	–	–
	800*	4000	50	4000	55	4000	75

Type smeltveiligheid	Nominale stroom	Tussen drempelwaarde en 50 kA		100 kA		200 kA	
		$I^2t \times 10^3$	$I^p \times 10^3$	$I^2t \times 10^3$	$I^p \times 10^3$	$I^2t \times 10^3$	$I^p \times 10^3$
Klasse L	800	10000	80	10000	80	10000	80
	1200	12000	80	12000	80	15000	120
	1600	22000	100	22000	100	30000	150
	2000	35000	110	35000	120	40000	165
	2500	–	–	75000	165	75000	180
	3000	–	–	100000	175	100000	200
	4000	–	–	150000	220	150000	250
	5000	–	–	350000	–	350000	300
	6000	–	–	350000	–	500000	350
Klasse R		RK1	RK5	RK1	RK5	RK1	RK5	RK1	RK5	RK1	RK5	RK1	RK5
	30	10	50	6	11	10	50	10	11	11	50	12	14
	60	200	200	10	20	40	200	12	21	50	200	16	26
	100	500	500	14	22	100	500	16	25	100	500	20	32
	200	1600	1600	18	32	400	1600	22	40	400	2000	30	50
	400	5000	5000	33	50	1200	5000	35	60	1600	6000	50	75
	600	10000	10000	43	65	3000	10000	50	80	4000	12000	70	100

* Waarde van toepassing op klasse T smeltveiligheden.

[b] Als waarden 50 kA of 200 kA nodig zijn, dan moet een behuizing met standaardafmeting worden gebruikt.

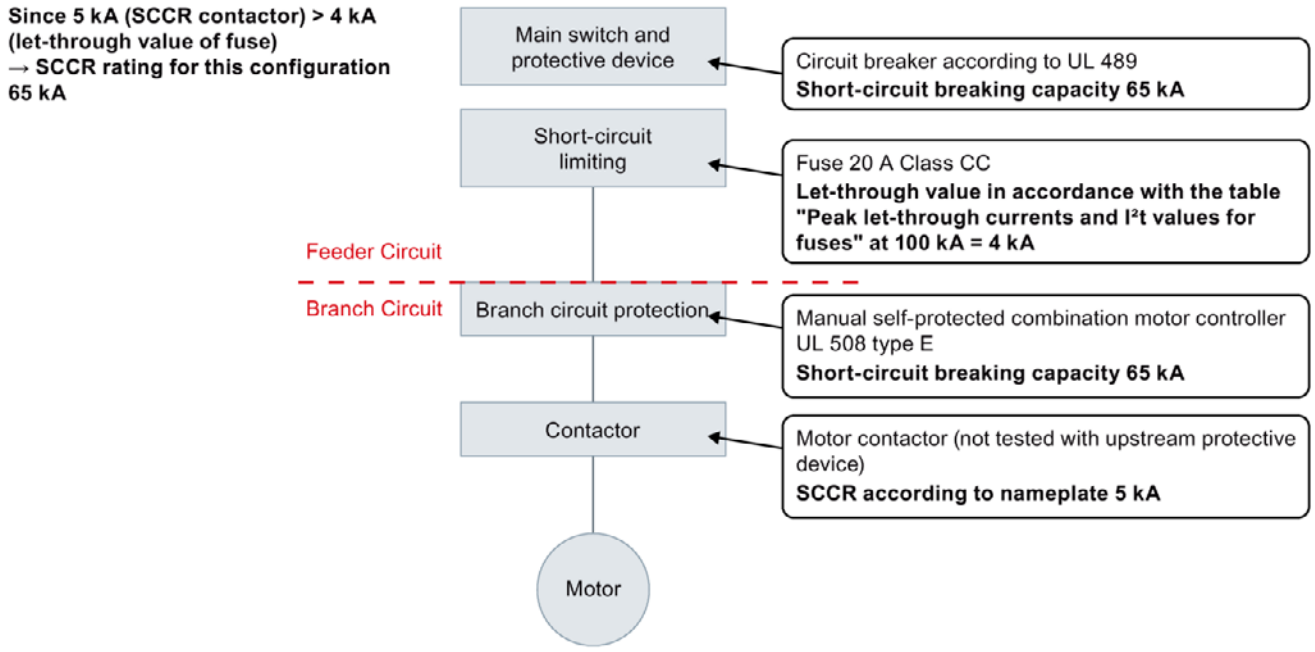
Bron: UL 508A, tabel SB4.2

De **SCCR-waarde** van een branch circuit **is gelijk aan het nominale afschakelvermogen van de smeltveiligheid** in het feeder circuit als:

- de SCCR-waarde van de afzonderlijke componenten in het branch circuit niet lager is dan de piek-doorlaatstroom van de smeltveiligheid in het feeder circuit;
- het nominale afschakelvermogen van alle kortsluitstroombeveiligingstoestellen in het branch circuit of de SCCR-waarde van alle "Combination Motor Controllers" niet kleiner is dan het nominale afschakelvermogen van de smeltveiligheid in het feeder circuit.

→ De SCCR-waarde van een branch circuit is gelijk aan het kleinste nominale afschakelvermogen van alle kortsluitstroombeveiligingstoestellen of "Combination Motor Controllers" achter de smeltveiligheid in het feeder circuit als deze waarde lager is dan het nominale afschakelvermogen van de smeltveiligheid in het feeder circuit.

→ De SCCR-waarde van het branch circuit is gelijk aan de kleinste SCCR-waarde van alle branch circuit automaten achter de smeltveiligheid in het feeder circuit als niet aan bovengenoemde voorwaarden is voldaan.



Afbeelding 6-28 Voorbeeld van "Bepalen SCCR-waarde op basis van stroombeperkende smeltveiligheid"

Bijlage Stroomschema's om de SCCR-waarde van een component te bepalen (pag. 345) is handig voor het berekenen van de SCCR-waarde van een industriële besturingskast.

Overstroombeveiliging en dimensionering van de stuurstroomketen

7

7.1 Algemene informatie

In dit hoofdstuk komen stuurstroomketens volgens NEC, UL 508A en NFPA 79 aan de orde.

Volgens UL 508A, hoofdstuk 2.11, NEC, hoofdstuk 409.2 en NFPA 79,hoofdstuk 3.3.21 is een stuurstroomketen het circuit via welke de signalen voor de functies en de besturing lopen. Het transporteert geen elektrisch vermogen voor de belastingen.

In UL 508A wordt de stroom door de stuurstroomketen in het algemeen beperkt tot 15 A. Dit is een aanbeveling. Er is geen verplicht maximum voorgeschreven.

UL 508A maakt onderscheid tussen de volgende stuurstroomketens:

1. class 1 control circuit
2. class 2 control circuit
3. Low-voltage limited energy circuit

NEC en NFPA 79 beschrijven van deze drie alleen de Class 1 en Class 2 circuits. Dit betekent dat als een low-voltage limited energy circuit volgens UL 508A de industriële besturingskast verlaat, het buiten de besturingskast wordt behandeld als een Class 1 circuit. UItgangsklemmen van een low-voltage limited energy circuit moeten worden aangeduid met "Class 1 circuit" (zie ook hoofdstuk Andere aanduidingen voor aansluitklemmen in stuurstroomketens (pag. 286)).

In NEC wordt ook een Class 3 circuit gedefinieerd. Aangezien dit circuit echter noch in UL 508A noch in NFPA 79 aan de orde komt, behandelen we het verder niet in dit document.

In de volgende paragrafen worden eigenschappen, dimensioneringsregels en beveiliging van stuurstroomketens behandeld.

7.2 Classificatie

7.2.1 Class 1 control circuit

Definitie volgens UL 508A, hoofdstuk 2.6

Een Class 1 control circuit is een stuurstroomketen met de volgende kenmerken:

- aan de belastingszijde van een kortsluitbeveiligingstoestel
- aan de belastingszijde van een transformator of voeding
- max. 600 V besturingsspanning (ongeacht AC of DC)

In hoofdstuk 9.1.2.1 en 9.1.2.2, NFPA 79 wordt de spanning beperkt tot 120 V AC of 250 V DC.

7.2.2 Class 2 control circuit

Een Class 2 control circuit is verplicht voor componenten die alleen zijn goedgekeurd voor een Class 2 control circuit. Zulke componenten hebben de aanduiding "For use in class 2 circuits only" of soortgelijk.

Definitie volgens UL 508A, hoofdstuk 2.8

Een Class 2 control circuit is een stuurstroomketen met de volgende kenmerken:

- gevoed uit een voeding waarvan de spanning beperkt is tot 30 V_{rms} of minder
- gevoed door een Class 2 voeding of transformator

Het Class 2 control circuit komt ook voor in NFPA 79. Het wordt hierin echter niet nader beschreven want het is in de NEC, hoofdstuk 725 als volgt gedefinieerd:

- aan de belastingszijde van een Class 2 voeding
- levert vanwege de beperkte energie geen gevaar op voor brand of elektrische schok

---

Opmerking

Componenten en bedrading die geheel binnen een Class 2 control circuit vallen, hoeven niet gekeurd te worden door de inspecteur.

→ niet geliste componenten en bedrading zijn toegestaan.

Ondanks deze uitzondering wordt toch aangeraden om zo mogelijk componenten en bedrading te gebruiken die goedgekeurd zijn volgens UL. De uitzondering is primair bedoeld om het mogelijk te maken verkrijgbare componenten zonder UL-goedkeuring te gebruiken. Bij de bouw van speciale machines kan het bijvoorbeeld nodig zijn om bepaalde componenten zonder UL-goedkeuring te gebruiken (bijv. zelf ontwikkelde printplaten).

7.2.3 Low-voltage limited energy circuit

Het low-voltage limited energy circuit wordt **alleen in UL 508A** beschreven. Het wordt in hoofdstuk 2.33 als volgt gedefinieerd:

- spanning ≤ 42,4 V piek (= 30 V_{rms}) wisselspanning of ≤ 42,4 V gelijkspanning
- gevoed door een accu/batterij of een geïsoleerd secundair circuit
- stroom begrensd door

  a) overstroombeveiligingstoestel (bijv. een smeltveiligheid overeenkomstig UL 248 – -4 … 12, -15 of een automaat overeenkomstig UL 489) *of*

  b) de inherente capaciteit van een scheidingstransformator of voeding *of*

  c) de combinatie van een secundaire winding en een impedantie
- de spanning mag niet met een spanningsdeler van de netspanning worden afgenomen

Opmerking

Het kortsluitbeveiligingstoestel moet worden gekozen overeenkomstig onderstaande tabel "Overstroombeveiliging voor een low-voltage limited energy circuit".

Het low-voltage limited energy circuit is beperkt tot:

- vermogen max. 100 VA
- uitgangsstroom 5 A bij een spanning van ≤ 20 V
- 42,4 V piek (= 30 V_{rms}) wisselspanning of 42,4 V gelijkspanning

Conversie overeenkomstig onderstaande tabel zijn toegestaan, mits de maximumwaarden niet worden overschreden.

Tabel 7- 1 Overstroombeveiliging voor een low-voltage limited energy circuit

Open spanning, secundair [V] (piek)	Maximum overstroomtoestel [A]
0 … 20	5
20,1 … 42,4	100/V[a]

[a] Waarbij "V" gelijk aan de open spanning (AC of DC) aan secundaire zijde; piek-waarde in het geval van AC.

Bron: UL 508A, Tabel 43.1

Uitzondering 1

Een secundair circuit dat voldoet aan de eisen voor beperkte spanning/stroom van secundaire circuits overeenkomstig UL 508 (industriële besturingsapparatuur) hoeft niet te worden beveiligd volgens tabel "Overstroombeveiliging voor een low-voltage limited energy circuit".

Uitzondering 2

Een stroomtransformator hoeft niet te worden beveiligd volgens tabel "Overstroombeveiliging voor een low-voltage limited energy circuit".

Opmerking

Net als bij een Class 2 control circuit, hoeven componenten en bekabeling die geheel binnen een low-voltage limited energy circuit vallen, ook niet gekeurd te worden door de inspecteur.

→ niet geliste componenten en bedrading zijn toegestaan.

Ondanks deze uitzondering wordt ook hier aangeraden om zo mogelijk componenten en bedrading te gebruiken die goedgekeurd zijn volgens UL. De uitzondering is primair bedoeld om het mogelijk te maken verkrijgbare componenten zonder UL-goedkeuring te gebruiken. Bij de bouw van speciale machines kan het bijvoorbeeld nodig zijn om bepaalde componenten zonder UL-goedkeuring te gebruiken (bijv. zelf ontwikkelde printplaten).

7.3 Voeding en kortsluitbeveiliging

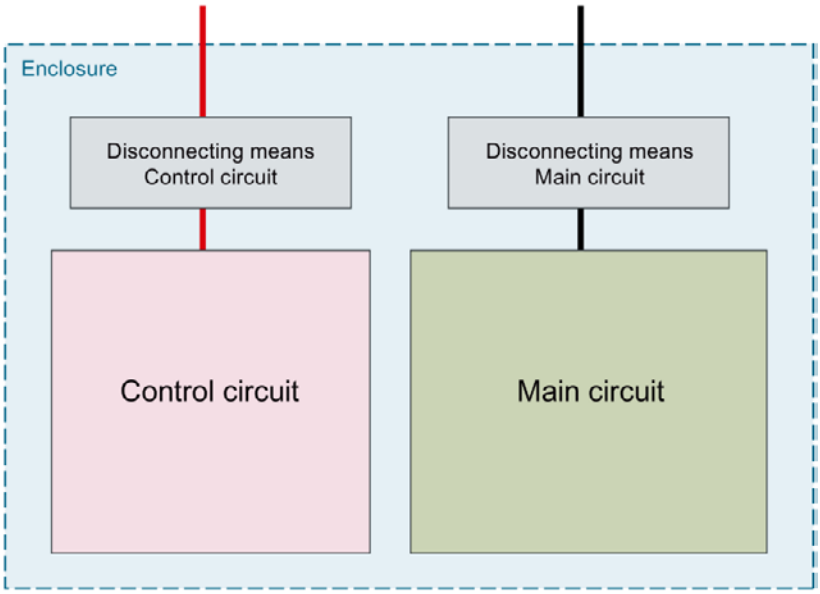
7.3.1 Aftakken en voeding

Stuurstroomketens kunnen volgens UL 508A op verschillende manieren gevoed worden.

Volgens hoofdstuk 39 kunnen ze gevoed worden vanuit een aparte bron. In dat geval moet de stuurstroomketen een eigen netscheider hebben.

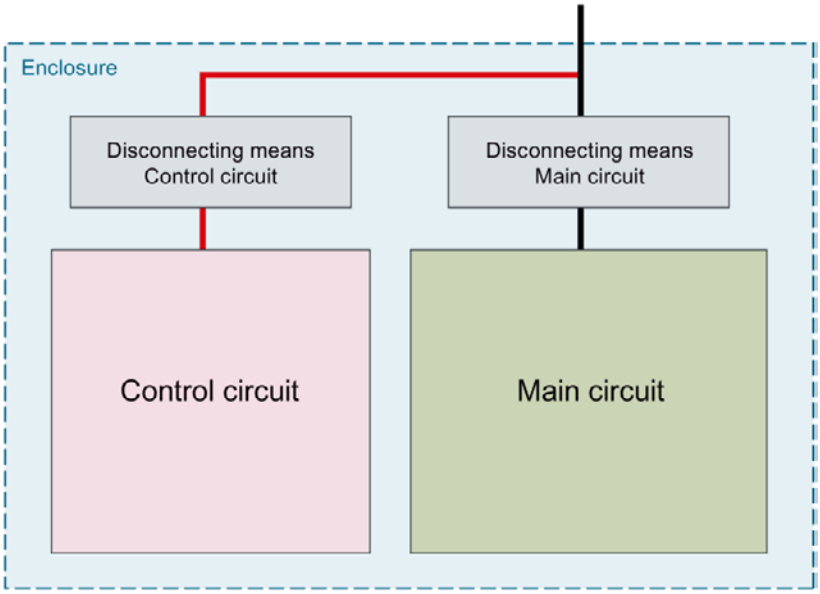
Een aparte bron kan gerealiseerd worden met een aparte inkomende voedingsleiding of door de voedingsleiding vóór de netscheider af te takken.

Aparte inkomende voedingsleiding



Afbeelding 7-1 Stuurstroomketen met aparte inkomende voedingsleiding

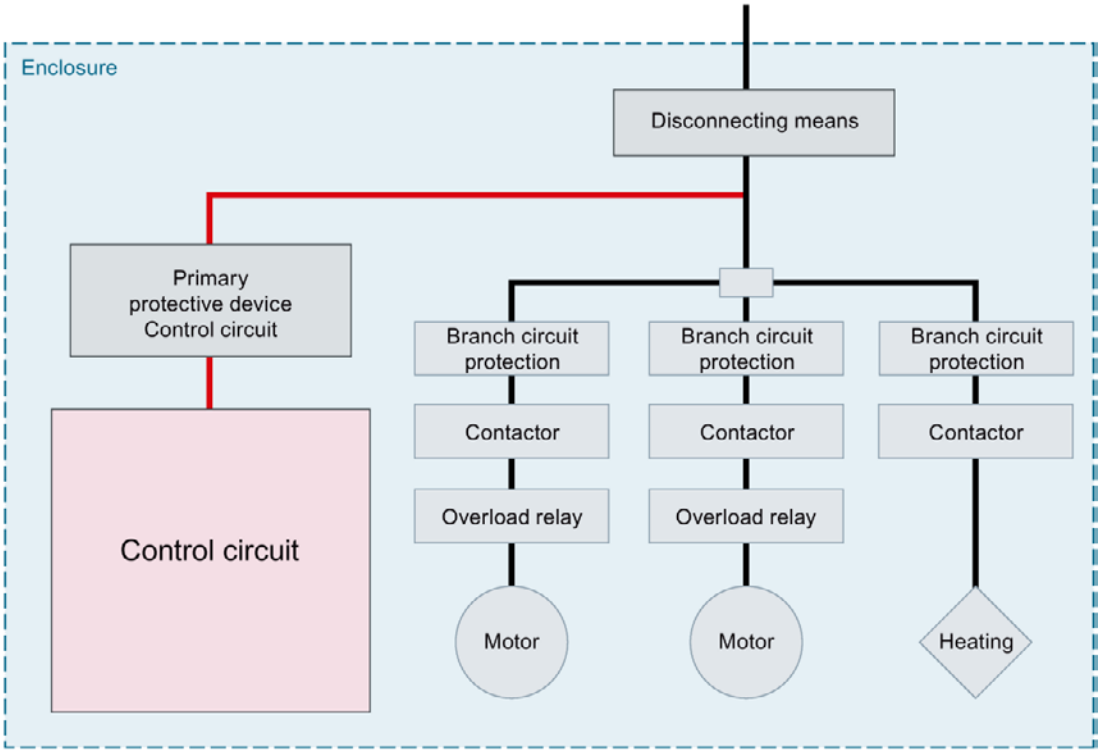
Afgetakt vóór de hoofdnetscheider



Afbeelding 7-2 Stuurstroomketen afgetakt vóór de hoofdnetscheider

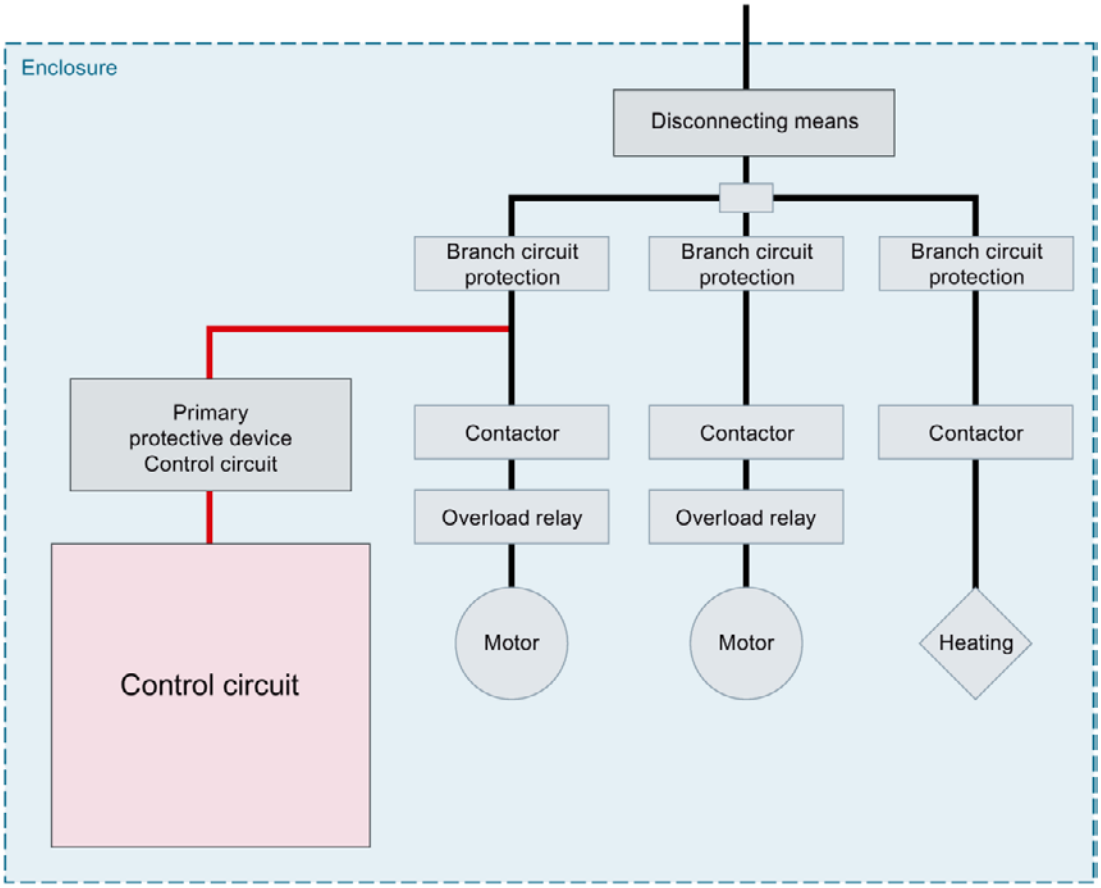
Afgetakt achter de hoofdnetscheider

Meestal wordt de voeding voor de stuurstroomketen achter de hoofdnetscheider maar vóór de branch circuits afgetakt.



Afbeelding 7-3 Stuurstroomketen afgetakt achter de hoofdnetscheider maar vóór de branch circuits

In de relevante normen is het ook niet ongebruikelijk om de voeding voor de stuurstroomketen achter het kortsluitstroombeveiligingstoestel in een branch circuit af te takken. In dat geval kunnen voor de primaire beveiliging ook supplementary protectors volgens UL 1077 of supplemental fuses volgens UL 248-14 worden gebruikt. Zie voor meer informatie hoofdstuk Overstroombeveiliging van stuurstroomketens (pag. 158).



Afbeelding 7-4 Stuurstroomketen afgetakt achter het kortsluitstroombeveiligingstoestel in een branch circuit

Voedingseenheden

Voedingseenheden voor Class 1 stuurstroomketens overeenkomstig UL 508A, hoofdstuk 42.1:

- transformatoren overeenkomstig UL 5085-1/-2 of UL 1561
- voedingen (galvanisch gescheiden) overeenkomstig UL 1012, UL 60950 en UL 1950
- besturingsapparaten met geïsoleerde secundaire circuits, goedgekeurd volgens UL 508 of UL 508C

Voedingseenheden voor Class 2 stuurstroomketens overeenkomstig UL 508A, hoofdstuk 44.1:

- transformatoren overeenkomstig UL 5085 -1/-3
- voedingen overeenkomstig UL 1310
- voedingsapparaten voor IT-apparatuur moet zijn goedgekeurd volgens UL 60950

Voedingseenheden voor low-voltage limited energy circuits overeenkomstig UL 508A, hoofdstuk 43.1:

- voedingen voor Class 1 stuurstroomketens
- gesloten accu/batterij volgens UL 1989
- lithium-accu/batterij volgens UL 1682
- stroomtransformatoren volgens UL 5085-1/-2
- stroomtransformatoren met een maximale secundaire stroom van 5 A

7.3.2 Overstroombeveiliging van stuurstroomketens

De overstroombeveiliging van stuurstroomketens is beschreven in UL 508A, hoofdstuk 40.

De volgende toestellen zijn zonder beperkingen goedgekeurd voor de beveiliging van een stuurstroomketen:

- branch circuit smeltveiligheid volgens UL 248-4…12, -15
- inverse time circuit breaker volgens UL 489

Toestellen die zijn goedgekeurd met beperkingen:

- supplemental fuses volgens UL 248-14
- supplementary protectors volgens UL 1077

Zekeringhouders moeten voldoen aan UL 4248-1 en aan het deel van UL 4248 dat van toepassing is op de gebruikte smeltveiligheid.

Als bovengenoemde kortsluitstroombeveiligingstoestellen worden toegepast in stuurstroomketens met een DC-spanning **hoger dan** 32 V, dan moeten ze worden goedgekeurd volgens de passende productnorm voor een nominale spanning **gelijk aan of groter dan** de nominale spanning van het circuit.

Opmerking

Supplemental fuses en supplementary protectors hebben slechts de status "recognized", maar lijken uiterlijk vaak op "listed" smeltveiligheden of automaten. Let dus op de goedkeuring en voorkom verwarring.



Afbeelding 7-5 Vergelijking van supplementary protectors en automaten in de uitvoering van miniatuurinstallatieautomaat

Supplemental fuses volgens UL 248-14 en supplementary protectors volgens UL 1077 zijn alleen goedgekeurd als primaire beveiliging, als de stuurstroomketen achter een kortsluitstroombeveiligingstoestel in het branch circuit is afgetakt (zie afbeelding 7-4 Stuurstroomketen afgetakt achter het kortsluitstroombeveiligingstoestel in een branch circuit (pag. 157)).

Er gelden ook beperkingen als deze toestellen gebruikt worden als secundaire beveiliging achter de transformator of de voeding. Deze kortsluitstroombeveiligingstoestellen zijn niet gelist, ze hebben slechts de status "recognized". Dat betekent dat aan de acceptatievoorwaarden moet worden voldaan.

Voorbeeld: "recognized" toestellen zijn niet altijd goedgekeurd voor Field Wiring. Als het toestel slechts goedgekeurd is voor Factory Wiring, dan mag bedrading die de besturingskast verlaat, niet rechtstreeks op het toestel worden aangesloten, maar moet naar buiten geleid worden via een component die wel goedgekeurd is voor Field Wiring (bijv. een klemmenstrook).

Iedere ongeaarde leiding (fase) moet worden beveiligd.

Beveiliging van een aparte voeding (geen geïsoleerd secundair circuit)

(zie afbeelding 7-1 Stuurstroomketen met aparte inkomende voedingsleiding (pag. 155)):

- beveiliging met max. 20 A of
- minder overeenkomstig de stroomcapaciteit van de bedrading
- of het maximaal toegestane stroomverbruik van de toestellen

Beveiliging van een geïsoleerd secundair circuit volgens UL 508A, hoofdstuk 42

(zie afbeelding 7-2 Stuurstroomketen afgetakt vóór de hoofdnetscheider (pag. 156) en afbeelding 7-3 Stuurstroomketen afgetakt achter de hoofdnetscheider maar vóór de branch circuits (pag. 156))

a) Alleen een kortsluitstroombeveiligingstoestel aan primaire zijde nodig

Er is alleen een kortsluitstroombeveiligingstoestel aan primaire zijde nodig als de nominale stroom van de belasting aan de secundaire zijde **kleiner dan of gelijk is aan** de nominale stroom van het kortsluitstroombeveiligingstoestel aan primaire zijde. **Let hierbij in het geval van een transformator op de transformatieverhouding.**

Voorbeeld: beveiligingstoestel primaire zijde 3 A / 480 V → secundaire stroom ≤ 12 A / 120 V

In dit geval moet het kortsluitstroombeveiligingstoestel worden gedimensioneerd overeenkomstig onderstaande tabel "Dimensionering van de overstroombeveiliging alleen aan primaire zijde van een besturingstransformator".

Tabel 7- 2 Dimensionering van de overstroombeveiliging alleen aan primaire zijde van een besturingstransformator

Primaire stroom besturingstransformator [A]	Maximale nominale stroom overstroombeveiliging als percentage van primaire stroom
9 of hoger	125[a]
2 … 8,99	167
lager dan 2	500

[a] Als de berekende waarde van de overstroombeveiliging, van het type branch circuit of supplementary, niet overeenkomt met een standaardwaarde voor een kortsluitstroombeveiligingstoestel, dan mag de eerstvolgende hogere waarde worden gebruikt. Zie 31.3.8 voor standaardwaarden voor branch circuit kortsluitstroombeveiligingstoestellen.

Bron: UL 508A, Tabel 42.1

b) Ieder secundair circuit moet apart beveiligd worden

In de volgende gevallen moet ieder secundair circuit apart beveiligd worden.

- De nominale stroom van de belasting aan secundaire zijde is **groter dan** de nominale stroom van het kortsluitstroombeveiligingstoestel aan primaire zijde. **Let hierbij in het geval van een transformator op de transformatieverhouding.**
- De som van de stroom van alle belastingen is groter dan de uitgangsstroom van de voeding.
- Het secundaire circuit verlaat de industriële besturingskast.
- De transformator/voeding heeft meerdere aftakkingen/wikkelingen aan secundaire zijde.

Tabel 7- 3 Dimensionering van kortsluitstroombeveiligingstoestellen aan primaire en secundaire zijde

Primaire zijde		Secundaire zijde	
Nominale stroom [A]	**Overstroombeveiliging percentage van nominale stroom**	**Nominale stroom [A]**	**Overstroombeveiliging percentage van nominale stroom**
9 of hoger	250	9 of hoger	125[a]
2 … 8,99	250	lager dan 9	167
lager dan 2	500	-	-

[a] Als de berekende waarde van de overstroombeveiliging, van het type branch circuit of supplementary, niet overeenkomt met een standaardwaarde voor een kortsluitstroombeveiligingstoestel, dan mag de eerstvolgende hogere waarde worden gebruikt. Zie 31.3.8 voor standaardwaarden voor branch circuit kortsluitstroombeveiligingstoestellen.

Bron: UL 508A, Tabel 42.2

Beveiliging van een stuurstroomketen dat is afgetakt achter het kortsluitstroombeveiligingstoestel in een branch circuit

(zie afbeelding 7-4 Stuurstroomketen afgetakt achter het kortsluitstroombeveiligingstoestel in een branch circuit (pag. 157))

De bedrading van een stuurstroomketen dat is afgetakt achter het kortsluitstroombeveiligingstoestel in een branch circuit moet worden gedimensioneerd overeenkomstig tabel 11-4 Stroomcapaciteit en beveiliging voor hoofdstroomketens met AWG 16 en AWG 18 leidingen (pag. 234) en tabel 11-5 Stroomcapaciteit van geïsoleerde leidingen (pag. 235) en moet dienovereenkomstig worden beveiligd.

Uitzondering 1

Als de stuurstroomketen voldoet aan elk van de volgende voorwaarden:

- afgetakt aan de belastingszijde van een kortsluitstroombeveiligingstoestel van een motor branch circuit
- de besturingsdraden **verlaten de industriële besturingskast niet** (zoals het geval is als de start-stopknop op de kast is bevestigd)
- de nominale stroom van het kortsluitstroombeveiligingstoestel is niet hoger dan de maximumwaarde in de tabel "Beveiliging van motor branch circuits voor gedeelde stuurstroomketen zonder bedientoestellen op afstand"

Als aan deze voorwaarden is voldaan, dan zorgt het kortsluitstroombeveiligingstoestel voor het branch circuit ook voor de kortsluitbeveiliging van de stuurstroomketen. Dat betekent dat er geen extra overstroombeveligingstoestel aan de primaire zijde van de stuurstroomketen nodig is.

Tabel 7- 4 Beveiliging van motor branch circuits voor gedeelde stuurstroomketen zonder bedientoestellen op afstand

Dikte leidingen in stuurstroomketen		Maximale nominale stroom kortsluitstroombeveiligingstoestel [A]
AWG	(mm^2)	
22	(0,32)	12
20	(0,52)	20
18	(0,82)	25
16	(1,3)	40
14	(2,1)	100
12	(3,3)	120

Bron: UL 508A, Tabel 41.1

Uitzondering 2

Als de stuurstroomketen voldoet aan elk van de volgende voorwaarden:

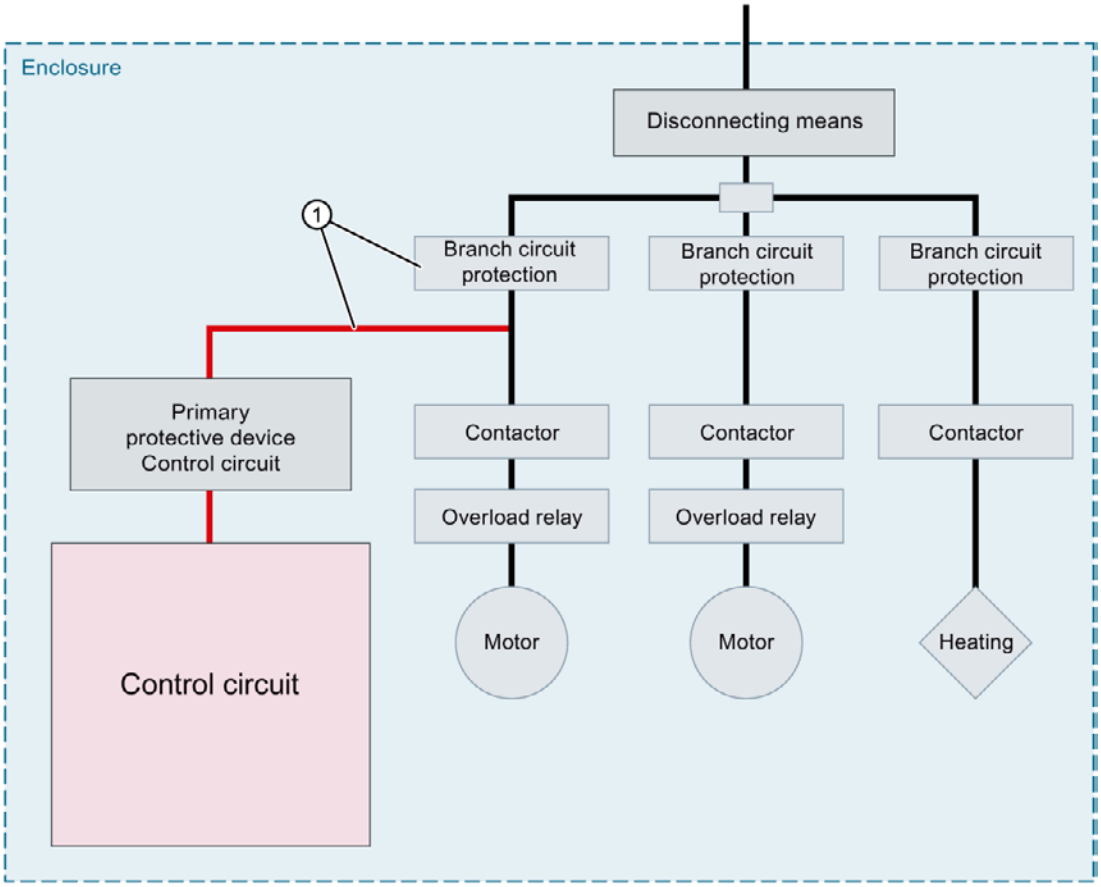
- afgetakt aan de belastingszijde van een kortsluitstroombeveiligingstoestel van een motor branch circuit
- de besturingsdraden **verlaten de industriële besturingskast wel** (zoals het geval is als de start-stopknop buiten de kast in het veld is geplaatst)
- de nominale stroom van het kortsluitstroombeveiligingstoestel is niet hoger dan de maximumwaarde in de tabel "Beveiliging van motor branch circuits voor gedeelde stuurstroomketen met bedientoestellen op afstand"

Als aan deze voorwaarden is voldaan, dan zorgt het kortsluitstroombeveiligingstoestel voor het branch circuit ook voor de kortsluitbeveiliging van de stuurstroomketen. Dat betekent dat er geen extra overstroombeveligingstoestel aan de primaire zijde van de stuurstroomketen nodig is.

Tabel 7- 5 Beveiliging van motor branch circuits voor gedeelde stuurstroomketen met bedientoestellen op afstand

Dikte leidingen in stuurstroomketen		Maximale nominale stroom kortsluitstroombeveiligingstoestel [A]
AWG	(mm^2)	
22	(0,32)	3
20	(0,52)	5
18	(0,82)	7
16	(1,3)	10
14	(2,1)	45
12	(3,3)	60

Bron: UL 508A, Tabel 41.2



① 1. Afgetakt aan de belastingszijde van het kortsluitstroombeveiligingstoestel van een motor branch circuit

2. Kabeldoorsnede van de stuurstroomketen volgens tabel "Beveiliging van motor branch circuits voor gedeeld stuurstroomketen zonder bedientoestellen op afstand" of tabel "Beveiliging van motor branch circuits voor gedeelde stuurstroomketen met bedientoestellen op afstand"

⇒ Er is geen extra kortsluitstroombeveiligingstoestel voor de stuurstroomketen nodig.

Afbeelding 7-6 Afgetakt achter de hoofdnetscheider en achter de beveiliging van een motor branch circuit

7.4 Niet geliste componenten

Zoals beschreven in het hoofdstuk Algemene informatie voor fabrikanten van machines en de bijbehorende elektrische uitrusting (pag. 27), moeten de gebruikte componenten goedgekeurd zijn volgens de desbetreffende Amerikaanse normen voor de bedoelde toepassing.

In bijlage B van UL 508A is een aantal gevallen beschreven waarin componenten die niet "listed" en ook niet "recognized" zijn, toch zijn toegelaten en onder welke omstandigheden.

Gebruiksvoorwaarden

De uitzonderingen in dit hoofdstuk zijn niet van toepassing op de volgende componenten.

- Componenten die een circuit moeten onderbreken in het geval van kortsluiting, overbelasting, motoroverbelasting of aardfout
- Als er extra veiligheidsaspecten spelen

  Voorbeelden: risico van implosie van beeldbuizen, componenten met brandgevaarlijk gas (bijv. zuurstof) of vloeistoffen of hoge druk (300 psi = 2,08 MPa)
- Componenten die voorheen zijn beoordeeld maar die nu worden gebruikt met een ander doel of bij andere nominale elektrische waarden of die zijn beoordeeld tegen een norm die niet is goedgekeurd volgens UL 508A
- Componenten die een rechtstreekse elektrische aansluiting hebben met een hoofdstroomketen
- Componenten die geheel binnen een circuit vallen dat is geïsoleerd van de spanning de stuurstroomketen en waarin een aardlekschakelaar (Ground Fault Circuit Interrupter) is opgenomen

  → Niet goedgekeurde componenten zijn alleen toegestaan in stuurstroomketens

Mogelijke toestellen en componenten:

- Schakelaars
- Relais
- Meettoestellen
- Registratietoestellen
- Soortgelijke componenten waarmee belastingen en andere toestellen in de stuurstroomketen worden bestuurd en die geen verbinding met externe toestellen hebben

Componenten die niet aan bovenstaande voorwaarden voldoen, moeten zijn goedgekeurd volgens UL 508 Industriële besturingsapparatuur of een andere toepasselijke norm. Kastenbouwers die zijn gecertificeerd volgens UL, moeten de componenten ook opnemen in hun UL-file.

De component moet volledig zijn omhuld en moet zich in de industriële besturingskast bevinden.

Uitzondering 1

De component mag door een opening in de behuizing van de industriële besturingskast naar buiten steken als de behuizing van de component een van de volgende kenmerken heeft:

1. de component is gemaakt van een kunststofpolymeer en het blootliggende deel is niet groter dan 30 vierkante inch (194 cm^2)
2. de component is gemaakt van metaal of glas en het blootliggende deel is niet groter dan 100 vierkante inch (654 cm^2)

Uitzondering 2

Componenten in een open industriële besturingskast hebben een van de volgende twee kenmerken:

1. geïnstalleerd in een volledig afgesloten behuizing
2. beschermd met barrières, waarbij de barrières moeten voldoen aan de voorwaarden voor "Barrières bij ventilatieopeningen"

Bij ventilatieopeningen moeten ongeliste componenten behandeld worden als delen die een vlamboog kunnen veroorzaken.

Alle signaalingangen en -uitgangen van de ongeliste component mogen uitsluitend worden aangesloten op besturingscomponenten die zijn goedgekeurd volgens UL.

Aanduidingen

De industriële besturingskast moet de volgende aanduidingen hebben:

a) "*WARNING – Use of the following components is dependent upon the additional protection afforded by the ground fault circuit interrupter and the overcurrent protective device provided. Do not remove or defeat these protective devices.*"

Deze aanduiding moet worden gevolgd door een tabel met de desbetreffende componenten.

Tabel 7- 6 Voorbeeld - Toestellen die beveiligd moeten worden met een ground fault circuit interrupter

Component	Identification
Relay, K1	Acme, p/n 508

Bron: UL 508A, Appendix B

b) Opmerking dat de juiste werking van de ground fault circuit interrupter regelmatig moet worden gecontroleerd.

Voeding

- Transformator met geïsoleerde secundaire wikkeling en een secundaire spanning van 115-120 V of 230-240 V

Opmerking

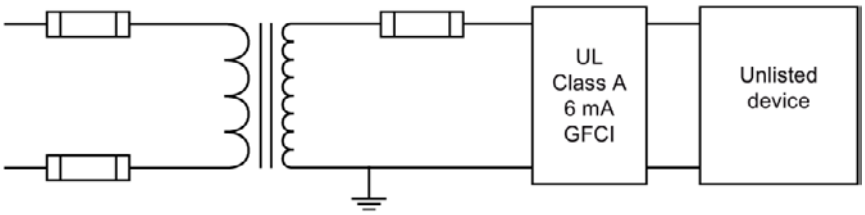
Aangezien volgens NFPA 79 de spanning van de stuurstroomketen niet hoger mag zijn dan 120 V AC, geldt voor een industriële machine een maximum van 120 V.

- De secundaire wikkeling moet aan een zijde worden geaard.
- De secundaire zijde moet tegen aardfout worden beveiligd door een ground fault circuit interrupter volgens UL 943 (Class A, 6 mA or receptacle type)
- Bij gebruik van een receptacle type gelden de volgende voorwaarden:
  - de component moet rechtstreeks op de klemmen zijn aangesloten en niet in een contactdoos gestoken zijn.

Opmerking

Als de component een voedingskabel met een steker heeft, dan moet de steker worden verwijderd.

  - Een aanduiding in de directe nabijheid van de contactdoos moet aangeven dat de contactdoos niet gebruikt mag worden voor apparaten buiten de industriële besturingskast.
  - De contactdoos moet zo zijn gemonteerd dat deze niet van buiten de kast bereikbaar is.



Afbeelding 7-7 Opbouw van een stuurstroomketen voor een niet geliste component

Ingangen en uitgangen

U > 30 V rms (42,4 piek of DC)

- De signalen moeten geleid worden via een UL-goedgekeurd toestel (bijv. een relais)
- Het toestel moet in de industriële besturingskast worden geplaatst.
- De spanning moet afkomstig zijn van de belastingszijde van een ground fault circuit interrupter.

U ≤ 30 V rms (42.4 piek of DC)

Signaalingang via een van de volgende toestellen:

- Low-voltage limited energy circuit
- Class 2 voeding of transformator

Opmerking

In deze twee gevallen is geen extra beveiliging met een ground fault circuit interrupter nodig

Ingangssignalen van buiten de industriële besturingskast moeten worden beveiligd met een 0,5 A smeltveiligheid voor elke ongeaarde leiding. De smeltveiligheid moet zich in de industriële besturingskast bevinden. In de buurt van de smeltveiligheid moet de volgende aanduiding staan:

- **"CAUTION"**
- **"To reduce the risk of fire, replace only with same type and rating of fuse"** (of soortgelijke bewoordingen)

De volgende aanduiding moet bij de aansluitklemmen staan:

- **"CAUTION"**
- **"To reduce the risk of electric shock, connections to these terminals shall not involve a potential of greater than 30 Vrms or 42.4 V peak between live parts of opposite polarity and between a live part and ground."**

Voor signaalingangen van meettoestellen die zijn geïsoleerd van de voedingsspanning (zoals stroomtransformatoren, toerentellers, thermokoppels of andere regeltoestellen) en die zich binnen of buiten de industriële besturingskast bevinden, is geen extra beveiliging nodig.

Verantwoordelijkheid van de fabrikant

De fabrikant is verplicht om de ground fault circuit interrupter als volgt te testen.

- Stuurstroomketen onder spanning
- Weerstand tussen spanningvoerende delen van de ongeliste component en aarde.

Opmerking

De weerstandswaarde moet zo gekozen worden dat er een stroom vloeit van meer dan 6 mA maar minder dan de nominale stroom van het secundaire kortsluitbeveiligingstoestel.

→ De ground fault circuit interrupter moet aanspreken.

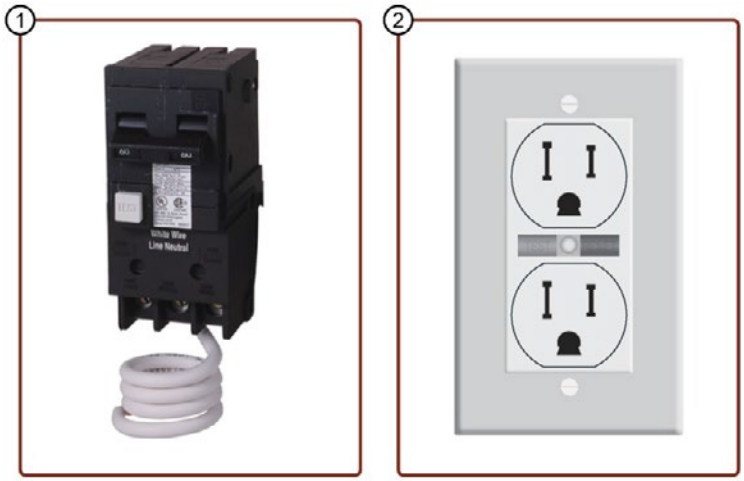
De tests van de geëvalueerde toestellen moet worden gedocumenteerd. De testgegevens moeten te allen tijde voor de UL-inspecteurs in te zien zijn.

De testgegevens moeten minstens 6 maanden worden bewaard.

Tabel 7- 7 Voorbeeld "Verslagleggingsformulier"

Componentaanduiding	Naam fabrikant component	Aanduiding in catalogus	Aantal gebruikt	Identificatie in de kast	Datum aardfouttest
…	…	…	…	…	…

Bron: UL 508A, Appendix B



① Class A - GFCI
② Contactdoos type - GFCI

Afbeelding 7-8 Ground fault circuit interrupter

Aarding

8

8.1 Algemene eisen

In dit hoofdstuk worden in detail de eisen aan aarding en aardleidingen beschreven. Er wordt in detail ingegaan op de verschillen tussen de eisen aan industriële besturingskasten volgens UL 508A hoofdstuk 14 t/m 16 en de eisen aan elektrische apparatuur volgens NFPA 79, hoofdstuk 8.

Op sommige punten verschillen deze eisen namelijk. We raden fabrikanten van industriële besturingskasten aan om zich te houden aan de eisen uit UL 508A. De eisen op het gebied van aarding uit NFPA 79 (die meer informatie geeft en op sommige punten uitgebreider is) zijn van belang voor bouwers van industriële besturingskasten en machinebouwers.

Als de eisen tegenstrijdig zijn, dan moeten de fabrikant en de gebruiker de onduidelijkheden vooraf ophelderen.

a) Algemene informatie

Aarding is bedoeld om een doorgaande elektrische verbinding tussen geleidende delen tot stand te brengen, zodat ze dezelfde elektrische potentiaal krijgen.

b) Combinatie van aardleiding (beveiliging) en nulleiding

Het is volgens de huidige Amerikaanse normen (NEC, UL 508A en NFPA 79) niet toegestaan om de aardleiding en de nulleiding te combineren.

Uitzondering

Bij "Separately derived systems"* volgens de NEC, is een combinatie onder bepaalde voorwaarden wel toegestaan.

*Separately derived systems zijn systemen met een of meer afzonderlijke voedingen bovenop de gebruikelijke voeding (bijv. via batterijen, generators, fotocellen e.d.) waarbij er **geen** rechtstreekse elektrische verbinding met een andere voeding is.

c) Aanduidingen

Aansluitklemmen kunnen op drie manieren worden aangeduid.

- Via een van de aanbevolen **afkortingen**: "G", "GND", "GRD", "Ground" of "Grounding"

  "PE" (protective earth) is ook toegestaan volgens NFPA 79. Deze afkorting is echter afkomstig uit de IEC-normen en komt niet overeen met de gangbare afkortingen die momenteel in Noord-Amerika worden gebruikt.
- **Kleur:** groen of groen/geel
- **Aardingssymbool** volgens IEC ⏚

8.2 Eisen uit UL 508A voor aarding van een industriële besturingskast

Alle geleidende delen die door mensen aangeraakt kunnen worden onder normale bedrijfscondities of tijdens het instellen van delen van de industriële besturingskast, moeten verbonden worden met de aardleiding en worden geaard. De bedoeling hiervan is dat als er een elektrische fout (bijv. een fout in de isolatie) optreedt, voorkomen wordt dat er gevaarlijke aanraakspanningen kunnen ontstaan of dat de voeding in dergelijke gevallen automatisch wordt uitgeschakeld.

Er moeten geschikte aansluitklemmen (Field Wiring Terminals) beschikbaar zijn om de externe aardleidingen aan te sluiten.

De aansluitklemmen moeten ook aan de volgende eisen voldoen:

- eisen aan externe aansluitingen van de industriële besturingskast (zie feeder circuits in het hoofdstuk Afstand van lucht- en kruipwegen (pag. 56))
- eisen uit norm UL 467 "Standard for Grounding and Bonding Equipment" of overeenkomstig getest

De aansluitklemmen en de geleidende delen moeten worden verbonden via metalen contactoppervlakken of leidingen van voldoende doorsnede. De minimumdoorsnede moet voldoen aan een van de volgende twee eisen:

- UL 508A, Tabel 15.1

  Voor de minimumdoorsnede van aardleidingen en aardingsklemmen, zie onderstaande tabel "Dimensionering van aardingsklem".

- zelfde doorsnede als de externe voedingsleidingen van de industriële besturingskast

De kleinste doorsnede van beide moet worden gebruikt.

Deze eisen zijn van toepassing op permanent opgestelde industriële besturingskasten die op een bepaalde locatie worden gebruikt.

Opmerking

Industriële besturingskasten die gebruikt worden met verschillende voedingen en op verschillende locaties, moeten voorzien zijn van een soepele voedingskabel.

Tabel 8- 1 Dimensionering van aardingsklem

Maximum ampere rating of overcurrent protection for field wiring conductors supplying the panel	Size of equipment grounding or bonding conductor, minimum			
	Koper		Aluminum	
	AWG of kcmil	[mm²]	AWG of kcmil	[mm²]
15	14	2,1	12	3,3
20	12	3,3	10	5,3
30	10	5,3	8	8,4
40	10	5,3	8	8,4
50	10	5,3	8	8,4
100	8	8,4	6	13,3
200	6	13,3	4	21,2
300	4	21,2	2	33,6
400	3	26,7	1	42,4
500	2	33,6	1/0	53,5
600	1	42,4	2/0	67,4
800	1/0	53,5	3/0	85,0
1000	2/0	67,4	4/0	107,2
1200	3/0	85,0	250 kcmil	127
1500	4/0	107,2	350	177
2000	250 kcmil	127	400	203
2500	350	177	600	04
3000	400	203	600	304
4000	500	253	800	405
5000	700	255	1200	608
6000	800	506	1200	608

Bron: UL 508A, Tabel 15.1

Eisen aan de aarding van transformatoren en voedingen (UL 508A, hoofdstuk 16)

In een secundair circuit met uitgangsklemmen (field wiring terminals) dat wordt gevoed door een voedingstransformator, besturingstransformator of voeding, moet de secundaire zijde geaard worden als een van de volgende voorwaarden geldt.

a) **Spanning ≤ 50 V**

1. primaire spanning ≥ 150 V fase – aarde of
2. primaire zijde ongeaard, ongeacht de spanning

b) **Spanning ≥ 50 V**, en de spanning aan secundaire zijde kan door aarding beperkt worden tot ≤ 150 V fase – aarde

c) **Secundaire zijde is 3-fase, 4-draad,** (sterschakeling) waarbij het midden van de ster wordt aangesloten in het circuit.

d) **Secundaire zijde is 3-fase, 4-draad,** (driehoekschakeling) waarbij het midden van een fasewikkeling wordt aangesloten in het circuit.

Dit is met name van belang voor toestellen aan de secundaire zijde met een "slash rating" (bijv. 120/240 V, 480 Y/277 V of 600 Y/347 V). In dit geval is het van cruciaal belang dat de stuurstroomketen voldoet aan voorwaarde b) of c). Bij een 3-fase-sterschakeling met slechts drie beschikbare fasen, moet het midden van de ster worden geaard.

Opmerking

Nadere informatie over de in c) en d) genoemde voedingsconfiguraties is te vinden in het hoofdstuk Netspanningsconfiguraties (pag. 65)

De aarding moet op locatie in de industriële besturingskast worden aangebracht. Er moet een verbinding zijn tussen de behuizing en de aardingsklem. Er zijn ook aanduidingen vereist over de dimensionering van de aansluitklem en de externe aardleiding. Er gelden twee uitzonderingen:

- De aardingsklem is niet nodig voor transformatoren in de stuurstroomketen met een nominaal vermogen S ≤ 1,000 VA. De aardleiding moet van koper zijn met minstens een doorsnede van 14 AWG (2,1 mm^2)
- Bij besturingskasten met meerdere inkomende voedingen, waaronder andere soorten voedingen dan de gebruikelijke netspanning (bijv. generators), dan moet er een aardingsklem zijn met een minimale doorsnede van 3/0 AWG.

Ongeaarde circuits

Voedingscircuits of stuurstroomketens die gevoed worden door een secundaire spanning ≥ 100 V die niet geaard hoeven te worden, moeten aan een van de volgende voorwaarden voldoen:

- het secundaire circuit is voorzien van een aardlekdetector die een hoorbaar of zichtbaar signaal geeft als er een aardfout optreedt in een ongeaarde leiding (bijv. een waarschuwingslamp of een aanduiding op een display);
- het secundaire circuit is voorzien van een aardlekdetector die het circuit automatisch uitschakelt als er een aardfout optreedt (bijv. een aardlekschakelaar).

Als de aardlekdetector alleen maar een hoorbare of zichtbare waarschuwing geeft bij een aardfout en de stroom niet onderbreekt, dan mag een aardfout er niet toe leiden dat veiligheidsrelevante toestellen worden overbrugd.

Uitzondering: stuurstroomketens met een secundaire spanning van meer dan 100 V en zonder voorziening voor het aansluiten van externe circuits (Field Wiring) hoeven geen aardlekdetector of aardlekschakelaar te hebben.

Eenfasige belastingen van "straight rated" transformatoren in de industriële besturingskast

Als externe eenfasige belastingen tussen fase en nul worden gevoed via een transformator in de industriële besturingskast met driehoekaansluiting aan de secundaire zijde, geaard in het midden van een fase (midpoint-grounded power supply), dan is er een extra oranje label vereist voor de interne leiding bij de aansluitpunten voor de "high-leg"-spanning.

* De hoogste spanning tussen fase en aarde (zie hoofdstuk Netspanningsconfiguraties (pag. 65))

Opmerking

Meer informatie over labels, kleuren e.d., is te vinden in het hoofdstuk Aanduiding en kleur (pag. 248).

8.3 Eisen in NFPA 79 voor aarding van machines

Algemene informatie

De eisen zijn primair bedoeld om ervoor te zorgen dat de impedantie van het aardingscircuit zo laag mogelijk is. Dit is weer bedoeld om ervoor te zorgen dat de overstroombeveiligingstoestellen de spanning uitschakelen als er een aardfout optreedt. Bovendien wordt zo voorkomen dat er een gevaarlijke aanraakspanning ontstaat. Alle niet spanningvoerende delen moeten verbonden worden aan het aardingscircuit. De eisen in **NFPA 79** betreffende aarding bevatten ook eisen aan de aardleiding.

De eisen in **NFPA 79** zijn gebaseerd op **NEC, art. 250.4**.

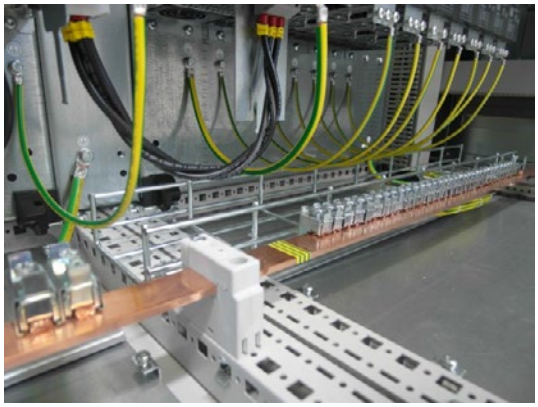
Aardingscircuit

Componenten

Alleen de volgende onderdelen mogen gebruikt worden in het aardingscircuit:

- aansluitklemmen voor aardleidingen
- aardleidingen en verbindingsbruggen

Deze eis is aanzienlijk gewijzigd in vergelijking tot editie 2007 van NFPA 79. Constructieve componenten van de machine en van andere dragende delen van de elektrische uitrusting mogen geen onderdeel meer vormen van het aardingscircuit. Alleen elektrische leidingen zijn toegestaan.



Afbeelding 8-1 Aardingsconcept van een industriële besturingskast

Alle onderdelen van het aardingscircuit (aansluitklemmen en leidingen) moeten bestand zijn tegen de desbetreffende mechanische en thermische belasting zonder dat er onacceptabele schade ontstaat, met name ook in het geval van kortsluiting.

NFPA 79 specificeert echter niet hoe dit bereikt kan worden. De logica hierachter is dat in het geval van een kortsluiting van één fase de kortsluitstroom via het aardingscircuit terugstroomt naar de bron. De leidingen in het aardingscircuit zijn vaak dunner dan de bijbehorende faseleiding. Ook is de dunnere aardleiding niet beveiligd met een bijpassende overstroombeveiliging, maar de aardleiding is indirect beveiligd door de overstroombeveiliging in de ongeaarde leidingen (fasen).

De norm gaat er ook vanuit dat de impedantie van het foutstroomcircuit bij een kortsluiting van één fase, aanzienlijk hoger is dan bij een kortsluiting van twee of drie fasen. Dit betekent dat de kortsluitstroom, en daarmee ook de thermische en mechanische belasting, bij kortsluiting van één fase in machines en industriële besturingskasten normaal gesproken lager is dan bij een kortsluiting van twee of drie fasen.

Als de aardleidingen worden gedimensioneerd volgens tabel 8.2.2.3 in NFPA 79 (zie tabel 8-1 Dimensionering van aardingsklem (pag. 173)), dan is dat meestal voldoende voor de thermische en mechanische belasting bij een kortsluiting.

Als er enige twijfel bestaat (bijv. als de systeemgebruiker een zeer hoge kortsluitstroom specificeert) dan moeten aanvullende maatregelen worden getroffen om het aardingscircuit te beschermen.

Voorbeelden van aanvullende maatregelen:

- monteren van een extra parallelle aardleiding
- verhogen van de doorsnede van de aardleiding

De aansluitklemmen in het aardingscircuit moeten tijdens het certificeringsproces (bijv. UL-goedkeuring) ook getest worden voor een stroom overeenkomstig de SCCR-rating met een bijpassend overstroombeveiligingstoestel.

Kleine delen waarvan niet te verwachten is dat er gevaarlijke aanraakspanningen op kunnen komen te staan, zijn uitgezonderd. Ze hoeven niet verbonden te worden met het aardingscircuit.

Voorbeelden:

- Schroeven
- Nieten
- Typeplaten

Industriële besturingskasten of onderverdeelkasten van niet geleidend materiaal (bijv. plastic) kunnen onderdelen op metalen montagepanelen bevatten. In dat geval moeten de montagepanelen verbonden worden met het aardingscircuit.

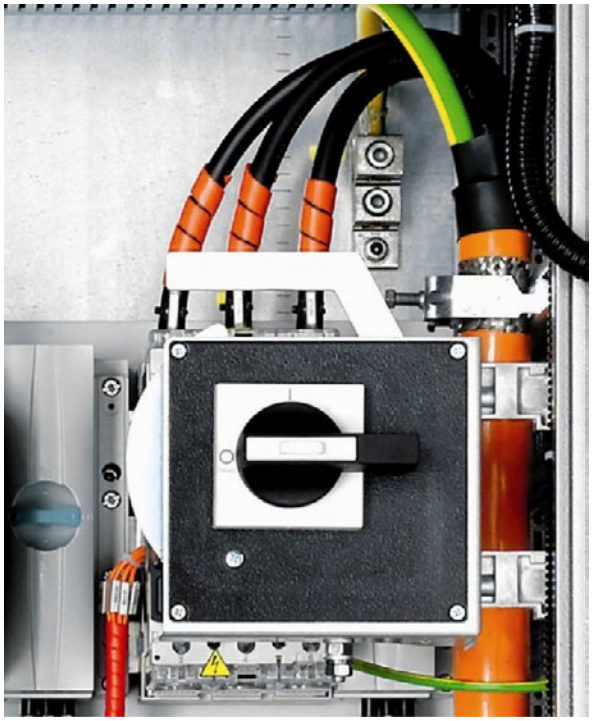
Opmerking

Sommige fabrikanten van componenten of deelsystemen schrijven in de installatievoorschriften voor dat deze delen op een bijzondere manier geaard moeten worden, omdat ze anders niet goed werken. Als dit expliciet wel wordt geëist, dan moeten ze aan het aardingscircuit worden verbonden.

Aardingsklem

Iedere inkomende voedingsleiding moet zijn eigen aardingsklem hebben. Deze moet zich in de buurt van de desbetreffende faseleidingen bevinden.

Alle aardingscircuits en, indien van toepassing, alle eenheden en componenten moeten worden verbonden met het aardingsklem van het systeem.
Voorbeeld:



Afbeelding 8-2 Aardingsklemmen voor de inkomende voedingsleiding

De klem moet zo gedimensioneerd zijn dat minstens een kabel kan worden aangesloten met een doorsnede volgens onderstaande tabel, "Minimale afmeting van aardleidingen en verbindingsbruggen".

Als er een aardpen voor hulpcircuits beschikbaar is, dan moet de aardingsklem ook ruimte bieden aan deze extra aardleidingen.

Tabel 8- 2 Minimale afmeting van aardleidingen en verbindingsbruggen

Rating or setting of automatic overcurrent device in circuit ahead of the equipment (not exceeding amperes)	Copper conductor size (AWG of kcmil)
10	16
15	14
20	12
30	10
40	10
60	10
100	8
200	6
300	4
400	3
500	2
600	1
800	1/0
1000	2/0
1200	3/0
1600	4/0
2000	250
2500	350
3000	400
4000	500
5000	700
6000	800

Bron: NFPA 79, Tabel 8.2.2.3

Aardleidingen en verbindingsbruggen

Opmerking

Volgens NFPA 79 moeten aardleidingen en verbindingsbruggen vervaardigd zijn van koper. Aluminium is niet toegestaan.

Aardleidingen en verbindingsbruggen mogen geïsoleerd, afgedekt of blootliggend (ongeïsoleerd) uitgevoerd zijn. Ze moeten voldoende beschermd zijn tegen mechanische beschadiging.

De doorsnede van aardleidingen en verbindingsbruggen mag niet kleiner zijn dan de vereiste minimumdoorsnede volgens tabel 8-2 Minimale afmeting van aardleidingen en verbindingsbruggen (pag. 179). Het is echter niet vereist dat de doorsnede groter is dan die van de inkomende voedingsleidingen.

Aardleidingen en verbindingsbruggen moeten worden aangeduid zoals beschreven in het hoofdstuk Algemene eisen (pag. 171) en hoofdstuk Aanduiding en kleur (pag. 248).

Continuïteit van het aardingscircuit

De continuïteit van het aardingscircuit moet geheel gebaseerd zijn op verbindingen via leidingen. Constructieve, dragende en geleidende delen van de machine mogen daar niet meer voor gebruikt worden. Dit geldt ook voor kabelgoten, -houders en -toevoeren.

Als er toestellen uit het systeem moeten worden verwijderd (bijvoorbeeld voor routinematig onderhoud), dan mag dat niet leiden tot een onderbreking van het aardingscircuit voor de resterende delen en deelsystemen. Dit geldt ook als er op dit punt een aftakking is. Als een aardleiding wordt losgemaakt, mag dat de aftakking niet verbreken.

De apparatuur mag met bouten en bepaalde hulpmiddelen worden verbonden mits verf en vuil van het contactvlak worden verwijderd of de gebonden delen effectief doorboord zijn.

Als er geen aardingsklemmen beschikbaar zijn voor delen en deelsystemen, dan moet ervoor worden gezorgd dat de aansluiting onafhankelijk is van de bevestiging van de plaat of het metaal.

LET OP
Schade Het gebruik van verschillende materialen op een contactvlak kan leiden tot elektrochemische corrosie.

Opmerking

Deuren en kappen

Als er elektrische voorzieningen (waarschuwingslampen, drukknoppen, displays e.d.) op een deur of kap zijn gemonteerd, dan moet deze deur of kap verbonden worden met het aardingscircuit. Dit kan door de deur of kap te verbinden met de behuizing of met een aardingsklem.

Hangende, mobiele en verende apparatuur moet via een aparte leiding worden verbonden. Als er een kabel met meerdere aders wordt gebruikt, dan moet de aardleiding een van de aders in de kabel zijn.

Uitgesloten van schakel- of overstroombeveiligingstoestellen

Het aardingscircuit mag onder geen enkele omstandigheid worden onderbroken. Het aardingscircuit mag daarom geen schakel- of overstroombeveiligingstoestellen (bijv. smeltveiligheden) bevatten.

Scheidbare verbindingen (bijvoorbeeld zoals gebruikt bij uittrekapparaten, scheidbaar via een aansluitsteker) moeten zo gemaakt zijn dat de aardleiding het eerst contact maakt bij insteken en als laatste verbroken wordt bij uittrekken ("First make – last break").

Aansluitpunten voor aardleidingen

Iedere aardleiding moet zijn eigen aansluitpunt hebben. Dit voorkomt dat de verbinding met andere systeemdelen en eenheden onbedoeld wordt verbroken als de aardleiding wordt verwijderd.

De aansluitpunten worden aangeduid zoals beschreven in het hoofdstuk Algemene eisen (pag. 171).

stuurstroomketens.

Stuurstroomketens kunnen **geaard** of **ongeaard** zijn.

Geaarde stuurstroomketens

Als een stuurstroomketen is geaard dan moet de zijde van het circuit die is verbonden met de spoelen als volgt geaard worden:

- AC – de secondaire zijde van de besturingstransformator
- DC – de secondaire zijde van de voeding

Uitzonderingen:

- Blootliggende PELV-stuurstroomketens moeten altijd geaard worden. Zie hoofdstuk Bescherming door toepassing van een "protective extra low voltage" (PELV) (pag. 91).
- Contacten van overbelastingsrelais mogen tussen spoelen en geaarde leidingen worden geschakeld mits de leidingen tussen de elektromagnetische elementen (bijv. contactorspoelen of relais) niet buiten de elektrische besturingskast komen.

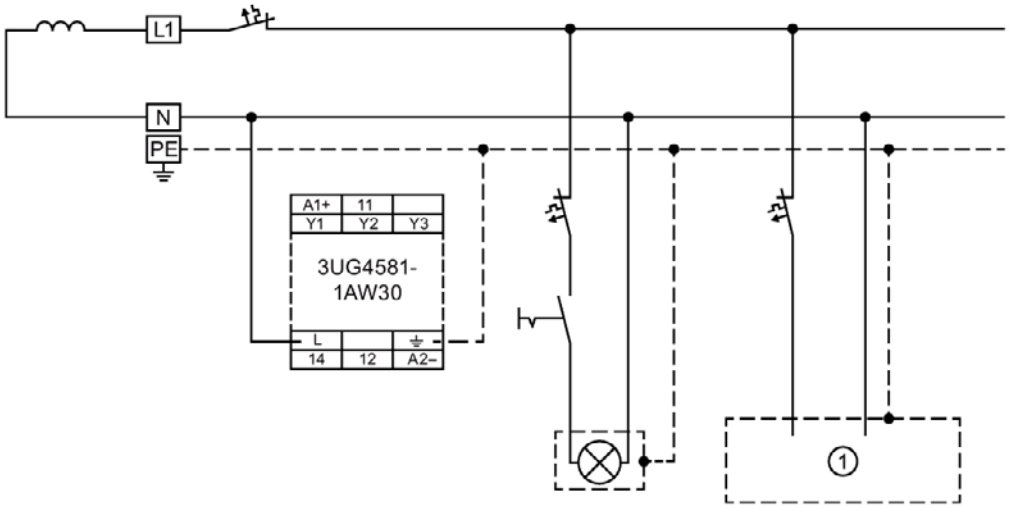
Ongeaarde stuurstroomketens

Ongeaarde stuurstroomketens moeten worden voorzien van een isolatiebewaking die aan de volgende voorwaarden voldoet:

- een aardfout wordt aangeduid (zichtbaar, hoorbaar); de fout moet binnen redelijke termijn worden hersteld;
- het circuit wordt automatisch uitgeschakeld.

Hiermee wordt voorkomen dat in het geval van een dubbele aardfout, belangrijke bedienelementen (zoals de NOOD-UIT) onopgemerkt worden overbrugd tijdens normaal bedrijf.

Zie onderstaande afbeelding.



① belastingen;

Afbeelding 8-3 Ongeaarde stuurstroomketens

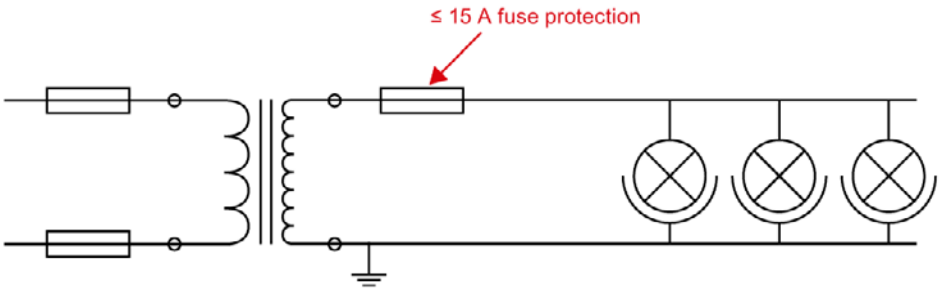
Vergelijk dit ook met de eisen in UL 508A zoals beschreven in het hoofdstuk Eisen uit UL 508A voor aarding van een industriële besturingskast (pag. 172), onder "Ongeaarde circuits".

Verlichtingscircuits

Verlichtingscircuits voor de verlichting van de machine of voor onderhoud moeten geaard zijn. Aanduidingen zoals beschreven in het hoofdstuk Aanduiding en kleur (pag. 248).

Als het verlichtingscircuit wordt gevoed door een aparte scheidingstransformator, dan moet de secundaire zijde rechtstreeks aan het aardingscircuit worden verbonden.

Bij schroeffittingen moet de geaarde leiding aan de schroefvormige pool worden aangesloten. Zie onderstaande afbeelding.



Afbeelding 8-4 Verlichtingscircuits

Functies stuurstroomketen

9

9.1 Start- en stopfuncties

Startfuncties

Startfuncties mogen alleen geactiveerd worden door het desbetreffende circuit van stroom/spanning te voorzien. Dit betekent dat een toestel (bijv. een frequentieomvormer, contactor of schakelaar) wordt geactiveerd door een signaal op te wekken. Het is niet toegestaan dat het wegvallen van een signaal de startfunctie activeert.

Stopfunctie

De stopfunctie wordt bediend door het desbetreffende circuit spanning/stroomloos te maken. De stopfunctie moet de startfunctie overrulen. Het resetten van de stopfunctie mag niet leiden tot gevaarlijke situaties.

NFPA 79 definieert drie verschillende categorieën voor het stopzetten van elektrische actuatoren.

In deze categorieën wordt geen onderscheid gemaakt tussen een noodmaatregel (NOODSTOP) en een operationele handeling (bijv. onderhoud). Bovendien geven de nummers 0, 1 en 2 geen rangorde of prioriteit aan. Het stopproces geldt altijd voor de gehele actuator en niet alleen voor de elektrische uitrusting.

Tabel 9- 1 Stopcategorieën

Categorie	Aspect		
	Energietoevoer	Vertraging	Stoppen
Categorie 0 stop	Onmiddellijk onderbroken	Ongeregeld	Niet bestuurd
Categorie 1 stop	Onderbroken als een bepaalde positie is bereikt	Vertraging geregeld via het besturingssysteem	Niet bestuurd
Categorie 2 stop	Niet onderbroken	Vertraging geregeld via het besturingssysteem	Bestuurd door regelsysteem van de actuator

9.2 Bedrijfsmodes

Een machine kan een of meer bedrijfsmodes hebben.

De bedrijfsmode van een machine wordt door twee factoren bepaald:

- type van de machine
- toepassingsgebied (automatische of handmatige mode, service en onderhoud, setup-mode, enz.)

Door het wisselen van bedrijfsmode mogen er geen gevaarlijke situaties ontstaan en mag er geen activiteit van de machine worden opgeroepen. De functies van de machine moeten afzonderlijk worden geactiveerd, nadat de bedrijfsmode is gekozen.

Zo nodig moet het ongeoorloofd kiezen van een bedrijfsmode worden voorkomen via een sleutelschakelaar of een toegangscode.

Het moet zichtbaar zijn welke bedrijfsmode geselecteerd is en welke actief is (bijv. stand van de keuzeschakelaar, aanduiding op display, indicatielamp e.d.)

9.3 Veiligheidsfuncties en veiligheidstoestellen overbruggen

Zo nodig kunnen een of meer veiligheidsvoorzieningen tijdelijk overbrugd worden.

Het toestel of bedienelement om de mode te selecteren moet in de gewenste stand te vergrendelen zijn (bijv. met een slot), zodat automatisch bedrijf niet mogelijk is. Bovendien moet een of meer van de volgende maatregelen worden getroffen:

- beweging mag alleen geactiveerd worden met een bedienelement dat, zodra het losgelaten wordt, automatisch in de originele stand terugkeert (hold-to-run);
- een verplaatsbaar bedieningspaneel (bijv. hangend) met een NOODSTOP-knop; het bedieningspaneel heeft een vrijgavefunctie; als een verplaatsbaar paneel wordt gebruikt, dan kan beweging alleen geactiveerd worden vanaf dat paneel;
- bewegingsbereik beperken;
- snelheid of energie van de beweging beperken.

9.4 Gebruik

Algemene informatie

Alle veiligheidsfuncties en beschermingsmaatregelen (bijv. vergrendelingen) die nodig zijn voor veilig gebruik, moeten aanwezig zijn.

In het algemeen is via een risicobeoordeling vooraf bepaald welke veiligheidsfuncties en beschermingsmaatregelen er nodig zijn.

Veiligheidsfuncties volgens ISO 12100

Een veiligheidsfunctie is een functie van de machine waarvoor geldt dat als deze uitvalt, risico's direct kunnen toenemen.

Deze veiligheidsfuncties zijn actieve voorzorgsmaatregelen die zijn bedoeld om ervoor te zorgen dat de machine in de beoogde omgeving werkt en dat de veiligheidsfuncties alleen binnen toegestane grenzen actief zijn.

Beschermingsmaatregelen volgens ISO 12100

Beschermingsmaatregelen zijn technische maatregelen op basis van beschermende voorzieningen die personeel tegen gevaren en risico's beschermen. In de volgende gevallen zijn beschermingsmaatregelen verplicht:

- gevaren worden onvoldoende weggenomen door een ontwerp dat op zichzelf veilig is;
- als risico's onvoldoende kunnen worden teruggedrongen.

Beschermingsmaatregelen zijn passieve voorzieningen die niet primair bedoeld zijn voor het gebruik van de machine. Het zijn aanvullende maatregelen die bedoeld zijn om personen te beschermen.

Er moeten ook aanvullende maatregelen worden getroffen om te voorkomen dat de machine onbedoeld of onverwacht beweegt.

Voorbeelden:

- opheffen van een blokkeringsvoorwaarde;
- fout in de voeding;
- vervangen van een accu/batterij;
- wegvallen van een stuursignaal bij draadloze besturingssystemen.

9.4.1 Start

Een proces kan pas gestart worden als alle veiligheidsfuncties en -voorzieningen aanwezig zijn. Er geldt echter een uitzondering als aan alle voorwaarden voor overbruggen is voldaan (zie hoofdstuk Veiligheidsfuncties en veiligheidstoestellen overbruggen (pag. 186)).

Het is soms vanwege opbouw, functie en toepassingsgebied niet mogelijk passende beschermingsmaatregelen te nemen. In dat geval mag de operatie alleen uitgevoerd worden met een handmatige "hold-to-run"-knop. Indien van toepassing moeten de bedienelementen vooraf worden vrijgegeven.

Er moeten vergrendelingen zijn aangebracht zodat de opstartvolgorde correct is (bijv. opeenvolgende processtappen).

Machines met meerdere bedieningspanelen

Voor machines waarbij meer dan één bedieningspaneel nodig is om te starten, gelden de volgende voorwaarden:

- elk bedieningspaneel heeft een eigen handmatig bedienelement om te starten;
- aan alle voorwaarden voor gebruik van de machine is voldaan;
- alle bedienelementen om te starten staan in de "OFF"-stand (ruststand/"normally open") voordat de startfunctie kan worden geactiveerd;
- alle bedienelementen om te starten moeten op hetzelfde moment worden bediend, maar niet per se synchroon; dit betekent dat er een bepaald moment in de tijd moet zijn waarop alle bedienelementen bediend zijn.

9.4.2 Stop

De term "stop" verwijst naar alle stopcommando's ongeacht of deze handmatig geactiveerd worden of automatisch door het besturingssysteem.

In het hoofdstuk "Start- en stopfuncties (pag. 185)" worden de drie verschillende stop-categorieën genoemd. Uit de resultaten van de risicobeoordeling en de functionele eisen van de machine moet de juiste stop-categorie afgeleid worden.

Opmerking

Uit de resultaten van de risicobeoordeling en de functionele eisen van de machine moet de juiste stop-categorie afgeleid worden.

Aanbevelingen bij de toepassing van stop-categorieën

Categorie 0 wordt vooral gebruikt bij fouten in de voeding of het besturingssysteem. De logica hierachter is dat in dergelijke gevallen categorie 1 of 2 misschien niet meer werkt.

In de volgende gevallen wordt categorie 1 aanbevolen:

- bij externe invloeden;
- als de machine om operationele redenen moet worden gestopt en de apparatuur (bijv. motoren) met zorg moet worden stilgezet, bijvoorbeeld omdat er geen remmen beschikbaar zijn.

Categorie 2 is geschikt voor situaties waarin het voor het bedrijfsproces nodig dat een bepaalde positie in stand blijft. Hiervoor is het bijvoorbeeld nodig dat de motor een bepaald koppel blijft uitoefenen om de positie vast te houden.

In NFPA 79, hoofdstuk 9.2.5.3.1 staan de volgende eisen:

- elke machine moet zijn uitgerust met een stopvoorziening van categorie 0;
- stop-categorie 0 en 1 moeten ongeacht de bedrijfsmodus functioneren;
- categorie 0 heeft altijd voorrang.

9.4.3 Handelingen in noodgevallen (NOODSTOP, NOOD-UIT)

Algemene informatie

In deze paragraaf vindt u meer informatie over de handelingen in een noodgeval: NOODSTOP of NOOD-UIT.

Hier gelden altijd de volgende eisen.

- Een bewuste menselijke handeling en beslissing. Er is slechts één enkele menselijke handeling nodig.

  Als dezelfde handeling wordt uitgevoerd door een machine, dan is er geen sprake van een NOODSTOP of NOOD-UIT, want er is geen bewuste menselijke handeling bij betrokken.
- Een gegeven commando moet worden bewaard totdat het proces door een bewuste menselijke handeling wordt gereset.
- Het systeem moet worden gereset op de plaats van het bedienelement waarmee de machine is gestopt. Dit geldt ook voor situaties waarbij meerdere NOODSTOP- en NOOD-UIT-knoppen op verschillende plaatsen aan de machine zijn bediend.

Naast bovenstaande eisen gelden voor een NOODSTOP ook nog de volgende eisen.

- De NOODSTOP moet voorrang hebben op alle andere functies en handelingen, in alle bedrijfsmodes.
- Actuatoren die een gevaarlijke toestand veroorzaken, moeten zo snel mogelijk spanningsvrij gemaakt worden zonder andere gevaren te creëren.
- Als na een noodgeval een stopcommando wordt gereset, dan mag dat er niet toe leiden dat de machine opnieuw start; het mag het alleen mogelijk maken dat de machine opnieuw wordt gestart.

Opmerking

NOODSTOP en NOOD-UIT zijn alleen bedoeld als extra aanvullende beschermingsmaatregelen en niet als primaire risicoreducerende maatregelen. Men kan er niet van uitgaan dat als er een risico optreedt, er altijd mensen ter plaatse zijn die de risico's kunnen inschatten.

Daarom worden in de **NFPA 79** de volgende normen aanbevolen.

- **ISO 12100:** risicobeoordeling en risicoreductie
- **ISO 13850:** ontwerpprincipes voor NOODSTOP en functionele aspecten van machines

Een stop-categorie selecteren voor noodgevallen

NOODSTOP

Een NOODSTOP moet een stop zijn van categorie 0 of categorie 1. Welke van deze categorieën gebruikt wordt, moet voortvloeien uit de risicobeoordeling voor de machine.

Er moet voor gezorgd worden dat uiteindelijk de voeding van de actuatoren uitschakelt. Categorie 2 is dan ook niet toegestaan. De voeding moet via elektromechanische componenten worden onderbroken. Dit hoeven echter niet per se scheiders te zijn.
Als er elektromechanische schakeltoestellen (bijv. een contactor of een relais) worden gebruikt om te voldoen aan de eisen van bijvoorbeeld categorie 0, dan mogen die geen geheugenwerking hebben.

Uitzondering

De voeding mag met vermogenselektronische toestellen (zoals frequentieomvormers en halfgeleidercontactors) worden uitgeschakeld mits deze zijn getest volgens de desbetreffende normen.

Opmerking

IEC 61508 en **IEC 61800-5-2** zijn de normen die van toepassing zijn voor frequentieomvormers in de context van veiligheidsrelevante functies.

NOOD-UIT

De NOOD-UIT-functie is bedoeld voor alle gevallen waarin elektrische spanning een direct gevaar vormt. Deze functie is met name bedoeld voor situaties waarbij alleen bescherming tegen aanraking bestaat doordat de spanningvoerende delen buiten bereik zijn of doordat er obstakels zijn geplaatst. Dit kan bijvoorbeeld het geval zijn bij busbars, elektrische ruimtes of sleepringen.
Voor NOOD-UIT komt alleen stop-categorie 0 in aanmerking. De inkomende voedingsleiding moet immers worden onderbroken. NOOD-UIT betreft primair het opheffen van gevaren door elektrische spanning.
Dit kan ook nodig zijn onder belasting. Vermogenselektronische toestellen zijn daarom niet toegestaan. Er mag uitsluitend elektromechanische industriële besturingsapparatuur met een passend afschakelvermogen worden gebruikt. Dit hoeven echter niet per se scheiders te zijn. Ook magnetische contactors bijvoorbeeld zijn toegestaan.

Als om veiligheidsredenen een NOOD-UIT van categorie 0 niet mogelijk is, dan moeten andere maatregelen worden getroffen zodat een NOOD-UIT niet meer nodig is. Deze kunnen bijvoorbeeld bestaan uit een adequate bescherming tegen directe aanraking van spanningvoerende delen.

Opmerking

NOOD-UIT en de bijbehorende functionele aspecten zijn beschreven in **IEC 60364-5-53, hoofdstuk 536.4**.

Besturingsuitrusting 10

10.1 Beschermingsniveaus behuizing

De besturingsuitrusting in kasten moet voldoende beschermd zijn, rekening houdend met de omgeving waarvoor de machine bedoeld is. Dit betreft onder andere de locatie en de fysieke omgevingsfactoren zoals stof, koelmiddelen en rondvliegende splinters. De eerste zorg is om de apparatuur te beschermen tegen binnendringen van objecten en vloeistof van buiten,

Het beschermingsniveau legt vast hoe de uitrusting tegen externe omgevingsfactoren maar ook tegen directe aanraking wordt beschermd. Zie het hoofdstuk Bescherming tegen directe aanraking (pag. 82). Behuizingen voor elektrische uitrustingen moeten vanwege de bescherming tegen directe aanraking minstens een beschermingsniveau van NEMA type 1 bieden (komt overeen met UL Enclosure Type 1)

Uitzondering

Het minimumbeschermingsniveau van NEMA type 1 is niet vereist voor afneembare stroomafnemers op sleepcontacten. In die situaties is NEMA type 1 niet praktisch haalbaar. In dat geval moeten adequate kappen worden aangebracht die bescherming bieden tegen directe aanraking.

De volgende informatie betreft in essentie de eisen uit UL 508A, hoofdstuk 19 en NFPA 79, hoofdstuk 11.

UL enclosure types (UL 508A, hoofdstuk 26)

Eis

De toebehoren bij de behuizing, bijvoorbeeld ventilatoren, airconditioners, verwarmingselementen e.d., moeten goedgekeurd zijn volgens UL.
De meeste fabrikanten van UL-geliste behuizingen hebben ook gezorgd voor goedkeuring van alle noodzakelijke toebehoren en hebben deze daarvoor getest.

Eigenaardigheid

In de NEC en in UL wordt het beschermingsniveau van behuizingen aangegeven met typenummers (bijv. type 12). De catalogus van de meeste fabrikanten vermeldt echter de NEMA-aanduiding (bijv. NEMA Type 12 (NEMA ICS-6)).

Opmerking

- Vergelijking UL en NEMA. Een behuizing overeenkomstig NEMA (standaard ICS-6) is niet automatisch UL-gelist. UL moet het beschermingsniveau van de behuizing vaststellen (UL type 1) en testen (UL type 3R, 12, 4, etc.).
- Voor UL/NEMA type 1: als er zich ongeïsoleerde spanningvoerende delen in de besturingskast bevinden, dan moet de kast een dak hebben ter bescherming tegen vallend vuil. (UL 508A, art. 21.2.1)
- Als er een watergekoelde frequentieomvormer in een industriële besturingskast zit dan moeten voorzieningen worden getroffen (de component wordt bij voorkeur in een aparte kast geplaatst) om te voorkomen dat er water op de spanningvoerende delen komt als er een waterleiding breekt.
- UL 508A – draaibare panelen (alleen voor "Industrial Control Panels for use in Industrial Machinery"). Deze panelen moeten meer dan 110 graden kunnen draaien. (UL 508A, art. 66.1.1)
- Beschermingsniveaus 3RX, 3SX en 3X in UL 508A zijn een variant op type 3 met extra eisen omtrent corrosiebescherming.

"Enclosure ratings" voor "Non-Hazardous" locaties

Tabel 10- 1 Overzicht van alle beschikbare "Enclosure ratings" voor "Non-Hazardous" locaties

Tabel 1 Vergelijking specifieke toepassingen van behuizingen voor binnen en buiten in niet-explosieve omgeving													
Biedt een zekere bescherming tegen de volgende omgevingscondities	**Type behuizing**												
	1[a]	**2[a]**	**3**	**3R[a]**	**3S**	**4**	**4X**	**5**	**6**	**6P**	**12**	**12K**	**13**
Onbedoelde aanraking met de apparatuur in de behuizing	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Vallend vuil	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Druppende en licht spattende niet-corrosieve vloeistoffen.	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Regen, sneeuw en hagel[b]	-	-	●	●	●	●	●	-	●	●	-	-	-
Hagel[c]	-	-	-	-	●	-	-	-	-	-	-	-	-
Ronddwarrelend stof, pluizen, vezels en rondvliegende deeltjes[d]	-	-	●	-	●	●	●	-	●	●	●	●	●
Neerslaan van stof, pluizen, vezels deeltjes in de lucht[d]	-	-	●	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Opwaaiend stof	-	-	●	-	●	●	●	-	●	●	-	-	-
Neerstromend en opspattend water	-	-	-	-	-	●	●	-	●	●	-	-	-
Lekkende olie en koelvloeistof	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	●	●	●
Sproeiende en spattende olie of koelvloeistof	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	●
Corrosieve stoffen	-	-	-	-	-	-	●	-	-	●	-	-	-
Soms langdurig ondergedompeld	-	-	-	-	-	-	-	-	-	●	-	-	-

[a] Deze behuizingen kunnen geventileerd zijn.

[b] Externe bediening hoeft niet te functioneren als de behuizing bedekt is met ijs.

[b] Externe bediening functioneert als de behuizing bedekt is met ijs.

[d] Deze vezels en rondvliegende deeltjes zijn niet explosief en worden niet beschouwd als class III ontvlambare vezels of explosieve rondvliegende deeltjes.

Bron: UL 50E

Toestellen inbouwen in openingen van industriële besturingskasten

Voorzieningen die zijn ingebouwd in openingen van industriële besturingskasten, moeten hetzelfde beschermingsniveau of hoger hebben als de kast zelf (bijv. bedienhendels, stroom- en spanningsmeters, drukknoppen, indicatielampen, ventilatoren, afdekkappen enz.). In UL 508A, tabel 19.1 en 19.2 worden de beschermingsniveaus gedefinieerd en is vastgelegd van welk beschermingsniveau de ingebouwde voorzieningen moeten zijn.

Tabel 10- 2 Openingen voor doorvoeren in behuizingen met omgevingsbeschermingsniveau anders dan type 1.

Type behuizing (kolom 1)	Eisen aan de constructie (kolom 2)
2, 3R, 3RX	a) Alle openingen voor kabelbuizen moeten onder alle ongeïsoleerde spanningvoerende delen zitten; of b) openingen voor kabelbuizen onder de onderste ongeïsoleerde spanningvoerende delen moeten een doorvoer hebben met een rating volgens tabel 19.2; of c) de behuizing moet een aanduiding hebben zoals in 53.2 met instructies voor de installateur over de bevestiging volgens (a) of (b).
3, 3S, 3SX, 3X, 4, 4X, 5, 12, 12K	d) Alle openingen voor kabelbuizen moeten een doorvoer hebben met een rating volgens tabel 19.2 of zoals voorgeschreven door de fabrikant; of e) de behuizing moet een aanduiding hebben zoals in 53.3 met instructies voor de installateur over de bevestiging volgens (d).
6, 6P	f) Alle openingen voor kabelbuizen moeten een doorvoer hebben met een rating volgens tabel 19.2.
13	g) Alle openingen voor kabelbuizen moeten een doorvoer hebben met een rating volgens tabel 19.2; of h) er zijn geen openingen voor kabelbuizen.

Bron: UL 508A, Tabel 19.1

Tabel 10- 3 Openingen voor componenten in behuizingen met een rating anders dan type 1

Type behuizing	Openingen kunnen gesloten worden bij apparatuur met aanduiding
2[a]	2, 3, 3R, 3RX, 3S, 3SX, 3X, 4, 4X, 5, 6, 6P, 12, 12K, 13, "Wet Location" of "Raintight"
3	3, 3S, 3SX, 3X, 4, 4X, 6, 6P
3R[b]	3, 3R, 3RX, 3S, 3SX, 3X, 4, 4X, 6, 6P, "Wet Location" of "Raintight"
3RX	3RX, 3SX, 3X, 4X
3S[c]	3, 3S, 3SX, 3X, 4, 4X, 6, 6P
3SX[c]	3SX, 3X, 4X
3X	3SX, 3X, 4X
4	4, 4X, 6, 6P
4X	4X
5	3, 3R, 3RX, 3S, 3SX, 3X, 4, 4X, 5, 6, 6P, 12, 12K, 13, "Wet Location" of "Raintight"
6	6, 6P
6P	6P
12, 12K	12, 12K, 13
13	13

[a] Type 1 componenten, ventilatie-openingen of kijkvensters zijn toegestaan als het profiel dat buiten de behuizing uitsteekt, door de drupafscherming volledig beschermd is tegen recht naar beneden druppend water.

[b] Componenten met de aanduiding"Weatherproof" of "Rainproof" mogen onder alle andere spanningvoerende delen in de behuizing worden geplaatst.

[c] Componenten met een extern bedienmechanisme moeten van type 3S of 3SX zijn voor behuizingen van type 3S, of van type 3SX zijn voor behuizingen van type 3SX.

Bron: UL 508A, Tabel 19.2

Voorzieningen van verschillend beschermingsniveau in één behuizing monteren

Als er voorzieningen met verschillend beschermingsniveau in één behuizing zijn gemonteerd en als deze combinaties niet vallen onder UL: 508A tabel 19.1 en 19.2 (alternatieve toepassingen), dan is het beschermingsniveau van de behuizing als geheel zoals vermeld in onderstaande tabel.

Tabel 10- 4 Alternatieve beschermingsniveaus voor behuizingen

Type behuizing (inclusief componenten en aansluitingen die voldoen aan tabel 19.1 en 19.2) (kolom 1)	Component/aansluiting-ratings die niet voldoen aan tabel 19.1 en19.2) (kolom 2)	Uiteindelijke enclosure rating (kolom 3)
3, 3RX, 3S, 3SX, 3X,4, 4X, 6, 6P	3R, "Wet Location", "Raintight", "Weatherproof"[c], "Rainproof"[c]	3R[a,b,c]
4X	3RX, 3SX, 3X, 4X	3RX[a, b]
4, 4X, 6, 6P	3, 3S	3[b]
4X	3X, 3SX	3X[b]
6, 6P	4, 4X	4
6P	6	6
13	12, 12K	12
12, 12K, 13	3, 3S, 4, 4X, 5, 6, 6P, "Wet Location", "Raintight"	5[b]

[a] Als er een afvoer is.

[b] Als er voorzieningen zijn om de deur af te sluiten (bijv. een ring voor een hangslot, handgreep met sleutelslot) of als er gereedschap nodig is om de behuizing te openen.

[c] Componenten met de aanduiding "Weatherproof" of "Rainproof" moeten onder alle andere spanningvoerende delen in de behuizing worden geplaatst. Openingen voor kabelbuizen of doorvoeren moeten voldoen aan opmerking a, b of c in UL 508A, tabel 19.1 voor behuizingen van type 3R.

Bron: UL 508A, Tabel 19.3

Als de combinatie van beschermingsniveaus (behuizing en gemonteerde voorzieningen) ook niet voorkomt in bovenstaande tabel, dan krijgt de behuizing het beschermingsniveau "Enclosure Type 1".

Vergelijking tussen IP-code en NEMA Enclosure Types

IP-code en NEMA Enclosure Types kunnen slechts globaal vergeleken worden want de tests en de slaagcriteria zijn verschillend. Onderstaande tabel is een overzicht van de verschillende beschermingsniveaus. De relatie tussen de verschillende types is beschreven door NEMA.

Met de twee onderstaande tabellen kunnen gebruikers zich oriënteren bij het vergelijken van de twee beschermingsniveausystemen. Zonder tests van de desbetreffende norm is een conversie tussen de beschermingsniveaus niet mogelijk.

Volgens UL krijgen behuizingen waarvoor alleen maar IP-gegevens beschikbaar zijn vanzelf Enclosure Type rating 1, ongeacht hun IP-beschermingsniveau.

Tabel 10- 5 Voorbeelden van enclosure ratings; vergelijking tussen Enclosure Type Rating en IP (Ingress Protection) rating

NEMA		Plaats van opstelling (veelvoorkomende toepassing)	Bescherming tegen	Overeenkomstige IP-rating
Type				
1	Algemeen gebruik	Binnenshuis	Onbedoeld contact met spanning-voerende delen en binnendringen van vallend vuil	IP 20
2	Bescherming tegen drupwater	Binnenshuis	Binnendringen van drupwater en vallend vuil	IP 22
3R	Regen, hagel, ijs	Buiten (pompstarter)	Binnendringen van stof en verwaaide regen en bescherming tegen ijzel-vorming	IP 54
4	Stofdicht, waterdicht	Binnenshuis/buiten (levensmiddelenindustrie)	Binnendringen van recht vallende regen, spatwater, sproeiwater, geen schade ingeval van ijsvorming	IP 65
4X	Stofdicht, waterdicht, corrosiebestendig	Binnenshuis/buiten (waterzuiverings-, composteringsinstallaties)	Binnendringen van recht vallende regen, spatwater, sproeiwater, geen schade ingeval van ijsvorming, beschermd tegen corrosie	Niet beschikbaar
12	Bescherming tegen drupwater, stofdicht, olie- en koelwaterdicht	Binnenshuis (metaalbewerkingsapparatuur)	Binnendringen van drupwater, stof, olie en koelvloeistof	IP 54 (IP 55)
13	Bescherming tegen drupwater, stofdicht, olie- en koelwaterdicht	Binnenshuis (besturingsapparatuur voor metaalbewerkingsapparatuur)	Binnendringen van drupwater, stof, sproeiolie en koelvloeistof	IP 54+

De enige kenmerken die enclosure type ratings and IP-beschermingsniveaus gemeen hebben zijn:

- persoonlijke bescherming tegen voorzieningen en componenten in de behuizing die bij aanraking gevaar opleveren;
- bescherming van voorzieningen in de behuizing tegen binnendringen van objecten van buiten, waaronder stof;
- bescherming van voorzieningen in de behuizing tegen binnendringen van water.

Behuizingen met slechts één IP-code komen niet overeen met de extra eisen van NEMA 250 en de daarin genoemde Enclosure Type ratings. NEMA 250 legt extra exclusieve eisen vast aan behuizingen met één IP-code, zodat Enclosure Type ratings niet van toepassing zijn.

Aangezien er voor een IP-code minder eisen gelden, kan voor een behuizing een IP-code worden aangenomen op basis van de Enclosure Type ratings volgens NEMA 250 en kan er naast de Enclosure Type rating een conservatief IP-beschermingsniveau worden vermeld. De IP-rating kan met behulp van onderstaande tabel Assignment of IP-Ratings to Type-Rated Enclosures uit de NFPA 79 worden bepaald. In dergelijke gevallen worden optionele letters uit de IP-code buiten beschouwing gelaten.

In praktijk krijgen behuizingen meestal een IP-code en een Enclosure Type rating en zijn ze voor beide getest.

Tabel 10- 6 NFPA 79 Table F.5.5 "Assignment of IP-ratings to type-rated enclosures"

A	NEMA enclosure type													B
IP eerste teken	**1**	**2**	**3**	**3R**	**3S**	**4**	**4X**	**5**	**6**	**6P**	**12**	**12K**	**13**	**IP tweede teken**
IP0_	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	IP_0
IP1_	A	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	IP_1
IP2_		B	AB	B	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	IP_2
IP3_			AB	B	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	IP_3
IP4_			AB	B	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	IP_4
IP5_			AB		AB	AB	AB	A	AB	AB	A	A	A	IP_5
IP6_			A		A	AB	AB		AB	AB				IP_6
									B	B				IP_7
										B				IP_8

A: Het eerste IP-teken geeft de bescherming aan tegen toegang tot gevaarlijke delen en vaste delen van buiten. Het desbetreffende NEMA enclosure type voldoet aan de eisen voor aangeduid met het eerste teken van de IEC 60529-aanduiding.

B: Het tweede IP-teken geeft de bescherming tegen binnendringend water aan. Het desbetreffende NEMA enclosure type voldoet aan de eisen voor aangeduid met het tweede teken van de IEC 60529-aanduiding.

Opmerkingen:

(1) Behuizingen met een type-rating voor omgevingen met brand- of explosiegevaar zijn niet in de tabel opgenomen. De extra aanvullende letters voor IP-ratings zijn ook weggelaten uit de tabel. (zie NEMA 250, ANSI/UL 508 en IEC 60529.)

(2) Deze tabel moet alleen gebruikt worden om een IP-rating toe te kennen aan een behuizingen met een type-rating en niet om een type-rating toe te kennen aan een behuizing met een IP-rating. Deze tabel helpt bij het bepalen van de enclosure rating en mag niet als definitieve leidaard worden opgevat. Als vanwege de installatie-omstandigheden bijvoorbeeld IP55 nodig is, dan laat deze tabel zien dat enclosure type 3, 3S, 4, 4X, 6 of 6P gebruikt kan worden. Als vanwege de installatie-omstandigheden echter NEMA type 4 nodig is, dan kan niet als vervanging uitsluitend een IP-rating worden gebruikt.

(3) Hoewel de NEMA type-ratings de overeenkomstige in de tabel aangegeven IP-ratings evenaren of overtreffen, accepteert de IEC deze type-ratings momenteel niet zonder aanvullende IEC-tests.

Bron: NFPA 79, Tabel F.5.5

10.2 Werkplek

Hoofdstuk 11.5 van NFPA 79 beschrijft de minimale vrije ruimte en eisen aan toegankelijkheid en werkruimte voor industriële besturingskasten en compartimenten met een spanning van maximaal 600 V en die waarschijnlijk onderhoud, inspectie, afstelling of service nodig hebben terwijl ze onder spanning staan.

In essentie moet er voor voldoende toegangs- en werkruimte worden gezorgd zodat de deuren of scharnierende panelen van industriële besturingskasten en compartimenten minstens 90° open kunnen.

Diepte van de werkplek

De diepte van de werkplek in de richting die toegang geeft tot spanningvoerende delen, mag niet kleiner zijn dan vermeld in de volgende tabel "Diepte van de werkplek". Afstanden worden gemeten vanaf de voorkant van de besturingskast of van het compartiment of vanaf de opening tot aan de spanningvoerende delen.

Tabel 10- 7 Diepte van de werkplek

Nominale spanning fase – aarde	Veelvoorkomende netspanning fase - fase	Minimale vrije ruimte		
		Voorwaarde 1	Voorwaarde 2	Voorwaarde 3
0 … 150	1203, 120 / 2403, 208 Y; 240Δ 3.) Eenfase	914 mm (3 ft)	914 mm (3 ft)	914 mm (3 ft)
151 … 600	480 (Δ or Y) 600 (Δ or Y)	914 mm (3 ft)	1,07 m (3½ ft)	1,22 m (4 ft)

Voorwaarde 1: Blootliggende spanningvoerende delen aan één zijde en geen spanningvoerende of geaarde delen aan de andere zijde van de werkplek OF blootliggende spanningvoerende delen aan beide zijden, doeltreffend afgeschermd met isolatiemateriaal. Geïsoleerde draden of geïsoleerde busbars met ene spanning van 300 V of lager, moeten hierbij niet als spanningvoerend worden beschouwd.

Voorwaarde 2: Blootliggende spanningvoerende delen aan één zijde en een geaard oppervlak aan de andere zijde. Betonnen, stenen of betegelde wanden moeten als geaard worden beschouwd.

Voorwaarde 3: Blootliggende spanningvoerende delen aan beide zijden van de werkplek (niet afgeschermd zoals bepaald bij **"Voorwaarde 1"**) met de operator in het midden.

Uitzonderingen voor de minimumwerkruimte

- Aan de zijkant of achterzijde van industriële besturingskasten of compartimenten mits:
  - er geen vervangbare of in te stellen delen zijn gemonteerd;
  - alle verbindingen toegankelijk zijn vanaf een andere plek dan de achterzijde of de zijkant.

  Als er toegang van achter nodig is om te werken aan spanningsvrij gemaakte delen aan de achterzijde van gesloten industriële besturingskasten, dan moet er minstens een werkruimte beschikbaar zijn van 762 mm (2,5 ft), horizontaal gemeten.
- Als de blootliggende delen een spanning van maximaal 50 VAC of 60 VDC voeren, dan mag de diepte van de werkruimte 762 mm (2,5 ft) of minder zijn.
- De minimumwerkruimte onder voorwaarde 2 is toegestaan voor:
  - industriële besturingskasten en compartimenten die zich in het gangpad tegenover elkaar bevinden;
  - industriële besturingskasten en compartimenten die zich tegenover niet-machinegerelateerde schakelvoorzieningen, bedieningspanelen of motorbesturingspanelen bevinden
    als de onderhouds- en inspectievoorwaarden zo zijn dat zeker gesteld is dat er schriftelijke instructies van toepassing zijn die verbieden dat de deuren aan beide zijden van de gang gelijktijdig geopend zijn, en als alleen gekwalificeerd personeel toestemming heeft om aan de installatie te werken.
- De minimumwerkruimte onder Voorwaarde 1 is toegestaan voor industriële besturingskasten en compartimenten die in een gangpad tegenover elkaar of tegenover een geaard oppervlak geplaatst zijn mits alle bijbehorende voorzieningen en apparatuur van de besturingskast of het compartiment die werken bij een spanning van > 50 VAC of 60 VDC, een aparte behuizing hebben, afgeschermd zijn of zo zijn opgebouwd dat de diameter van openingen naar spanningvoerende delen niet groter is dan 12,5 mm (0,5 in.)
- Als aan de volgende vijf voorwaarden is voldaan, dan is een werkruimte van 762 mm (2,5 ft) toegestaan:
  - de bedrijfsspanning is niet hoger dan 150 V fase - fase of fase- aarde;
  - de onderhouds- en inspectievoorwaarden zijn zo dat zeker gesteld is dat alleen gekwalificeerd personeel aan de installatie werkt;
  - er is gereedschap nodig om industriële besturingskasten of compartimenten te openen;
  - als er alleen sprake is van diagnose stellen en testen aan spanningvoerende delen;
  - de deuren van de industriële besturingskasten of compartimenten minstens 90° geopend kunnen worden of kunnen worden weggenomen.

Breedte van de werkplek

De breedte van de werkplek voor de industriële besturingskasten en compartimenten moet minstens zijn:

- de breedte van de behuizing van de industriële besturingskast of het compartiment en bovendien
- minstens 750 mm (2,5 ft).

Hoogte van de werkplek

De hoogte van de werkplek moet minstens 2,0 m (6,5 ft) zijn. Andere gerelateerde apparatuur die onder deze hoogte is gemonteerd, mag maximaal 150 mm (6 in.) in de werkruimte steken.

Deuren naar de elektrische apparatuur moeten minstens 0,7 m (2 ft/4 in.) breed en 2,0 m (6,5 ft) hoog zijn. Ze moeten van binnen zonder sleutel of gereedschap naar buiten toe te openen zijn. (Vluchtrichting in gevaarlijke situaties). Dit geldt bijvoorbeeld ook voor containers met elektrische apparatuur voor een machine.

10.3 Toegang en onderhoud

Volgens NFPA 79, hoofdstuk 11.2, moeten alle onderdelen van de elektrische uitrusting zo gemonteerd worden dat ze geïdentificeerd kunnen worden zonder ze te verwijderen of de draden te verplaatsen. Dit geldt ook voor onderdelen die regelmatig onderhouden of afgesteld moeten worden. Dit moet mogelijk zijn zonder eerst machineonderdelen (met uitzondering van deuren en kappen) te verwijderen. Met identificeren wordt bedoeld het leggen van de relatie tussen het onderdeel met zijn functie en de documentatie. Dit gebeurt normaal gesproken met een label op het onderdeel met dezelfde aanduiding als in de documentatie.

Klemmen en de aangesloten draden moeten zonder obstakels toegankelijk zijn.

Vrije ruimte

Rondom blootliggende, spanningvoerende delen in industriële besturingskasten met een bedrijfsspanning van meer dan 50 VAC of 60 VDC moet minstens de volgende vrije ruimte worden aangehouden:

- minstens 13 mm (0,5 in.) van ongeïsoleerde delen van de behuizing, onder andere kabelgoten;
- minstens 25 mm (1 in.) van ongeïsoleerde deuren.

Onderhoud

Alle toestellen moeten zo zijn gemonteerd dat ze goed te onderhouden en te bedienen zijn. Als er speciaal gereedschap nodig is om een toestel te verwijderen, dan moet dit bij de machine meegeleverd worden.

Concreet gelden de volgende aanbevelingen:

- toestellen die normaal onderhoud en afstelling behoeven, monteren op een hoogte tussen 0,4 m (15,75 in.) en 2,0 m (6,5 in.) boven de vloer;
- aansluitklemmen monteren op een hoogte van minstens 0,2 m (7,88 in.) zodanig dat de leidingen eenvoudig kunnen worden aangesloten.

Verbindingen en schroeven

De componenten moeten op de montageplaat worden bevestigd met schroeven met machineschroefdraad.

De montageplaat moet minstens de volgende dikte hebben.

- Stalen montageplaat: minstens 2 volledige windingen
- Aluminium montageplaat: minstens 3 volledige windingen

Mits aan de eis van 2 respectievelijk 3 windingen voor stalen en aluminium montageplaten is voldaan, zijn zelftappende schroeven toegestaan.

Klinknagels, plaatschroeven, las- en soldeerverbindingen en lijm zijn niet toegestaan om componenten aan de montageplaat te bevestigen.
Uitzondering: gladde, vlakke klinknagels zijn toegestaan om montagerails en kabelgoten te bevestigen.

Zwenkende behuizingsdelen

Industriële besturingskasten worden steeds compacter. Als er twee verticaal geplaatste lagen nodig zijn, de ene voor de andere, dan moet de voorste laag naar buiten te zwenken zijn. Het frame en de behuizingsdelen moeten minstens 110° naar buiten kunnen zwenken. De componenten achter het zwenkframe moeten zo gemakkelijk toegankelijk zijn.

10.4 Scheiden en groeperen

10.4.1 Scheiden

In hoofdstuk 11.2.2 van NFPA 79 wordt aangeraden om in behuizingen en compartimenten een strikte scheiding aan te brengen tussen elektrische componenten en koelvloeistof/oliereservoirs. Compartimenten die aan de onderzijde open zijn, zijn niet toegestaan, ongeacht of de onderzijde uitkomt op de vloer of op andere compartimenten die niet droog en schoon zijn. Dit geldt ook voor pijpen, leidingen en apparaten voor lucht, gas of vloeistof.

Uitzondering:

- apparaten om de elektronische apparatuur te koelen;
- pijpen, leidingen en apparaten die een integraal onderdeel vormen van gekeurde en geliste (bijv. UL-listed) apparatuur en die gescheiden zijn met geschikte barrières.

De ervaring leert dat het combineren van elektrische en niet-elektrische componenten de gebruiksveiligheid aanzienlijk kan aantasten.

Deze eis is gebaseerd op twee belangrijke **principes**.

1. Onderhoud en afstellen van niet-elektrische apparatuur kan onder bepaalde omstandigheden worden uitgevoerd door leken op het gebied van elektrotechnische apparatuur. Als één en hetzelfde compartiment zowel elektrische als niet-elektrische apparatuur bevat, dan kan dat onder bepaalde omstandigheden leiden tot hogere risico's voor deze leken op het gebied van elektrotechnische apparatuur.
2. Als er een defect optreedt in een niet-elektrische component (bijv. pijp, leiding of klep waar gas of vloeistof doorheen stroomt), dan kan dit een grote invloed hebben op de elektrische apparatuur en de functies ervan. Bovendien wordt het moeilijker om andere potentiële gevaren ten gevolge van zo'n defect (bijv. vlamboog, zie hoofdstuk Gevaar door vlamboog (pag. 94)) uit te sluiten.

Er zijn verschillende Enclosure Type ratings die bedoeld zijn om elektrische en niet-elektrische apparatuur te scheiden. Deze zijn gebaseerd op bovenstaande principes.

- Scheiding door middel van een behuizing met minstens Enclosure Type rating type 1 voor bescherming tegen onbedoelde aanraking tijdens onderhoudswerk. (zie principe 1)
- Als er in de buurt van de niet-elektrische apparatuur vloeistoffen of gassen aanwezig zijn die onder druk kunnen staan, dan wordt een hoger beschermingsniveau aanbevolen (bijv. Enclosure Type 12 of 13).

Voor eenheden met zowel een elektrisch als een niet-elektrisch deel (bijv. een elektrische klep), moet met nog een aantal andere aspecten rekening worden gehouden. Het is bijvoorbeeld aan te raden om elektrische kleppen voor vloeistof in de niet-elektrische sectie te plaatsen. Elektrische kleppen voor perslucht kunnen in de elektrische sectie worden geplaatst want een eventueel defect heeft veel minder consequenties dan bij kleppen voor vloeistof.

10.4.2 Groeperen

Volgens NFPA 79, hoofdstuk 11.2.2, moet besturingstoestellen gegroepeerd worden op voedingsspanning. Toestellen die aangesloten zijn op de netspanning (en eventueel ook op de stuurspanning) moeten gegroepeerd worden en zijn afgescheiden van toestellen die alleen aan de stuurspanning zijn aangesloten.

Een vergelijkbaar principe geldt ook voor klemmen en klemmenstroken. Klemmen voor de hoofdstroomketen moeten gescheiden worden van de bijbehorende stuurstroomketens en van stuurstroomketens die gevoed worden uit externe bronnen (bijv. interlocking-stuurstroomketens).
De klemmen mogen in de buurt van elkaar gerangschikt worden mits iedere groep duidelijk te onderscheiden is (bijv. door aanduidingen, verschillende afmetingen, barrières of kleuren). (Zie bijvoorbeeld onderstaande afbeelding "Groeperen en scheiden van klemmen voor het aansluiten van externe leidingen")

Deze eisen zijn bedoeld om te zorgen voor een net, geïsoleerd bedradingssysteem, met name vanwege de isolatieweerstand en de bijbehorende eisen (zie hoofdstuk Bedradingspraktijk (pag. 249)) en ook om de componenten beter herkenbaar te maken. Dit is vooral van belang voor circuits die onder spanning kunnen blijven als de hoofdnetscheider is uitgeschakeld (zie hoofdstuk Aanduiding en kleur (pag. 248) en hoofdstuk Uitgezonderde circuits (pag. 78)).



Afbeelding 10-1 Groeperen en scheiden van klemmen voor het aansluiten van externe leidingen

Als de componenten zijn gegroepeerd, is het van essentieel belang om rekening te houden met het gezamenlijke warmteverlies van de elektrische componenten. NFPA 79 schrijft immers slechts in het algemeen voor dat de omgevingstemperatuur niet hoger mag zijn dan aangegeven door de fabrikant van het toestel.

10.5 Behuizingen, deuren en openingen

In hoofdstuk 11.4 van NFPA 79 wordt geëist dat de behuizing bestand moet zijn tegen de mechanische, elektrische en thermische belasting waaraan hij tijdens gebruik bloot aan kan komen te staan. Het ontwerp en de gebruikte materialen moeten hier geschikt voor zijn. Dit betreft niet alleen industriële besturingskasten maar ook veldapparatuur, motorbehuizingen en elektrische apparatuur in containers.

Vergelijkbare eisen gelden ook voor kijkvensters. Er wordt aangeraden om hiervoor veiligheidsglas of minstens 3 mm (⅛ in.) dikke panelen van polycarbonaat te gebruiken.

De bescherming tegen corrosie valt onder de standaardbeschermingsniveaus. Als er echter sterkere bescherming tegen corrosie nodig is, dan kan voor een niet-metalen behuizing worden gekozen mits die voldoet aan de voorwaarden uit norm UL 508 "Industrial Control Equipment". In het eenvoudigste geval is het voldoende om het desbetreffende productcertificaat (bijv. uitgegeven door UL) te controleren.

Voor montageplaten die groter zijn dan 1,5484 m^2 (2400 $in.^2$), moeten aanvullend op de standaarddragers, nog extra dragers worden gemonteerd. Dit helpt bij het monteren van de montageplaat.

Deuren moeten worden bevestigd met onverliesbare schroeven. De schroeven moeten aan één van de volgende normen voldoen:

- ANSI / UL 50 Enclosures for Electrical Equipment, Environmental Considerations
- ANSI / UL 508 Industrial Control Equipment
- UL 508A Industrial Control Panels
- NEMA 250 Enclosures for Electrical Equipment (1000 Volts Maximum)

Zo nodig kan ook het certificaat van het testinstituut (bijv. UL-certificaat) worden geraadpleegd.

NFPA 79 stelt een hele reeks algemene eisen op het gebied van bijv. schroefgaten of kabeldoorvoeropeningen. Deze eisen zijn onder andere bedoeld om ervoor te zorgen dat het beschermingsniveau consistent gehandhaafd wordt in de gehele apparatuur.

De algemene eis is dat de openingen niet tot constructieve wijzigingen mogen leiden die het vereiste beschermingsniveau tenietdoen. Condensvorming moet worden voorkomen. Als dit niet mogelijk is, dan moet voor een passende afvoer worden gezorgd. Rubbers, deuren en kappen moeten bestand zijn tegen de effecten van ontsnappende gassen, dampen of vloeistoffen zonder dat het beschermingsniveau tenietgedaan wordt.

Toebehoren om de deuren en kappen te bevestigen mogen het beschermingsniveau niet aantasten, ook niet als de deuren of kappen voor onderhoud worden weggenomen. De toebehoren moeten stevig vastzitten aan de deur, de kap of de behuizing.

Bovendien moet elektrische apparatuur strikt gescheiden blijven van onderdelen die koelvloeistoffen, smeermiddelen of hydraulische olie bevatten. Zie ook hoofdstuk Scheiden (pag. 207).

NFPA 79 stelt ook algemene eisen aan apparatuur waarvan tijdens normaal gebruik of tijdens bijzondere omstandigheden de oppervlaktetemperatuur zo ver kan oplopen dat er gevaar voor brand ontstaat of dat het materiaal van de behuizing beschadigd raakt.

In dat geval gelden onderstaande eisen.

- In een behuizing plaatsen die dergelijke temperaturen kan weerstaan zonder brandgevaar en zonder schadelijke effecten.
- Op voldoende afstand van andere apparatuur geplaatst zodat de warmte kan ontsnappen zonder gevaar op te leveren. Zie ook hoofdstuk Groeperen (pag. 208).

  Of als alternatief, afgeschermd met een materiaal dat de hitte die de apparatuur afgeeft, zonder brandgevaar en zonder schadelijke effecten kan weerstaan.

Er worden in deze context echter geen specifieke temperaturen vermeld. In dit geval zou een abnormale omgevingstemperatuur een temperatuur hoger dan 40 °C kunnen zijn. Deze is hoger dan het standaardbereik voor UL 508A en NFPA 79.

10.6 Operatorinterfaces en bedienelementen

10.6.1 Algemene informatie

Dit hoofdstuk bevat de eisen aan besturingsapparatuur in samenhang met de elektrische uitrusting van de machine. Telkens worden de functies, typen, kleuren en rangschikking van dergelijke apparatuur beschreven.

Veel onderdelen van besturingsapparatuur en operatorinterfaces bevinden zich geheel of gedeeltelijk buiten de industriële besturingskast. Bedieningselementen (bijv. drukknoppen, keuzeschakelaars, waarschuwingslampen) moeten altijd goed toegankelijk zijn. De bedientoestellen moeten ook zo gerangschikt zijn, dat voorkomen wordt dat ze onbedoeld of ongewenst worden bediend.

Aangezien machines in tal van verschillende omgevingen worden gebruikt, behandelt NFPA 79 de volgende onderwerpen:

- selectie en gebruik van bedientoestellen en operatorinterfaces
- plaats en bevestiging van bedientoestellen en operatorinterfaces
- kleur
- omgevingscondities

In NFPA 79 worden bovendien twee IEC-normen aanbevolen met eisen die buiten de norm zelf vallen op het gebied van de selectie, bevestiging, kleur en aanduiding van gebruikersinterfaces en bedientoestellen.

- IEC 61310-1

  "Safety of machinery - Indication, marking and actuation - Part 1: Requirements for visual, acoustic and tactile signals"

- IEC 61310-3

  "Safety of machinery - Indication, marking and actuation - Part 3: Requirements for the location and operation of actuators"

10.6.2 Plaats en bevestiging

10.6.2.1 Bedientoestellen

Bedientoestellen moeten altijd zo ergonomisch als praktisch mogelijk is, geplaatst worden en moeten goed toegankelijk zijn zodat ze gemakkelijk zijn af te lezen, te bedienen en te onderhouden. Hierbij moet ook rekening worden gehouden met de normale bedrijfscondities en het gebruik van de machine want voorkomen moet worden dat de bedientoestellen beschadigd raken door bewegingen van de machine (bijv. verplaatsen van materiaal).

Handbediende bedientoestellen moeten zich minstens op 0,6 m (2 ft) boven de ondergrond bevinden waar de operator normaal op staat. De handbediende bedientoestellen moeten zo zijn geplaatst dat de operator niet in een gevaarlijke situatie komt als hij ze bedient en ook zo dat het gevaar voor onbedoelde of onjuiste bediening minimaal is.



Afbeelding 10-2 Machine in zijn omgeving

10.6.2.2 Regelapparatuur buiten de industriële besturingskast rondom de machine

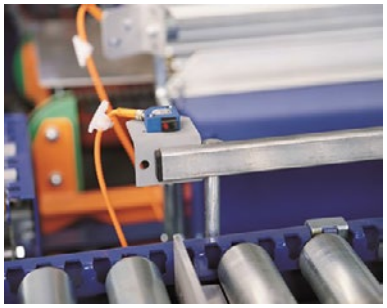
Regeltoestellen (bijv. eindschakelaars, remmen, spoelen, positiesensors) moeten stevig vastzitten. Ze moeten zo geplaatst zijn, dat de operator ze niet onbedoeld kan bedienen en dat ook bewegingen van de machine de toestellen niet onbedoeld kunnen activeren.

Als de toestellen niet getest zijn voor de specifieke omgevingscondities, moet de omgeving zo schoon en droog mogelijk zijn. Bovendien moeten ze voldoende zijn beschermd tegen mechanische beschadiging. Positiesensors zoals eind- en naderingsschakelaars moeten zo geplaatst zijn dat ze niet beschadigd raken als de machine eroverheen gaat. Bijvoorbeeld door de sensor parallel aan de bewegingsrichting te plaatsen. Zie de afbeelding "Naderingsschakelaar" hieronder.

De kabels naar de externe veldapparatuur worden vaak mechanisch beschermd met kabelgoten of -kanalen.

Uitzondering

Voorbedrade toestellen zoals eind- of naderingsschakelaars met een gemarkeerde kabel, hoeven geen voorziening te hebben om leidingen aan te sluiten. Zie de afbeelding "Naderingsschakelaar" hieronder.



Afbeelding 10-3 Naderingsschakelaar

10.6.2.3 Beschermen

Alle regel- en bedientoestellen, operatorinterfaces, sensors en bedienelementen gedeeltelijk buiten de industriële besturingskast of in de buurt van de machine moeten een passend beschermingsniveau hebben. Bovendien moeten ze bestand zijn tegen de belasting tijdens beoogd gebruik bij de toepasselijke omgevingscondities.

Het bijpassende geteste beschermingsniveau (bijv. Enclosure Type rating) moet met zorg uitgekozen worden. De in Noord-Amerika gangbare UL/NEMA Enclosure Types worden beschreven in ANSI / UL 50, ANSI / UL 508 of NEMA 250.

De IP enclosure types die gebruikelijk zijn in IEC-normen, zijn te vinden in IEC 60529. Zie voor gedetailleerdere informatie over enclosure type ratings, het hoofdstuk Beschermingsniveaus behuizing (pag. 193).

10.6.3 Speciale kenmerken van bepaalde toestellen

10.6.3.1 Plaatsing van START-drukknoppen

Drukknoppen om een machine te STARTEN moeten boven of links van de bijbehorende STOP-knop worden geplaatst.

Uitzondering

- NOODSTOP-drukknoppen in de bodem van een hangend bedienstation, te bedienen met een veer of een stang.
- In serie geschakelde START-drukknoppen (bijv. voor een pers).

10.6.3.2 Voetschakelaars

Voetschakelaars moeten beschermd zijn tegen onbedoeld activeren door bijv. vallende objecten. Dit voorkomt gevaarlijke situaties.

Als de voetschakelaar gebruikt wordt als NOODSTOP, dan mag de knop niet afgedekt zijn.



Afbeelding 10-4 Siemens 3SE2 voetschakelaar met afdekking

10.6.3.3 Bedienelementen van drukknoppen en op kleurendisplays

Ontwerpeisen

Drukknoppen worden vaak gebruikt als STOP-knop. In dat geval zijn de volgende uitvoeringen toegestaan:

- paddenstoelvormige knop
  Voorbeeld:



Afbeelding 10-5 Siemens 3SB3 paddenstoelvormige drukknop

- Verlengd bedienelement dat uitsteekt buiten de beschermingsring
  Voorbeeld:



Afbeelding 10-6 Siemens 3SB3 drukknop met verlengd bedienelement

kleur

De kleuren voor het bedienelement van drukknoppen en symbolen op displays moeten gekozen worden volgens een specifiek kleurenschema. De voorgeschreven kleuren en de bijbehorende betekenis staan vermeld in onderstaande tabel "Kleuren voor het bedienelement van drukknoppen".

Tabel 10- 8 Kleuren voor het bedienelement van drukknoppen

Aanduiding van drukknoppen	kleur
Start / "On"	Groen of zwart/wit/grijs
Stop / "Off"	Rood of zwart/wit/grijs **Uitzondering:** eindschakelaar te bedienen met veer of stang
NOODSTOP	Rood
Drukknoppen met dubbele functie (Start en Stop; On en Off)	Zwart/wit/grijs
Ongebruikelijke bedrijfstoestanden	geel
"Hold-to-run"-schakelaars	Zwart of wit/grijs/blauw
Reset	Blauw/zwart/wit/grijs **Uitzondering:** met gelijktijdige Off/Stop-functie: Rood

Functieaanduiding

Alle bedienelementen moeten voorzien zijn van een permanente, leesbare aanduiding van de functie. Zie het hoofdstuk Functieaanduiding (pag. 301) voor meer details.

NOODSTOP-toestellen die al aan de kleureneisen voldoen (rood/geel), hoeven niet per se een aparte aanduiding te hebben. Nadere informatie hierover is te vinden in het hoofdstuk Toestellen en eisen voor STOP en NOODSTOP (pag. 218).

Kleuren voor indicatielampen en symbolen op kleurendisplays

In onderstaande tabel "Kleuren voor indicatielampen en symbolen in kleurendisplays" staan de kleuren voor indicatielampen en symbolen in kleurendisplays, afhankelijk van de bedrijfstoestand van de machine.

Alternatieven zijn toegestaan voor andere machine- of procestoestanden. De lampen worden vaak uitgevoerd als signaalzuil. De volgende kleurvolgorde (van boven naar beneden) wordt hierbij aanbevolen.



Afbeelding 10-7 Voorbeeld van Siemens 8WD4 signaalzuil

De vaste volgorde is gekozen zodat mensen met kleurenblindheid de betekenis kunnen herkennen aan de plaats van de lamp. Net als bij verkeerslichten oriënteren de operators zich niet alleen met de kleur maar ook met de plaats. In dit geval neemt het belang van de informatie van boven naar beneden af.

Tabel 10- 9 Kleuren voor indicatielampen en symbolen op kleurendisplays

kleur	Doel		
	Veiligheid van personen of het milieu	Procestoestand	Machinetoestand
Rood	Gevaar	Noodgeval	Storing
Geel (amber)	Waarschuwing / voorzichtig	Abnormaal	Abnormaal
Groen	Veilig	Normaal	Normaal
Blauw	Actie nodig		
Duidelijk Wit Grijs Zwart	Neutraal		

Opmerking

De indicatiekleur voor noodstoptoestellen moet altijd rood zijn, ongeacht de lichtbron.

10.6.3.4 Knipperlichten

Knipperlichten zijn toegestaan voor de volgende doelen:

1. om aandacht te trekken
2. om te vragen om onmiddellijke actie
3. om verschil tussen ingestelde en werkelijke toestand aan te geven
4. om toestandsovergang aan te geven (knipperen tijdens overgang)

Voor nadere, gedetailleerde informatie over knipperfrequentie, puls- en onderbrekingstijden, verwijzen we naar IEC 61310-1 "Safety of machinery - Indication, marking and actuation".

10.6.3.5 Verlichte drukknoppen

Als drukknoppen ingebouwde verlichting hebben, dan moeten daarvoor dezelfde kleuren gebruikt worden als voor drukknoppen, indicatiesymbolen en waarschuwingslichten.

De voorgeschreven kleuren zijn te vinden in tabel 10-9 Kleuren voor indicatielampen en symbolen op kleurendisplays (pag. 217).

Opmerking

De rode waarschuwingskleur voor NOODSTOP-toestellen mag niet afhankelijk zijn van een lichtbron. Dit betekent dat zelfs als de lichtbron uitvalt, de NOODSTOP-toestellen nog steeds duidelijk herkenbaar moeten zijn.

10.6.3.6 Draaibare bedientoestellen

Toestellen met een draaiknop in een bedieningspaneel of een deur van een besturingskast, bijvoorbeeld potmeters en keuzeschakelaars, mogen niet uitsluitend berusten op wrijving. Als de wrijving afneemt, zou een veilige vergrendeling immers verloren kunnen gaan.

10.6.4 Toestellen en eisen voor STOP en NOODSTOP

10.6.4.1 Algemene informatie

STOP- en NOODSTOP-toestellen moeten te allen tijde te bedienen zijn. Er moeten STOP- en NOODSTOP-toestellen zijn op alle operator-bedienplekken.

Er moeten waar nodig ook NOODSTOP-toestellen op andere plaatsen aanwezig zijn. Er moet op iedere machine een NOODSTOP-toestel aanwezig zijn en ook op iedere operator-bedienplek. Zie onderstaande afbeelding "Voorbeeld van operator-bedienplek met NOODSTOP"
De eisen aan de plaats van de NOODSTOP verschilt sterk voor verschillende machines. De plaats wordt normaal gesproken afgeleid uit de resultaten van de risicoanalyse overeenkomstig bijv. ANSI B11 TR3 and TR4 "Standards for machine tools" of IEC 62061 "Safety of machinery" of ISO 13849-1 /-2 "Safety of machinery".



Afbeelding 10-8 Voorbeeld van operator-bedienplek met NOODSTOP

In NFPA 79 wordt de term "operator-werkplek" niet exact gedefinieerd. Dit is meer een algemene term voor de uitrusting van een machine die de operator gebruikt om de verschillende functies van de machine te bedienen.

Bovendien geldt dat de NOODSTOP niet gebruikt mag worden als vervanging voor een beschermingsmaatregel of andere veiligheidsmaatregel. De NOODSTOP is een aanvullende beschermingsmaatregel, en geen geschikte maatregel om risico's te verminderen. De reden hiervoor is dat het niet per se zeker is dat er altijd een persoon in de buurt is die het gevaar ontdekt en op de NOODSTOP-knop drukt.

10.6.4.2 Types NOODSTOP-toestellen

De volgende toestellen zijn goedgekeurd voor NOODSTOP, maar ook andere toestellen kunnen in aanmerking komen:

- drukknoppen, palm- of paddenstoelvormig
- trekschakelaars
- voetschakelaars zonder afdekking
- drukbalkschakelaars
- stangschakelaars

De contacten van een NOODSTOP-toestel moeten mechanisch vergrendelen en moeten openen als het toestel bediend wordt (NC).

Opmerking

Vlakke schakelaars of grafische symbolen in softwaretoepassingen zijn niet toegestaan als NOODSTOP.

10.6.4.3 NOODSTOP-bedienelementen

De bedienelementen van NOODSTOP-toestellen zijn in eerste instantie te herkennen aan de kleurencombinatie. Onderstaande kleurencombinatie is verplicht en mag nergens anders voor gebruikt worden.

- Palm- of paddenstoelvormig bedienelement: Rood
- Achtergrond: geel

Opmerking

- De achtergrond mag een gele behuizing van het HMI-toestel zijn. Optioneel ook een gele ring, bijvoorbeeld bevestigd op de behuizing achter het bedienelement.
- NOODSTOP-toestellen hoeven geen verdere aanduiding te krijgen als daar bijvoorbeeld geen ruimte voor is.
- Bij trekschakelaars is meestal geen gele achtergrond aanwezig. ISO 13850 raadt hiervoor passende aanduiding aan met markeringsvlaggen. Zie onderstaande afbeelding "Symbool voor NOODSTOP" (ISO 13850 Safety of machinery – Emergency stop – Principles for design).



Afbeelding 10-9 Symbool voor NOODSTOP

10.6.4.4 Lokale bediening van de netscheider voor het maken van een NOODSTOP

Behalve de toestellen in het hoofdstuk NOODSTOP-toestellen (pag. 219), kunnen ook netscheiders gebruikt worden voor NOODSTOP, mits aan de volgende voorwaarden is voldaan:

- juiste kleurenschema (bedienelement rood, achtergrond geel)
- goed toegankelijk
- met "Aan" en "Uit" stand
- te vergrendelen in de "Uit"-stand
- extern bedienelement te bedienen ongeacht de stand van de deur (zie het hoofdstuk Bescherming tegen directe aanraking (pag.82), sectie "3. Bescherming door deurvergrendeling")

Er gelden geen speciale eisen voor de vorm van het bedienelement. Meestal wordt een tuimel- of draaischakelaar gebruikt. Zie onderstaande afbeelding "Draaibaar bedienelement in de deur voor NOODSTOP"



Afbeelding 10-10 Draaibaar bedienelement in de deur voor NOODSTOP

Opmerking

- De eis dat de NOODSTOP gemakkelijk toegankelijk moet zijn, betekent dat deze oplossing alleen geschikt is voor tamelijk kleine machines.
- Als men de netscheider gebruikt als NOODSTOP, dan leidt dat functioneel tot een ongecontroleerde stop! (Stop-categorie 0, zie het hoofdstuk Start- en stopfuncties (pag. 185)). Er moet daarom beoordeeld worden of zo'n NOODSTOP toegestaan is in de desbetreffende toepassing

10.6.5 Toestellen en eisen voor NOOD-UIT

10.6.5.1 Algemene eisen en plaats van de NOOD-UIT

NOOD-UIT-toestellen zijn nodig in het geval van een elektrisch gevaar. Een dergelijk elektrisch gevaar is bijvoorbeeld het gevaar van elektrische schok of andere gevaren ten gevolge van elektriciteit, zoals brand.

Opmerking

Aangezien het hier gaat om het uitschakelen van de voeding en dus stop-categorie 0 (ongecontroleerd stoppen), moet ook de situatie vooraf bestudeerd worden om gevaren te vermijden die kunnen optreden ten gevolge van het ongecontroleerd uitschakelen.

Plaats van de NOOD-UIT

De NOOD-UIT is bedoeld om elektrische gevaren te vermijden en moet geplaatst worden waar dat voor de desbetreffende toepassing nodig is. Dit kan van geval tot geval verschillen, maar is meestal in de omgeving van de machine (bijv. productiehal).

Het is in eerste instantie niet nodig dat de operator duidelijk onderscheid kan maken tussen de NOODSTOP en de NOOD-UIT. Als de NOOD-UIT door omstandigheden in de onmiddellijke nabijheid van een NOODSTOP moet worden geplaatst, dan moeten er aanvullende maatregelen worden genomen zodat de NOOD-UIT geen voorrang krijgt boven de NOODSTOP. Voor drukknoppen kan dit uitgevoerd worden door de NOOD-UIT achter een inslagvenster te plaatsen.

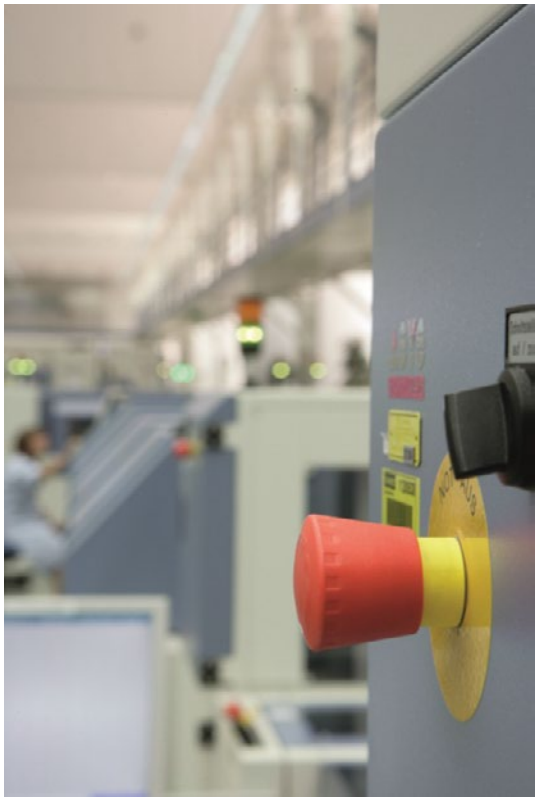
10.6.5.2 Types NOOD-UIT-toestellen

De volgende toestellen zijn goedgekeurd voor NOOD-UIT, maar ook andere toestellen kunnen in aanmerking komen:

- drukknoppen (palm- of paddenstoelvormig)
- trekschakelaars

Opmerking

- Vlakke schakelaars of grafische symbolen in softwaretoepassingen zijn niet toegestaan als NOOD-UIT.
- Als de NOOD-UIT is bediend, dan mag de elektrische spanning pas weer ingeschakeld worden als de NOOD-UIT-schakelaar handmatig is gereset.



Afbeelding 10-11 Voorbeeld van een NOOD-UIT-drukknop in actie

10.6.5.3 Bedienelementen

Het volgende kleurenschema moet worden gehanteerd:

- Bedienelement: Rood
- Achtergrond: *mag* geel zijn

Opmerking

De gele achtergrondkleur is optioneel om mogelijke verwarring met de NOOD-STOP te vermijden. NOODSTOP- en NOOD-UIT-toestellen in dezelfde uitvoering (bijv. drukknoppen) moeten zo mogelijk niet naast elkaar geplaatst worden. Als dit echter niet te vermijden is, dan kan de kans op verwarring worden verkleind door de volgende maatregelen waarmee de herkenbaarheid wordt vergroot:

- kleurverschillen
- passende aanduidingen

10.6.5.4 Lokale bediening van de netscheider voor een NOOD-UIT

Als de netscheider wordt gebruikt als NOOD-UIT, dan moet deze te allen tijde goed bereikbaar zijn en moet deze aan dezelfde eisen wat betreft kleurenschema voldoen, zoals beschreven in het hoofdstuk Bedienelementen (pag. 222).

Kabels en leidingen

11

11.1 Algemene informatie

Dit hoofdstuk komen onderstaande onderwerpen aan bod.

- Certificering
- Dimensionering
- Aanduidingen en kleuren
- Kabels

Deze onderwerpen zijn uitgebreid beschreven in de desbetreffende normen. Ze worden hieronder in meer detail toegelicht.

11.2 Certificering

Volgens NFPA 79, hoofdstuk 12 en UL 508A, hoofdstuk 29, 66.5 en 38, moeten kabels en leidingen zijn goedgekeurd voor het beoogde gebruik en moeten ze geselecteerd worden overeenkomstig het desbetreffende toepassingsgebied.

Dit document richt zich voor kabels en leidingen in de industriële besturingskast op de regels in UL 508A en voor die buiten de besturingskast vooral op de regels in NFPA 79.

11.2.1 In de industriële besturingskast

11.2.1.1 Hoofdstroomketen

- Alle leidingen en busbars moeten van koper zijn.
- De isolatie moet geschikt zijn voor de desbetreffende spanning.

Uitzondering

De nominale spanning van geleiders in een DC-circuit moet gelijk zijn aan de piek-piekspanning die hoort bij de effectieve waarde van de spanning zoals aangeduid op de leiding (U_{rms} x √2). Voorbeeld: een DC-bus of DC-motorvoeding afkomstig van een spanningsomvormer.

Alle bedrading in de kast moet goedgekeurd zijn voor minstens 90 °C (194 °F).

Goedgekeurde kabels/geleiders

De volgende kabels/geleiders zijn toegestaan.

Aanduiding	Norm	CCN
Machine tool wire ("flexibel" of "class K") geïnstalleerd volgens UL 508A, hoofdstuk 29.3.11	UL 1063	ZKHZ
Thermoset insulated wire	UL 44	ZKST
Appliance wiring material	UL 758	AVLV2
Welding cable geïnstalleerd volgens UL 508A, hoofdstuk 29.3.11	UL 63	ZMAY
Flexibele voedingskabels voor zwaar en middelzwaar gebruik	UL 62	ZJCZ

Uitzondering

Kabels die een vast onderdeel van een steker vormen, hoeven niet aan bovenstaande eisen te voldoen mits ze gebruikt worden in UL 498-goedgekeurde contactdozen.

Zie ook

Bekabeling (pag. 249)

11.2.1.2 Stuurstroomketen

Voor kabels in de stuurstroomketen gelden dezelfde eisen en goedkeuringen als voor die in de hoofdstroomketen. Bovendien moet aan één van beide onderstaande voorwaarden zijn voldaan.

- Leidingen in de kast 90 °C (194 °F).

  Dit geldt niet voor leidingen ≤ AWG 16. Deze moeten goedgekeurd zijn voor minstens 60 °C (140 °F).

- Power limited cable volgens UL 13 (CCN: QPTZ) en Communication cable volgens UL 444 (CCN: DUZX) zijn toegestaan voor class 2 circuits en low voltage limited energy circuits. Als de isolatiewaarde lager is dan de maximaal optredende spanning in een ander circuit, dan moeten ze gescheiden gehouden worden van de andere leidingen in de kast (zie ook hoofdstuk In de industriële besturingskast (pag. 250)).

NFPA 79 maakt geen onderscheid tussen de eisen aan kabels/leidingen in of buiten de industriële besturingskast. De regels die zijn vermeld in onderstaande paragraaf Buiten de industriële besturingskast (pag 226) gelden volgens NFPA 79 daarom ook voor kabels/leidingen in de industriële besturingskast.

In tegenstelling tot NFPA 79 verwijst UL 508A specifiek naar de desbetreffende goedkeuringen en stelt in sommige opzichten strengere eisen (bijv. ten aanzien van de toegestane manteltemperatuur (90 °C)).

In het algemeen kan men echter stellen dat bovenstaande regels beide normen afdekken.

11.2.2 Buiten de industriële besturingskast

11.2.2.1 Fundamentele eisen aan kabels en leidingen

Alleen NFPA 79 beschrijft het gebied **buiten de industriële besturingskast** (field wiring) voor industriële machines. In hoofdstuk 12 komt het onderwerp "leidingen, kabels en flexibele snoeren" aan bod.

Opmerking

a) Geleiders moeten zijn geïsoleerd.

Uitzonderingen

- Busbars
- Blootliggende aansluitdraden voor condensators, weerstanden, overbruggingen tussen aansluitklemmen e.d.
- Aardleidingen en verbindingsbruggen kunnen blootliggend of geïsoleerd zijn.

b) Geleiders moeten van koper zijn

Uitzondering

- Busbars in de industriële besturingskast; deze mogen van aluminium zijn als ze geschikt en goedgekeurd zijn voor de desbetreffende toepassing.

LET OP
Volgens UL 508A zijn alleen koperen busbars toegestaan.

In NFPA 79 staan ten aanzien van leidingen alleen de kenmerken en niet de specifieke testnormen zoals die bijvoorbeeld in UL 508A staan.

Onderstaande tabel is als richtlijn voor gebruikers bedoeld. In de tabel staat een aantal "geliste" leidingen die geschikt zijn voor industriële machines. Voor UL-geliste leidingen is in een aparte kolom het Category Control Number (CCN) vermeld.

Type	Designation	CCN	Approval	Temp. [°C]	
				Dry	Wet
MI cable	Mineral-insulated metal-sheathed cable	PPKV	LISTED	85	85
MTW	Machine tool wire	ZKHZ	LISTED	90	60
THHN	Thermoplastic-insulated wire	ZLGR	LISTED	90	--
THW	Thermoplastic-insulated wire	ZLGR	LISTED	75	75
THWN	Thermoplastic-insulated wire	ZLGR	LISTED	75	75
RHH	Thermoset-insulated wire	ZKST	LISTED	90	--
RHW	Thermoset-insulated wire	ZKST	LISTED	75	75
RHW-2	Thermoset-insulated wire	ZKST	LISTED	90	90
XHHW	Thermoset-insulated wire	ZKST	LISTED	90	75
XHHW-2	Thermoset-insulated wire	ZKST	LISTED	90	90

Afbeelding 11-1 Selectie van "UL-geliste" leidingen, geschikt voor industriële machines

11.2.2.2 Leidingen en kabels voor flexibele toepassingen

Leidingen en kabels die voortdurend bewogen en gebogen worden, moeten geschikt zijn voor die toepassing.

In onderstaande tabel staan de verschillende klassen van flexibele leidingen. Leidingen moeten aan de hand van deze tabel worden geselecteerd.

Tabel 11- 1 Kenmerken van enkelvoudige leidingen

Dikte (AWG of kcmil)	Nominale doorsnede (cm / mm²)	DC weerstand bij 25 °C (77 °F) (ohm / 1000 ft)	Niet-flexibel (ASTM class)	Flexibel (ASTM class)	Constante buiging (ASTM class/AWG size)
22 AWG	640/0,324	17,2	7(‘)	7(‘)	19(M/34)
20	1020/0,519	10,7	10(K)	10(K)	26(M/34)
18	1620/0,823	6,77	16(K)	16(K)	41(M/34)
16	2580/1,31	4,26	19(C)	26(K)	65(M/34)
14	4110/2,08	2,68	19(C)	41(K)	41(K/30)
12	6530/3,31	1,68	19(C)	65(K)	65(K/30)
10	10380/5,261	1,060	19(C)	104(K)	104(K/30)
8	16510/8,367	0,6663	19(C)	(\)	(–)
6	26240/13,30	0,4192	19(C)	(\)	(–)
4	41740/21,15	0,2636	19(C)	(\)	(–)
3	52620/26,67	0,2091	19(C)	(\)	(–)
2	66360/33,62	0,1659	19(C)	(\)	(–)
1	83690/42,41	0,1315	19(B)	(\)	(–)
1/0	105600/53,49	0,1042	19(B)	(\)	(–)
2/0	133100/67,43	0,08267	19(B)	(\)	(–)
3/0	167800/85,01	0,06658	19(B)	(\)	(–)
4/0	211600/107,2	0,05200	19(B)	(\)	(–)
250 kcmil	– /127	0,04401	37(B)	(\)	(–)
300	– /152	0,03667	37(B)	(\)	(–)
350	– /177	0,03144	37(B)	(\)	(–)
400	– /203	0,02751	37(B)	(\)	(–)
450	– /228	0,02445	37(B)	(\)	(–)
500	– /253	0,02200	37(B)	(\)	(–)
550	– /279	0,02000	61(B)	(\)	(–)
600	– /304	0,01834	61(B)	(\)	(–)
650	– /329	0,01692	61(B)	(\)	(–)
700	– /355	0,01572	61(B)	(\)	(–)
750	– /380	0,01467	61(B)	(\)	(–)
800	– /405	0,01375	61(B)	(\)	(–)

Dikte (AWG of kcmil)	Nominale doorsnede (cm / mm²)	DC weerstand bij 25 °C (77 °F) (ohm / 1000 ft)	Niet-flexibel (ASTM class)	Flexibel (ASTM class)	Constante buiging (ASTM class/AWG size)
900	– /456	0,01222	61(B)	(\)	(–)
1000	– /507	0,01101	61(B)	(\)	(–)

Opmerkingen:
(B), (C), (K): ASTM class-aanduiding B en C volgens ASTM B 8; class-aanduiding K volgens ASTM B 174.
('): Aan deze leiding is geen class-aanduiding toegekend, maar hij wordt aangeduid als 22-7 AWG in ASTM B286 en bestaat uit draden van 10 mils (30 AWG).
(\): Niet-flexibele opbouw is toegestaan voor flexibele toepassing volgens ASTM class-aanduiding B 174, tabel 3.
(–): Kabels voor constante buiging zijn niet volgens deze afmetingen opgebouwd.
Bron: NFPA 79, Tabel 12.2.2

In de tabel staan ook de ASTM-classificaties. Deze staan meestal in de technische gegevens die de fabrikant opgeeft.

Kabels die onder zware omstandigheden worden gebruikt, moeten tegen de volgende invloeden zijn beschermd.

- Schuren langs scherpe randen
- Knikken vanwege gebruik zonder geleiding
- Belasting door geleidingsrollen, geforceerde geleiding en door op- en afrollen op haspels.

De kabels moeten zo gehanteerd worden dat de trekbelasting tot een minimum wordt beperkt. De aanwijzingen van de fabrikant moeten worden opgevolgd.

Leidingen en kabels voor gebruik onder dergelijke omstandigheden zijn beschreven in de desbetreffende nationale normen. De meeste landen hanteren tegenwoordig de IEC-normen. In de VS echter houden ze vast aan hun nationale normen.

De levensduur van kabels en leidingen kan sterk aangetast worden door ongunstige omstandigheden zoals hoge trekbelasting, scherpe buigingshoeken, ongunstige verticale of horizontale plaatsing in combinatie met hoge bewegingsbelasting.

11.2.2.3 Haspels

Er kan voor een haspel worden gekozen als de maximale bedrijfstemperatuur niet wordt overschreden als de kabel is opgerold.

Derating-factor volgens NFPA 79, tabel 12.7.3:

Tabel 11- 2 Derating-factor voor kabels op een haspel

Type haspel	Aantal lagen kabel				
	Willekeurig aantal	1	2	3	4
Cilindrisch geventileerd	-	0,85	0,65	0,45	0,35
Radiaal geventileerd	0,85	-	-	-	-
Radiaal niet-geventileerd	0,75	-	-	-	-

Opmerkingen:
(1) Een radiale haspel is een haspel waarbij spiraalvormige lagen kabel worden opgeborgen tussen flenzen die zich op korte afstand van elkaar bevinden. Als de flensen massief zijn, wordt de haspel als niet-geventileerd beschouwd; als de flenzen geschikte openingen hebben, als geventileerd.
(2) Een geventileerde cilindrische haspel is een haspel waarbij de lagen kabel worden opgeborgen tussen flenzen die zich op ruime afstand van elkaar bevinden en waarbij de eindflenzen geschikte ventilatieopeningen hebben.
(3) Aanbevolen wordt om de derating-factor te bespreken met de fabrikant van de kabel en de haspel. Dit leidt wellicht tot een andere derating-factor.
Bron: NFPA 79, Tabel 12.7.3

11.2.2.4 Netsnoeren

Netsnoeren

Netsnoeren moeten de volgende eigenschappen hebben.

- Geschikt voor de desbetreffende toepassing
- Gelist in de tabel

Netsnoeren uit tabel 400.4 van de NEC zijn toegestaan als ze onderdeel vormen van een geteste en geliste eenheid en geschikt zijn voor het beoogde gebruik.

Uitzondering

Andere typen netsnoeren zijn toegestaan als ze onderdeel vormen van een geliste eenheid of anderszins geschikt zijn voor het beoogde gebruik.

11.2.2.5 Speciale kabels en leidingen

Algemene informatie

Vooral bij machines voor speciale toepassingen komt het vaak voor dat de benodigde kabels en leidingen niet onder de leidingtypen van de norm vallen. Als dergelijke leidingen toegepast worden, dan moet er met meer factoren rekening gehouden worden zodat ze alleen voor de beoogde toepassing gebruikt worden. Er moet met name rekening gehouden worden met de volgende factoren: chemische invloeden, flexibiliteit, brandbaarheid, afscherming, kabel-layout Leidingen/kabels die zijn getest volgens ANSI / UL 758 hebben naast de AWM-aanduidingen vaak ook aanduidingen voor de isolatiewaarde (zie het hoofdstuk Fundamentele eisen aan kabels en leidingen (pag. 226)) en een indicatie of ze geschikt zijn als netsnoer (zie het hoofdstuk Netsnoeren (pag. 230)).

Speciale leidingen en kabels moeten geschikt zijn voor het desbetreffende gebruik en goedgekeurd volgens NFPA 79, hoofdstuk 12.9.

Appliance Wiring Material (AWM)

Kabels die gemarkeerd zijn als Appliance Wiring Material (AWM) mogen gebruikt worden als aan de volgende eisen is voldaan.

- Deel van een geteste toepassing

  Dit betekent dat de AWM-kabel als zodanig is aangeduid en is goedgekeurd voor gebruik met goedgekeurde apparatuur en gebruikt moet worden in overeenstemming met de aanwijzingen van de fabrikant van de apparatuur zoals opgenomen in het UL-certificaat.



Afbeelding 11-2 Voorbeeld van een AS-interfacekabel als component van een geteste toepassing

- Noodzakelijk voor een geteste toepassing in overeenstemming met de aanwijzingen van de fabrikant (UL-certificaat).



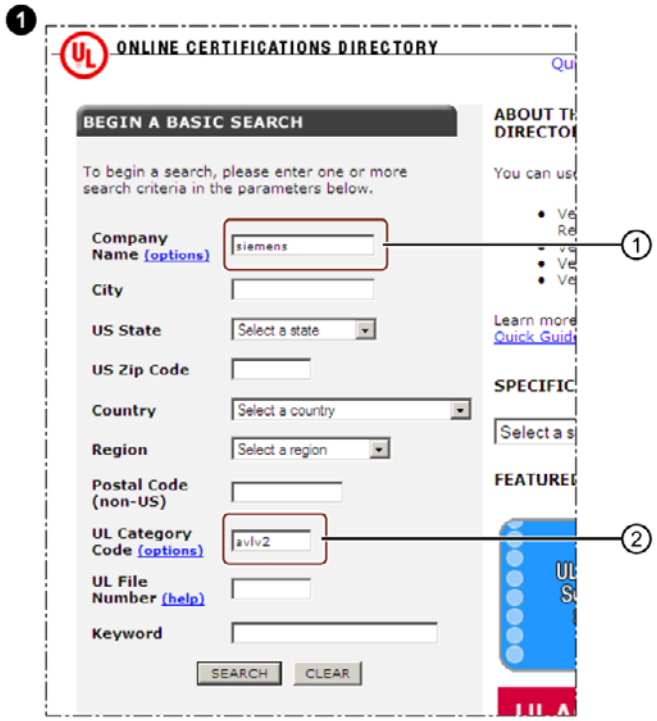
Insulated Conductor	40 AWG min., Labeled or complying with Manufacturer's AWM Procedure.
Assembly	Consists of two or more conductors, twisted pairs or groups of twisted conductors twisted together. The conductors or groups of conductors may be laid parallel forming a flat, oval or round cable. The lay of the conductors is not specified. A barrier layer and/or fillers are optional. Manufacturer shall maintain a complete description of each assembly. May use same or mixed AWG size.
Use	External interconnection or internal wiring of electronic equipment.

Afbeelding 11-3 Voorbeeld van een motorkabel aan de belastingszijde van een frequentieomvormer met bijbehorend uittreksel uit de Guide Info (UL-database) van de fabrikant

- De dimensionering van de AWM-kabel voldoet aan de eisen uit NFPA 79, hoofdstuk 12.9.2 (3) (bijv. isolerende eigenschappen)

AWM-kabels zijn goedgekeurd volgens UL 758 "recognized". Dit betekent dat voldaan moet zijn aan de "Conditions of Acceptability". De goedgekeurde toepassingsgebieden zijn te vinden in de "Table of recognized styles" in de UL – Online Certifications Directory (http://www.ul.com/database).

Voorbeeld

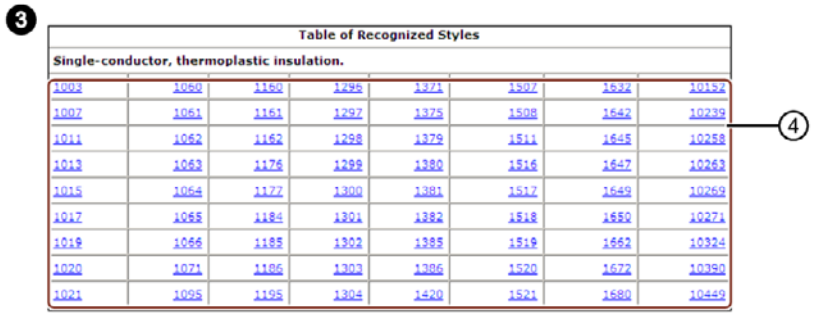


① Fabrikant invoeren

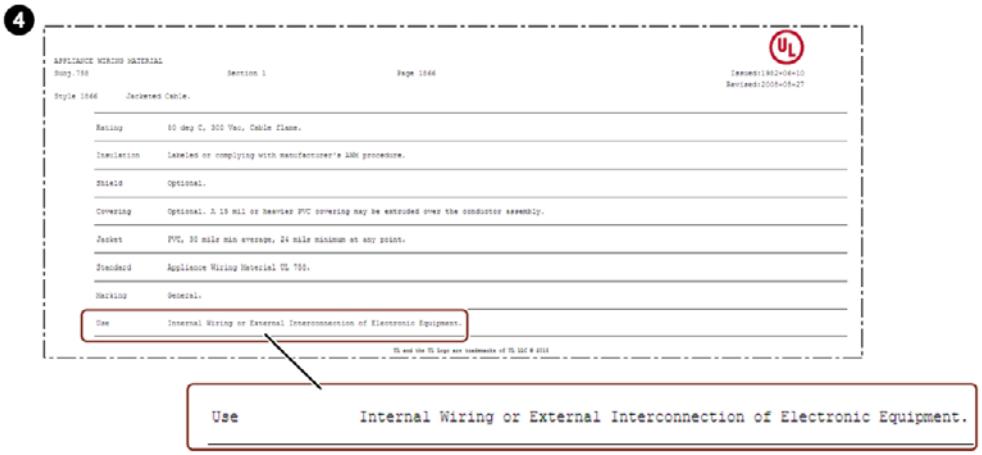
② Category Control Number invoeren, bijv. "AVLV2"



③ Benodigd bestand kiezen



④ Gewenste style number kiezen



Afbeelding 11-4 Uittreksel uit de guide information voor style number 1866

Tabel 11- 3 Systematiek AWM style number (4 of 5-cijferig nummer)

1xxxx	Enkelvoudige leiding met thermoplastische isolatie
2xxxx	Meervoudige leiding met thermoplastische isolatie
3xxxx	Enkelvoudige leiding met isolatie van thermoharder (met dwarsverbindingen)
4xxxx	Meervoudige leiding met isolatie van thermoharder (met dwarsverbindingen)
5xxxx	Alle overige, die niet in categorie 1xxxx t/m 4xxxx vallen (bijv. leidingen met mineraalisolatie)

11.3 Dimensionering

Hieronder worden de regels volgens UL 508A en NFPA 79 beschreven die betrekking hebben op de dimensionering in en buiten de industriële besturingskast.

11.3.1 In de industriële besturingskast

11.3.1.1 Hoofdstroomketen

De dimensionering van leidingen in de hoofdstroomketen is beschreven in UL 508A, hoofdstuk 29.6.

Leidingen in de hoofdstroomketen moeten minstens AWG 14 (2,1 mm²) zijn. Zie ook hoofdstuk 66.5.4.

Uitzondering voor industriële machines

Voor hoofdstroomketens die aan de eisen in onderstaande tabel voldoen, mogen ook AWG 16 of AWG 18 kabels worden gebruikt.

Tabel 11- 4 Stroomcapaciteit en beveiliging voor hoofdstroomketens met AWG 16 en AWG 18 leidingen

Leiding		Type belasting	Max. nominale stroom voor branch circuit kortsluit-stroombeveiliging	Motoroverbelasting uitschakelklasse
Afmeting	Stroom-capaciteit			
16 AWG	8	Niet-motor	10[a]	-
	8	Motor	Volgens "UL 508A, Tabel 31.1 "Maximum rating of motor branch circuit device percent of full load amperes", zie hoofdstuk Enkelvoudige Installatie (pag. 105) [a]	Class 10
	5,5	Motor	Volgens "UL 508A, Tabel 31.1 "Maximum rating of motor branch circuit device percent of full load amperes", zie hoofdstuk Enkelvoudige Installatie (pag. 105) [a]	Class 20
18 AWG	5,6	Niet-motor	7[b]	-
	5	Motor	Volgens "UL 508A, Tabel 31.1 "Maximum rating of motor branch circuit device percent of full load amperes", zie hoofdstuk Enkelvoudige Installatie (pag. 105) [b]	Class 10
	3,5	Motor	Volgens "UL 508A, Tabel 31.1 "Maximum rating of motor branch circuit device percent of full load amperes", zie hoofdstuk Enkelvoudige Installatie (pag. 105) [b]	Class 20

[a] Inverse time circuit breaker met aanduiding voor gebruik met 16 AWG of 18 AWG leidingen, Class CC, J of T-smeltveiligheid.

[a] Inverse time circuit breaker met aanduiding voor gebruik met 18 AWG leidingen, Class CC, J of T-smeltveiligheid.

Bron: UL 508A, Tabel 66.2

De "full-load amperes" (stroom bij volledige belasting) in bovenstaande tabel wordt berekend door de nominale stroom van alle belastingen op te tellen die op deze leiding zijn aangesloten. Bij motoren waarvoor het vermogen is aangegeven in horsepower (hp), wordt de stroom bij volledige belasting bepaald overeenkomstig tabel 6-1, Motorstroom onder volledige belasting in ampère in overeenstemming met de verschillende nominale AC-hp-waarden (pag. 99) (wisselstroommotoren) of tabel 6-2, Motorstroom onder volledige belasting in ampère in overeenstemming met de verschillende nominale DC-hp-waarden (pag. 100) (gelijkstroommotoren).

Achtergrond

Aangezien motoren een verschillende efficiëntie kunnen hebben, moet de dimensionering bepaald worden met behulp van tabel 6-1, Motorstroom onder volledige belasting in ampère in overeenstemming met de verschillende nominale AC-hp-waarden (pag. 99) of tabel 6-2, Motorstroom onder volledige belasting in ampère in overeenstemming met de verschillende nominale DC-hp-waarden (pag. 100). De waarden in deze tabellen geven het slechtste geval aan; het zijn in het algemeen conservatieve schattingen. Dit zorgt ervoor dat de leidingen niet te dun zijn als een motor moet worden vervangen (bijv. in geval van schade), zelfs niet als de vervangende motor minder efficiënt is en bij hetzelfde vermogen een hogere nominale stroom heeft.

Er moet een leiding worden gekozen die past bij de berekende nominale stroom overeenkomstig onderstaande tabel "Stroomcapaciteit van geïsoleerde leidingen". In onderstaande tabel staat de stroomcapaciteit van geïsoleerde leidingen met verschillende doorsnede.

Tabel 11- 5 Stroomcapaciteit van geïsoleerde leidingen

Dikte		60 °C (140 °F)		75 °C (167 °F)	
AWG	(mm^2)	Koper	Aluminum	Koper	Aluminum
14	(2,1)	15	-	15	-
12	(3,3)	20	15	20	15
10	(5,3)	30	25	30	25
8	(8,4)	40	30	50	40
6	(13,3)	55	40	65	50
4	(21,2)	70	55	85	65
3	(26,7)	85	65	100	75
2	(33,6)	95	75	115	90
1	(42,4)	110	85	130	100
1/0	(53,5)	-	-	150	120
2/0	(67,4)	-	-	175	130
3/0	(85,0)	-	-	200	155
4/0	(107,2)	-	-	230	180
250 kcmil	(127)	-	-	255	205
300	(152)	-	-	285	230
350	(177)	-	-	310	250
400	(203)	-	-	335	270
500	(253)	-	-	380	310
600	(304)	-	-	420	340
700	(355)	-	-	460	375

Dikte		60 °C (140 °F)		75 °C (167 °F)	
AWG	(mm^2)	Koper	Aluminum	Koper	Aluminum
750	(380)	-	-	475	385
800	(405)	-	-	490	395

Dikte		60 °C (140 °F)		75 °C (167 °F)	
AWG	(mm²)	Koper	Aluminum	Koper	Aluminum
900	(456)	-	-	520	425
1000	(506)	-	-	545	445
1250	(633)	-	-	590	485
1500	(760)	-	-	625	520
1750	(887)	-	-	650	545
2000	(1013)	-	-	665	560

OPMERKINGEN -

1 Als er meer dan één leiding met dezelfde doorsnede (1/0 AWG of dikker) aan een klem wordt aangesloten, dan is de totale stroomcapaciteit gelijk aan die voor de desbetreffende leiding in de tabel, vermenigvuldigd met het maximumaantal leidingen dat aan de klem kan worden aangesloten.

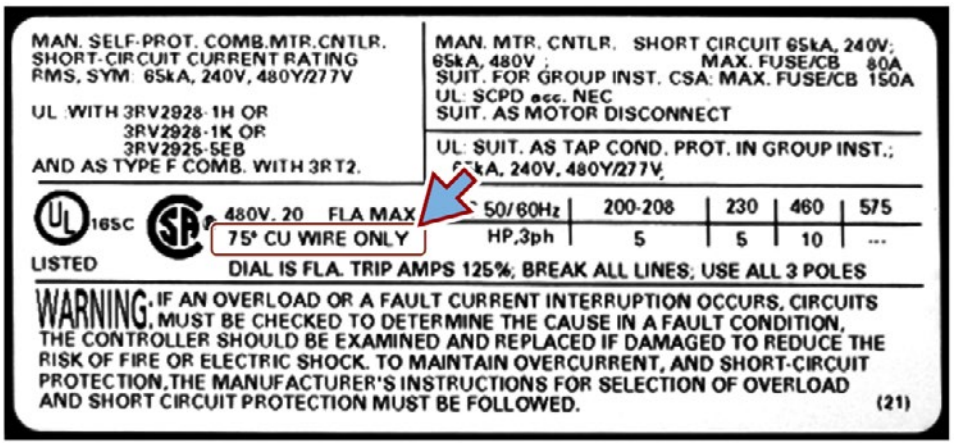
2 Deze stroomcapaciteiten gelden alleen als er in het veld niet meer dan drie leidingen in een pijp zitten.

Als er vier of meer leidingen, de nulleiding voor de asymmetrische stroom niet meegerekend, in één kabelbuis moeten worden geplaatst (dit kan nodig zijn vanwege het aantal beschikbare kabeldoorvoeren, het aantal benodigde draden in bepaalde meerfasesystemen of om andere redenen), dan is de stroomcapaciteit voor elk van de leidingen: 80% van de genoemde waarde bij 4-6 leidingen, 70% van de genoemde waarde bij 7-24 leidingen, 60% van de genoemde waarde bij 25-42 leidingen of 50% van de genoemde waarde bij 43 of meer leidingen.

Bron: UL 508A, Tabel 28.1

De eerste kolom bevat de doorsnede van de leidingen. De kolommen 60 °C en 75 °C verwijzen naar de temperatuur bij de aansluitklem. Het kortsluitstroombeveiligingstoestel moet worden gedimensioneerd op basis van de temperatuur van de aansluitklem. Bijv.: een AWG 8 leiding moet worden beveiligd met maximaal 40 A volgens de 60 °C-kolom of met 50 A volgens de 75 °C-kolom.

De maximale temperatuur bij de klem wordt bepaald door de toestellen. Voor een Siemens 3RV2 motorstarterbeveiliging wordt bijvoorbeeld een maximale temperatuur van 75 °C voorgeschreven. Dit betekent dat in dit geval de 75 °C-kolom kan worden gebruikt om de leidingen te dimensioneren.



Afbeelding 11-5 Voorbeeld van een typeplaat

Industriële besturingskasten voor industriële machines

Volgens UL 508A, hoofdstuk 66.5.5 en 66.5.6 is voor industriële besturingskasten voor industriële machines het volgende van toepassing:

1. Leidingen van de hoofdstroomketen die een motor of een verwarmingselement voeden, moeten gedimensioneerd worden voor een stroomcapaciteit van minstens 125% van de berekende nominale stroom.
2. Leidingen in hoofdstroomketens die meerdere motoren of verwarmingselementen voeden, moeten een stroomcapaciteit hebben van minstens de som van:
   - 125 % van de nominale stroom van alle verwarmingselementen samen
   - 125 % van de nominale stroom van de grootste motor
   - som van de nominale stroom van de overige motoren en belastingen samen

11.3.1.2 Stuurstroomketen

Volgens UL 508A, hoofdstuk 38.2 moeten de leidingen in de stuurstroomketen als volgt gedimensioneerd worden.

- Overeenkomstig het overstroombeveiligingstoestel van de stuurstroomketen of de stroomcapaciteit van de secundaire zijde van een besturingstransformator of voeding.
- Overeenkomstig tabel 11-5 Stroomcapaciteit van geïsoleerde leidingen (pag. 235) (>10 A) of onderstaande tabel "Stroomcapaciteit van leidingen in de stuurstroomketen" (≤10 A).

Tabel 11- 6 Stroomcapaciteit van leidingen in de stuurstroomketen

Stroomcapaciteit [A]	Doorsnede leiding	
	AWG	(mm²)
10	16	(1,3)
7	18	(0,82)
5	20[b]	(0,52)
3	22[b]	(0,32)
2	24[b]	(0,20)
1	26[b]	(0,13)
0,8	28[a, b]	(0,08)
0,5	30[a, b]	(0,05)

[a] Als deze leidingen zijn opgenomen in een meeraderige kabel met stekers.

[b] Leidingen met deze doorsnedes zijn alleen bedoeld voor het aansluiten van stuurstroomketens voor elektronisch programmeerbare input/output en statische regelaars (zonder bewegende delen).

Bron: UL 508A, Tabel 38.1

Volgens UL 508A, hoofdstuk 66.9.2 betreffende industriële besturingskasten voor industriële machines, moeten leidingen in een stuurstroomketen een dikte hebben van minstens AWG 18 (0,82 mm²).

Uitzondering

Leidingen in stuurstroomketens voor programmeerbare input/output-toestellen en toestellen zonder bewegende delen mogen een doorsnede hebben van AWG 18 - 30 (0,82 - 0,05 mm²).

De logica hierachter is dat elektronische apparaten, zoals een PLC, tijdens bedrijf geen trillingen veroorzaken. Een contactor veroorzaakt tijdens het schakelen echter wel trillingen vanwege de bewegende delen. Dit kan de leidingen in de stuurstroomketen te veel belasten.

Als de fabrikant en de gebruiker van de besturingskast of de machine het erover eens zijn dat NFPA 79 ook van toepassing is op de industriële besturingskast, dan zijn de volgende regels overeenkomstig het hoofdstuk Buiten de industriële besturingskast (pag. 239), ook van toepassing in de besturingskast.

11.3.2 Buiten de industriële besturingskast

Buiten de industriële besturingskast zijn de regels volgens NFPA 79, hoofdstuk 12.5/6 van toepassing.

11.3.2.1 Hoofdstroomketen

In onderstaande tabel staat de maximaal toegestane stroomcapaciteit van leidingen bij verschillende maximumtemperaturen en aansluitklemmen.

Tabel 11- 7 Stroomcapaciteit van koperen leidingen voor 60 °C (140 °F), 75 °C (167 °F) en 90 °C (194 °F) manteltemperatuur bij een omgevingstemperatuur van 30 °C (86 °F)

Doorsnede leiding (AWG)	Stroom-capaciteit		
	60 °C (140 °F)	75 °C (167 °F)	90 °C (194 °F)
30	-	0,5	0,5
28	-	0,8	0,8
26	-	1	1
24	2	2	2
22	3	3	3
20	5	5	5
18	7	7	14
16	10	10	18
14	20	20	25
12	25	25	30
10	30	35	40
8	40	50	55
6	55	65	75
4	70	85	95
3	85	100	110
2	95	115	130
1	110	130	150

Bron: NFPA 79, Tabel 12.5.1

Leidingen in de hoofdstroomketen voor een afzonderlijke motor moeten gedimensioneerd zijn voor minstens 125% van de nominale stroom van de motor.

De stroomcapaciteit voor leidingen naar gecombineerde belastingen moet minstens de som zijn van:

- 125 % van de nominale stroom van alle verwarmingselementen samen
- 125 % van de nominale stroom van de grootste motor
- som van de nominale stroom van de overige motoren en belastingen die tegelijk actief kunnen zijn

Als de omgevingstemperatuur ≠ 30 °C (86 °F) en/of meer dan drie leidingen in een kabelkanaal of kabel samenkomen, dan zijn de correctiefactoren uit de twee onderstaande tabellen van toepassing.

Tabel 11- 8 Correctiefactor omgevingstemperatuur

Omgevingstemperatuur (°C)	Correctiefactor 75 °C	Omgevingstemperatuur (°F)
21 … 25	1,05	70 … 77
26 … 30	1,00	78 … 86
31 … 35	0,94	87 … 95
36 … 40	0,88	96 … 104
41 … 45	0,82	105 … 113
46 … 50	0,75	114 … 122
51 … 55	0,67	123 … 131
56 … 60	0,58	132 … 140
61 … 70	0,33	141 … 158

Bron: NFPA 79, Tabel 12.5.5(a)

Tabel 11- 9 Correctiefactor voor meer dan drie stroomvoerende leidingen in een kabelkanaal of kabel.

Aantal stroomvoerende leidingen	Percentage van de waarden uit tabel 12.5.5(a), zo nodig aangepast voor de omgevingstemperatuur
4 … 6	80
7 … 9	70
10 … 20	50
21 …30	45
31 … 40	40
41 en hoger	35

Bron: NFPA 79, Tabel 12.5.5(b)

De logica achter de correctiefactor voor kabelbundels is het voorkomen van hittevorming in het kabelkanaal. Daarom hoeven alleen leidingen die gelijktijdig stroom voeren, beschouwd te worden. Zie ook de NEC, tabel 310.15 (B)(3)(a).

Er mogen ook geïsoleerde leidingen voor hogere temperaturen worden gebruikt (bijv. 90 °C), mits, na toepassing van de correctiefactoren, de maximaal toegestane stroomcapaciteit op het aansluitpunt niet wordt overschreden.

Doorsnede

Volgens hoofdstuk 12.6.1 moeten leidingen in de hoofdstroomketen minstens AWG 14 zijn.

Uitzonderingen volgens hoofdstuk 12.6.1.1/2/3

AWG 16 (~ 1.5 mm²)

AWG 16 (~ 1,5 mm²) zijn toegestaan als ze aan de volgende eisen voldoen.

- a) onderdeel van een leiding met steker, netsnoer of afzonderlijke leiding binnen de industriële besturingskast

  b) niet-motorische belasting van max. 8 A

  – Overstroombeveiliging max. 10 A

  – BCPD (branch circuit protection device), smeltveiligheid UL 248-4 t/m 12 of automaat UL 489

- Motorische belasting met nominale stroom van max. 8 A

  – Met overstroombeveiliging

  – Class 10 motoroverbelastingsbeveiliging

  – BCPD (branch circuit protection device), smeltveiligheid UL 248-4 t/m 12 of automaat UL 489

- Motorische belasting met nominale stroom van max. 5,5 A

  – Met overstroombeveiliging

  – Class 20 motoroverbelastingsbeveiliging

  – BCPD (branch circuit protection device), smeltveiligheid UL 248-4 t/m 12 of automaat UL 489

AWG 18 (~ 1.0 mm²)

AWG 18 (~ 1,0 mm²) zijn toegestaan als ze aan de volgende eisen voldoen.

- a) onderdeel van een leiding met steker, netsnoer of afzonderlijke leiding binnen de industriële besturingskast

  b) niet-motorische belasting van max. 5,6 A

  – Overstroombeveiliging max. 7 A

  – BCPD (branch circuit protection device), smeltveiligheid UL 248-4 t/m 12 of automaat UL 489

- Motorische belasting met nominale stroom van max. 5 A

  – Met overstroombeveiliging

  – Class 10 motoroverbelastingsbeveiliging

  – BCPD (branch circuit protection device), smeltveiligheid UL 248-4 t/m 12 of automaat UL 489

- Motorische belasting met nominale stroom van max. 3,5 A

  – Met overstroombeveiliging

  – Class 20 motoroverbelastingsbeveiliging

  – BCPD (branch circuit protection device), smeltveiligheid UL 248-4 t/m 12 of automaat UL 489

AWG 16 (~ 1,5 mm²) en AWG 18 (~ 1 mm²)

AWG 16 (~ 1,5 mm²) en AWG 18 (~ 1 mm²) zijn toegestaan voor motorische en niet-motorische belastingen onder de volgende voorwaarden.

- Onderdeel van een geliste voedingskabel (kant-en-klaar kabel met steker)
- Goedgekeurd voor de desbetreffende toepassing
- Passend beveiligd (zie tabel 12.5.1)

Voedingskabels voor servoaandrijvingen

Voedingskabels voor servoaandrijvingen moeten volgens NFPA 79 gedimensioneerd worden voor minstens 115% van de ingangsstroom van de aandrijving

Opmerking

Volgens de NEC, hoofdstuk 430.122 (A) moeten voedingskabels voor frequentieomvormers en servoaandrijvingen gedimensioneerd worden voor minstens 125% van de ingangsstroom.

Netsnoeren

De continue stroom door netsnoeren mag niet hoger zijn dan vermeld in tabel 12.8.2 van NFPA 79.

Tabel 11- 10 Stroomcapaciteit voor netsnoeren bij een omgevingstemperatuur van 30 °C (86 °F)

Afmeting (AWG)	Thermoset types: S, SJ, SLO, SJOW, SJOO, SJOOW, SO, SOW, SOO, SOOW Thermoplastische versies: SE, SEW, SEO, SEOW, SEOOW, SJE, SJEW, SJEO, SJEOW, SJEOOW, SJT, SJTW, SJTO, SJTOW, SJTOO, SJTOOW, STO, STW, STOW, STOO, STOOW	
	A[1]	B[2]
18	7	10
17	-	12
16	10	13
14	15	18
12	20	25
10	25	30
8	35	40
6	45	55
4	60	70
2	80	95

1 De toegestane stroom geldt alleen voor 3-aderige netsnoeren en andere meeraderige netsnoeren, aangesloten aan hulpapparatuur, waarbij slechts drie aders stroom voeren.

2 De toegestane stroom geldt alleen voor 2-aderige netsnoeren en andere meeraderige netsnoeren, aangesloten aan hulpapparatuur, waarbij slechts twee aders stroom voeren.

Bron: NFPA 79, Tabel 12.8.2

Derating-factors voor gebundelde leidingen zijn te vinden in tabel 12.5.5(b).

De typeaanduidingen voor netsnoeren, de kenmerken en het gebruik ervan overeenkomstig de NEC zijn beschreven in hoofdstuk Nadere informatie en ondersteuning (pag. 394).

11.3.2.2 Verlichtingscircuit

Doorsnede

NFPA 79, hoofdstuk 12.6.2

- ≥ AWG 16: indien in kabelkanaal
- ≥ AWG 18: indien in kabel met vaste steker

11.3.2.3 Stuurstroomketen

Doorsnede

NFPA 79, hoofdstuk 12.6.2 en 3

- ≥ AWG 16 indien in kabelkanaal
- ≥ AWG 18: indien in meer-aderige kabel met vaste steker in kasten of bedienstations

Leidingen voor stuurstroomketens in elektronische input/output- en regeltoestellen

Volgens NFPA 79, hoofdstuk 12.6.4 moeten leidingen voor stuurstroomketens in elektronische input/output- en regeltoestellen als volgt zijn gedimensioneerd.

- Leidingen in kabelkanalen: ≥ AWG 24

  Uitzondering: AWG 30, indien in meer-aderige kabel of netsnoer met vaste steker
- Leidingen in kabelkanalen: ≥ AWG 26

  Uitzondering: AWG 30 voor verbindingsbruggen en speciale toepassingen
- ≥ AWG 30 voor meer-aderige kabel of netsnoer met vaste steker die geschikt zijn voor de toepassing en gelegd zijn overeenkomstig NFPA 79, hoofdstuk 13 (zie hoofdstuk Bekabeling (pag. 249))

Afgeschermde leidingen in deelsystemen

Afgeschermde leidingen in deelsystemen moeten flexibel zijn en gemaakt zijn van gehard koper met een doorsnede ≥ AWG 25. Voor alle andere toepassingen: ≥ AWG 22.

Regels voor dimensionering

Beide normen zijn gebaseerd op de NEC zodat de dimensioneringsregels in UL 508A en NFPA 79 erg op elkaar lijken. UL 508A gaat uit van een maximale omgevingstemperatuur van 40 °C en bevat in tegenstelling tot NFPA 79, geen correctiefactoren voor de omgevingstemperatuur. In veel gevallen zou met beide normen dezelfde doorsnede worden berekend (zie de onderstaande paragraaf Dimensioneringsvoorbeelden (pag. 246)).

Het is echter altijd aan te raden dat de klant en de machinebouwer samen overeenkomen welke normen moeten worden gebruikt. Als dit niet duidelijk is overeengekomen, dan raden we aan om de dimensionering te berekenen volgens beide normen en als de resultaten verschillen, de dikste van de twee te kiezen.

11.3.3 Dimensioneringsvoorbeelden

Voorbeeld

- 1 motor van 2 horsepower
- 3 motoren van elk 1 horsepower
- 3 verwarmingselementen van elk 10 A
- 2 transformatoren met elk een ingangsstroom van 5 A
- Spanning 480 Y/277 V
- Omgevingstemperatuur 35 °C

Dimensionering volgens UL 508A (in de industriële besturingskast)

1. Bepaal de stroom onder volle belasting overeenkomstig tabel 6-1, motorstroom onder volledige belasting in ampère in overeenstemming met de verschillende nominale AC-hp-waarden (pag. 99)

   ⇒ 2 horsepower = 3,4 A

   ⇒ 1 horsepower = 2,1 A
2. Bepaal de stroom onder volle belasting voor de leiding volgens het hoofdstuk In de industriële besturingskast (pag. 234).

   ⇒ 3,4 A x 1,25 + 3 x 2,1 A + 3 x 10 A x 1,25 + 2 x 5 A = **58.05 A**
3. Bepaal de vereiste doorsnede van de leiding volgens tabel 11-5 Stroomcapaciteit van geïsoleerde leidingen (pag. 235).
   58,05 A is geen standaardwaarde. Kies daarom de eerstvolgende hogere waarde. Overeenkomstig de 75 °C-kolom is dit 65 A ⇒ **De doorsnede van de leiding moet minstens AWG 6 zijn.**

Dimensionering volgens NFPA 79 (in en buiten de industriële besturingskast)

1. Bepaal de stroom onder volle belasting overeenkomstig de NEC, tabel 430.250 (de waarden komen overeen met die in tabel 6-1, motorstroom onder volledige belasting in ampère in overeenstemming met de verschillende nominale AC-hp-waarden (pag. 99)).

   ⇒ 2 horsepower = 3,4 A

   ⇒ 1 horsepower = 2,1 A
2. Bepaal de stroom onder volle belasting voor de leiding volgens het hoofdstuk Buiten de industriële besturingskast (pag. 239)
   ⇒ 3 x 10 A x 1.25 + 3,4 A x 1,25 + 3 x 2,1 A + 2 x 5 A = **58.05 A**
3. Bepaal de vereiste doorsnede van de leiding volgens tabel 11-7 Stroomcapaciteit van koperen leidingen voor 60 °C (140 °F), 75 °C (167 °F) en 90 °C (194 °F) manteltemperatuur bij een omgevingstemperatuur van 30 °C (86 °F) (pag. 239) en houd daarbij rekening met de derating-factor uit tabel 11-8 Correctiefactor omgevingstemperatuur (Page 240).

   58,05 A is geen standaardwaarde. Kies daarom de eerstvolgende hogere waarde. Overeenkomstig de 75 °C-kolom is dit 65 A, zodat de vereiste doorsnede van de leiding AWG 6 is.

   De omgevingstemperatuur is echter 35 °C. Er moet dus een correctiefactor van 0,94 worden toegepast. 65 A x 0,94 = 61,1 A ⇒ **De doorsnede van de leiding moet nog steeds minstens AWG 6 zijn.**

11.4 Aanduiding en kleur

Kleur van leidingen

Volgens UL 508A, hoofdstuk 17.3, 66.5 en 66.9.1, en NFPA 79, hoofdstuk 13.2, moeten leidingen de volgende kleur hebben.

Tabel 11- 11 Kleur van leidingen

Identificatie van leidingen	kleur	
Aardleiding		Groen of groen/geel
Ongeaard netspanningscircuit (hoofd- en stuurstroom)		Zwart
Ongeaarde AC stuurstroom (bedrijfsspanning < netspanning)		Rood
Ongeaarde DC stuurstroom (bedrijfsspanning < netspanning)		Blauw
Ongeaarde leiding "Uitgezonderde circuits"		Oranje (of geel)
Geaarde leiding van een AC-netspanningscircuit		Wit, grijs of drie witte doorgetrokken strepen
Geaarde leiding van een DC-stuurstroomketen		Wit met blauwe strepen
Geaarde leiding van een "uitgezonderd" circuit		Wit met oranje of gele strepen

Aanduiding van leiding en aansluitpunt

Iedere leiding moet gekenmerkt worden (aderaanduiding) overeenkomstig de bedradingsschema's. De aanduiding kan bestaan uit cijfers, letters of een combinatie daarvan.

UL 508A beperkt zich volgens hoofdstuk 66.5.2 tot de hoofdstroomketen. NFPA 79, hoofdstuk 13.2.1.1 maakt geen onderscheid tussen de hoofdstroomketen en de stuurstroomketen.

Doel

Het doel is een unieke toekenning van leiding aan aansluitpunt.



Afbeelding 11-6 Voorbeeld van een aanduiding voor een leiding

11.5 Bekabeling

De bekabeling in industriële besturingskasten en machines is tot in detail beschreven in UL 508A en NFPA 79.

UL 508A gaat alleen over de besturingskast; NFPA 79 beschrijft de bekabeling in en buiten de besturingskast.

Beide normen zijn bedoeld om kabels tegen beschadiging en schadelijke invloeden te beschermen, zodat de machine veiliger te gebruiken is.

a) Algemene eisen (NFPA 79, hoofdstuk 13.5)

NFPA 79, hoofdstuk 13.5 bevat algemene eisen aan "kabelkanalen / dragers en lasdozen.

- Kabelkanalen, hoekstukken, koppelingen en bijbehorende aansluitingen moeten gelist zijn → UL-goedkeuring of Plastic Recognition Yellow Card (zie hoofdstuk Kunststof materialen (pag. 59))

  Uitzondering: Kabelkanalen die onderdeel van de machine zijn.
- Ter bescherming van de leidingen moeten scherpe hoeken, randen e.d. worden vermeden. Afhankelijk van de bedrijfscondities moet brandvertragend en oliebestendig isolatiemateriaal worden gebruikt (Plastic Recognition Yellow Card!).
- Afvoeropeningen in kabelkanalen, lasdozen e.d. mogen het vereiste beschermingsniveau van de behuizing niet echt aantasten.
- In kabelkanalen en lasdozen waarin zich olie of vocht kan ophopen, zijn afvoeropeningen ≤ 6,4 mm toegestaan.
- Kabelkanalen moeten stevig op een drager zijn bevestigd.

  Uitzondering: Flexibele kabelkanalen

b) Vullingsgraad van een kabelkanaal

Om ervoor te zorgen dat de warmte goed kan worden afgevoerd en de bekabeling redelijk hanteerbaar is in het geval van wijzigingen, moet de gezamenlijke doorsnede van alle leidingen ≤ 50% zijn van de inwendige doorsnede van het kabelkanaal.

c) Machinebehuizingen en voeten of kolommen

Machinebehuizingen en voeten of kolommen kunnen in de volgende gevallen gebruikt worden als kabelkanaal.

- Gescheiden van koelvloeistoffen en oliereservoirs; volledig afgesloten
- Vast bevestigd en beschermd tegen beschadiging

→ Een aanduiding als elektrische behuizing wordt aangeraden.



Afbeelding 11-7 Voorbeeld van een aanduiding als elektrische behuizing

11.5.1 In de industriële besturingskast

11.5.1.1 UL 508A

In UL 508A, hoofdstuk 29.3, 29.4 en 29.5 staat hoe de leidingen van de hoofdstroomketen gelegd en aangesloten moeten worden. UL 508A verwijst in Chapter 38.3 voor stuurstroomketens naar hoofdstuk 29.3, 29.4 en 29.5.

→ In UL 508A gelden voor het leggen en aansluiten van leidingen in stuurstroomketen dezelfde regels als voor in de hoofdstroomketen.

Aansluiten

Een leiding moet met een van de volgende middelen op een component worden aangesloten.

- Rechtstreeks aangesloten op de aansluitklem van de component
- Snel-aansluitklem van een component waarbij het passende deel is uitgerust met een veeraansluiting of iets dergelijks. De verbinding hangt hierbij niet alleen af van wrijving tussen de leiding en de aansluitklem.
- Netsnoer met krimpverbinding of gesloten oog
- Soldeerverbinding volgens UL 508A, hoofdstuk 29.3.2
- Schroefklemmen volgens UL 508A, hoofdstuk 29.3.3
- Open oog volgens UL 508A, hoofdstuk 29.3.5

Adereindhulzen

In deze context komt vaak het onderwerp adereindhulzen ter sprake. In de huidige versie van UL 508A worden adereindhulzen nog niet genoemd. Er is echter een bulletin van UL waarin het gebruik van adereindhulzen wordt toegestaan.

Volgens dit bulletin mogen adereindhulzen, al dan niet geïsoleerd, worden toegepast als ze volgens de fabrikant geschikt zijn en aan de volgende eisen voldoen.

- In de industriële besturingskast in de hoofd- en stuurstroomketen
- Gekrimpt met gereedschap dat wordt aangeraden door de fabrikant van de adereindhulzen
- Volgens de specificaties van de fabrikant geschikt voor het aantal aders, het type leiding (massief of soepel) en de kabeldoorsnede
- De adereindhulzen moeten zo bevestigd worden, dat het ongeïsoleerde deel van de leiding volledig omsloten is en er geen losse koperen vezels uitsteken



Afbeelding 11-8 Handmatig krimpen

Opmerking

Het is geen uitdrukkelijke eis in het UL-bulletin dat de adereindhulzen door UL getest en gecertificeerd moeten zijn, maar er wordt aangeraden adereindhulzen te gebruiken die getest en gecertificeerd zijn volgens UL 486 (CCN: ZMVV2).

Kabels leggen

Het leggen van de kabels is geregeld in hoofdstuk 29.4 en 29.5 van UL 508A.

- Kabels moeten de behuizing binnenkomen door gladde afgeronde doorvoerbussen of door afgeronde oppervlakken. Zo wordt schade aan de isolatie voorkomen.



Afbeelding 11-9 Voorbeeld kabeldoorvoer

- Draden moeten deugdelijk gelegd worden, uit de buurt van scherpe randen, schroefdraad, bramen, bewegende delen en laden die de isolatie zouden kunnen afschuren. Kabels moeten ook uit de buurt blijven van hitteproducerende componenten zoals koelvinnen of netspanningscomponenten, voedingen, transformatoren, verwarmingselementen en weerstanden.

- Kabelklemmen, spiraalband, kabelbinders en kabelkanalen voor niet bewegende leidingen, al dan niet van metaal, moeten gladde afgeronde randen hebben. De klemmende werking en het contactoppervlak moeten zo zijn, dat de isolatie niet afgeschuurd kan worden.



Afbeelding 11-10 Voorbeeld kabelklem

- Draden die tijdens gebruik of mechanisch onderhoud onderhevig zijn aan beweging, buiging of andere invloeden, moeten aan de volgende eisen voldoen:
  - isolatie minstens 0,8 mm (1/32 in.) dik overal waar de draad buigt;
  - leiding op basis van vezels;
  - zo gelegd dat de draad niet beschadigd raakt als de deur of de kap open- of dichtgaat.

  Deze eisen zijn van toepassing op:
  - soepele leidingen en netsnoeren;
  - gelaste kabels;
  - MTW-leidingen (Machine Tool Wire) met doorsnede:
    - doorsnede AWG 8 (8,4 mm²) en dikker
    - doorsnede AWG 18 - AWG 10 (0,8 - 5,3 mm²), aangeduid als "flexing" of "class K"

Hetzelfde moet worden aangehouden bij het wijzigen van bestaande apparatuur. Bijvoorbeeld bedrading van een niet bewegend systeemdeel naar een bewegend systeemdeel (bijv. een deur of een kap).

Scheiden van circuits

In de volgende gevallen moet een leiding in de industriële besturingskast gescheiden worden gehouden van de andere circuits:

- als de leiding een lagere isolatiewaarde heeft dan de maximaal optredende spanning in een ander circuit
- in het geval van ongeïsoleerde componenten of andere circuits

De scheiding kan worden aangebracht overeenkomstig de volgende normen.

- **UL 1441:** isolatiemantels
- **UL 224:** isolerende pijpen
- **UL 510:** minimaal twee gewikkelde lagen van isolatietape
- klemmen, geleiders of dergelijke

De scheiding van de leidingen moet gewaarborgd zijn door aparte bevestigingen (bijv. kabelklemmen), gescheiden route of soortgelijke maatregelen, bijvoorbeeld barrières in een kabelkanaal.

Leidingen moeten voorzien zijn van trekontlasting als trekspanning ertoe kan leiden dat de scheiding zoals hierboven beschreven, verloren gaat.

11.5.1.2 NFPA 79

NFPA 79, hoofdstuk 13.3 gaat over "Bekabeling in behuizingen"

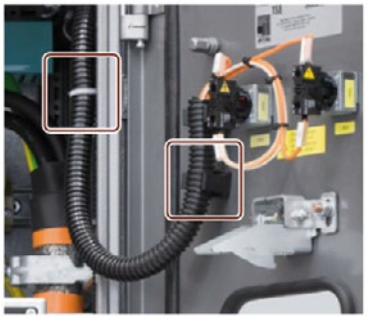
Daarin worden de volgende regels beschreven.

- Niet-metalen kabelkanalen zijn alleen toegestaan als ze van brandvertragend isolerend materiaal zijn gemaakt.

  → Kunststof materialen bijvoorbeeld controleren met een "Yellow Card". Zie het hoofdstuk Kunststof materialen (pag. 59) of raadpleeg voor nadere informatie over brandvertragende materialen IEC 60332-1 (Beproeving van elektrische leidingen en optische leidingen op het gedrag bij brand)

- Elektrische apparatuur moet zo bevestigd zijn dat de bedrading altijd goed toegankelijk is.

- Kabels waarmee toestellen aan de deur worden aangesloten, moeten lang genoeg zijn zodat de deur volledig open kan. De leidingen moeten stevig aan de behuizing en aan de deur bevestigd zijn om te voorkomen dat ze de elektrische verbinding mechanisch verstoren als de deur beweegt.



Afbeelding 11-11 Voorbeeld van een bevestiging van een leiding

- Als er geen kabelkanaal o.i.d. gebruikt wordt, dan moet de kabel vastgemaakt worden. Bijvoorbeeld door kabelbinders of kabelklemmen op de juiste manier toe te passen.



Afbeelding 11-12 Voorbeeld van bevestiging met kabelklemmen

- Industriële besturingskasten met meerdere toestellen, moeten uitgerust zijn met stekerverbindingen of klemmenstroken voor alle uitgaande leidingen.

  Uitzondering: bedrading voor input/output-modules of PLC's mag rechtstreeks worden aangesloten.

- Netkabels en kabels van meetcircuits mogen rechtstreeks worden aangesloten op de klemmen van de toestellen waarvoor ze bedoeld zijn. Een voorbeeld van zo'n toestel is de netscheider. De inkomende netspanningsleiding wordt hier bij voorkeur rechtstreeks op aangesloten.

11.5.2 Buiten de industriële besturingskast

Dit onderwerp wordt gedetailleerd beschreven in NFPA 79, hoofdstuk 13.4. In de norm worden de volgende onderwerpen behandeld onder de kop "Bedrading buiten de behuizingen".

- Externe kabelkanalen
- Aansluiten op bewegende elementen van de machine
- Cable-handling-systemen
- Toestellen op de machine onderling verbinden
- Steker/contactdoos-combinaties
- Demontage voor transport
- Stugge, soepele en vloeistofbestendige kabelbuizen
- Kabelkanalen en -verdelersystemen
- Eisen aan deugdelijke bekabeling

Aangezien de norm een breed gebied beslaat, behandelen we hier alleen de belangrijkste onderwerpen. Nadere informatie is te vinden in NFPA 79.

Een algemene eis is dat het beschermingsniveau van de behuizing niet aangetast mag worden door het aansluiten van kabelkanalen of door de hulpmiddelen voor de kabeldoorvoer zoals hulzen, bussen e.d.

Dit betekent dat de kabeldoorvoer moet voldoen aan UL 514B en een beschermingsniveau (Enclosure type Rating) moeten hebben die gelijk is aan of hoger is dan die van de behuizing van de industriële besturingskast. Zie hoofdstuk Beschermingsniveaus behuizing (pag 193) voor de mogelijkheden om beschermingsniveaus te combineren.



Afbeelding 11-13 Kabeldoorvoer door een aansluitbus overeenkomstig UL 514B

11.5.2.1 Externe kabelkanalen

- De leidingen van een AC-circuit naar een onderdeel van de apparatuur moeten in hetzelfde kabelkanaal worden ondergebracht.
- De leidingen buiten de besturingskast moeten in kabelkanalen worden ondergebracht zoals beschreven in NFPA 79, hoofdstuk 13.5. Zie hoofdstuk Bekabeling (pag. 249).



Afbeelding 11-14 Leidingen in kabelkanalen

Opmerking

Kabels en kabelstekers vormen een uitzondering. Ze hoeven niet door een kabelkanaal te lopen als er passende maatregelen zijn genomen overeenkomstig NFPA 79, hoofdstuk 13.1.6 (zie sub i).

- Verbindingsstukken en dragers voor kabelkanalen en meeraderige kabels moeten geschikt zijn voor de fysieke omgeving en als zodanig zijn gekenmerkt. Met name het beschermingsniveau is hierbij van groot belang.
- Beweegbare toestellen moeten bedraad worden met soepele leidingen. De leidingen mogen geen mechanische draagfunctie hebben, tenzij ze daarvoor zijn goedgekeurd. Er moet een passende trekontlasting worden aangebracht.
- Soepele leidingen zijn ook verplicht voor machines die kleine of weinig bewegingen maken. Ze zijn ook toegestaan om niet bewegende motoren, positieschakelaars of externe toestellen aan te sluiten.



Afbeelding 11-15 Bekabeling naar bewegende elementen van de machine

11.5.2.2 Aansluiten op bewegende elementen van de machine

- Bewegende elementen van de machine moeten aangesloten worden met leidingen die voldoen aan de eisen in het hoofdstuk Leidingen en kabels voor flexibele toepassingen (pag. 227).
- Soepele kabels en kabelbuizen moeten bij voorkeur verticaal worden aangesloten. Met name de aansluitstukken moeten worden beschermd tegen overmatige beweging en mechanische belasting.
- Ze mogen horizontaal worden aangesloten als de kabel of de kabelbuis goed ondersteund wordt.
- Soepele kabels en kabelbuizen moeten zo gemonteerd worden dat overmatige beweging en mechanische belasting wordt voorkomen, met name bij de dragers.
- Soepele kabels die onderhevig zijn aan bewegingen van de machine moeten zo bevestigd zijn, dat er geen mechanische belasting optreedt op de aansluitpunten en er scherpe bochten ontstaan. Als dit wordt gerealiseerd met extra lengte zodat de kabel kan buigen, dan moet de straal van de bocht minstens 10 maal de diameter van de kabel zijn.
- Soepele kabels moeten zo gemonteerd en beschermd zijn, dat er geen schade optreedt tijdens gebruik of mogelijk misbruik. Een aantal voorbeelden hiervan:
  - de machine zelf beweegt over de kabel;
  - andere machines of voertuigen rijden over de kabel;
  - kabel raakt de constructie van de machine tijdens de bewegingen;
  - onnauwkeurig in of uit kabelgeleider bewegen of op of van haspel rollen;
  - overmatig schuren in kabelgeleiders;
  - blootstelling aan overmatig hete warmtebronnen.



Voorbeeld 11-16 Voorbeeld haspel

- De kabelmantel moet bestand zijn tegen beweging en de omgevingscondities (bijv. olie, water, koelvloeistof, stof).

- Kabels beschermen tegen bewegende delen door:
  - barrières of kabelgeleiders;
  - minimale afstand is 1 inch (25,4 mm).

    Als deze afstand niet haalbaar is dan moeten vaste barrières of kabelgeleiders worden aangebracht als bescherming tegen bewegende delen.
- Soepele kabels en kabelgeleiders moeten beschermd zijn tegen beschadiging door bewegende delen van de machine.
- De flexibele kabelbuizen mogen niet gebruikt worden voor snelle bewegingen, tenzij ze daarvoor zijn goedgekeurd.

Zie ook

Hoofdstuk Certificering (pag. 223)

11.5.2.3 Cable-handling-systemen

Zie NFPA 79, hoofdstuk 13.4.3.2

11.5.2.4 Toestellen op de machine onderling verbinden

NFPA 79 geeft slechts algemene informatie die bedoeld is om inbedrijfstelling, regulier onderhoud en mogelijk probleemoplossing te vergemakkelijken. Met het oog hierop moeten aansluitklemmen en meetpunten goed toegankelijk zijn maar toch deugdelijk beschermd tegen bedrijfs- en omgevingscondities. Aansluitklemmen en meetpunten moeten overeenkomen met de bijbehorende documentatie.

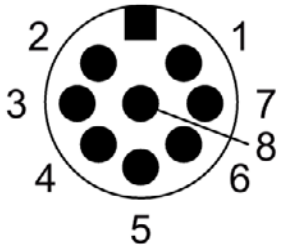
11.5.2.5 Steker/contactdoos-combinaties

- Verwijderbare apparatuur mag een steker hebben mits die niet verkeerd kan worden ingestoken, beschermt tegen elektrische schok en getest en gelist is voor de desbetreffende toepassing.
- Stekers voor 20 A of meer moeten vergrendeld zijn tegen onbedoeld uittrekken.
- Als de spanning fase-fase of fase-aarde 300 V of hoger is, dan moeten de polen van de steker omhuld zijn zodat een eventuele vlamboog bij het verbinden of verbreken binnen de behuizing blijft.
- Stekers moeten zo gemaakt zijn dat de aardleiding verbonden wordt voor de stroomvoerende leidingen en pas verbroken wordt als alle stroomvoerende leidingen verbroken zijn.

  → "first make / last break"

  Uitzondering: Stekerverbindingen in PELV-circuits en stekerverbindingen die alleen gebruikt worden tijdens monteren en demonteren (niet tijdens bedrijf!).
- Stekerverbindingen voor motorische belastingen moeten verbroken kunnen worden onder belasting (load-break-rating). Het is immers aannemelijk dat ze onder belasting worden geopend.

- Als er meerdere stekerverbindingen zijn, dan moet worden voorkomen dat een steker in de verkeerde contactdoos wordt gestoken. Dit kan door mechanische codering of door duidelijke aanduidingen.



Afbeelding 11-17 Voorbeeld mechanische codering

- Aan de buitenzijde (machine of behuizing van de besturingskast) gemonteerde contactdozen moeten afgedekt zijn als de steker is verwijderd.

11.5.2.6 Demontage voor transport

- Bij voorkeur moeten contactdozen en klemmen worden gebruikt. Deze moeten deugdelijk worden afgedekt en beschermd.
- Openingen in de behuizing moeten worden afgesloten.
- Stekerverbindingen moeten zo gemaakt zijn, dat er geen gevaar voor elektrische schok kan optreden.

11.5.2.7 Stugge, soepele en vloeistofbestendige kabelbuizen

Dit onderwerp wordt gedetailleerd beschreven in NFPA 79, hoofdstuk 13.5.3, 13.5.4 en 13.5.5. Aangezien de norm een breed gebied beslaat, behandelen we hier slechts enkele belangrijke onderwerpen. Raadpleeg NFPA 79 voor meer informatie.

Volgens NFPA 79 zijn vaste, niet-flexibele metalen kabelbuizen toegestaan zoals "Rigid Metal conduit (RMC)", "Intermediate Metal Conduit (IMC)" en "electrical metallic tubing (EMT)".

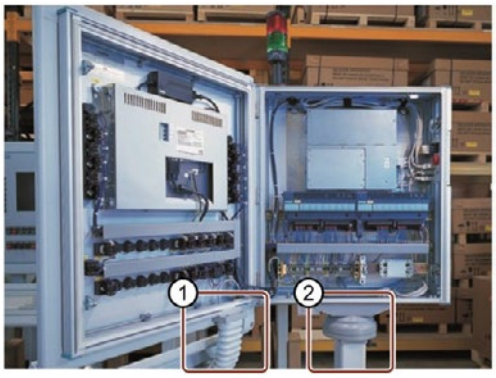
Ook niet-metalen kabelbuizen zijn toegestaan (PVC sch. 80).

Als vaste kabelbuizen niet in aanmerking komen of als er trillingen zijn, dan komen flexibele metalen kabelbuizen van pas, zoals Flexible Metal Conduit (FMC) of liquidtight flexible metal conduit (LFMC).

Opmerking

Kabelbuizen moeten zijn goedgekeurd voor het desbetreffende gebruik en de desbetreffende omgeving.

→ UL 1242 – Standard for Electrical Intermediate Metal Conduit – Steel or UL 651 - Standard for Schedule 40 and 80 Rigid PVC Conduit



① Kunststof
② Metaal

Afbeelding 11-18 Voorbeelden van kabelbuizen

Vaste kabelbuizen

De minimale metrische maat is 16 mm (1/2 in.).

De minimale metrische maat is 155 mm (6 in.).

Tabel 11- 12 Metrische maat / handelsmaat

Metrische maat	Handelsmaat
12	3/8
16	1/2
21	3/4
27	1
35	1 1/4
41	1 1/2
53	2
63	2 1/2
78	3
91	3 1/2
103	4
129	5
155	6

Opmerking: de metrische maat en de handelsmaat zijn slechts een aanduiding van de afmeting en geen echte afmetingen.
Bron: NFPA 79, Tabel A.13.5.3.1.2

Vanaf het begin tot aan het einde van een kabelbuis mogen niet meer dan vier 90°-bochten voorkomen en de som van alle bochten mag niet meer zijn dan 360°. Dit zorgt ervoor dat kabels zonder problemen in de kabelbuis kunnen worden gevoerd.

In "NFPA 79, Table 13.5.3.1.4 Minimum Radii of Conduit Bends" staat de minimale straal van bochten in kabelbuizen.

Tabel 11- 13 Minimumstraal van bochten in kabelbuizen

Afmeting buis		One-shot en full-shoe benders		Overige bochten	
Metrische maat	Handelsmaat	mm	Inch	mm	Inch
16	1/2	101,6	4	101,6	4
21	3/4	114,3	4 1/2	127	5
27	1	146,05	5 3/4	152,4	6
35	1 1/4	184,15	7 1/4	203,2	8
41	1 1/2	209,55	8 1/4	254	10
53	2	241,3	9 1/2	304,8	12
63	2 1/2	266,7	10 1/2	381	15
78	3	330,2	13	457,2	18
91	3 1/2	381	15	533,4	21
103	4	406,4	16	609,6	24
129	5	609,6	24	762	30
155	6	762	30	914,4	36

Bron: NFPA 79, tabel 13.5.3.1.4

Kabelbuizen moeten stevig bevestigd worden overeenkomstig NFPA 79, Tabel 13.5.3.3.2 Support of Rigid Nonmetallic Conduit (RNC)". Bovendien moet een kabelbuis minstens iedere 900 mm (3 ft) stevig bevestigd worden.

Tabel 11- 14 Bevestiging van stugge niet-metalen kabelbuizen

Afmeting buis		Maximale afstand tussen de dragers	
Metrische maat	Handelsmaat	mm of m	ft
16 … 27	1/2 … 1	900 mm	3
35 … 53	1 1/4 … 2	1,5 m	5
63 … 78	2 1/2 …3	1,8 m	6
91 … 129	3 1/2 … 5	2,1 m	7
155	6	2,5 m	8

Bron: NFPA 79, tabel 13.5.3.3.2

Soepele en vloeistofbestendige kabelbuizen

- Flexible metal conduit (FMC) en liquidtight flexible metal conduit (LMFC) moeten een metrische maat hebben van minstens 12 (handelsmaat 3/8).

  Uitzondering: flexibele kabelbuizen voor leidingen naar thermokoppels en andere sensoren

- De maximale metrische maat is 103 (handelsmaat 4)

11.5.2.8 Kabelkanalen en -verdelersystemen

Zowel kabelkanalen als kabelbuizen zijn toegestaan. Kabelkanalen bieden bescherming tegen schadelijke externe invloeden. De sterkte van het metaal en de uitvoering van de kabelkanalen moet voldoen aan ANSI / UL 870 Wireways, Auxiliary Gutters and associated fittings.

11.5.2.9 Eisen aan deugdelijke bekabeling

In hoofdstuk 13.1.6 worden de volgende maatregelen beschreven.

- Onbedekte kabels zijn toegestaan als ze langs de constructie of in gleuven van de machine worden gelegd. Onbedekte kabels moeten dicht langs de constructieve elementen van de machine worden gelegd.



Afbeelding 11-19 Voorbeeld van onbedekte kabels

- Kabels moeten als volgt bevestigd worden:
  - zodanig dat ze niet beschadigd raken bij normaal gebruik van de machine
  - iedere 305 mm (12 in.) bij niet-verticaal verloop;

    Uitzondering: de afstand tussen de dragers mag vergroot worden tot 914 mm (36 in.) als door de constructie van de machine of het systeem iedere 305 mm (12 in.) niet praktisch is
  - iedere 914 mm (36 in.) bij niet-verticaal verloop;

    Uitzondering: de afstand tussen de dragers mag vergroot worden tot 2,44 m (96 in.) als door de constructie van de machine of het systeem iedere 914 mm (36 in.) niet praktisch is
  - indien in de lucht hangend overspanning maximaal 457 mm (18 in.);

    Uitzondering: de overspanning mag vergroot worden tot 914 mm (36 in.) als door de constructie van de machine of het systeem iedere 457 mm (18 in.) niet praktisch is.

- Kabels mogen niet aan afschermingen van de machine worden bevestigd als deze tijdens onderhoud verwijderd moeten worden als men toegang tot de machine wil krijgen.

  Uitzondering: bedrading voor componenten die een vast onderdeel van de afscherming vormen en bedoeld zijn om aan de afscherming vast te blijven als deze voor onderhoud van de machine wordt verwijderd.

- Meerdere kabels mogen als een bundel bevestigd worden, mits de bevestigingsmethode geschikt is voor het gewicht en de mechanische belasting van de kabel.

- Kabels moeten aan de kabelgeleiders vastgemaakt worden.

  Uitzonderingen:

  – als horizontale kabels rusten op de constructie van de machine of het systeem, of op de vloer of een afdekking, dan hoeft deze niet te worden vastgemaakt;

  – als het verloop ≤ 45° afwijkt van horizontaal, dan hoeft de kabel niet te worden vastgemaakt.

- Het uiteinde van de kabelbinders moet kort worden afgeknipt. Herbruikbare kabelbinders die weer geopend kunnen worden, zijn niet toegestaan als permanente bevestiging.

- Kabels die fysiek beschadigd kunnen raken, moeten door een van de volgende maatregelen worden beschermd:

  – ander verloop;

  – extra afscherming of barrières;

  – indien op de vloer, extra beschermingsmaatregelen met middelen die beschermen tegen over de kabel lopen of rijden;

  – plaatsing in een kabelgoot;

  – plaatsing in de vloer of in een trapeziumvormige kabelgoot, speciaal bedoeld om de kabel te beschermen tegen belopen.

- Bochten in kabels mogen niet tot onnodige spanning leiden. De straal van de binnenzijde van de bocht moet ≥ 5 x de diameter van de kabel zijn.

- Als de kabel langer is dan nodig, dan moet de overtollige lengte opgerold worden. De opgerolde kabel moet samengebonden worden en worden bevestigd aan de constructie van de machine.

  Uitzondering: als de overtollige kabel onderdeel is van een horizontale kabel die vanzelf volledig ondersteund is, dan hoeven de wikkelingen niet aan de constructie van de machine te worden bevestigd.

Toebehoren en verlichting 12

12.1 Contactdoos voor toebehoren en onderhoud

12.1.1 Eisen uit UL 508A, hoofdstuk 28.6

Onderstaande eisen zijn zowel van toepassing op contactdozen in de hoofdstroomketen als die in de stuurstroomketen.

Contactdozen in de stuurstroomketen mogen echter alleen gebruikt worden voor programmeer- en diagnoseapparatuur en moeten ook als zodanig zijn aangeduid. Zie hoofdstuk Contactdozen (pag. 299).

Uitzondering: contactdozen in de stuurstroomketen voor class 2 of low voltage limited energy circuits.

12.1.1.1 UL tests en certificering

Contactdozen voor algemeen gebruik moeten zijn goedgekeurd volgens UL 498 "Standard for Plugs and Receptacles".

Voor contactdozen door de behuizing van de industriële besturingskast, dus die van buitenaf bereikbaar zijn, gelden de volgende extra eisen.

- De contactdoos moet een metalen behuizing hebben of voldoen aan UL 508 "Standard for Industrial Control Equipment " voor kunststof behuizingen.
- De contactdoos mag geen bereikbare pinnen hebben ("female" contactdoos).
- De contactdoos moet juist aangeduid zijn. Zie het hoofdstuk Aanduidingen op de industriële besturingskast volgens UL 508A (pag. 297).

Contactdozen waarvoor de steker aan een flexibel snoer is bevestigd, mogen alleen gebruikt worden voor draagbare apparaten of onderdelen die vaak verwisseld worden.

Bij contactdozen waarop een specifiek apparaat wordt aangesloten, moeten voorzieningen aanwezig zijn, waarmee zo nodig een kabelbuis kan worden aangesloten.

In de volgende gevallen moet de verbinding mechanisch worden vergrendeld:

- nominale stroom van de contactdoos meer dan 20 A voor algemeen gebruik
- gebruik van multi-pin-stekers

In zo'n geval wordt bijvoorbeeld vaak een vergrendelingsbeugel gebruikt. Bovendien moet bij de contactdoos zijn aangegeven dat de verbinding alleen zonder belasting verbroken mag worden. Verbreken onder belasting is niet toegestaan. De voorschriften voor de aanduiding en een voorbeeld ervan, zijn te vinden in het hoofdstuk Aanduidingen op de industriële besturingskast volgens UL 508A (pag. 297).

12.1.1.2 Aardlekschakelaars op contactdozen

Contactdozen in de industriële besturingskast met een nominale stroom van 15 of 20 A bij maximaal 120 V, moeten ook voorzien worden van een aardlekschakelaar als de behuizing van de besturingskast beschermingsniveau "enclosure type 3" of "enclosure type 3RX" heeft of als deze bedoeld is voor buiten (bijv. enclosure type 4, 4X, 6, 6P).

De aardlekschakelaar moet een "Class A – Ground Fault Circuit Interrupter (GFCI)" zijn, goedgekeurd volgens UL 943.

Deze spreken aan bij een foutstroom van 4 - 6 mA en zijn daardoor geschikt als persoonlijke beveiliging.

Opmerking

Er bestaan tal van aardlekschakelaars die zijn niet goedgekeurd als persoonlijke beveiliging. UL-geliste ground fault circuit interrupters volgens UL 1053 zijn bijvoorbeeld geschikt voor beveiliging van de installatie of tegen brand, maar niet voor persoonlijke beveiliging. Sommige aardlekschakelaars met IEC-certificaat die in Europa gebruikt worden om contactdozen te beveiligen, hebben ook een UL-goedkeuring. De aanspreekstroom voor deze toestellen is echter 30 mA. In de VS zijn ze daarom volgens UL 1053 alleen goedgekeurd voor beveiliging van de installatie, niet voor persoonlijke beveiliging. Europese fabrikanten van besturingskasten halen deze goedkeuringen nogal eens door elkaar.

12.1.2 Eisen in NFPA 79

12.1.2.1 Contactdozen voor bijbehorende delen van de machine

Machines en de bijbehorende apparatuur (bijv. besturingskasten) hebben vaak contactdozen waarop zo nodig extra apparatuur kan worden aangesloten. Voorbeelden hiervan zijn meettoestellen, elektrisch gereedschap en testapparatuur. (Zie onderstaande afbeelding "Siemens 5TE6 800 contactdoos volgens UL 498, met afdekking")

In dit geval moeten de contactdozen zijn beveiligd via een aardlekschakelaar voor persoonlijke beveiliging.

Dergelijke toestellen voor persoonlijke beveiliging worden Ground Fault Circuit Interrupter (GFCI) genoemd en zijn gelist volgens UL 943. (Zie afbeelding 12-2 Siemens GFCI, class A volgens UL 943, 2-polig, IΔN = 5 mA (pag. 268))

De netspanning mag in dergelijke contactdozen niet hoger zijn dan 120 V. De contactdoos zelf moet aan de volgende eisen voldoen:

- nominale spanning 125 V;
- nominale stroom 15 of 20 A;
- getest en gelist voor de bedoelde spanning; meestal worden hiervoor contactdozen overeenkomstig UL 498 gebruikt.

Als de contactdoos wordt gevoed door een aftakking vóór de netscheider en dus onder spanning kan staan terwijl de netscheider uitgeschakeld is, dan moet het circuit voor de contactdoos behandeld en aangeduid worden als "excepted circuit" (uitgezonderd circuit). Zie hoofdstuk Uitgezonderde circuits (pag. 78).

De behuizing van contactdozen rond de machine of buiten de industriële besturingskast kunnen blootgesteld zijn aan spaanders, stof, olie of andere verontreinigingen. Ze moeten daarom een passend beschermingsniveau hebben. Nadat de steker is verwijderd, moet de afdekking worden teruggeplaatst. (Zie onderstaande afbeelding "Siemens 5TE6 800 contactdoos volgens UL 498, met afdekking")



Afbeelding 12-1 Siemens 5TE6 800 contactdoos volgens UL 498, met afdekking

12.1.2.2 Contactdozen voor onderhoud

Machines en bijbehorende delen van de installatie hebben vaak contactdozen voor extra apparatuur die tijdens onderhoud gebruikt wordt.

Deze contactdozen moeten **altijd** een aardlekschakelaar (GFCI volgens UL 943) hebben, ongeacht of ze in of buiten de industriële besturingskast zijn geplaatst.



Afbeelding 12-2 Siemens GFCI, class A volgens UL 943, 2-polig, IΔN = 5 mA

12.2 Verlichting van de machine en de besturingskast

12.2.1 Algemene informatie

De eisen in UL 508A en NFPA 79 gaan over de elektrische voeding van verlichtingscircuits in de besturingskast en rond de machine. Dit betreft behalve de verlichting van de besturingskast ook andere verlichtingscircuits (bijv. verlichting van de werkplek). Het zijn alleen eisen aan de elektrische voeding, geen verlichtingseisen. De aarding van verlichtingscircuits is beschreven in het hoofdstuk Eisen in NFPA 79 voor aarding van machines (pag. 176).

12.2.2 Eisen aan de industriële besturingskast overeenkomstig UL 508A, hoofdstuk 27

12.2.2.1 Componenten van het verlichtingscircuit en de certificering ervan

- Gloeilampfittingen moeten zijn gecertificeerd overeenkomstig UL 496.
- TL-fittingen moeten zijn gecertificeerd overeenkomstig UL 1598.
- Als een dergelijke verlichting wordt toegepast als toebehoren voor een besturingskast, dan moeten ze goedgekeurd zijn volgens UL 508.

12.2.2.2 Opbouw en overstroombeveiliging volgens UL 508A

- Fittingen moeten met de nulleiding zijn verbonden.
- Max. voedingsspanning ≤ 150 V
- Overstroombeveiliging overeenkomstig de eisen aan hoofdstroomketens. Zie het hoofdstuk Niet motorische belastingen (pag. 128).

Uitzondering

Verlichtingscircuits van ≤ 120 V kunnen worden gevoed via een scheidingstransformator voor stuurstroomketens. In dat geval komt de overstroombeveiliging overeen met de desbetreffende regels voor stuurstroomketens en stuurtransformatoren. Zie het hoofdstuk Overstroombeveiliging van stuurstroomketens (pag. 158).

12.2.3 Eisen aan machines en onderdelen volgens NFPA 79

12.2.3.1 Algemene informatie

Aarding

De aarding van verlichtingscircuits van machines en onderdelen is beschreven in het hoofdstuk Eisen in NFPA 79 voor aarding van machines (pag. 176).

Enclosure type

Bij de keuze van de verlichting moet rekening gehouden worden met het beschermingniveau tegen externe invloeden.
De verlichting van machines en de omgeving ervan, kan blootstaan aan zware omstandigheden (bijv. nevelvorming, sproeiende vloeistoffen). In deze omgeving mag geen verlichting met een schakelaar of een contactdoos worden gekozen, tenzij er een behuizing beschikbaar is met het juiste beschermingsniveau. Zie voor informatie over types behuizingen, het hoofdstuk Beschermingsniveaus behuizing (pag. 193).

Opmerking

Verlichting in een vochtige omgeving moet beveiligd worden tegen aardfout. De aardfoutbeveiliging moet voldoen aan de eisen voor persoonlijke beveiliging. (GFCI – Ground Fault Circuit Interrupter volgens UL 943)

Kabels

A ≥ 18 AWG (≈ 1 mm²)
Minimale doorsnede voor voedingskabels voor statische, permanente verlichting

De volgende flexibele snoeren zijn goedgekeurd voor voeding:
SO, STO, STOW, SJO, SJOW or SJTO
UL Category Code Number (CCN): ZJCZ; ELBZ

Zie voor meer informatie over kabeltypes het hoofdstuk Certificering (pag. 223).

Opmerking

Aan/uitschakelaars in de kabel zijn niet toegestaan.

Stroboscopisch effect

Stroboscopisch effect gaat primair over de illusie van beweging, terwijl er in feite geen beweging is. De illusie kan er bijvoorbeeld toe leiden dat de operator een verkeerde beslissing neemt.
Het effect treedt met name op bij snel roterende bewegingen in combinatie met tl-verlichting. Dit is meestal gemakkelijk te verhelpen met een ander soort verlichting.

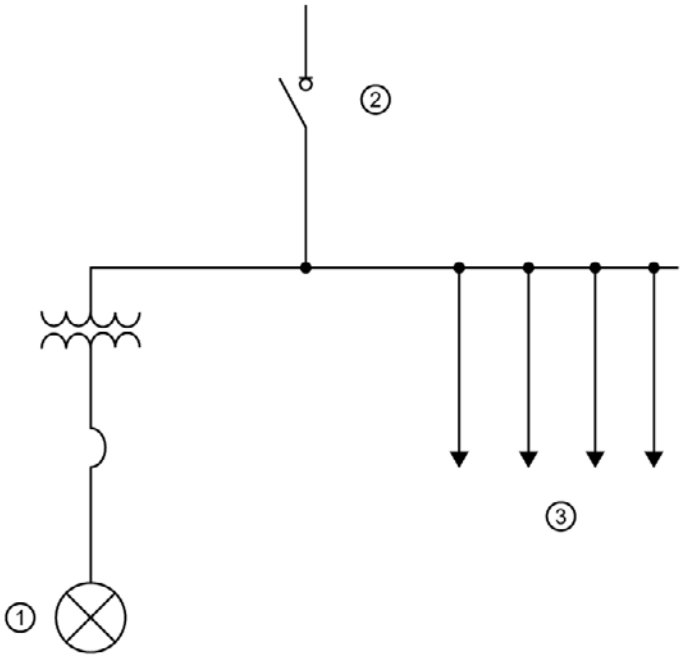
12.2.3.2 Toevoer

Voor verlichtingscircuits gelden de volgende maximumwaarden.

- **Max. voedingsspanning: U ≤ 150 V**
- **Max. beveiliging: I ≤ 15 A**

Het verlichtingscircuit moet op een van onderstaande manieren gevoed worden.

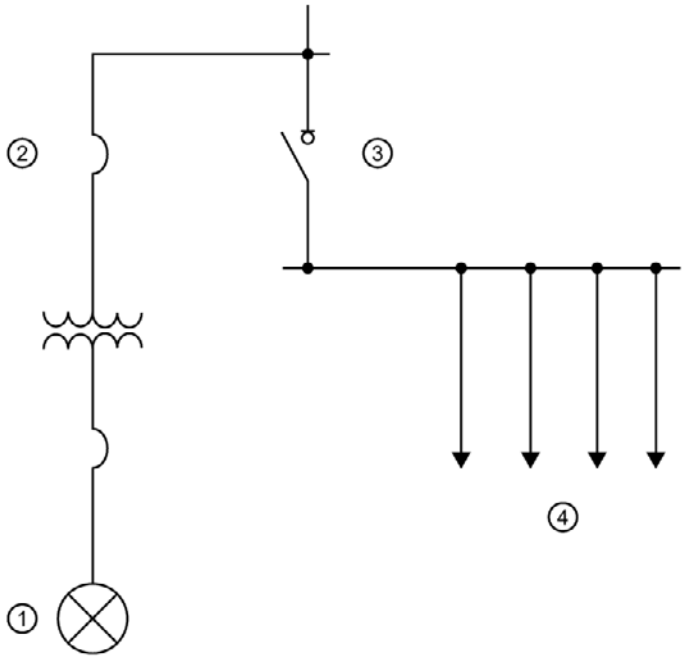
1. Aan de secundaire zijde van de scheidingstransformator bevindt zich een overstroombeveiligingstoestel. De transformator is aan de belastingszijde van de netscheider aangesloten.



① Verlichting
② Netscheider
③ Machinecircuits

Afbeelding 12-3 Opbouw machineverlichting, optie 1

2. Aan de netzijde van de netscheider is een scheidingstransformator aangesloten. Aan de secundaire zijde van de transformator bevindt zich een overstroombeveiligingstoestel. Hoewel de norm niet voorschrijft dat er een overstroombeveiligingstoestel aan de primaire zijde wordt opgenomen, is dit wel aan te bevelen.



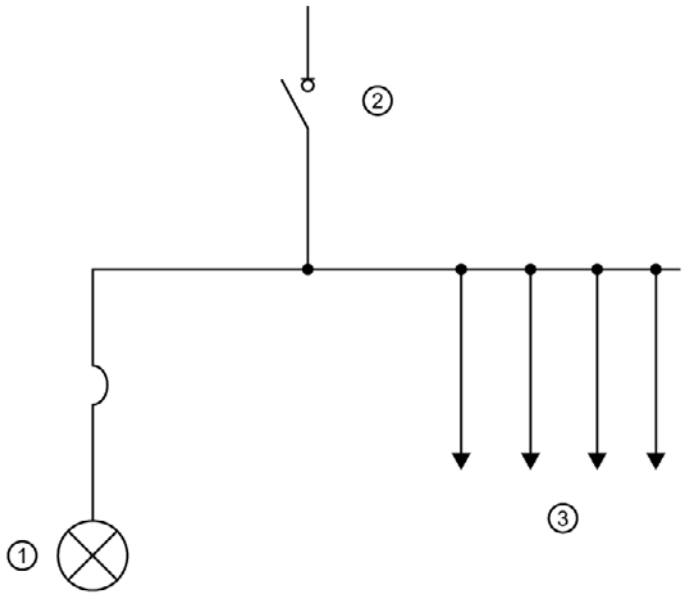
① Besturingskastverlichting
② Optionele overstroombeveiliging aan de primaire zijde
③ Netscheider
④ Machinecircuits

Afbeelding 12-4 Opbouw machineverlichting, optie 2

Opmerking

Deze optie is alleen toegestaan voor verlichting van de besturingskast.

3. Er kan ook een geaard circuit van de eigenlijke machinevoeding worden gebruikt. In dat geval moet aan beide volgende voorwaarden zijn voldaan:
   - U ≤ 150 V;
   - aparte overstroombeveiliging.



① Verlichting
② Netscheider
③ Machinecircuits

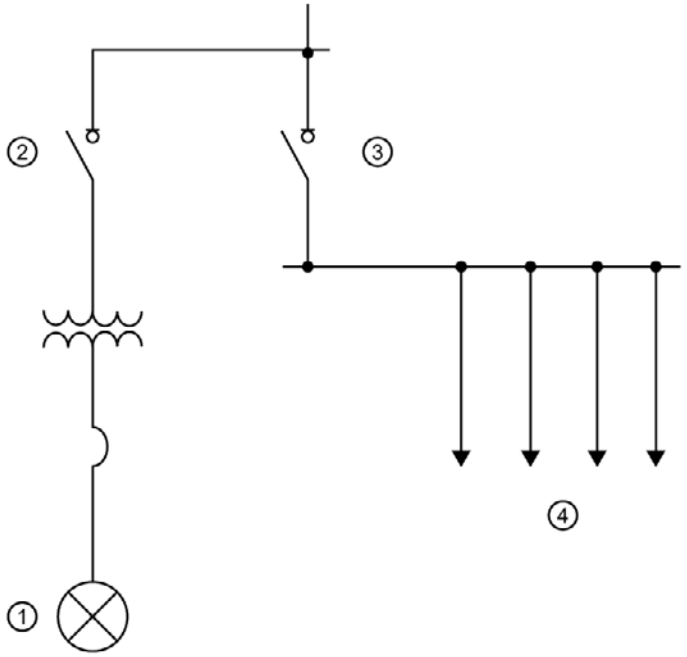
Afbeelding 12-5 Opbouw machineverlichting, optie 3

4. Aan de netzijde van de netscheider wordt een aparte scheidingstransformator aangesloten met een eigen netscheider aan de primaire zijde van de transformator.

   De overstroombeveiliging bevindt zich aan de secundaire zijde. Deze moet aan één van de volgende eisen voldoen:

   – in de besturingskast, in de buurt van de netscheider;

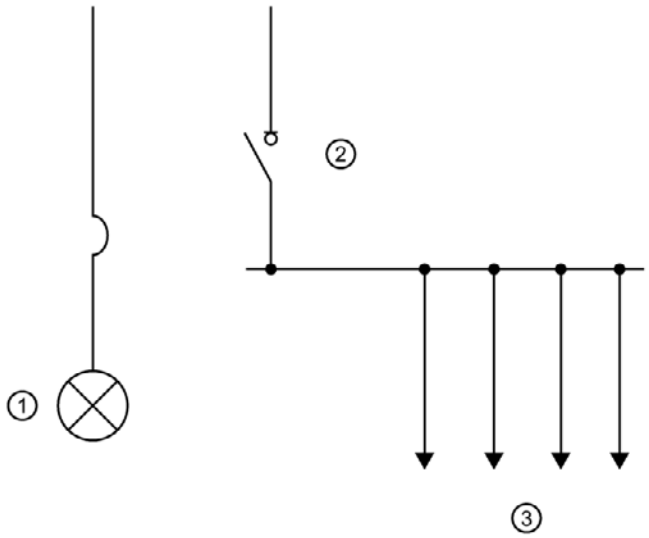
   – buiten de besturingskast, maar wel in de onmiddellijke omgeving ervan.



① Verlichting
② Netscheider voor de verlichting
③ Netscheider
④ Machinecircuits

Afbeelding 12-6 Opbouw machineverlichting, optie 4

5. Een extern gevoede stuurstroomketen (bijv. via de verlichting van het gebouw). Dit is toegestaan voor de verlichting van de besturingskast en die van de machine.
   Voor het nominale vermogen P geldt: P ≤ 3 kW. Dit verkleint het risico dat bij een storing, of als iemand anders dan een operator de verlichting uitschakelt, het personeel geen duidelijk overzicht over de machine meer heeft. De verlichting alleen was immers, gezien het lage vermogen, toch al niet afdoende.



① Verlichting P ≤ 3 kW
② Netscheider
③ Machinecircuits

Afbeelding 12-7 Opbouw machineverlichting, optie 5

Aanduidingen op de besturingskast en de machine 13

13.1 Algemene eisen

Bij het aanbrengen van labels en waarschuwingsborden moet altijd rekening worden gehouden met de te verwachten omgevingscondities. De omgevingscondities kunnen immers de materialen of de bevestiging aantasten.

De labels en aanduidingen worden aangebracht als juiste informatiebron tijdens het aansluiten en in bedrijf stellen van de machine en de bijbehorende delen. Aanduidingen kunnen ook de informatie aan de operator of het onderhoudspersoneel bieden tijdens gebruik.

De aanduidingen moeten aangebracht worden voordat de test- en inbedrijfstellingswerkzaamheden beginnen en voor eventueel aanpassings- of onderhoudswerk.

Voor de machine-operator zijn ook de functie-aanduidingen op de bedieningspanelen, visuele indicatoren en displays van belang. Sommige aanduidingseisen in NFPA 79, hoofdstuk 16 en UL 508A, hoofdstuk 52 e.v. gaan verder dan de minimumeisen in de NEC.

13.2 Typeplaat

Een industriële besturingskast en de elektrische uitrusting van een machine moet een leesbare typeplaat hebben. De typeplaat moet vast bevestigd zijn en ook na installatie en inbedrijfstelling zichtbaar blijven.

13.2.1 Eisen in NFPA 79

De typeplaat moet aan de behuizing of aan de machine in de onmiddellijke omgeving van de behuizing worden bevestigd. Op kleine machines kunnen de desbetreffende gegevens ook aan de typeplaat van de machine worden toegevoegd.

De volgende informatie is verplicht op de typeplaat:

- merk of naam van de fabrikant;
- serienummer / productienummer;
- nominale spanning, aantal fasen en frequentie (indien AC-spanning) en per netspanning de stroom bij volledige belasting;
- nominale stroom van de grootste motor of belasting;
- nominale stroom van het kortsluitstroom beveiligingstoestel en het aardlekbeveiligingstoestel (indien aanwezig in de elektrische uitrusting);
- SCCR van de besturingskast;
- nummer t.b.v. de elektrische documentatie.

Informatie over de gegevens op de typeplaat

- **Nominale spanning**

  Als er een overstroombeveiligingstoestel met een slash-rating wordt gebruikt (bijv. 120 / 240 V, 480 Y / 277 V, 600 Y / 347 V), dan moet of de lage spanning of de volledige slash-rating op de typeplaat staan.

- **Stroom bij volledige belasting**

  De opgave van de stroom bij volledige belasting hoeft niet de som van de nominale stroom van alle belastingen of circuits te zijn. Er kan ook gebruik worden gemaakt van een belastingsfactor (bijv. voor overgedimensioneerde motoren) of een simultaanfactor (maximum gelijktijdig in gebruik).

- **Netspanning**

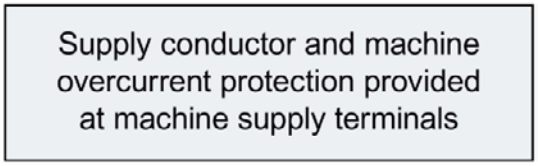
  Als er meer dan één netspanning moet worden aangesloten, dan moet elke netspanning apart vermeld worden op de typeplaat.

- Bij kleine machines, waar slechts een enkele motor of motorbesturing wordt gebruikt, mag de typeplaat van de motor ook dienen als typeplaat voor de elektrische uitrusting, mits deze goed zichtbaar is.

- **Overstroombeveiliging in het netspanningscircuit**

  Als er een overstroombeveiliging is opgenomen in de netspanningsleiding, dan moet dat worden vermeld. Hiervoor kan een aparte typeplaat worden gebruikt.

  Eis in NFPA 79:



Afbeelding 13-1 Aanduiding van netspanningsleiding met overstroombeveiliging

13.2.2 Eisen volgens UL 508A

De typeplaat van een besturingskast kan aan de binnen- of buitenzijde van de behuizing worden aangebracht.

De typeplaat kan worden bevestigd met schroeven, klinknagels of lijm. De gegevens moeten op de typeplaat worden aangebracht via staaldruk, zeefdruk of etsen op een metalen of kunststof ondergrond. Onuitwisbare inkt op een sticker is ook toegestaan.

De eisen in UL 508A aan de gegevens op typeplaat lijken erg op die in NFPA 79 zoals beschreven onder het vorige punt "Eisen in NFLA 79".

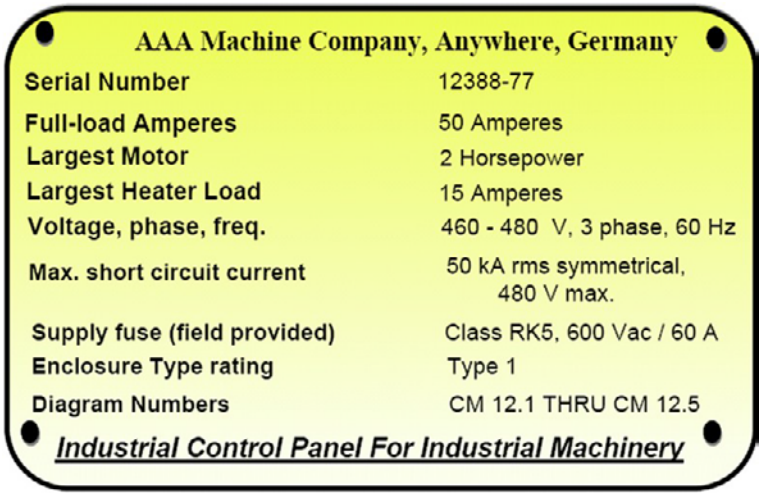
De typeplaat moet bovendien de volgende gegevens vermelden:

- enclosure type rating – beschermingsniveau tegen externe invloeden;
- productielocatie (in die gevallen waarin een fabrikant op meerdere locaties industriële besturingskasten vervaardigt);
- grootste verwarmingselementbelasting in ampère.

Als de besturingskast deel uitmaakt van de uitrusting voor een machine, dan kan NFPA 79 van toepassing zijn. In dat geval moet de volgende tekst aan de typeplaat worden toegevoegd:

"Industrial control panel for Industrial Machinery"

13.2.3 Voorbeeld



Afbeelding 13-2 Voorbeeld van een typeplaat

13.3 Aanduiding van de enclosure type rating op behuizingen

UL 508A schrijft voor dat de enclosure type rating op de behuizing wordt vermeld (zie het hoofdstuk Eisen volgens UL 508A (pag. 279)). Verder stelt UL 508A eisen aan de openingen en kabeldoorvoeren in de behuizing.

Openingen voor de volgende componenten moeten als zodanig zijn aangeduid:

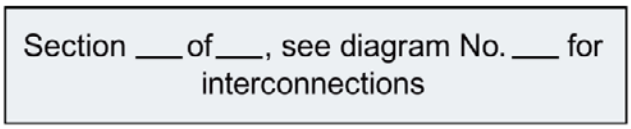
- kabelbuizen;
- externe aansluitingen;
- drukknoppen;
- kabeldoorvoeren;
- kabelverdelers.

Deze informatie is bestemd voor de installateur op locatie. De informatie moet zo zijn, dat het gewenste beschermingsniveau van de behuizing (enclosure type rating) ook na afronding van de werkzaamheden onaangetast is.

Meer informatie hierover is te vinden in UL 508A §53 "Enclosure Markings".

Bovendien moeten alle delen van de industriële besturingskast die op locatie worden samengebouwd en op elkaar aangesloten, de juiste aanduidingen hebben.

Voorbeeld:



Afbeelding 13-3 Aanduidingen op onderdelen van een industriële besturingskast

13.4 Aanduiding van de aansluitklemmen voor externe circuits (field wiring)

13.4.1 Algemene informatie

Alle aansluitklemmen van de industriële besturingskast die bedoeld zijn om field wiring op aan te sluiten, moeten deugdelijk zijn aangeduid.
De volgende informatie is verplicht:

- aansluiting netspanningsleiding;
- belastingen;
- stuurstroomketens.

De aanduiding bij een aansluitklem bestaat uit een alfanumerieke code die overeenkomt met de aanduiding op het bedradingsschema.

13.4.2 Aanduiding voor alle aansluitklemmen voor externe circuits

De aansluitklemmen voor alle externe circuits in de industriële besturingskast moeten van de volgende informatie worden voorzien.

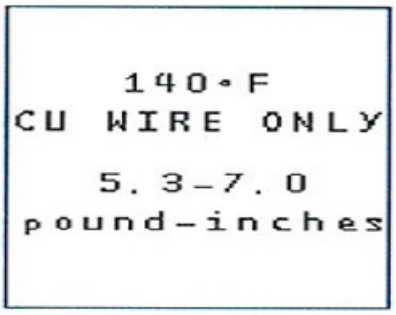
- Materiaal van de leiding
- **Alleen voor koperen leidingen "Use Copper Conductors only"**
- **Alleen voor aluminium leidingen "Use Aluminum Conductors only"**
- Geschikt voor koperen of aluminium leidingen
  - **"Use Copper or Aluminum Conductors"** of
  - **"Use Copper, Copper-Clad Aluminum or Aluminum Conductors"**
- Geschikt voor koperen of verkoperde aluminium leidingen

  "Use Copper or Copper-clad Aluminum conductors"
- Toegestaan temperatuurbereik (**geldt alleen voor aansluitklemmen in de hoofdstroomketen!**)
  - **60 °C (140 °F)** voor aansluitklemmen met een nominale stroom < 100 A
  - **75 °C (167°F)** voor aansluitklemmen met een nominale stroom < 100 A en goedgekeurd voor 75 °C temperatuurbereik
  - **75 °C (167 °F)** voor aansluitklemmen met een nominale stroom > 100 A

  Uitzondering: de temperatuur hoeft niet te worden opgegeven voor non-motorische belastingen met een nominale stroom kleiner dan 15 A.

- Aanhaalmoment voor aansluitklemmen met schroef
  - Aanduiding volgens de opgave van de fabrikant, de montagehandleiding of de aanduidingen op het product.

    Voorbeeld:

    Afbeelding 13-4 Voorbeeld van aanduiding bij aansluitklemmen

  - *Of* overeenkomstig de tabelwaarden in UL 508A. In onderstaande tabellen staat het aanhaalmoment per type schroef.

    Tabel 13-1 Aanhaalmoment voor schroeven (pag. 283)

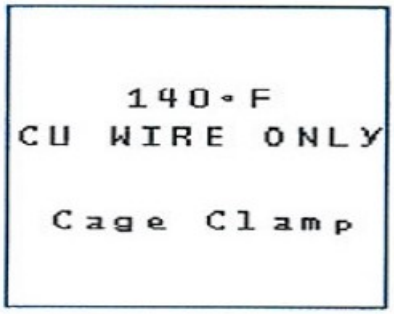
    Tabel 13-2 Aanhaalmoment voor sleufkopschroeven kleiner dan nr. 10 bedoeld voor leidingen met doorsnede 8 AWG (8,4 mm²) of kleiner (pag 284)

    Tabel 13-3 Aanhaalmoment voor inbusschroeven (pag. 284)

  Voor componenten waarvoor het aanhaalmoment al zichtbaar is aangeduid (bijv. op de typeplaat of motorbeveiligingstoestellen, contactors of zekeringhouders), is geen verdere aparte aanduiding nodig.

  Voor veerklemmen (Gage Clamp) hoeft geen aanhaalmoment te worden vermeld. In plaats daarvan kan de aanduiding "Cage Clamp" worden aangebracht.

  Voorbeeld:

  Afbeelding 13-5 Voorbeeld van aanduiding bij veerklemmen

  Uitzonderingen voor aanduiding van het aanhaalmoment:

  – aansluitklemmen voor draadverbindingen;
  – aansluitklemmen voor stuurstroomketens met een aanhaalmoment van 0,8 Nm (7 inch-lb).

Tabel 13- 1 Aanhaalmoment voor schroeven

Afmeting testdraad gemonteerd in connector		Aanhaalmoment, pound-inches (Nm)							
		Gleufkop nr. 10 en groter				Zeskantige kop-extern aangedreven dopsleutel			
AWG of kcmil	(mm^2)	Breedte gleuf – 0,047 inch (1,2 mm) of minder en lengte gleuf 1/4 inch (6,4 mm) of minder		Breedte gleuf – meer dan 0,047 inch (1,2 mm) en lengte gleuf 1/4 inch (6,4 mm)		Split-bolt connectors		Andere connectors	
18 … 10	(0.82 … 5.3)	20	(2,3)	35	(4,0)	80	(9,0)	75	(8,5)
8	(8,4)	25	(2,8)	40	(4,5)	80	(9,0)	75	(8,5)
6 … 4	(13.3 … 21.2)	35	(4,0)	45	(5,1)	165	(18,6)	110	(12,4)
3	(26,7)	35	(4,0)	50	(5,6)	275	(31,1)	150	(16,9)
2	(33,6)	40	(4,5)	50	(5,6)	275	(31,1)	150	(16,9)
1	(42,4)	–	–	50	(5,6)	275	(31,1)	150	(16,9)
1/0 … 2/0	(53.5 … 67.4)	–	–	50	(5,6)	385	(43,5)	180	(20,3)
3/0 … 4/0	(85.0 … 107.2)	–	–	50	(5,6)	500	(56,5)	250	(28,2)
250 … 350	(127 … 177)	–	–	50	(5,6)	650	(73,4)	325	(36,7)
400	(203)	–	–	50	(5,6)	825	(93,2)	375	(36,7)
500	(253)	–	–	50	(5,6)	825	(93,2)	375	(36,7)
600 … 750	(304 … 380)	–	–	50	(5,6)	1000	(113,0)	375	(36,7)
800 … 1000	(406 … 508)	–	–	50	(5,6)	1100	(124,3)	500	(56,5)
1250 … 2000	(635 … 1010)	–	–	–	–	1100	(124,3)	600	(67,8)
OPMERKING – Als de breedte of lengte van de gleuf niet overeenkomt met de opgegeven waarden, dan moet het grootste aanhaalmoment voor die doorsnede van de leiding worden aangehouden. Breedte van de gleuf is de nominale ontwerpwaarde. De lengte van de gleuf moet onder in de gleuf worden gemeten.									

Bron: UL 508A, Tabel 54.1

Tabel 13- 2 Aanhaalmoment voor sleufkopschroeven kleiner dan nr. 10 bedoeld voor leidingen met doorsnede 8 AWG (8,4 mm²) of kleiner

Lengte gleuf van schroef[a]		Aanhaalmoment, pound-inches (Nm)			
		Breedte gleuf van schroef[b], in (mm)			
Inch	(mm)	Kleiner dan 0,047 (1,2)		0,047 (1,2) en groter	
Minder dan 5/32	(4)	7	(0,79)	9	(1,0)
5/32	(4)	7	(0,79)	12	(1,4)
3/16	(4.,)	7	(0,79)	12	(1,4)
7/32	(5,6)	7	(0,79)	12	(1,4)
1/4	(6,4)	9	(1,0)	12	(1,4)
9/32	(7,1)	–	–	15	(1,7)
Meer dan 9/32	(7,1)	–	–	20	(2,3)

[a] Als de lengte van gleuf tussen twee waarden valt, dan moet het aanhaalmoment voor de eerstvolgende kortere lengte worden aangehouden. Voor schroeven die op verschillende manieren kunnen worden aangedraaid, moet het grootste aanhaalmoment voor de desbetreffende doorsnede van de leiding worden aangegeven. De lengte van de gleuf moet onder in de gleuf worden gemeten.

[b] De breedte van de gleuf is de nominale ontwerpwaarde.

Bron: UL 508A, Tabel 54.2

Tabel 13- 3 Aanhaalmoment voor inbusschroeven

Dopmaat, overstaande vlakke kanten		Aanhaalmoment	
Inch	(mm)	Pound-inches	(Nm)
1/8	(3,2)	45	(5,1)
5/32	(4,0)	100	(11,3)
3/16	(4,8)	120	(13,6)
7/32	(5,6)	150	(16,9)
1/4	(6,4)	200	(22,6)
5/16	(7,9)	275	(31,1)
3/8	(9,5)	375	(42,4)
1/2	(12,7)	500	(56,5)
9/16	(14,3)	600	(67,8)

[a] Voor schroeven die op verschillende manieren kunnen worden aangedraaid, moet het grootste aanhaalmoment voor de desbetreffende doorsnede van de leiding worden aangegeven. De lengte van de gleuf moet onder in de gleuf worden gemeten.

Bron: UL 508A, Tabel 54.3

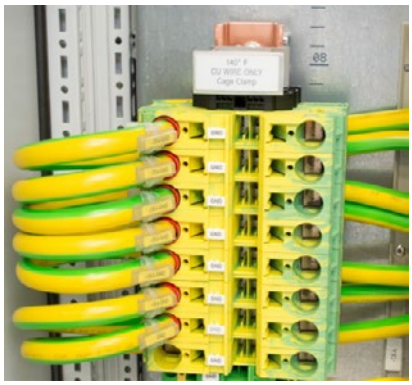
Aanduidingen voor aardingsklemmen voor aardleiding van veldapparatuur

Klemmen om de aardleiding van veldapparatuur op aan te sluiten, moeten op de volgende manier worden aangeduid.

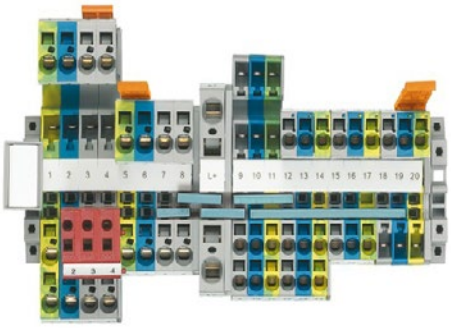
1. Groene zeshoekige schroef die niet zonder meer van de aansluitklem verwijderd kan worden.
2. Groene zeshoekige moer die niet zonder meer van de aansluitklem verwijderd kan worden.
3. Met het woord "Ground" of "Grounding"
4. Met de letters "G", "GR", "GRD", "GND" of "GRND"
5. Met het aardingssymbool uit IEC 60417 ⏚
6. Als de klem in een behuizing zit (bijv. klemmenstrook) dan wordt deze met de naam of afkorting (punt 3 of 4) of met het aardingssymbool volgens punt 5 aangeduid.

   Optioneel kan ook de kleurencombinatie groen/geel worden gebruikt.

   Voorbeeld: Groen/geel gekleurde aardingsklemmen in combinatie met andere doorverbindklemmen



Afbeelding 13-6 Siemens 8WH aardingsklemmen



Afbeelding 13-7 Siemens 8WH klemmen, lay-out

13.4.3 Andere aanduidingen voor klemmen in stuurstroomketens

Volgens UL 508A moeten onderstaande klemmen in stuurstroomketens voor het aansluiten van veldleidingen passende aanduidingen krijgen.

1. Klemmen in "Low-voltage limited energy circuits" of stuurstroomketens met een spanning ≤ 30 Vrms moeten een van de volgende aanduidingen hebben:
   - **"Class 1 control circuit"**
   - **"Use Class 1 conductors"**
   - **"For connection to a Class 1 remote Control Circuit"**

   Achtergrond: Aangezien noch de NEC noch NFPA 79 melding maakt van een Low-voltage limited energy circuit, wordt een dergelijk circuit bij het verlaten van de besturingskast beschouwd als een Class 1 control circuit.
2. Klemmen in een Class 2 control circuit moeten een van de volgende aanduidingen hebben:
   - **"Class 2 control circuit"**
   - **"Use Class 2 conductors"**
   - **"For connection to a Class 2 remote control circuit"**
3. Industriële besturingskasten met zowel Class 2 control circuits als Class 1 control circuits en/of hoofdstroomketens, moeten, als de klemmen niet gegarandeerd geïsoleerd zijn door barrières, aanwijzingen bevatten over hoe een minimumafstand van 2 inch tot andere aansluitklemmen bewaard kan worden. (UL 508A, hoofdstuk 28.4.2)
4. Als er leidingen zijn met een doorsnede van minder dan 14 AWG (2,1 mm²), dan moet er een aanduiding aangebracht worden afhankelijk van de doorsnede van de leidingen overeenkomstig onderstaande tabel "Stroomcapaciteit van "field wiring"-leidingen kleiner dan "14 AWG (2,1 mm²)".

Tabel 13- 4 Stroomcapaciteit van "field wiring"-leidingen kleiner dan "14 AWG (2,1 mm²)

Maximale stroomcapaciteit aansluitklem stuurstroomketen [A]	Minimumbereik draaddikte		Aanduiding vereist
	AWG	(mm²)	
10	16	(1,3)	Ja
10	16 … 14	(1.3 … 2.1)	Nee
7	18	(0,82)	Ja
7	18 … 14	(0.82 … 2.1)	Nee
5	20 … 18	(0.52 … 0.82)	Ja
5	20 … 14	(0.52 … 2.1)	Nee
3	22 … 18	(0.32 … 0.82)	Ja
3	22 … 14	(0.32 … 2.1)	Nee
2	24 … 18	(0.20 … 0.82)	Ja
2	24 … 14	(0.20 … 2.1)	Nee
1	26 … 18	(0.13 … 0.82)	Ja
1	26 … 14	(0.13 … 2.1)	Nee
0,8	28 … 18	(0.08 … 0.82)	Ja
0,8	28 … 14	(0.08 … 2.1)	Nee
0,5	30 … 18	(0.05 … 0.82)	Ja
0,5	28 … 14	(0.05 … 2.1)	Nee

Bron: UL 508A, Tabel 37.1

13.5 Waarschuwings- en veiligheidsaanwijzingen

De normen UL 508A voor industriële besturingskasten en NFPA 79 voor industriële machines bevatten een groot aantal eisen over waarschuwings- en veiligheidsinformatie.

Hieronder worden eerst de eisen uit UL 508A behandeld en dan die uit NFPA 79.

13.5.1 Waarschuwingsinformatie volgens UL 508A

13.5.1.1 Algemene informatie

Waarschuwingsinformatie heeft twee doelen. Aan de ene kant moet deze de operator op de hoogte brengen over een veilig gebruik en een veilige bediening. Aan de andere kant is de informatie bedoeld om service- en onderhoudspersoneel te informeren over de elektrische gevaren rond de machine en de installatie. De informatie moet daarom gemakkelijk te lezen zijn bij het desbetreffende gebruik, goed zichtbaar zijn en vast bevestigd zijn. De informatie mag de gebruiker van de machine en de bijbehorende apparatuur niet hinderen. De operator moet de informatie onder normale bedrijfscondities gemakkelijk kunnen lezen en de informatie moet op een passende plaats worden aangebracht, in de buurt van waar service en onderhoud wordt uitgevoerd.

Waarschuwingsinformatie moet altijd beginnen met het woord **"Caution"** of **"Warning"**, afhankelijk van het mogelijke gevaar. De minimale lettergrootte hiervoor is 3,2 mm (1/8 inch).

De rest van de waarschuwingstekst moet minstens een lettergrootte van 1,6 mm (1/16 inch) hebben.



Afbeelding 13-8 Voorbeeld van waarschuwingsinformatie op de behuizing van een industriële besturingskast

ANSI Z535

De normenreeks ANSI Z535 geeft uitgebreide informatie over veiligheidslabels.

ANSI Z535 helpt te kiezen welk signaalwoord gebruikt moet worden.

Elk signaalwoord staat voor een specifiek gevaar en de consequenties ervan.



DANGER wijst op een gevaarlijke situatie die leidt tot overlijden of ernstig letsel als het gevaar niet wordt voorkomen.



WARNING wijst op een gevaarlijke situatie die kan leiden tot overlijden of ernstig letsel als het gevaar niet wordt voorkomen.



CAUTION wijst op een gevaarlijke situatie die kan leiden tot licht of middelmatig letsel als het gevaar niet wordt voorkomen.



NOTICE wordt gebruikt voor praktische informatie buiten de context van persoonlijk letsel.



Safety instructions of soortgelijke termen wijzen op specifieke veiligheidsgerelateerde aanwijzingen of processen.

Tabel 13- 5 Leidraad voor het selecteren van het signaalwoord als overlijden of letsel mogelijk is

		Waarschijnlijkheid van een ongeluk als de gevaarlijke situatie niet wordt voorkomen	
		Treedt zeker op	Kan optreden
Waarschijnlijkheid van overlijden of ernstig persoonlijk letsel als het ongeluk plaatsvindt	Treedt zeker op	DANGER	WARNING
	Kan optreden	WARNING	WARNING

Bron: ANSI Z535 Ed. 2011

Tabel 13- 6 Leidraad voor het selecteren van het signaalwoord als licht of middelmatig letsel mogelijk is

In alle gevallen	CAUTION

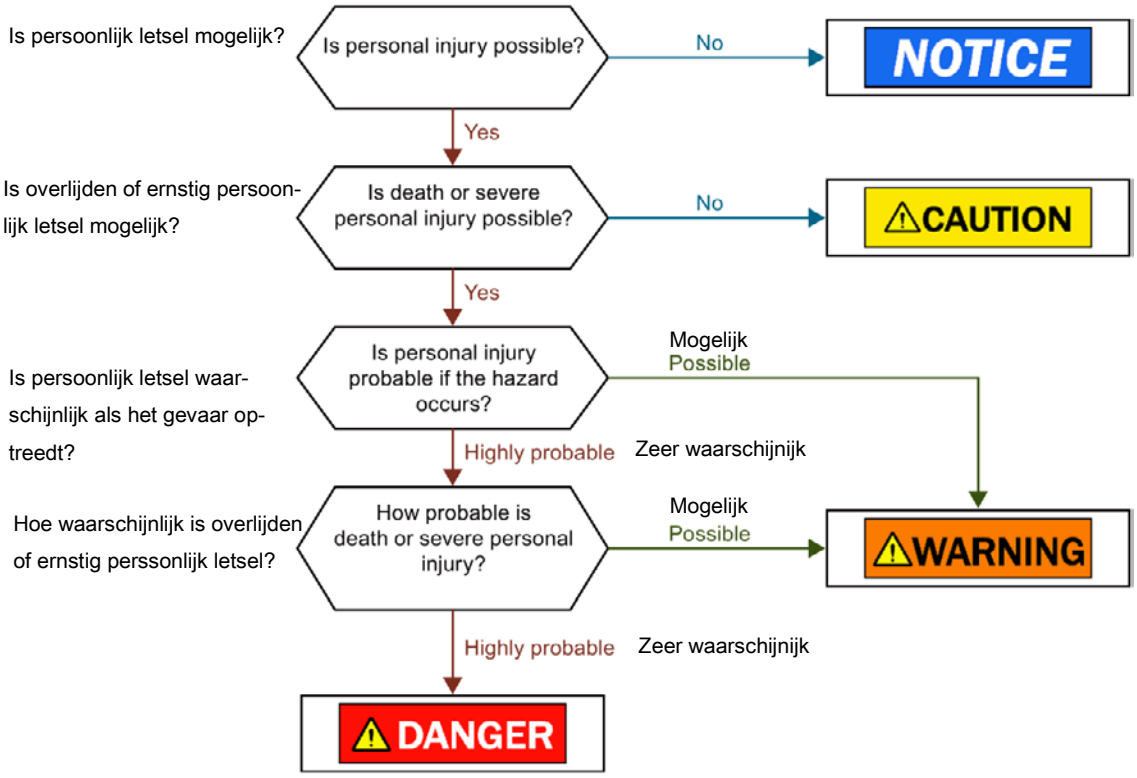
Bron: ANSI Z535 Ed. 2011

Tabel 13- 7 Leidraad voor het selecteren van het signaalwoord als er geen gevaar voor letsel is

In alle gevallen	NOTICE

Bron: ANSI Z535 Ed. 2011

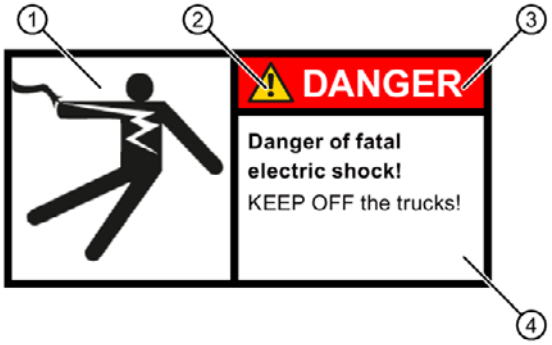
Stroomschema voor het selecteren van het signaalwoord



Afbeelding 13-9 Stroomschema voor het selecteren van het signaalwoord

Volgens ANSI Z535 heeft veiligheidsinformatie een aantal kenmerken.

Deze zijn te zien in onderstaande afbeelding.



① **Pictogram(men)**
(optie)
Consequenties, maatregelen, verboden

② **Gevarensymbool**
Wijst op gevaar of letsel

③ **Signaalwoord**
Classificeert het gevaar

④ **Informatietekst**
- Soort gevaar en de bron ervan
- Mogelijke consequenties
- Maatregelen/verboden

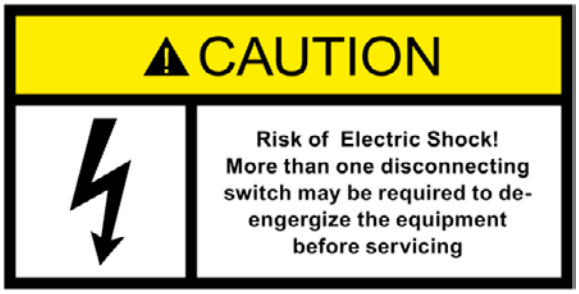
Afbeelding 13-10 Elementen van een waarschuwingsbord

13.5.1.2 Meerdere inkomende netspanningen

Als de industriële besturingskast gevoed wordt door meerdere netspanningen en er meerdere netscheiders beschikbaar zijn, dan moet dit worden aangeduid.

Uitzondering: deze eis geldt niet voor galvanisch gescheiden, apart gevoede stuurstroomketens. Een voorbeeld hiervan is een "excepted control circuit" (uitgezonderd circuit). Zie hoofdstuk Uitgezonderde circuits (pag. 78).

Voorbeeld van een aanduiding:

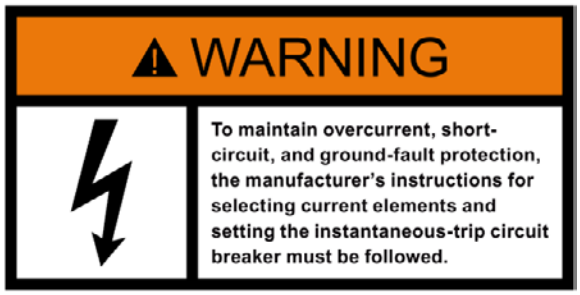


Afbeelding 13-11 Voorbeeldaanduiding voor meerdere inkomende voedingsleidingen

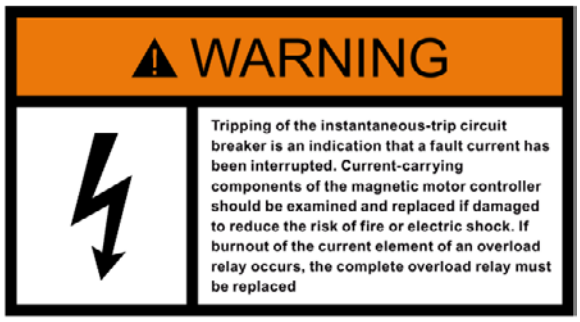
13.5.1.3 Aparte aanduidingen voor automaten en motorautomaten

Onvertraagde automaten zonder overstroombeveiliging

Als een branch circuit beveiligd wordt door een onvertraagde automaat in combinatie met motorbesturingen en -overstroombeveiligingstoestellen (bijv. contactor-overstroom-combinatie), dan moeten in de buurt van de automaat de onderstaande waarschuwingen vermeld staan.



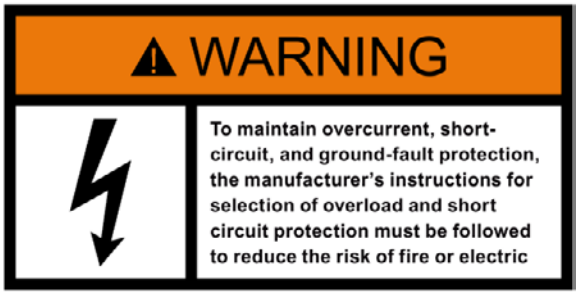
Afbeelding 13-12 Voorbeeld van een waarschuwing bij onvertraagde automaten



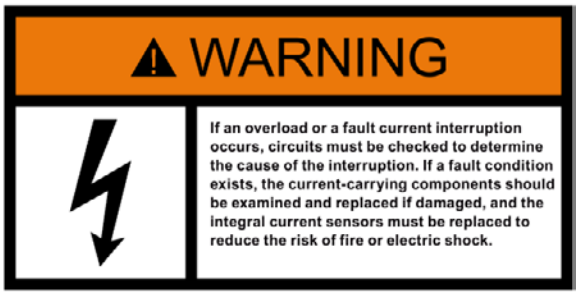
Afbeelding 13-13 Voorbeeld van een waarschuwing bij onvertraagde automaten

Motorautomaten getest als "Self-protected combination motor controller"

Bij motorautomaten die getest zijn als "Self-protected combination motor controller", moeten in de besturingskast onderstaande waarschuwingen vermeld staan. De waarschuwing moet in de buurt van de motorautomaat worden aangebracht.



Afbeelding 13-14 Voorbeeld van een waarschuwing bij motorautomaten



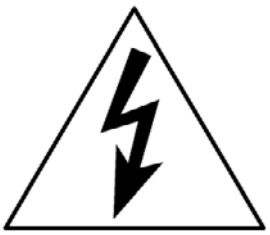
Afbeelding 13-15 Voorbeeld van een waarschuwing bij motorautomaten

13.5.2 Veiligheidstekens volgens NFPA 79 voor behuizingen met elektrische componenten

13.5.2.1 Algemene informatie

Veiligheidstekens moeten vast bevestigd en altijd goed herkenbaar zijn. Er moet ook rekening worden gehouden met mogelijke verontreiniging, vloeistoffen en UV-straling.

Machines en de bijbehorende apparatuur kunnen tal van elektrische componenten bevatten. Dit is niet altijd eenvoudig te zien. Daarom moeten de behuizingen adequate veiligheidstekens hebben. Deze informatie moet aan de deur of de afdekkap zijn bevestigd. Het IEC-symbool is een voorbeeld van een adequate aanduiding.



Afbeelding 13-16 IEC-symbool bij elektrische componenten in de behuizing

13.5.2.2 Waarschuwingen voor gevaar door elektrische schok of vlamboog

Bovendien moet elektrische apparatuur zoals industriële besturingskasten en behuizingen met een hoofdnetscheider, een aanduiding hebben voor het gevaar door elektrische schok of vlamboog (zie het hoofdstuk Gevaar door vlamboog (bescherming tegen vlamboog) (pag. 94)) . Er moet voor gezorgd worden dat de aanduiding duidelijk en gemakkelijk te zien is. De aanduiding is bedoeld om gekwalificeerde personen, voordat ze beginnen aan service- of onderhoudswerk, te wijzen op potentiële gevaren en ze te voorzien van adequate informatie. Als een waarschuwingsteken vanwege de uitvoering of de afmeting van de behuizing niet aangebracht kan worden, dan kan hij worden weggelaten. Dit kan bijvoorbeeld het geval zijn bij bedieningspanelen, touchscreens (HMI), positiesensors enz.

13.5.2.3 Veiligheidsteken voor netscheiders

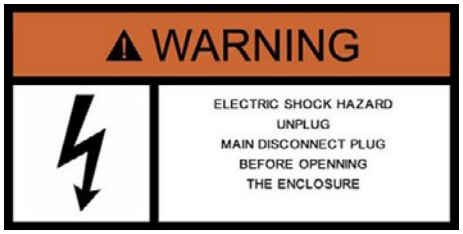
Het is niet zo dat alle circuits altijd spanningsvrij gemaakt worden door de netscheider, Zie het hoofdstuk Uitgezonderde circuits (pag. 78). Als er in een dergelijk geval een schakelaar of automaat gebruikt wordt als netscheider voor de inkomende netspanningsleiding en als die gekoppeld is aan de deur, dan moet er in de buurt van de bedieningshendel van de netscheider een waarschuwing worden aangebracht. Deze wijst erop dat niet alle spanningvoerende delen spanningsvrij zijn als de netscheider in de UIT-stand staat.

Voorbeeldwaarschuwing:



Afbeelding 13-17 Voorbeeld van een waarschuwingsteken bij een netscheider

Als er een stekerverbinding wordt gebruikt als netscheider (zie het hoofdstuk Toestellen (pag. 73)), moet er een waarschuwingsteken op de behuizing van de besturingskast worden aangebracht. Deze moet erop wijzen dat de voedingsleiding moet worden ontkoppeld voordat de behuizing wordt geopend.



Afbeelding 13-18 Voorbeeld van een waarschuwingsteken als er een stekerverbinding wordt gebruikt als netscheider

De netscheider hoeft niet per se in dezelfde behuizing te zitten als de bijbehorende elektrische uitrusting. Soms bevindt de netscheider zich in een eigen behuizing in de buurt van de industriële besturingskast. In dergelijke gevallen moet er een waarschuwing op de besturingskast zijn aangebracht met onderstaande informatie.

- De netspanning van de apparatuur moet worden uitgeschakeld voordat de behuizing wordt geopend.
- De behuizing moet worden gesloten of de afdekkap moet worden aangebracht, voordat de spanning weer wordt ingeschakeld.

13.5.2.4 Gevaren door vlamboog

Naast bovenstaande waarschuwingen, moet er ook een waarschuwing op de behuizing zijn aangebracht die wijst op mogelijke gevaren door vlamboog. Deze waarschuwing moet zich op de behuizing bevinden in de buurt van de bedieningshendel van de netscheider.

Meer informatie en een voorbeeld van een aanduiding is te vinden in het hoofdstuk Gevaar door vlamboog (bescherming tegen vlamboog) (pag. 94).

13.6 Aanduidingen op de industriële besturingskast volgens UL 508A (pag.).

13.6.1 Zekeringhouders

Zekeringhouders in de hoofdstroomketen van branch circuits, moeten een aanduiding hebben.

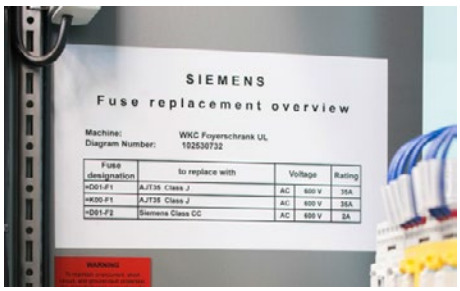
Als de zekeringhouder ook geschikt is voor zwaardere smeltveiligheden dan de nominale stroom van het circuit, dan moet de aanduiding de volgende informatie bevatten:

- **type smeltveiligheid;**
- **spanning;**
- **nominale stroom.**

Bij een zekeringhouder voor overstroombeveiliging van stuurstroomketens moet altijd de vervangende zekering vermeld zijn.

De aanduiding moet ofwel onmiddellijk in de buurt van de desbetreffende zekeringhouder worden aangebracht, ofwel als informatie op de deur of zichtbaar in de besturingskast.

Voorbeeld van aanduiding voor zekeringhouders:



Afbeelding 13-19 Voorbeeld van aanduiding voor zekeringhouders:

13.6.2 Schakelaars

Van iedere netscheider moeten de "ON"= en "OFF"-stand worden gemarkeerd. Dit is meestal al geregeld in het toestel zelf.

Voorbeelden van aanduidingen op de netscheider:



Afbeelding 13-20 Bedieningshendel van hoofdnetscheider



Afbeelding 13-21 Draaimechanisme voor hoofdnetscheider

Als een handmatige schakelaar niet bedoeld is om onder belasting bediend te worden, dan moet er een geschikte aanduiding aangebracht worden in de buurt van de schakelaar.

Voorbeeld van een aanduiding:



Afbeelding 13-22 Voorbeeld van een aanduiding die aangeeft dat de schakelaar niet onder belasting mag worden bediend

Het kan soms nodig zijn om de netscheider omgekeerd aan te sluiten. Dit kan het geval zijn als de ruimte in de besturingskast beperkt is, bijvoorbeeld om voldoende ruimte te hebben voor het buigen van de leidingen (zie het hoofdstuk Inkomende voedingsleiding en voedingsklemmen (pag. 69)).

Een netscheider kan omgekeerd worden aangesloten mits:

- de schakelaar *niet* voorzien is van de aanduiding "line" (net) en "load" (belasting);
- er een eenduidige aanduiding is waar de scheidingsschakelaar zich bevindt. De aanduiding moet buiten de besturingskast zichtbaar zijn, zonder dat de deur geopend hoeft te worden.

13.6.3 Contactdozen

Bij contactdozen voor algemeen gebruik **in de hoofdstroomketen** met een overstroombeveiliging die lager is dan de nominale stroom van de contactdoos, moet duidelijk, onmiddellijk in de buurt van de contactdoos, vermeld staan dat dit het geval is.

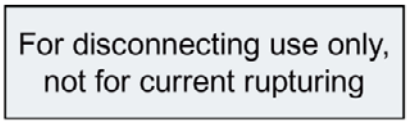
Bij contactdozen die gevoed worden via een stuurstroomcircuit, moet de volgende informatie staan:

- nominale stroom van het overstroombeveiligingstoestel;
- beoogd gebruik van het apparaat/de contactdoos.



Afbeelding 13-23 Voorbeeld van een aanduiding bij een contactdoos voor apparaten in de stuurstroomketen.

Meerpolige contactdozen of contactdozen voor algemeen gebruik met een nominale stroom van meer dan 20 A, moeten voorzien zijn van een aanduiding dat ze alleen bedoeld zijn als spanningsscheider en niet om de stroom te onderbreken.



Afbeelding 13-24 Voorbeeld van een aanduiding

13.6.4 Externe toestellen

Soms worden toestellen zoals netscheiders, overstroombeveiligingstoestellen voor branch circuits of motoren buiten de industriële besturingskast gemonteerd of eist de fabrikant van de besturingskast dat de installateur er op locatie voor zorgt.

Een ander voorbeeld hiervan is het gebruik van scheidingsschakelaars als netscheider zonder enige overstroombeveiliging of klemmen om de inkomende netspanningsleiding op aan te sluiten. Deze schakelaars vereisen een aparte overstroombeveiliging, goedgekeurd door de fabrikant of vermeld op het UL-certificaat. De installateur of de gebruiker van de elektrische apparatuur is er in een dergelijk geval voor verantwoordelijk dat de externe toestellen worden geïnstalleerd.

In dat geval moet er een geschikte aanduiding worden aangebracht met voldoende informatie over de vereiste apparatuur en de dimensionering ervan.

De aanduiding moet opgenomen worden in de desbetreffende documentatie (zie de verwijzing naar de documentatie op de typeplaat in het hoofdstuk Aanduiding van de enclosure type rating op behuizingen (pag. 280)). Dit zijn in het algemeen de installatieschema's en de montage-instructies die gebruikt worden bij het aansluiten van de netspanning of bij de inbedrijfstelling.

13.6.5 Apart gevoede stuurstroomketens

Stuurstroomketens in de industriële besturingskast die niet gevoed worden vanuit de besturingskast maar via een aparte inkomende netspanningsleiding, en die in de besturingskast geen eigen overstroombeveiliging en/of netscheider hebben, moeten een aanduiding hebben. De aanduiding moet aangeven voor welke toestellen de installateur moet zorgen. De aanduiding moet ook worden opgenomen in de installatieschema's of montage-instructies.

13.6.6 Aanduidingen in schakel- en bedradingsschema's

Bij iedere industriële besturingskast moeten alle schakel- en bedradingsschema's worden meegeleverd. Deze schema's moeten ook de informatie bevatten over alle toestellen waarvoor de installateur op locatie moet zorgen.

De documentatie kan los meegeleverd worden of in een documentvak in de industriële besturingskast of in de desbetreffende besturingskast.

Van optionele circuits en componenten in de schakel- en bedradingsschema's moet worden aangegeven dat ze niet in de werkelijke levering zijn opgenomen.

Deze aanduiding moet bij iedere individuele component of stroomketen apart vermeld staan.

13.7 Functieaanduiding

De elektrische uitrusting van een besturingskast of machine bevat vaak tal van visuele indicatoren, bedieningstoestellen, displays en HMI-elementen.

Elk afzonderlijk toestel moet een aanduiding met de functie hebben. De functieaanduiding mag op het toestel zelf of in de onmiddellijke nabijheid ervan staan. Veel toestellen (bijv. dubbele drukknoppen, zie onderstaande afbeelding) hebben al een functieaanduiding. Op andere toestellen (bijv. hangende knoppenkasten, zie onderstaande afbeelding) staat de aanduiding op de behuizing naast het bedienelement.



Afbeelding 13-25 Siemens dubbele drukknop met 3SB31 00 indicatorlamp, functieaanduiding op het bedienelement



Afbeelding 13-26 Siemens 3SB3 38 hangende knoppenkast met klantspecifieke knoppen, functieaanduiding naast het bedienelement

In NFPA 79 wordt aanbevolen dat de fabrikant en de klant de symbolen voor de functieaanduiding onderling afstemmen. De volgende normen bevatten informatie over mogelijke symbolen:

- IEC 60417-2 Graphical Symbols for Use on Equipment;
- ISO 7000 Graphical Symbols for Use on Equipment.

Speciale aandacht is nodig voor drukknoppen en de bijbehorende IEC-symbolen.

13.8 Aanduidingen op apparatuur volgens NFPA 79

Algemene informatie

Alle elektrische apparatuur en machinecomponenten moeten overeenkomen met de desbetreffende documentatie en als zodanig zijn aangeduid.

De aanduiding moet na installatie duurzaam en gemakkelijk te lezen zijn.

De aanduidingen mogen niet worden verwijderd, ook niet na de installatie en inbedrijfstelling van de elektrische apparatuur.

Alle toestellen en componenten in de besturingskast en rondom de machine moeten eenduidig zijn aangeduid. De typeaanduiding moet hetzelfde zijn als in de schakelschema's en de desbetreffende documentatie. De naam moet in de onmiddellijke nabijheid van de apparatuur worden aangebracht, niet op het toestel of de component zelf.

Uitzonderingen

1. In plaats van afzonderlijke namen kunnen ook groepsaanduidingen worden gebruikt. Dit kan noodzakelijk zijn als afzonderlijke aanduidingen niet praktisch zijn vanwege de afmeting of de plaats van de toestellen.
2. Op kleine machines kan gedetailleerde naamgeving achterwege blijven. Deze uitzondering is beperkt tot een enkele motor met besturing en de bijbehorende drukknoppen en verlichting.

Technische documentatie 14

14.1 Algemene eisen en informatie

Inleiding

De twee normen die we hier bespreken, verschillen aanzienlijk wat betreft de documentatie, zowel voor het type als de reikwijdte ervan.

Het aantal eisen voor industriële besturingspanelen is aanzienlijk lager in UL 508A. De eisen aan industriële besturingskasten worden behandeld in het hoofdstuk Documentatie voor machinebesturingskasten volgens UL 508A (pag. 305).

De eisen en achtergronden van de NFPA 79 zijn uitgelegd in het hoofdstuk Documentatie voor de elektrische uitrusting van machines en systemen volgens NFPA 79 (pag. 306).

Algemene informatie over elektrotechnische documentatie van industriële besturingskasten en machines

Aangezien de elektrische uitrusting van machines en de bijbehorende industriële besturingskast vaak uniek is en verschilt in complexiteit, moet er voldoende documentatie worden geleverd waarmee alle situaties worden afgedekt.

De documentatie is bedoeld om de noodzakelijke informatie te leveren op drie gebieden.

- **Installatie**
- **Gebruik**
- **Onderhoud**

Deze informatie kan aanzienlijk verschillen, afhankelijk van de complexiteit van de machine en de bijbehorende elektrische uitrusting. Voor relatief basale machines of delen van de elektrische uitrusting, kan al de informatie in een enkel document worden vastgelegd. Dit document moet echter wel de gehele elektrische uitrusting beschrijven en genoeg informatie bevatten om de apparatuur probleemloos te kunnen aansluiten.

NFPA 79 stelt daarom als minimumeis dat technische documentatie minstens informatie over de volgende onderwerpen bevat:

- normale bedrijfscondities;
- elektrische voeding;
- vereiste omgevingscondities;
- hanteren, vervoeren en opslaan;
- onjuiste bediening en onjuist gebruik van de apparatuur.

Te leveren informatie

De documentatie moet geleverd worden in de vorm van tekeningen, schema's, tabellen, grafieken en passende aanwijzingen. De fabrikant van de machine moet ervoor zorgen dat de documentatie bij de machine wordt meegeleverd. De normen schrijven niet voor of de documentatie in papieren of elektronische vorm moet zijn. Het soort informatie en de gegevensdrager moeten worden overeengekomen tussen de fabrikant en de gebruiker van de apparatuur, met name in het geval van een internationale levering.

Taal

In Noord-Amerika is de taal voor klanten en operators meestal Engels. Het is echter niet aan te bevelen om simpelweg aannemen dat dit voldoet. Vaak is een tweede taal (bijv. Spaans of Frans) gewenst. Dit beperkt zich niet alleen tot de documentatie, maar betreft ook de aanduidingen (zoals de waarschuwingsborden).

Bovendien wijken de "Amerikaans-Engelse" formuleringen in de normen vaak sterk af van de desbetreffende IEC-normen waarin bij voorkeur Brits-Engels wordt gebruikt. Als de informatie moet worden vertaald, dan moet hier rekening mee worden gehouden, zodat misverstanden worden voorkomen.

Algemene opmerking

Zowel UL 508A als NFPA 79 verwijzen naar de elektrische uitrusting van machines. Als de fabrikant van een machine de elektrische uitrusting (bijv. de industriële besturingskast) betrekt bij een derde partij, dan moeten de vorm en diepgang van de documentatie vooraf worden afgestemd. Dit is met name van belang als documenten waarin naar elektrische componenten wordt verwezen, elkaar overlappen (bijv. mechanische overzichtsschema's). Met name bij export naar Amerika is het van essentieel belang dat beide partners op de hoogte zijn van de geldende normen en eisen.

14.2 Documentatie voor machinebesturingskasten volgens UL 508A

Eisen volgens UL 508A, hoofdstuk 61

Algemene informatie

De volgende documentatie-eisen betreffen uitsluitend de elektrische componenten en functies van een industriële besturingskast.
De volgende volledige documentatieset moet worden meegeleverd met een industriële besturingskast:

- schakelschema;
- installatieschema;
- bedradingsschema.

Het moet duidelijk zijn welke componenten de fabrikant heeft toegepast.

Componenten buiten de industriële besturingskast

Als bovengenoemde schema's verwijzen naar veldcomponenten die aangesloten zijn op de industriële besturingskast, dan moeten die duidelijk en zichtbaar benoemd worden en de naamgeving moet overeenkomen met de aanduiding op de aansluitklemmen (zie ook het hoofdstuk Aanduiding en kleur (pag. 248)). Op basis hiervan moet het duidelijk zijn dat de installateur deze componenten moet leveren en installeren.

Standaardschema's voor industriële besturingskasten

Sommige fabrikanten gebruiken standaardschema's voor industriële besturingskasten om zo de verschillende beschikbare soorten besturingskasten zo goed mogelijk af te dekken.

Als deze standaardschema's voor industriële besturingskasten componenten en circuits bevatten die **optioneel zijn** of **meestal geleverd worden door de fabrikant/kastenbouwer**, dan moeten de schema's dienovereenkomstig worden aangepast. De schema's mogen alleen die componenten en circuits bevatten die werkelijk geleverd worden door de fabrikant of kastenbouwer.

De aanpassingen moeten voor elk afzonderlijk toestel en circuit worden aangebracht.

14.3 Documentatie voor de elektrische uitrusting van machines en systemen volgens NFPA 79

Te leveren informatie en documentatie

De volgende tabel is een overzicht van de verplichte informatie bij de elektrische uitrusting volgens NFPA 79, hoofdstuk 17.2.

Sommige eisen zijn optioneel. Dat is vermeld in de kolom "Opmerkingen".

Tabel 14- 1 Overzicht van de verplichte informatie en specificaties

Informatie/documenten	Opmerkingen
Duidelijke en volledige beschrijving van de apparatuur. Inclusief informatie over installeren, monteren en aansluiten van de elektrische voeding(en)	-
Eisen aan de elektrische voeding	-
Overzichtsschema's, blokschema's	Indien zinvol en van toepassing
Informatie over: • programmering • processtappen • inspectie-intervallen • intervallen en methode voor functietests • aanpassingen, onderhoud en reparaties • verbindingsschema's • lay-out van de industriële besturingskast • gebruikers- en onderhoudshandleiding • vereiste omgevingscondities (bijv. verlichting, trillingen, geluidsniveau, luchtverontreiniging)	Voor zover zinvol en van toepassing
Beschrijving van de veiligheidsbewakingsfuncties, interactiefuncties en onderlinge vergrendeling van functies (interlocking)	-
Beschrijving van veiligheidsmaatregelen als de primaire veiligheidsfuncties overbrugd zijn (bijv. tijdens handmatig programmeren, verificatie van een programma)	-
Informatie over de werkwijze bij veiligheidsvergrendeling	-
Uitleg over unieke condities/voorwaarden	-
Onderdelenlijst en lijst van aanbevolen reserveonderdelen	-
Onderhoudsaanwijzingen en procedure voor aanpassingen	-
Naslaginformatie: • smeringsschema's • pneumatische schema's • hydraulische schema's • schema's voor diverse apparatuur (koel-, vriesapparatuur etc.)	Indien zinvol en van toepassing

Eisen van toepassing op alle documentatie

De verplichte informatie uit de tabel Overzicht van de verplichte informatie en specificaties moet geleverd worden in een vaste opbouw. NFPA 79 biedt enige speelruimte voor de manier waarop naar verschillende documenten wordt verwezen. Er zijn twee mogelijkheden.

- Ieder document refereert met een documentnummer naar alle andere documenten bij de elektrische uitrusting van de machine. Deze methode is toegestaan voor maximaal 4 documenten.
- Alle documenten worden met documentnummer en titel opgesomd in een tekening of documentenlijst.

Waar zinvol moet op de eerste pagina een inhoudsopgave staan met de hoofdonderdelen van de elektrotechnische documentatie (bijv. klemmenschema, onderdelenlijst, besturingssysteem, schakelschema, montagetekening etc.).

Aanbeveling

De documenten moeten indien van toepassing ook informatie geven over nominale stromen, piekaanloopstromen en de maximaal toegestane spanningsval. Deze gegevens staan bij voorkeur op het schakelschema of de overzichtsschema's.

14.3.1 Installatieschema volgens NFPA 79, hoofdstuk 17.5

Er moet voldoende informatie worden geleverd om de elektrische uitrusting op locatie te kunnen monteren. Hiervoor zijn de installatie- en opbouwschema's bedoeld. In ingewikkelde gevallen wordt aangeraden voor meer informatie te verwijzen naar montagetekeningen.

De locatie van de installatie en de plaats van de inkomende netspanning moeten duidelijk worden aangegeven. De gebruiker zorgt normaal gesproken voor overstroombeveiliging van de inkomende netspanning en netspanningsleiding(en) naar de machine. De overstroombeveiliging moet passen bij de elektrische uitrusting van de machine.

De vereiste overstroombeveiliging voor de inkomende netspanningsleiding moet duidelijk gespecificeerd zijn in de volgende vorm:

- aard en type van het beveiligingstoestel (bijv. smeltveiligheid, automaat)
- kenmerken (selectiviteit, vertraging, gedrag bij overbelasting)
- nominale stroom van het beveiligingstoestel

Zo nodig moeten ook de eisen aan kabelgoten en -kanalen worden uitgewerkt en als volgt gespecificeerd:

- in de fundering, geleverd door de gebruiker;
- buiten de machine, tussen machine en bijbehorende onderdelen of in de fabriek, geleverd door de gebruiker.

Dit maakt in het algemeen onderdeel uit van de overeenkomst tussen de fabrikant en de gebruiker. Het is van essentieel belang dat hier overeenstemming over is. De vragenlijst "Checklists" (pag. 342) in de bijlage, geeft hier enige houvast.

Zo nodig moet ook informatie worden gegeven over de ruimte die nodig is om de elektrische uitrusting of componenten te servicen of te verwijderen Let hierbij met name op de informatie in het hoofdstuk Werkplek (pag. 202).

Zo nodig moet informatie worden gegeven over alle externe aansluitingen. Er kunnen behalve de aansluiting aan de netzijde, ook andere aansluitingen nodig zijn (bijv. voor vergrendeling met andere machines, noodstroomvoorziening).

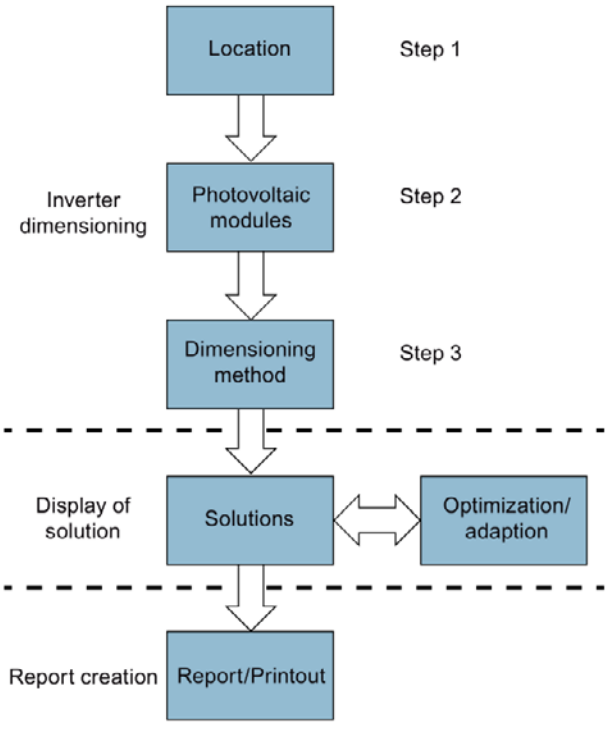
Als het de bedoeling is dat de machine gevoed wordt uit meer dan één spanningsbron, dan moet dat in het aansluitschema worden vermeld. Deze informatie moet voor elke mogelijke voeding aangeven welke modificaties er nodig zijn en de benodigde modificaties specificeren.

14.3.2 Overzichtsschema's, blokschema's en functiediagrammen

Overzichtsschema's en bloksgewijze weergave van de interactie tussen functies zijn bijzonder nuttig om snel kennis te maken met de machine en om de werkingsprincipes te begrijpen.

Blokschema's

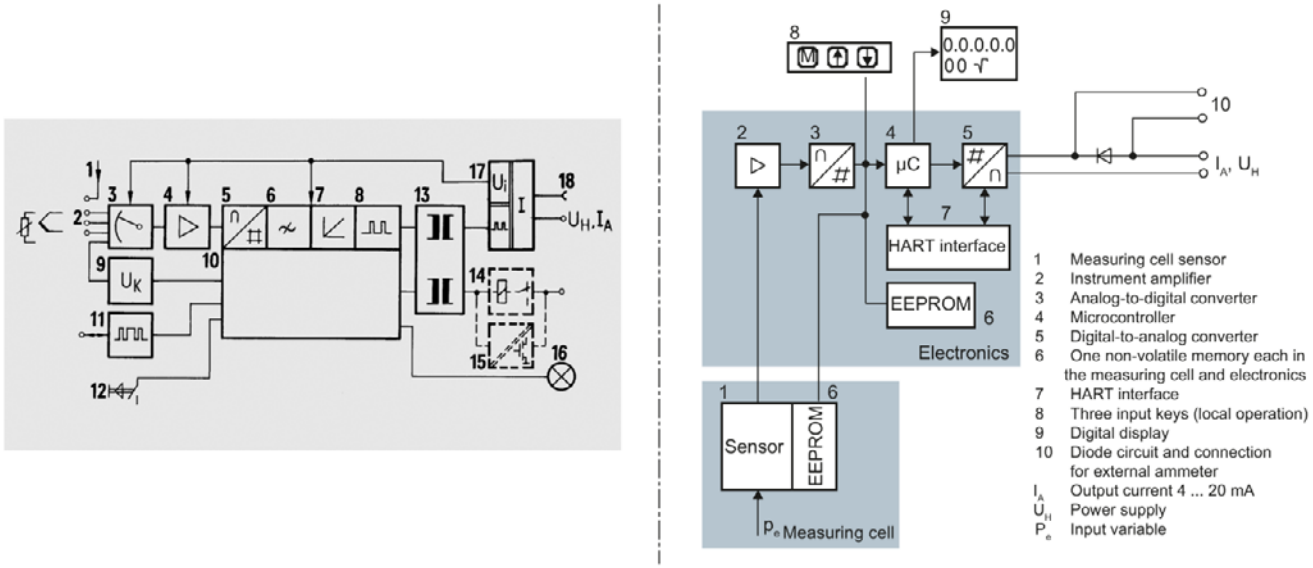
Een blokschema geeft alleen symbolisch de functionele relaties aan en bevat niet per se alle verbindingen.



Afbeelding 14-1 Voorbeeld van een blokschema

Functiediagrammen

Functiediagrammen zijn uiterst geschikt om logische relaties weer te geven. Deze diagrammen komen vaak goed van pas tijdens de inbedrijfstelling en bij foutopsporing. Ze mogen daarom niet gebruikt worden om complexe functionele relaties vast te leggen.



Afbeelding 14-2 Voorbeelden van een functiediagram

Schakelschema's

Schakelschema's zijn de belangrijkste documenten voor gekwalificeerd personeel dat aan de elektrische uitrusting van machines werkt. NFPA 79 bevat dan ook uitgebreide eisen aan de opbouw van deze schema's.
De elektrische circuits van de machine zelf en de bijbehorende apparatuur moeten in schakelschema's worden vastgelegd.

Uitzondering

Voor commercieel verkrijgbare producten of in het veld te vervangen componenten zijn geen schakelschema's nodig die speciaal voor de documentatie zijn vervaardigd.

Symbolen

Alle gebruikte elektrische symbolen moeten overeenkomen met IEEE 315/315A "Graphic Symbols for Electrical and Electronics Diagrams".
Als er symbolen worden gebruikt die niet opgenomen zijn in IEEE 315, dan moeten die apart in de schakelschema's worden omschreven. De symbolen moeten overal consistent gebruikt worden. Het is niet toegestaan om af te wisselen tussen verschillende symbolen met dezelfde betekenis.

Een uitgebreide lijst van symbolen uit IEEE 315 is te vinden in de bijlage onder Grafische symbolen en afkortingen volgens IEC en UL / NFPA (pag. 354).

Relevante informatie zoals motorvermogen, afmeting en toerental, moet in de buurt van het desbetreffende symbool worden vermeld.

Indien zinvol, moeten op het schema ook de aansluitklemmen voor de aansluitingen worden vermeld. De symbolen in het circuit moeten worden weergegeven in de toestand dat alle voedingen 'uit' staan.
Voedingen zijn bijvoorbeeld elektrische netspanning, pneumatische en hydraulische componenten of smeringstoestellen.
Vanwege de eenvoud mogen klemmenschema's gecombineerd worden met schakelschema's, mits verwezen wordt naar de documenten met de gedetailleerde schakelschema's.

Uitgangscondities

De machine en de bijbehorende elektrische uitrusting moeten in de schakelschema's gespecificeerd worden onder normale uitgangscondities bij een omgevingstemperatuur van 20 °C (68 °F). De instellingen moeten op het schakelschema zijn vermeld.

Aanduiding van leidingen

Leidingen moeten op een logische, begrijpelijk wijze worden aangeduid.

De norm raadt aan om ze aan te duiden met:

- cijfers
- letters
- kleuren

Zie voor meer informatie het hoofdstuk Aanduiding en kleur (pag. 248).

Aanduiding van circuits

Een schakelschema geeft de functie aan en verhoogt het begrip. Het is heel behulpzaam bij foutopsporing en service- en onderhoudswerk.
Bij het opstellen van schakelschema's moet daarom telkens de gebruiker in het achterhoofd gehouden worden, zodat een zinvolle opbouw gekozen kan worden.

Er moeten kruisverwijzingen worden opgesteld voor relais, output-toestellen, eindschakelaars en drukschakelaars. Hierdoor kan iedere aansluitklem van een toestel gemakkelijk worden teruggevonden op het schakelschema.

Opmerking

Classificatie en functieaanduiding

Zoals beschreven in de sectie "Symbolen", zijn de symbolen in het schakelschema gebaseerd op IEEE 315. De methoden voor classificatie en functieaanduiding in IEEE 315 zijn echter niet bedoeld voor de aanduiding van toestellen of componenten.
In afbeelding "Voorbeelden van apparatuuraanduidingen" zijn voorbeelden te zien van apparatuuraanduidingen volgens NFPA 79.
NFPA 79, Annex E, bevat een overzicht van aanduidingen voor toestellen en componenten. Hieronder staat een uittreksel daarvan. Een compleet overzicht is te vinden in de bijlage onder Grafische symbolen en afkortingen volgens IEC en UL / NFPA (pag. 354).

Tabel 14- 2 Voorbeelden van apparatuuraanduidingen

Aanduiding	Toestel
ABE	Alarm or Annunciator Bell
ABU	Alarm or Annunciator Buzzer
AH	Alarm or Annunciator Horn
AM	Ammeter
AT	Autotransformer
CAP	Capacitor
CB	Circuit Breaker
CI	Circuit Interrupter
CNC	Computerized Numerical Controller
CON	Contactor
COs	Cable-Operated (Emergency) Switch
CPU	Central Processing Unit

Bron: NFPA 79, Tabel E.1 "Device and Component Designations"

stuurstroomketens.

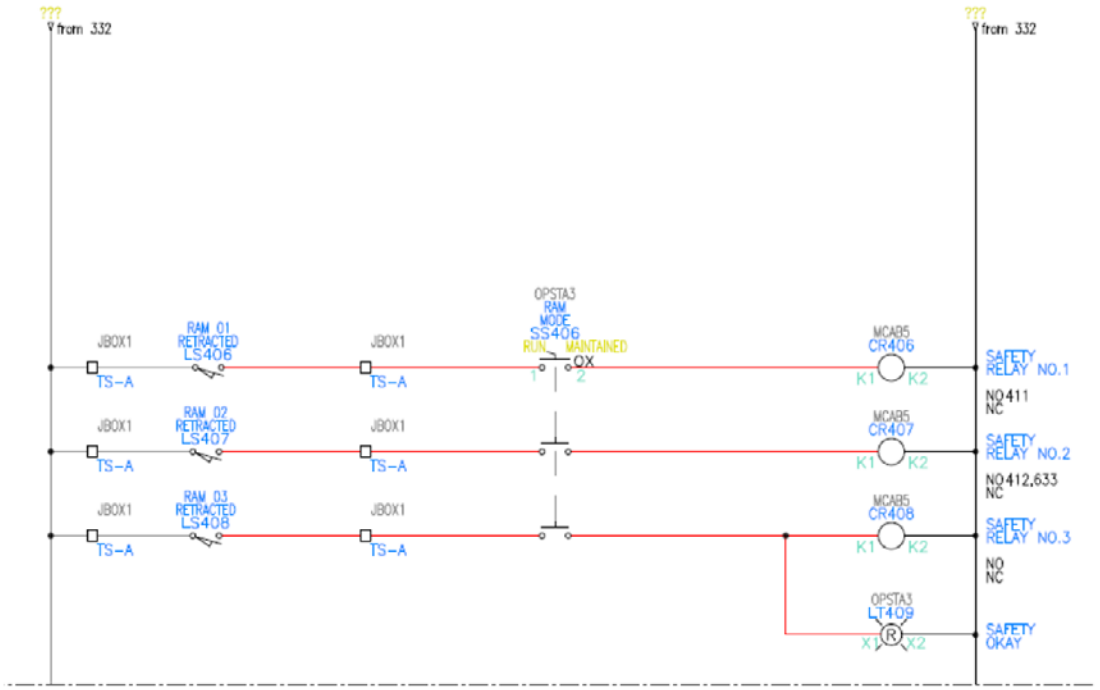
Stuurstroomketens moeten worden weergegeven tussen twee verticale lijnen. Deze staan voor de AC- of DC-voeding van de stuurstroomketen.

De linkerlijn (vanuit de lezer gezien) staat voor de DC-plus (fase L+) en de rechterlijn voor de DC-min (N, massa).

Toestellen in de stuurstroomketen worden weergegeven op horizontale getrapte lijnen tussen de twee verticale lijnen.

Parallelle stuurstroomketens moeten op aparte horizontale lijnen worden weergegeven, boven of onder de stuurstroomketen die ze voedt.

Dit wordt verduidelijkt in onderstaande figuur "Voorbeeld van een schakelschema voor een stuurstroomketen".



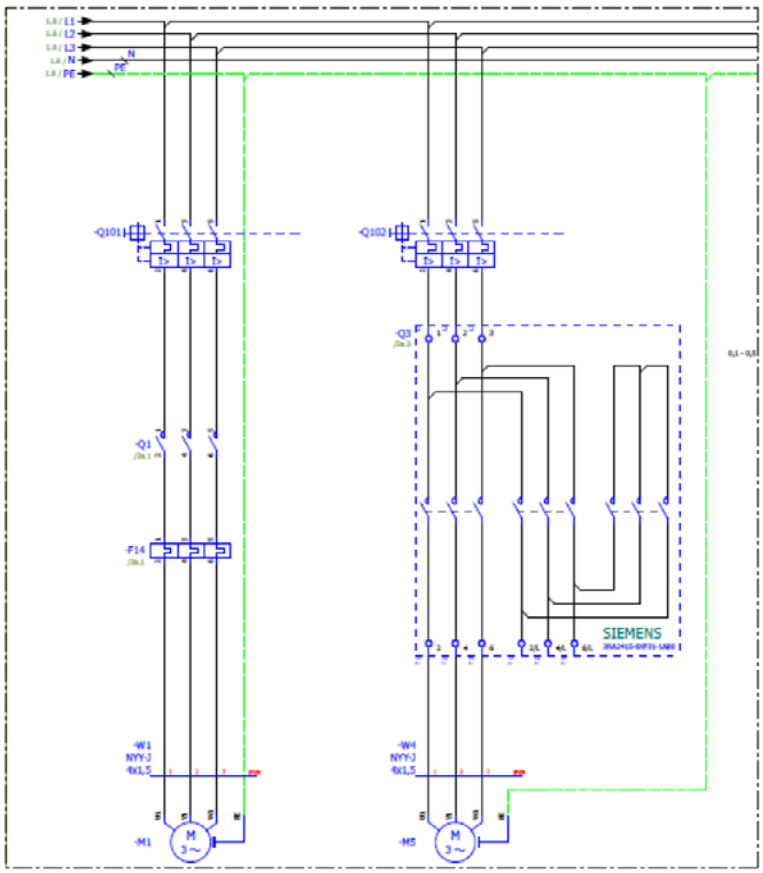
Afbeelding 14-3 Voorbeeld van een schakelschema voor een stuurstroomketen

Uitzondering

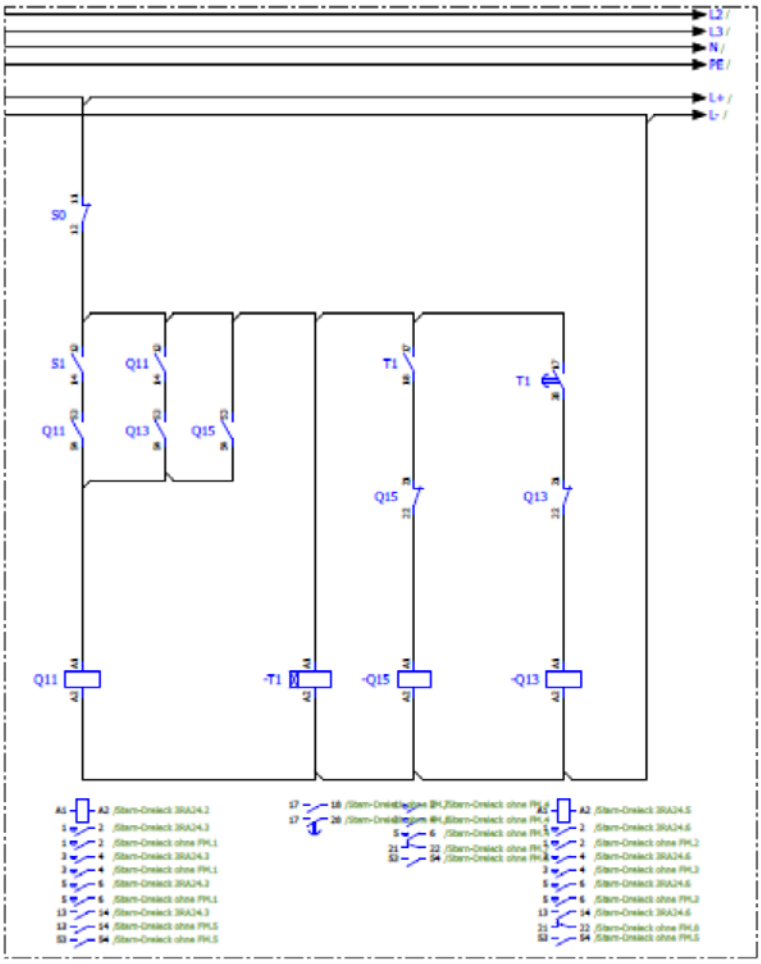
Fabrikant en gebruiker kunnen ook een andere vorm van schakelschema's afspreken.

Schema's volgens de IEC-norm

Schema's overeenkomstig de IEC-normen zijn een zeer gangbaar alternatief. Voorbeeld: IEC 60617 "Graphical Symbols for Diagrams", voor de symbolen in elektrische schakelschema's.
Zie ook het voorbeeld in de afbeelding "Hoofdstroomketen in IEC-weergave" en in afbeelding "Stuurstroomketen in IEC-weergave".



Afbeelding 14-4 Hoofdstroomketen in IEC-weergave



Afbeelding 14-5 Stuurstroomketen in IEC-weergave

Voor grote systemen en machines moet een schema worden geleverd met alle verbindingen tussen de afzonderlijke systeemdelen en de behuizingen. Dit betreft onder meer alle externe aansluitingen voor elektrische componenten.

Interlocking bedradingsschema's moeten alle toestellen bevatten, de relevante functies en de leidingen die in elk circuit worden gebruikt.

Als er een stekerverbinding wordt gebruikt, dan moeten de pin-aanduidingen op het schakelschema staan.

14.3.3 Gebruikershandleiding

De gebruikershandleiding moet de machine, de processen ervan en de bijbehorende delen beschrijven op basis waarvan de elektrische apparatuur is ontworpen en ontwikkeld. De handleiding beschrijft het opbouwen, installeren en gebruiken van de machine.

Als de apparatuur programmeerbaar is, dan moet gedetailleerde informatie worden gegeven over de manier van programmeren en hoe een programma geverifieerd kan worden. Waar nodig moeten veiligheidsprocedures worden aangeboden.

Aanbeveling

Veiligheidsmaatregelen moeten bijzondere aandacht krijgen. Dit betreft onder meer **te voorzien onbedoeld** gebruik en bediening.

14.3.4 Onderhoudshandleiding

Een onderhoudshandleiding is bedoeld om ervoor te zorgen dat de machine een hoge beschikbaarheid heeft. Veel componenten zijn tijdens gebruik onderhevig aan natuurlijke slijtage. Dit betekent dat de desbetreffende toestellen en componenten regelmatig onderhoud nodig hebben of moeten worden vervangen (bijv. na een bepaalde tijd of na een bepaald aantal gebruikscycli).

De volgende informatie is verplicht:

- reparaties
- instellingen
- routinecontroles
- service-intervallen

Als er middelen beschikbaar zijn om te verifiëren of een component juist functioneert (bijv. testsoftware) dan moet in de onderhoudshandleiding worden beschreven hoe de werking van de component kan worden geverifieerd.

Aanbeveling

De onderhoudshandleiding moet aanbevelingen bevatten over hoe het service- en onderhoudswerk kan worden vastgelegd. Er moet ook informatie in staan over onderwerpen als:

- foutopsporing
- foutlocalisatie
- vervangen defecte componenten
- schema voor preventief onderhoud

Werkzaamheden terwijl de machine onder spanning staat

Het kan nodig zijn om service-, onderhouds- of afstellingswerk te doen aan machines en systemen terwijl de elektrische apparatuur nog onder spanning staat.

Als dat het geval is, dan moet in de onderhoudshandleiding staan beschreven hoe deze taken deugdelijk en veilig kunnen worden uitgevoerd.

Norm NFPA 79 verwijst naar onderstaande normen en bedrijfstakregelingen (OSHA CFR).

- **NFPA 70E - Standard for Electrical Safety Requirements for Employee Workplaces**

  Zie ook de informatie in het hoofdstuk Normen (pag. 35), paragraaf "NFPA 79 (Standard for Industrial Machinery, Edition 2012)"

- **Occupational Safety and Health Administration (OSHA) 29 CFR Part 1910.331 – 335**
  - 1910.331 - Scope
  - 1910.332 - Training
  - 1910.333 - Selection and use of work practices
  - 1910.334 - Use of equipment
  - 1910.335 - Safeguards for personnel protection

  Internetadres: OSHA Law & Regulations (http://www.osha.gov/law-regs.html) → Subpart S – Electrical

  Zie ook het hoofdstuk Wetgeving, algemene eisen en regels (pag. 32).

14.3.5 Onderdelenlijst

Onderdelenlijsten met de elektrische componenten vormen onderdeel van de technische documentatie.

De onderdelenlijst moet minstens informatie over de volgende onderwerpen bevatten.

- Bestellen van reserveonderdelen en vervangende onderdelen (bijv. componenten, toestellen, software, testapparatuur, technische documentatie etc.) die nodig zijn voor preventief onderhoud en service.
- Aanbevelingen over materialen die moeilijk verkrijgbaar blijken te zijn en die dus op voorraad moeten zijn.

Voor ieder item in de onderdelenlijst moet de volgende informatie worden opgenomen.

- Referentieaanduiding in de documentatie
- Apparatuuraanduiding
- Fabrikant en/of leverancier en bijbehorend bestelnummer
- Een korte omschrijving van de kenmerken van het toestel (indien zinvol)
- Aantal componenten met dezelfde aanduiding

Onderdelenlijst voor een machine van "Siemens Industry Inc."						
Serienr.	**Aantal**	**Aanduiding**	**Bevestigingsplaats**	**Producent**	**Order No.**	**Omschrijving**
1	2	Q3	Panel 1	SIEMENS	3RV202…	MSP, xx Amp, 65 kA, 480 V
2	2	K2	Panel 2	SIEMENS	3RT201	Cont. xx hp
3	3	Q5	Subpanel	SIEMENS	3RV27	C.B. xx Amp, 50 kA, 480 Y/277 V
4	1	Q1	Machine	SIEMENS	3VL4…	C.B. xx Amp, 65 kA, 480 V
…	…	…	…	…	…	…
…	…	…	…	…	…	…

Testen en verifiëren 15

15.1 Algemene informatie

De test- en verificatie-eisen in dit hoofdstuk betreffen uitsluitend de eisen in NFPA 79, hoofdstuk 18 "Testing and Verification".

De eisen zijn primair bedoeld om eventuele fouten op te sporen en te verhelpen die ontstaan bij het opbouwen van de machine en de bijbehorende elektrische componenten. Machines kunnen meer of minder complex zijn en tal van interfaces hebben waar allerlei verschillende componenten samenkomen. Dit kan variëren van de aansluiting van de machine op de netspanning van het gebouw, tot de bijbehorende industriële besturingskasten, tot afzonderlijke componenten zoals kabels, leidingen, schakel- en beveiligingstoestellen, PLC's of motoren.

De tests uit NFPA 79 zijn te beschouwen als routinetests. Dat wil zeggen, ze moeten voor elke machine worden uitgevoerd, ongeacht of het een serieproduct of een eenmalig product is. De bedoeling is om kwaliteitsgebreken en installatie- en montagefouten op te sporen en te verhelpen.

15.2 Testen en verifiëren

Volgens NFPA 79 moeten de volgende tests en verificaties worden uitgevoerd.

1. Verificatie dat de elektrische uitrusting overeenkomt met de technische documentatie (zie het hoofdstuk Technische documentatie (pag. 303))
2. Verificatie van de continuïteit van het aardingscircuit
3. Testen van de weerstand van de isolatie
4. Spanningstest
5. Test bescherming tegen restspanningen
6. Functionele test

Verificatie dat de elektrische uitrusting overeenkomt met de technische documentatie

De elektrische apparatuur moet overeenkomen met de technische documentatie. Dit is van belang bij het monteren en in bedrijf stellen van de machine, maar ook voor het gebruik daarna en tijdens onderhoud en foutopsporing.

Meer informatie over de eisen aan de technische documentatie is te vinden in het hoofdstuk Technische documentatie (pag. 303).

Verificatie van de continuïteit van het aardingscircuit

De continuïteit van het aardingscircuit moet worden geverifieerd. De weerstand van de aardleiding mag niet groter zijn dan een specifieke maximumwaarde. Het testen en verifiëren is bedoeld om bescherming te bieden door de installatie bij een fout automatisch uit te schakelen.

Er zijn twee testmethoden beschikbaar voor deze verificatie.

1. **Meten van de weerstand van het circuit met een impedantiemeter**

   Meten van de weerstand van het aardingscircuit, waarbij rekening gehouden wordt met alle mogelijke impedanties.

   De gemeten weerstand mag niet hoger zijn dan **R ≤ 0.1**.

2. **Berekenen van de weerstand door een stroom-spanningmeting**

   De spanningsval over het circuit wordt gemeten bij een meetstroom van I ≥ 10 A bij 50 of 60 Hz.

   Dit toont aan of er een doorgaande verbinding bestaat tussen de ingangsklem voor de aardleiding en alle delen van het aardingscircuit of dat de berekende weerstand ontoelaatbaar hoog is. De nadruk moet bovenal gelegd worden apparatuur met netspanning in sterschakeling, aangesloten op het aardingscircuit en mogelijk met lange toevoerleidingen.

   Er moet voor de meting een SELV-voeding gebruikt worden. Deze is aan de secundaire zijde niet geaard (in tegenstelling tot een PELV, die wel geaard kan zijn). Hierdoor is de kans op meetfouten kleiner.

   De spanning die gemeten wordt tussen de aardingsklem en het desbetreffende apparaat mag niet hoger zijn dan de waarde in onderstaande tabel "Verificatie van de continuïteit van het aardingscircuit".

Tabel 15- 1 Verificatie van de continuïteit van het aardingscircuit

Minimale doorsnede van de aardleiding van de te testen branch (AWG).	Maximaal gemeten spanningsval [V] *
18	3,3
16	2,6
14	1,9
12	1,7
10	1,4
> 8	1,0

* Opgegeven waarden voor een teststroom van 10 A
Bron: UL 79, Tabel 18.2

Testen van de weerstand van de isolatie

De test van de weerstand van de isolatie is niet verplicht volgens NFPA 79. Het is aan de fabrikant om te beslissen of de test nodig is.

Als de test wordt uitgevoerd, dan kan de hoge DC-testspanning die hiervoor nodig is, leiden tot schade aan componenten die hier niet tegen bestand zijn. Dergelijke componenten moeten daarom voor en tijdens de test afgekoppeld worden.

De test is eigenlijk bedoeld om eventuele lekstromen via kruipwegen te ontdekken. Er moet gemeten worden tussen de hoofdstroomketen en het aardingscircuit. Stuurstroomketens die niet direct via de systeemspanning worden gevoed maar via een voeding of stuurtransformator, hoeven niet aan de test onderworpen te worden.

De test is niet verplicht voor de gehele machine, maar mag ook op afzonderlijke delen van de machine worden uitgevoerd.

Overzicht vereiste testparameters

Testspanning: U = 500 V DC

Minimale weerstand van de isolatie: R ≥ 1 MΩ

Meetpunten: L1, L2, L3 – PE

Spanningstest

De spanningstest is net als de test van de weerstand van de isolatie, niet verplicht volgens NFPA 79. Het is ook aan de fabrikant om te beslissen of de test nodig is.

De test is bedoeld om ontoereikende luchtwegen en beschadigingen aan de isolatie te ontdekken.

Voor de test kan een AC of een DC-spanning worden gebruikt. Deze spanning moet geleidelijk worden verhoogd en minstens 1 seconde op de maximumwaarde worden aangehouden. Er moet gemeten worden tussen alle leidingen van de hoofdstroomketen en het aardingscircuit.

De test is geslaagd als de spanning tijdens de test nergens doorslaat.

De spanningsbron voor de testspanning moet een nominaal vermogen hebben van minstens S ≥ 500 VA.

Ook voor deze test geldt dat componenten die niet bestand zijn tegen deze hoge testspanning vooraf moeten worden losgekoppeld.

Overzicht vereiste testparameters

AC: 0 - 1500 V

DC: 2121 V

Aanhoudtijd U_{max} ≥ 1 s

Meetpunten: L1, L2, L3 – PE

Werkwijze: spanning stapsgewijs verhogen

Voeding: S ≥ 500 VA

⚠ VOORZICHTIG

Gevaar voor letsel vanwege hoge spanning

Aangezien de testspanning hoog is, mag de test alleen worden uitgevoerd door gekwalificeerd personeel en moeten passende voorzorgsmaatregelen worden getroffen.

Opmerking

NFPA 79 noemt de circuits die moeten worden getest, "Primary Circuits" met netspanning van de machine. Een "Primary Circuit" kan echter ook een circuit zijn aan de primaire zijde van een transformator. "Primary Circuits" ≠ "Power circuits". Een "Primary Circuit" kan verschillende spanningen hebben, die kunnen afwijken van de netspanning.

Bescherming tegen restspanningen

Een restspanning kan optreden nadat de voeding een elektrische component is uitgeschakeld, als er een condensator aanwezig is.

Dit betekent dat de test alleen hoeft te worden uitgevoerd als er condensators in de elektrische uitrusting zitten. Dit betreft met name bepaalde elektronische motorbesturingen (bijv. een frequentieomvormer).

De test is bedoeld om ervoor te zorgen dat de maximaal toegestane waarden niet worden overschreden zodat er voldoende bescherming geboden wordt. Zie het hoofdstuk Bescherming tegen restspanningen (pag. 93).

Functionele test

Volgens NFPA 79 moet elektrische apparatuur in beginsel onderworpen worden aan een functionele test om te verifiëren of de apparatuur juist functioneert.

De operationele functionaliteit is natuurlijk belangrijk, maar de veiligheidsfuncties zijn van het allerhoogste belang.

Het is aan te raden om eerst de beschermingsmaatregelen te testen die ook van belang zijn voor de bescherming van de mensen die testen. Dit zijn bijvoorbeeld:

- beschermende maatregelen tegen elektrische schok bij een fout; zie de paragraaf "Verificatie van de continuïteit van het aardingscircuit";
- testen van aanvullende beschermingsmaatregelen zoals aardlekschakelaars of isolatiebewakingstoestellen.

Daarna moet de veiligheidsrelevante apparatuur worden getest. Bijv.:

- eindschakelaars;
- toestellen voor noodgevallen (NOODSTOP, NOOD-UIT);
- veiligheidsvergrendelingen en veiligheidsschakelaars.

Het is raadzaam om pas na de veiligheidsgerelateerde tests te beginnen met het testen van de operationele functionaliteit en het beoogde gebruik van de machine.

Hertesten

De hertest die vereist wordt in NFPA 79, slaat niet op regelmatige tests binnen de context van het beoogde gebruik van de machine. Er wordt een test mee bedoeld die opnieuw moet worden uitgevoerd als er wijzigingen aan de machine of delen ervan zijn aangebracht.

Wijzigingen die de operator of het onderhoudspersoneel kan aanbrengen binnen de context van het beoogde gebruik van de machine, moeten als zodanig in de documentatie zijn vastgelegd. Zie hoofdstuk Technische documentatie (pag. 303).

Verder moet hier nog vermeld worden dat er in het geval van *wezenlijke veranderingen* aan de machine - dat zijn wijzigingen die de functionaliteit van de machine raken - nieuwe risico's kunnen ontstaan, waar misschien geen rekening mee was gehouden in het oorspronkelijke ontwerp en de initiële dimensionering van de machine. In dat geval moet een nieuwe risicobeoordeling worden uitgevoerd. Dit kan betekenen dat delen van de machine, in bepaalde gevallen zelfs de gehele machine, aangepast moet worden aan nieuwe of bijgewerkte normen. Aangezien dit tot verstrekkende discussies kan leiden, wordt aangeraden in geval van twijfel contact op te nemen met de plaatselijke inspecteur of met de bedrijfstakorganisatie. In de VS is dat de OSHA.

Voorbeelden van wezenlijke functionele wijzigingen:

- extra vrijheidsgraden;
- extra aandrijfassen;
- verhoging nominaal vermogen en/of snelheid bijv.;
- extra functies die voor de wijziging nog niet aanwezig waren;
- nieuwe of wijziging van bestaande mogelijke gevaren, bijv. door het wijzigen van beveiligingstoestellen.

Technische vragen en hotline

A

Internationaal

Vragen over automatisering en aandrijvingen

SIEMENS AG, Neurenberg-Moorenbrunn
Technical Support for Industry

- Gleiwitzer Str. 555
  90475 Neurenberg
  Duitsland
- Tel.: +49 (911) 895-7222
- Fax: +49 (911) 895-7223

Internet: Industry Online Support (http://support.automation.siemens.com)

Experts op het gebied van industriële besturingen bij lage spanning

Technische ondersteuning

- Tel.: +49 (911) 895-5900
  Maandag t/m vrijdag, 8:00 – 17:00 CET
- Fax: +49 (911) 895-5907
- E-mail: Technische ondersteuning (mailto:technical-assistance@siemens.com)

VS

Vragen over automatisering en aandrijvingen

Siemens Johnson City – SIAC Service and Support
SII Call Center

- One Internet Plaza
  Johnson City, TN 37604
  VS
- Tel.: +1-423-262-5710 / 1-800-333-7421
- Fax: +1-678-297-8316
- E-mail: SII Call Center (mailto:helpline.sii@siemens.com)

Experts op het gebied van industriële besturingen bij lage spanning

- Technische ondersteuning: +1-800-333-7421
- Overige vragen: +1-800-241-4453

Bijlage

B

B.1 Conversietabellen en -factoren

Temperatuur (Celsius / Fahrenheit)

Tabel B- 1 Omrekening van Fahrenheit naar Celsius en omgekeerd

Fahrenheit → Celsius	F - 32 * 5/9 = C
Celsius → Fahrenheit	(C * 9/5) + 32 = F

Tabel B- 2 Celsius v. Fahrenheit

Celsius	Fahrenheit		Celsius	Fahrenheit		Celsius	Fahrenheit		Celsius	Fahrenheit
-18	0		1	34		20	68		39	102
-17	1		2	36		21	70		40	104
-16	3		3	37		22	72		41	106
-15	5		4	39		23	73		42	108
-14	7		5	41		24	75		43	109
-13	9		6	43		25	77		44	111
-12	10		7	45		26	79		45	113
-11	12		8	46		27	81		46	115
-10	14		9	48		28	82		47	117
-9	16		10	50		29	84		48	118
-8	18		11	52		30	86		49	120
-7	19		12	54		31	88		50	122
-6	21		13	55		32	90		51	124
-5	23		14	57		33	91		52	126
-4	25		15	59		34	93		53	127
-3	27		16	61		35	95		54	129
-2	28		17	63		36	97		55	131
-1	30		18	64		37	99		56	133
0	32		19	66		38	100		57	135

Vermogenseenheden (kW / HP / PS)

Met de volgende factoren kan de eenheid HP (horsepower) die gebruikelijk is in Amerikaanse specificaties, worden omgerekend in kW (kilowatt) of PS (Duitse paardenkracht) en omgekeerd.

Tabel B- 3 Omrekenen verschillende vermogenseenheden

eenheid	PS	kW	HP
1 PS (Duitse paardenkracht)	1	0,735499	0,98632
1 kW (kilowatt)	1,35962	1	1,34102
1 HP (horsepower)	1,01387	0,7457	1

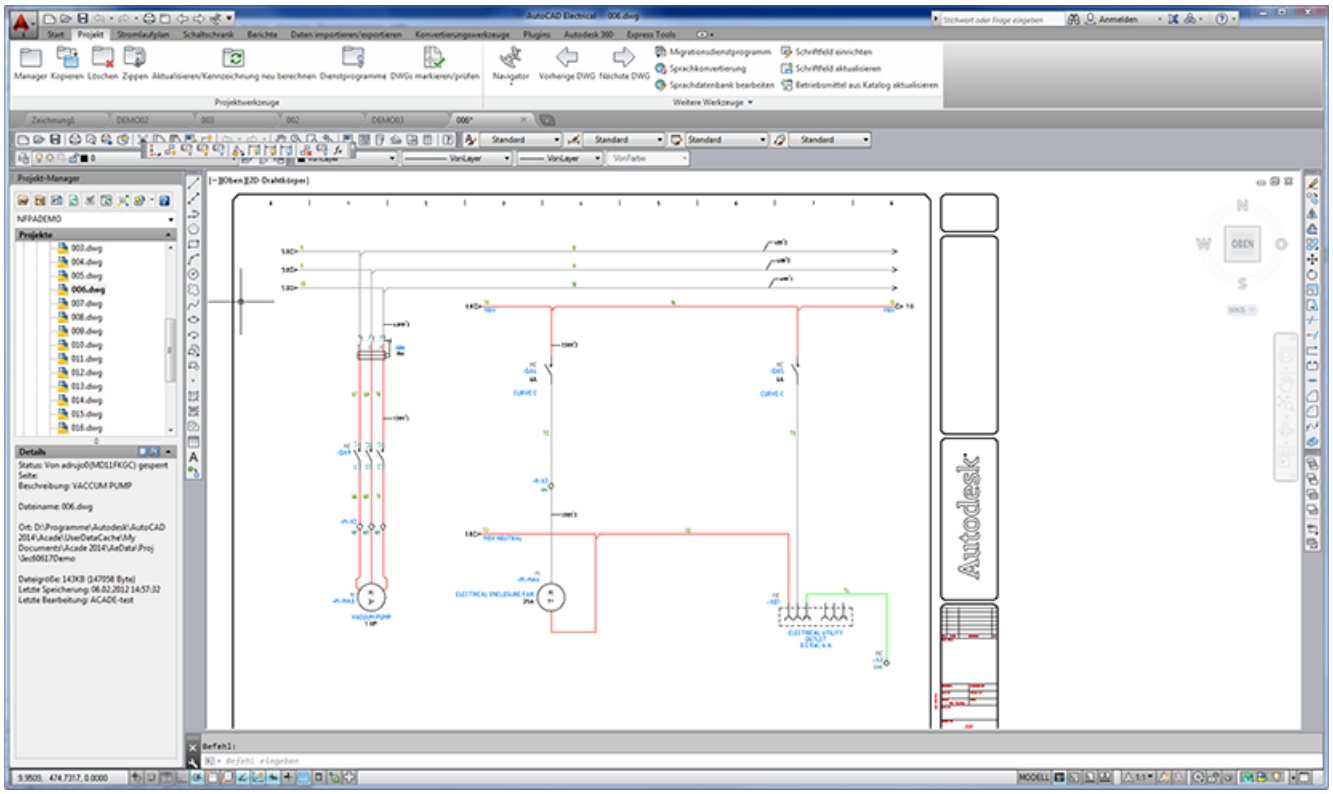
Doorsnedes (in metrische en Noord-Amerikaanse eenheden)

AWG	Doorsnede		Metrisch
	kcmil	mm²	equivalent (mm²)
0000 (4/0)	212	107,2	120
000 (3/0)	168	85,01	95
00 (2/0)	133	67,43	70
0 (1/0)	106	53,49	
1	83,7	**42,40**	50
2	66,4	**33,62**	35
3	52,6	**26,67**	
4	41,7	**21,15**	25
5	33,1	16,75	
6	26,2	**13,30**	16
7	20,8	10,55	
8	16,5	**8,37**	10
9		6,63	
10	10,4	**5,26**	6
11		4,17	
12	6,53	**3,31**	4
13		2,62	
14	4,11	**2,08**	2,5
15		1,65	
16	2,58	**1,31**	1,5
17		1,038	
18	1,62	**0,823**	1
19		0,653	0,75
20	1,02	**0,518**	0,75
21		0,410	0,5
22	0,64	0,326	0,34
23		0,258	
24	0,404	0,205	0,25
25		0,162	
26		0,129	0,14
27		0,102	
28		0,0810	0,09
29		0,0642	
30		0,0510	
31		0,0404	
32		0,0320	

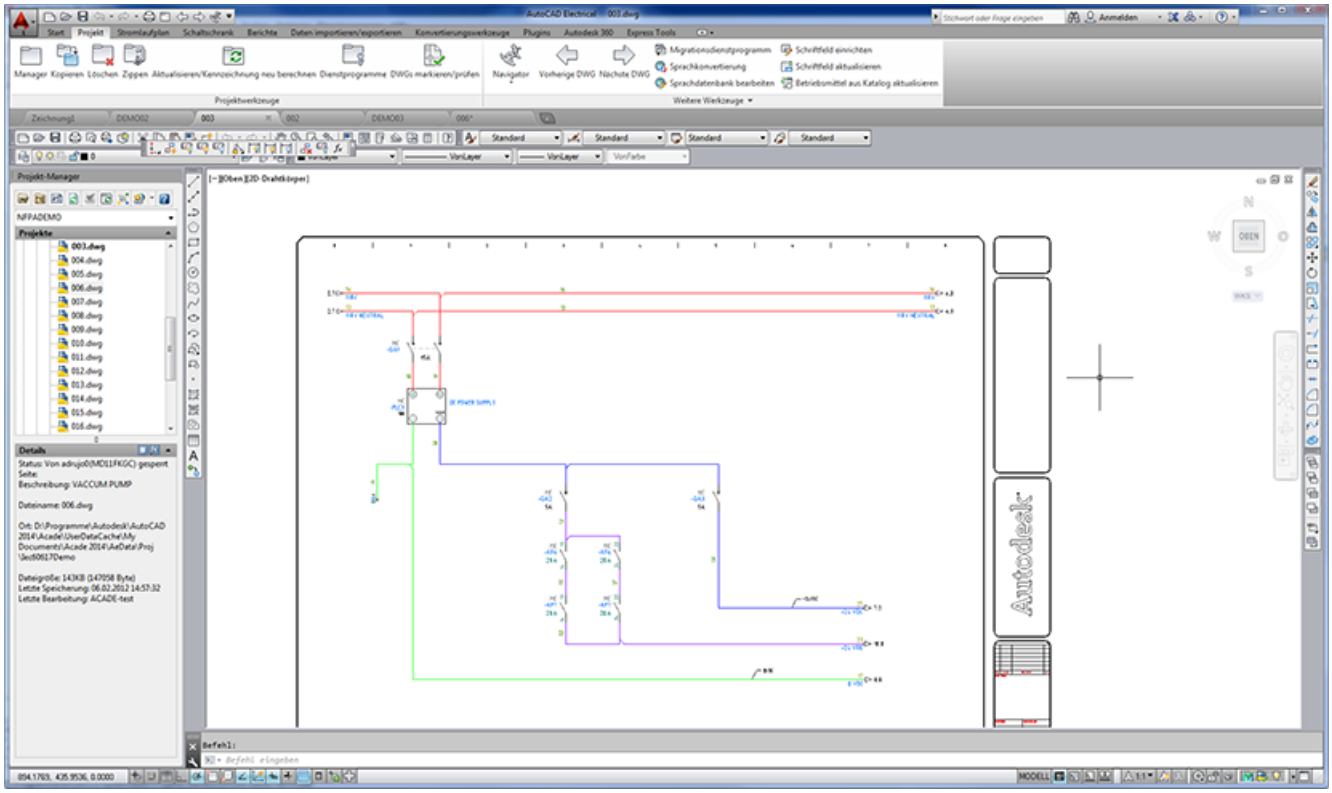
B.2 Softwarepakket voorbeelden

Hieronder staan voorbeelden van hoofdstroom en stuurstroomketens, gemaakt met gangbare softwarepakketten zoals AutoDesk en EPlan en 3D -design van besturingskasten met Siemens NX 8.

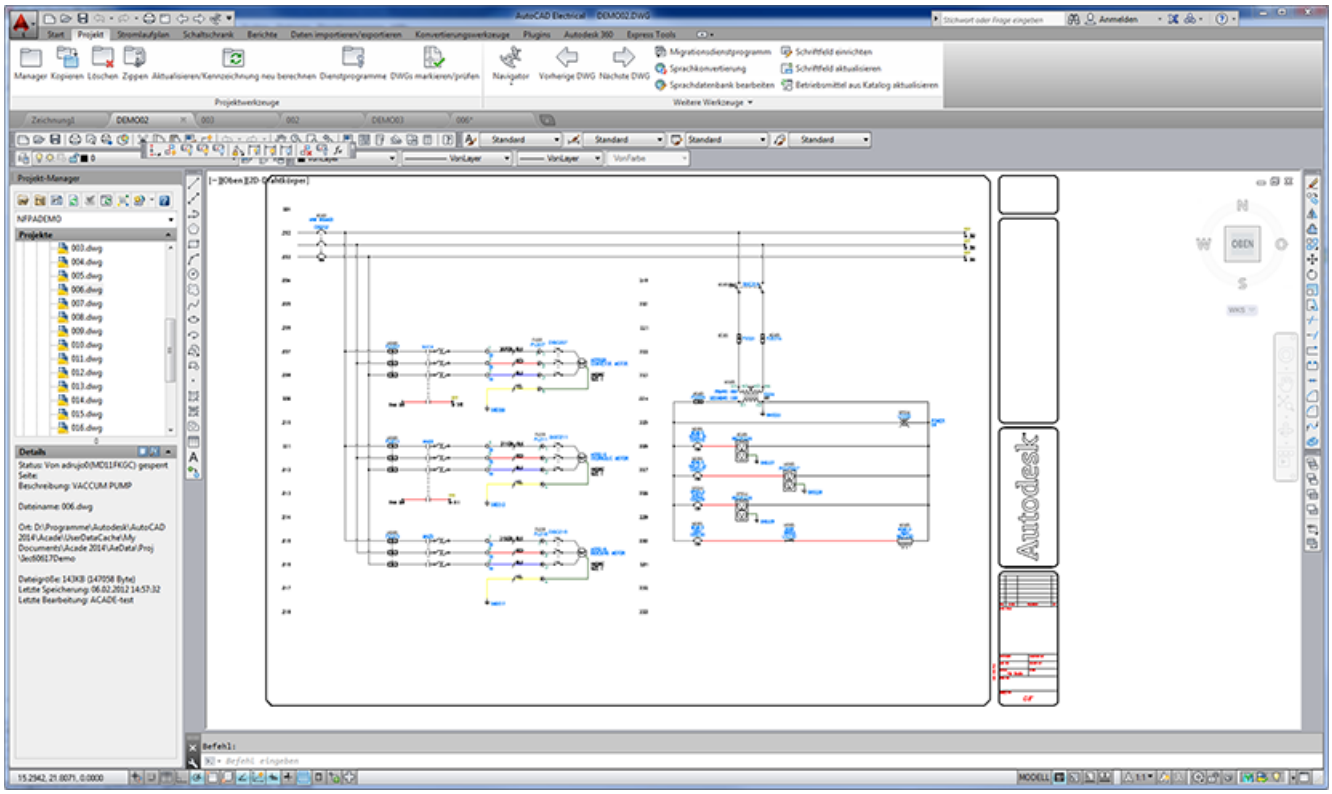
Voorbeelden uit AutoCAD



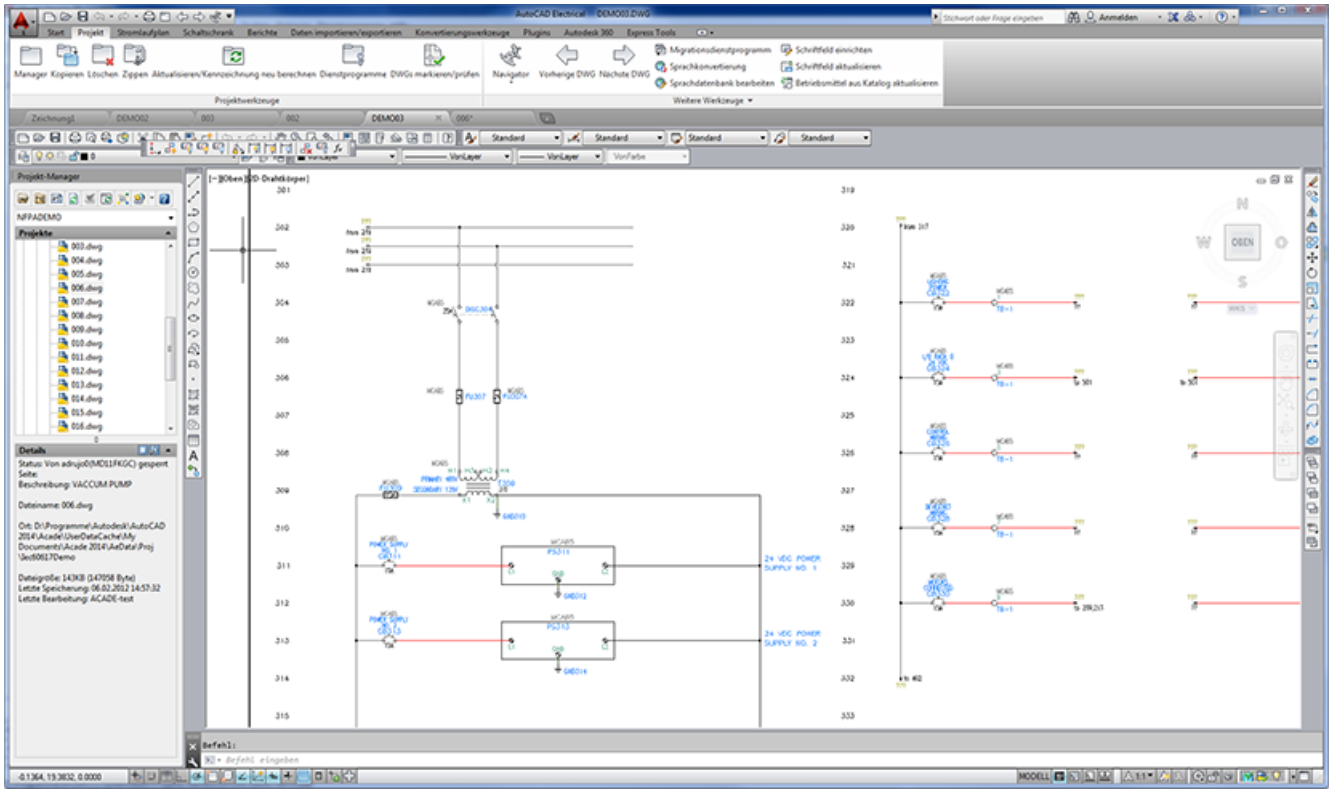
Afbeelding B-1 AutoCAD voorbeeld 1



Afbeelding B-2 AutoCAD voorbeeld 2

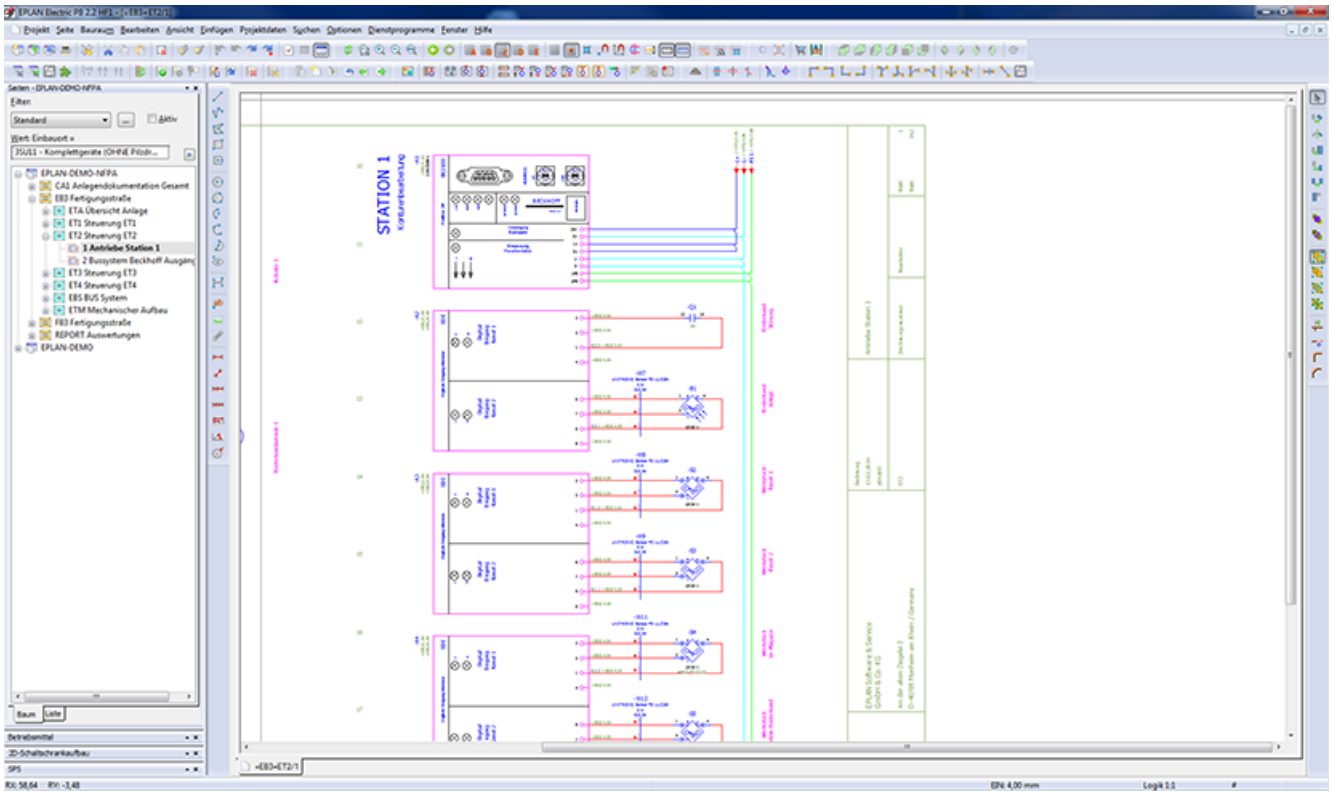


Afbeelding B-3 AutoCAD voorbeeld 3

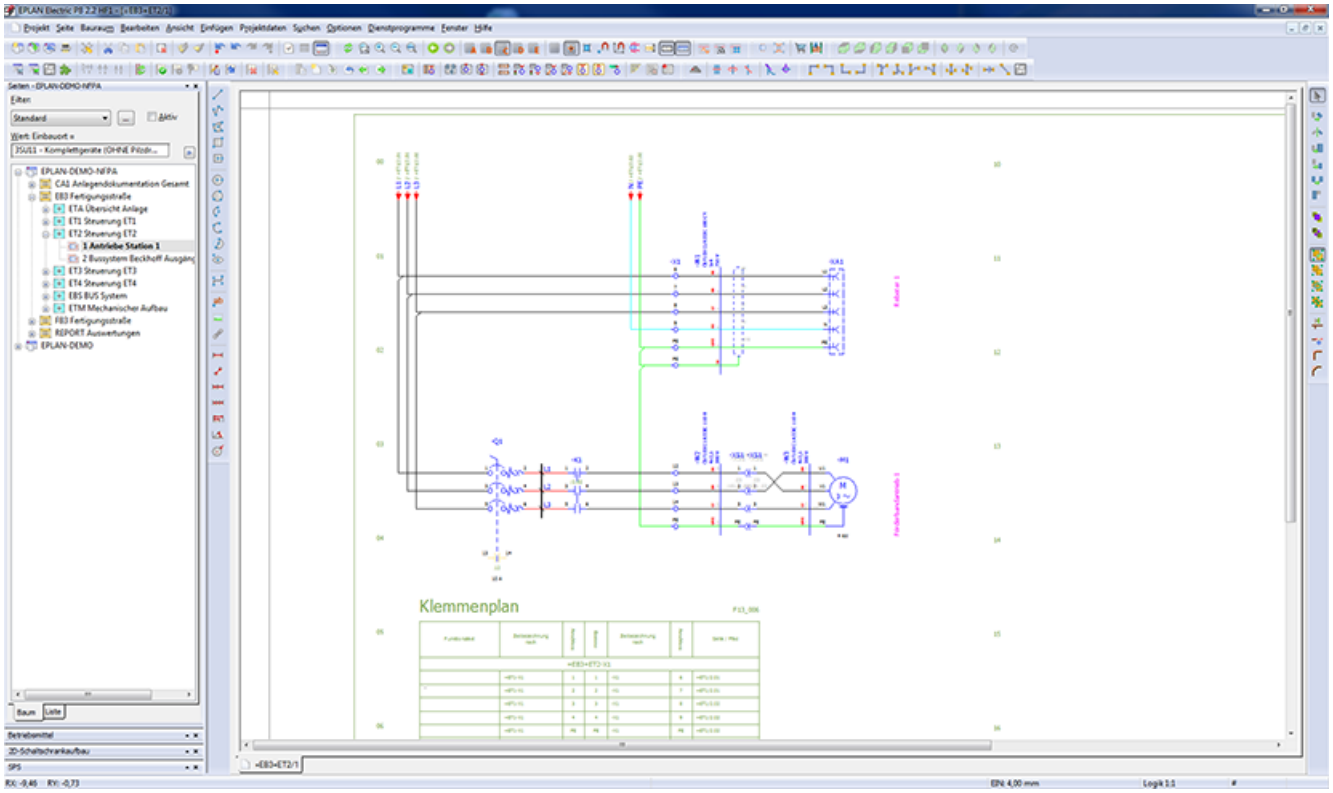


Afbeelding B-4 AutoCAD voorbeeld 4

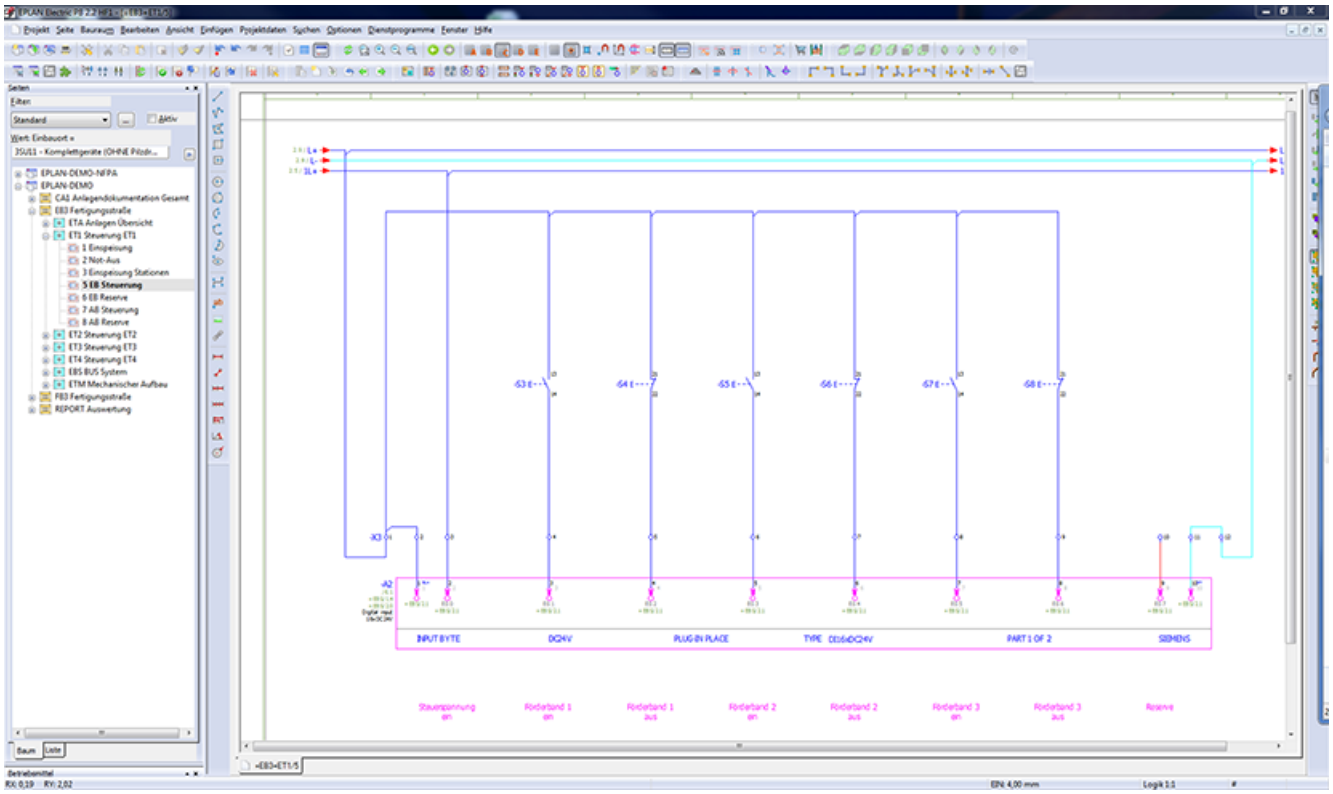
Voorbeelden uit EPLAN



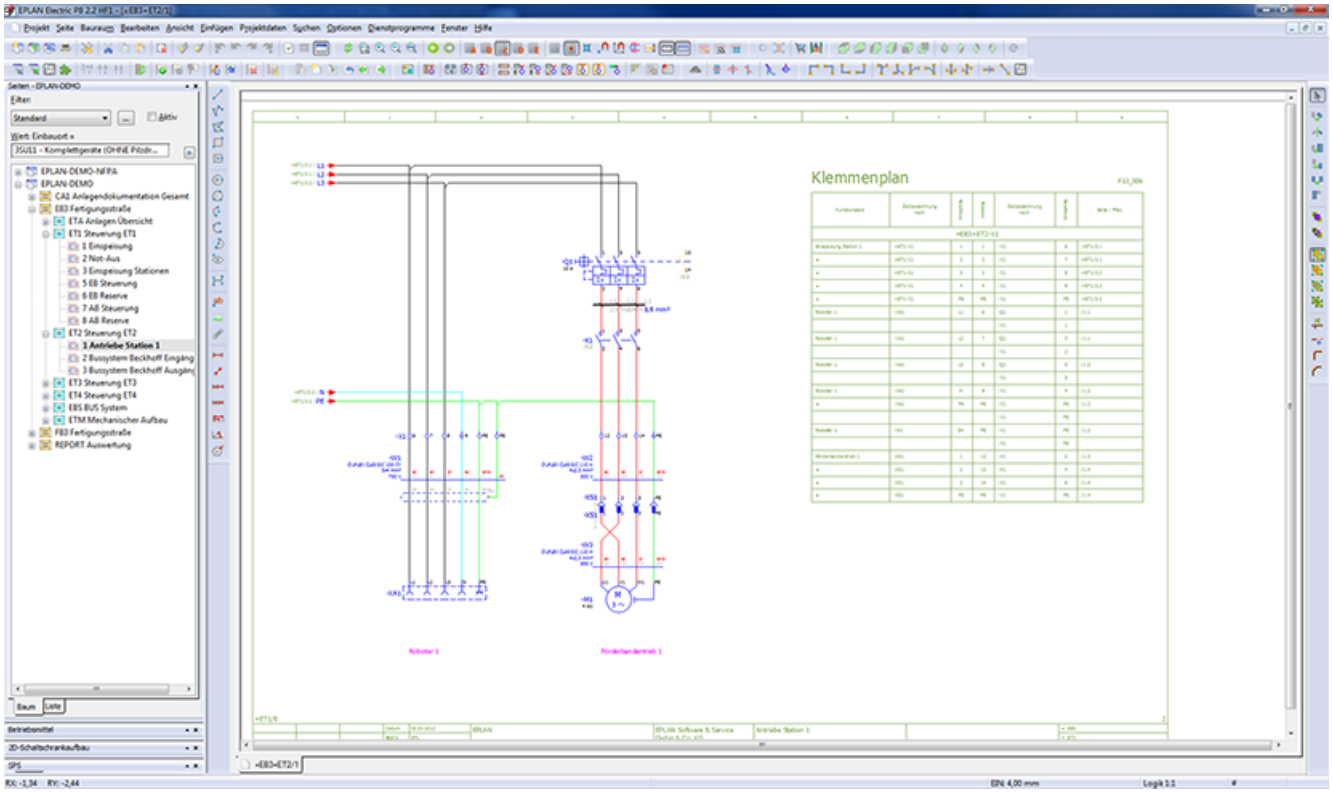
Afbeelding B-5 EPLAN voorbeeld 1



Afbeelding B-6 EPLAN voorbeeld 2

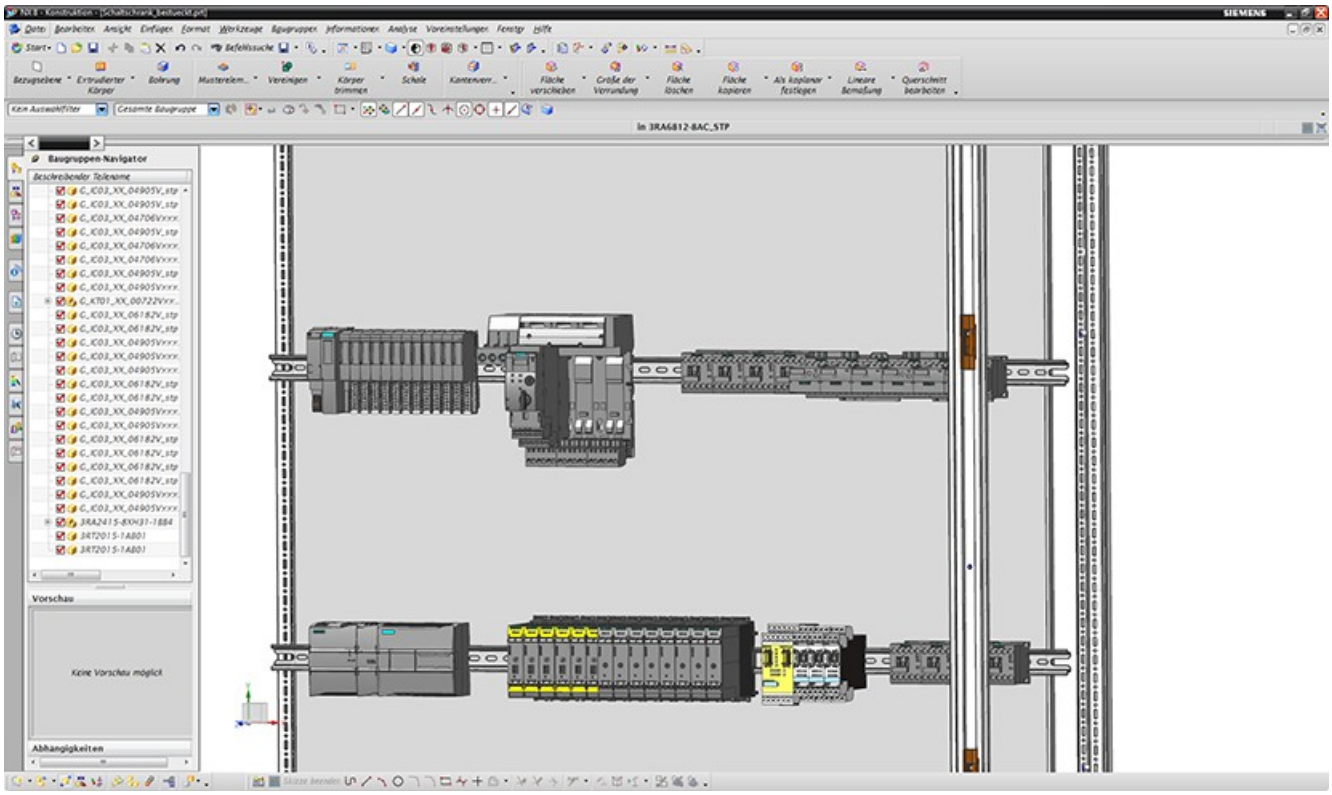


Afbeelding B-7 EPLAN voorbeeld 3

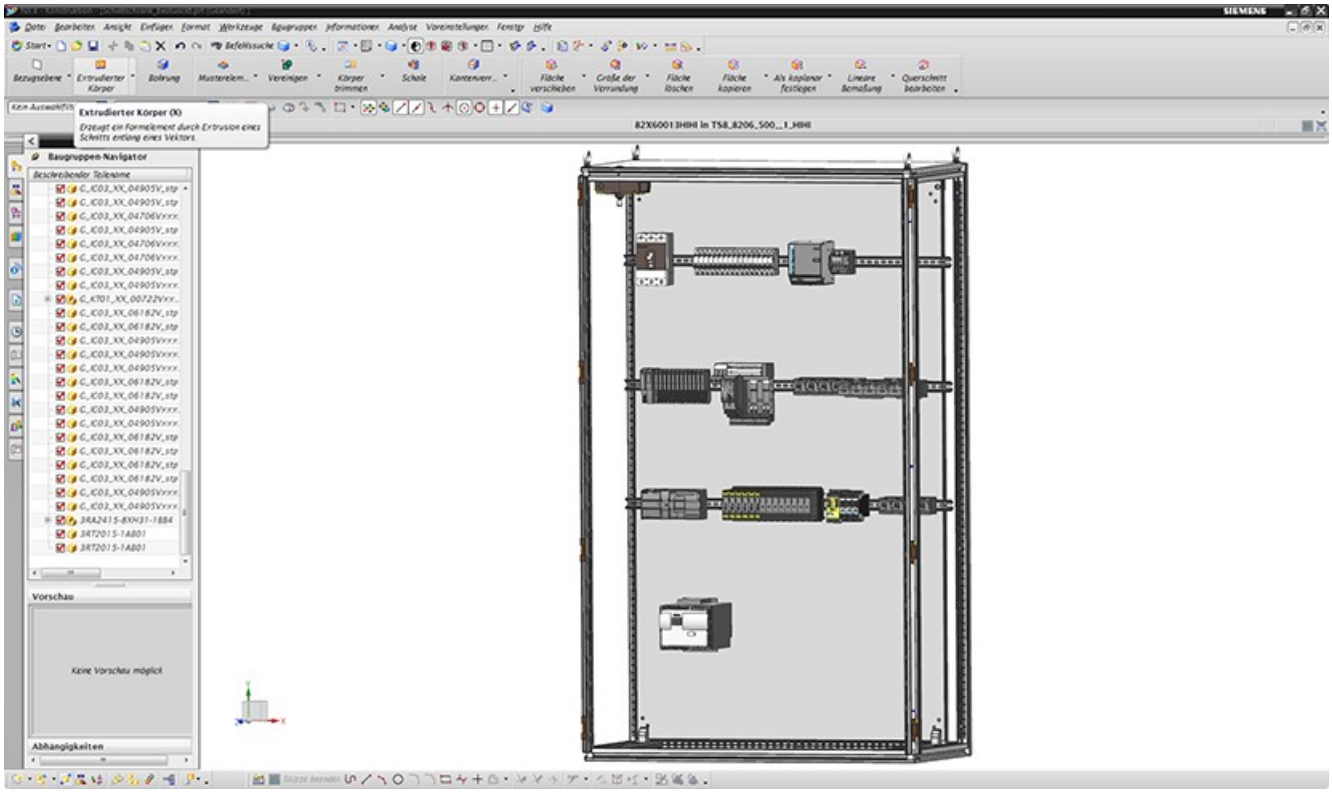


Afbeelding B-8 EPLAN voorbeeld 4

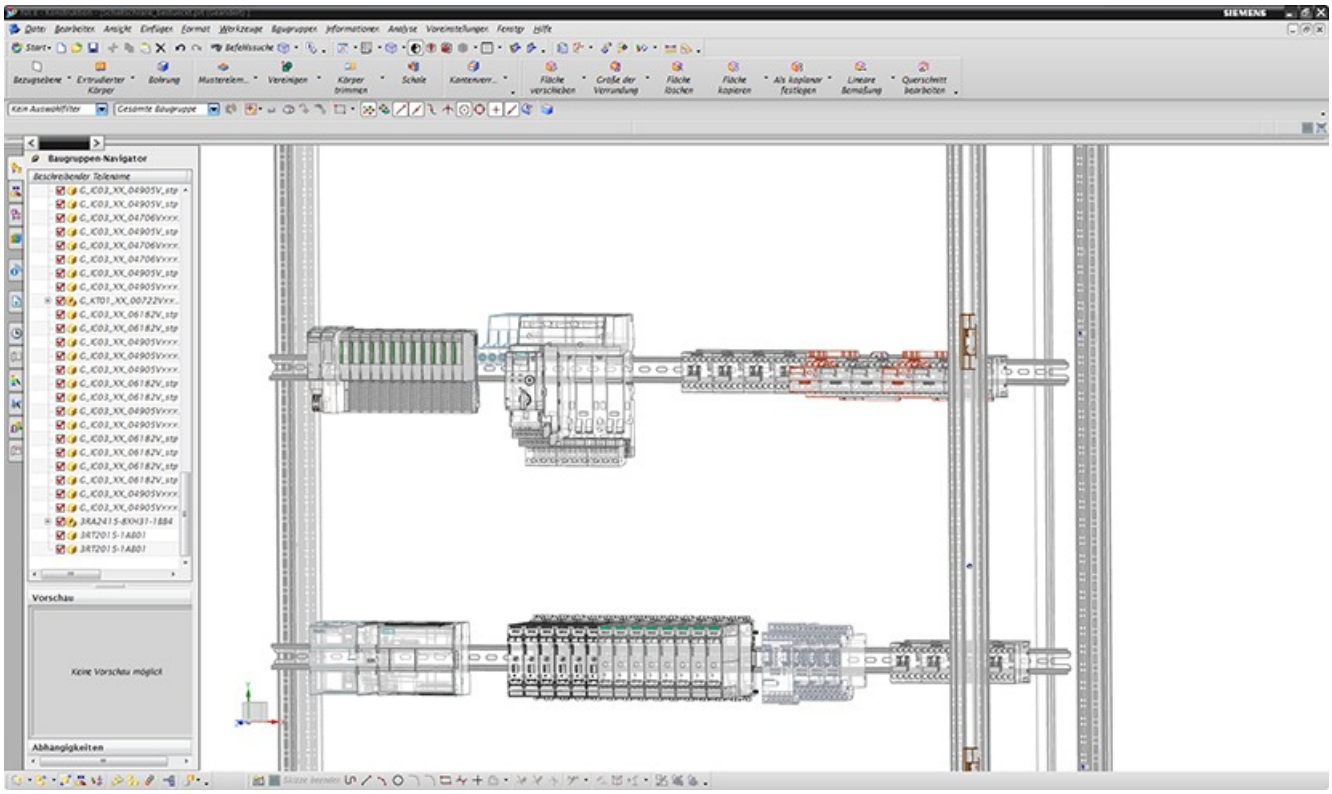
Voorbeelden uit NX 8



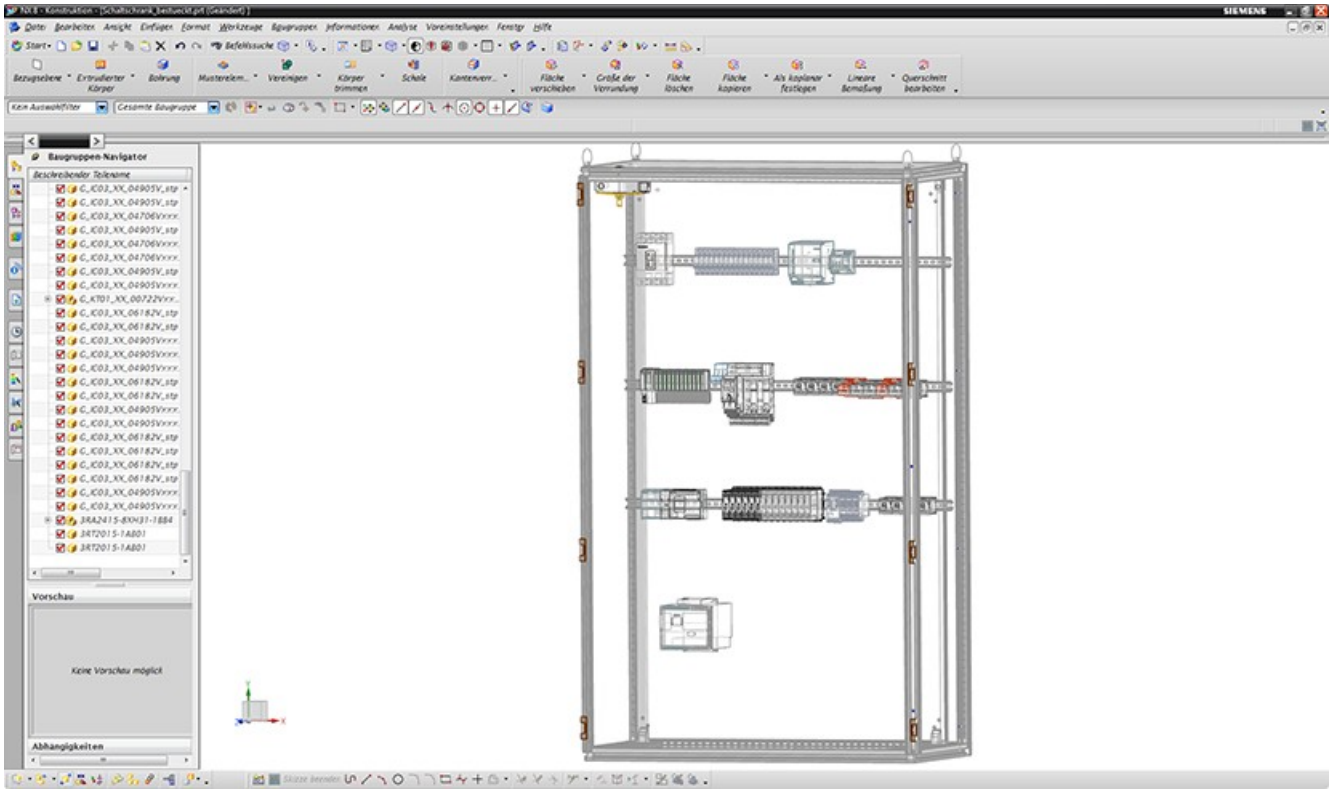
Afbeelding B-9 NX 8 voorbeeld 1



Afbeelding B-10 NX 8 voorbeeld 2

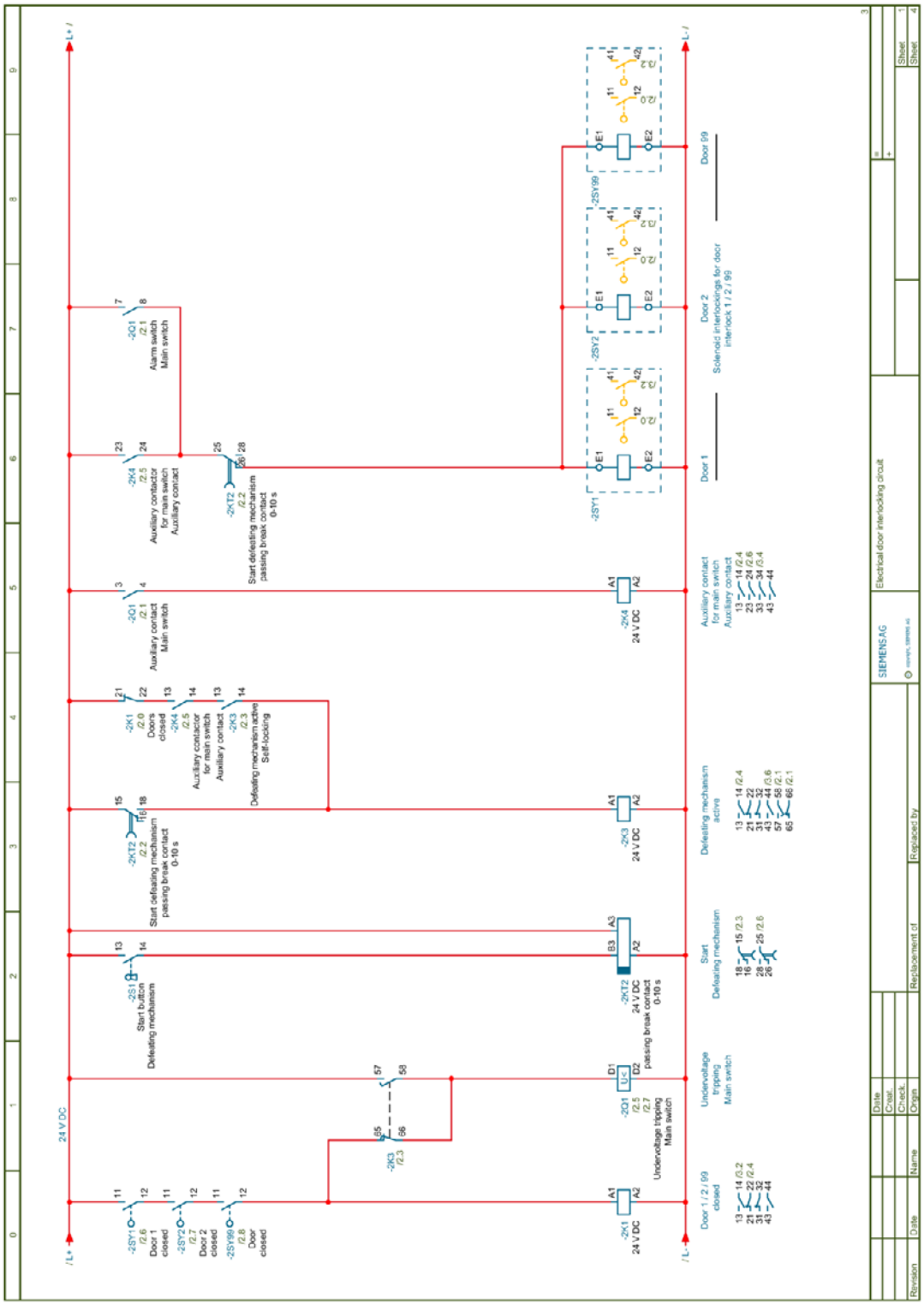


Afbeelding B-11 NX 8 voorbeeld 3

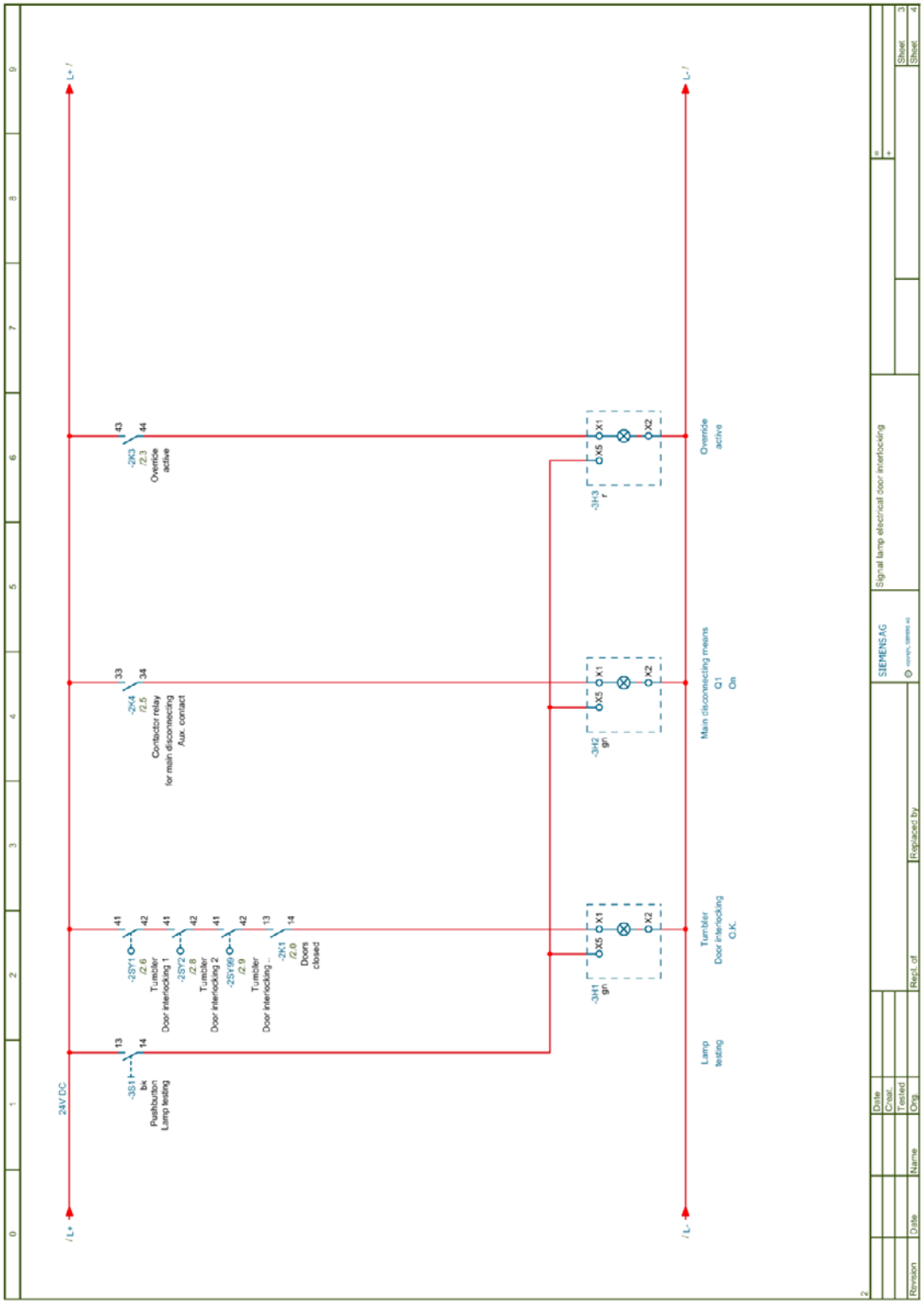


Afbeelding B-12 NX 8 voorbeeld 4

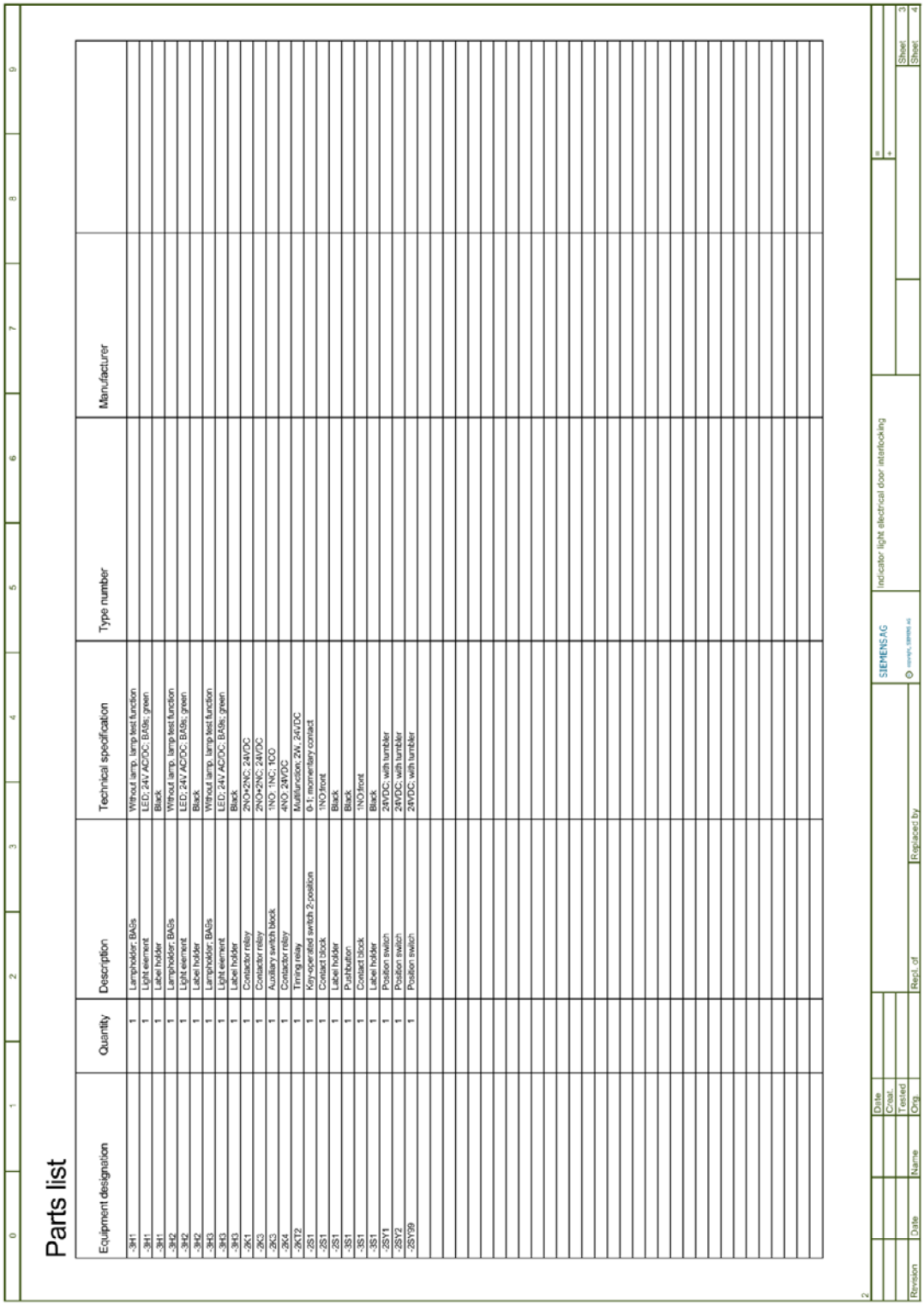
B.3 Voorbeeld bedradingsschema van elektrische deurvergrendeling



Afbeelding B-13 Voorbeeld bedradingsschema van elektrische deurvergrendeling (pag 1 van 3)



Afbeelding B-14 Voorbeeld bedradingsschema van elektrische deurvergrendeling (pag 2 van 3)



Parts list

Equipment designation	Quantity	Description	Technical specification	Type number	Manufacturer
-3H1	1	Lampholder; BA9s	Without lamp; lamp test function		
-3H1	1	Light element	LED; 24V AC/DC; BA9s; green		
-3H1	1	Label holder	Black		
-3H2	1	Lampholder; BA9s	Without lamp; lamp test function		
-3H2	1	Light element	LED; 24V AC/DC; BA9s; green		
-3H2	1	Label holder	Black		
-3H3	1	Lampholder; BA9s	Without lamp; lamp test function		
-3H3	1	Light element	LED; 24V AC/DC; BA9s; green		
-3H3	1	Label holder	Black		
-2K1	1	Contactor relay	2NO+2NC; 24VDC		
-2K3	1	Contactor relay	2NO+2NC; 24VDC		
-2K3	1	Auxiliary switch block	1NO; 1NC; 1CO		
-2K4	1	Contactor relay	4NO; 24VDC		
-2K12	1	Timing relay	Multifunction; 2W; 24VDC		
-2S1	1	Key-operated switch; 2-position	0-1; momentary contact		
-2S1	1	Contact block	1NO front		
-2S1	1	Label holder	Black		
-3S1	1	Pushbutton	Black		
-3S1	1	Contact block	1NO front		
-3S1	1	Label holder	Black		
-2SY1	1	Position switch	24VDC; with turnbiler		
-2SY2	1	Position switch	24VDC; with turnbiler		
-2SY99	1	Position switch	24VDC; with turnbiler		

SIEMENS AG

Indicator light electrical door interlocking

Afbeelding B-15 Voorbeeld bedradingsschema van elektrische deurvergrendeling (pag 3 van 3)

B.4 Checklists

B.4.1 Checklist voor industriële besturingskasten en de elektrische uitrusting voor Noord-Amerika (UL 508A and NFPA 79)

VRAGENLIJST VOOR DE ELEKTRISCHE UITRUSTING VAN MACHINES

Naam van de fabrikant/leverancier			
Naam van de eindgebruiker			
Uitvraag-/opdrachtnummer		**Datum**	
Type machine/serienummer			

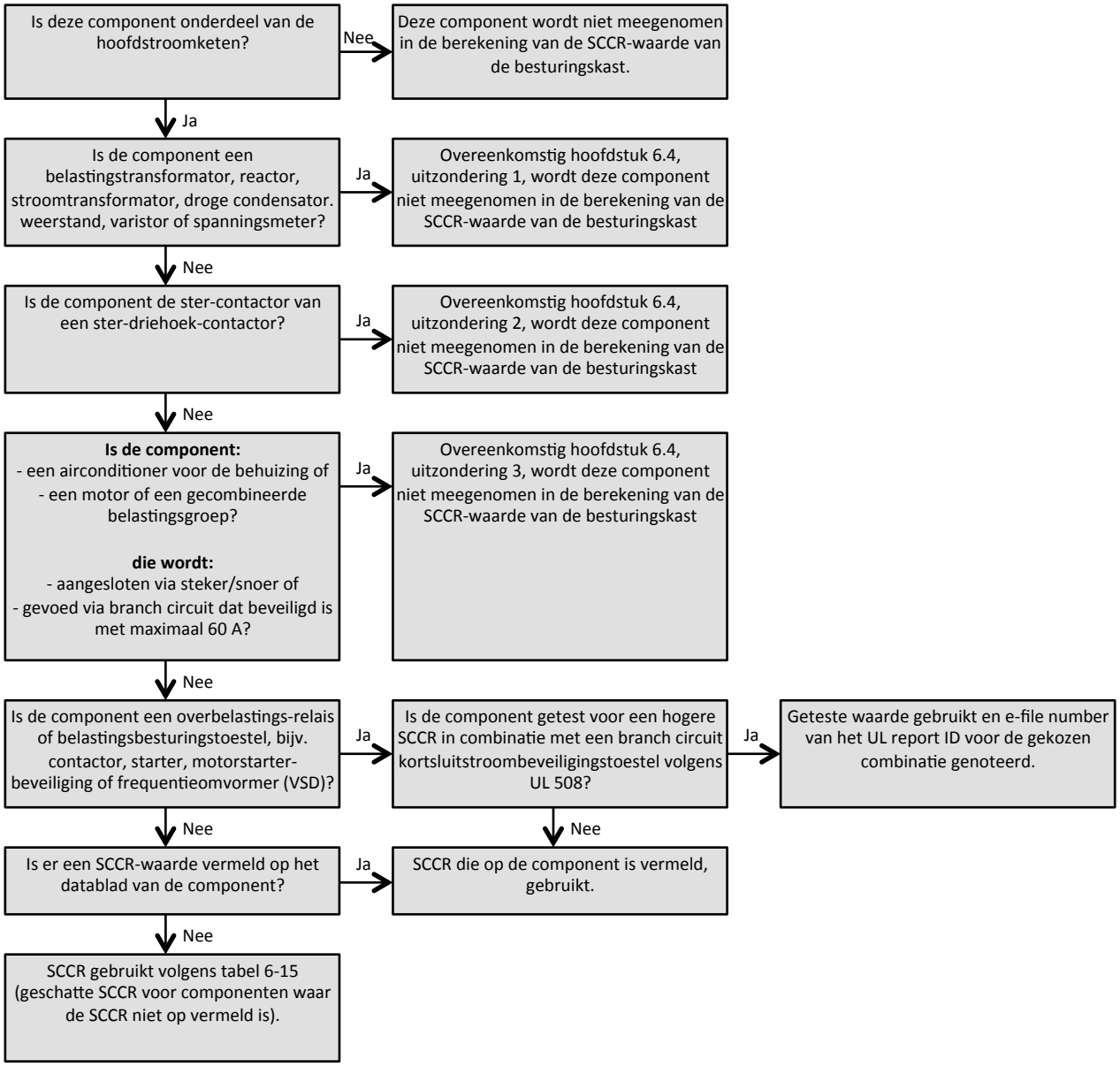
1.	Zijn er modificaties nodig zoals toegestaan in de norm?	☐ Ja ☐ Nee	
Bedrijfscondities – Speciale eisen			
2.	Bereik omgevingstemperatuur		
3.	Bereik luchtvochtigheid		
4.	Hoogte		
5.	Omgeving (bijv. agressieve atmosfeer, stofdeeltjes, EMC)		
6.	Niet-ioniserende straling		
7.	Trillingen, schokken		
8.	Speciale installatie- en gebruikseisen (bijv. extra brandvertragende maatregelen voor kabels en leidingen)		
Netspanning(en) en aanverwante condities			
9.	Te verwachten spanningsschommeling (indien meer dan ±10%)		
10.	Te verwachten frequentieschommeling		
	Opgave korte-termijnwaarde		
11.	Vermeld mogelijke toekomstige wijzigingen aan de elektrische uitrusting waardoor extra eisen aan de netspanning nodig kunnen worden		
12.	Vermeld voor iedere netspanningsbron:		
	Nominale spanning (V)	AC	DC
	Indien AC, aantal fasen	Frequentie	Hz
	Maximale kortsluitstroom (PSCC) op het aansluitpunt van de netspanning	kA effectief (zie ook vraag 15)	
	Schommelingen buiten de opgegeven waarden		

13.	Soort aarding van de netspanning:			
	Sterschakeling middelpunt geaard		Driehoekschakeling middelpunt geaard	
	Driehoekschakeling hoekpunt geaard		Geaard met hoge impedantie	
	Sterschakeling middelpunt ongeaard		Driehoekschakeling ongeaard	
14.	Wordt de elektrische uitrusting op een geaarde netspanningsleiding aangesloten?			☐ Ja ☐ Nee
15.	Zorgt de gebruiker of de leverancier voor de overstroombeveiliging van de netspanningsleidingen?			☐ Ja ☐ Nee
	Type en nominale stroom van het overstroombeveiligingstoestel			
16.	Netscheider			
	• Moet de geaarde leiding ook onderbroken worden?			☐ Ja ☐ Nee
	• Mag de geaarde leiding verbonden worden?			☐ Ja ☐ Nee
17.	Type netscheider en bijbehorend extern bedienelement (hendel)			
18.	Maximaal vermogen waarmee drie-fasemotoren rechtstreeks via de nestspanningsleidingen kunnen starten?			HP
19.	Kan het aantal detectietoestellen voor motoroverbelasting worden verminderd?			☐ Ja ☐ Nee
20.	Als de machine is uitgerust met lokale verlichting:			
	• Maximale spanning			V
	• Als de verlichting niet direct uit de netspanning wordt gevoed, vermeld dan de voorkeursspanning			V
Overige overwegingen				
21.	Functieaanduiding			
22.	Opschriften/speciale aanduidingen			
23.	Certificeringsteken	☐ Ja ☐ Nee	Zo JA, welk?	
	Op elektrische apparatuur?		In welke taal?	
24.	Technische documentatie			
	Op welke gegevensdrager?		In welke taal?	
25.	Afmetingen, plaats en doel van kabelkanalen. open kabelgoten en kabeldragers waar de gebruiker voor moet zorgen (zo nodig extra bladen toevoegen)			
26.	Moeten deuren en kappen kunnen worden afgesloten met sloten waarvan de sleutel kan worden uitgenomen?			☐ Ja ☐ Nee
27.	Vermeld of er speciale beperkingen gelden voor de afmeting of het gewicht bij het transporteren van de machine of besturingsapparatuur naar de plaats waar de machine wordt opgesteld.			
	• Maximale afmetingen			
	• Maximaal gewicht			

28.	Als de machine frequent een handbediende bedrijfscyclus doorloopt, hoe vaak worden deze dan doorlopen?		per uur
29.	Hoelang wordt de machine naar verwachting zonder pauze in dit tempo gebruikt?		minuten
30.	Als de machine speciaal vervaardigd is, is er dan een certificaat nodig voor operationele tests van de machine onder belasting?		☐ Ja ☐ Nee
31.	Voor andere machines: is er een certificaat nodig voor operationele tests met een prototype van de machine onder belasting.		☐ Ja ☐ Nee
32.	Voor draadloze besturingssystemen: vermeld de vertragingstijd na welke de machine automatisch uitschakelt als er geen geldig signaal meer is.		seconde
33.	Is er een specifieke methode voor de aanduiding van leidingen nodig?	☐ Ja ☐ Nee	
		Type	

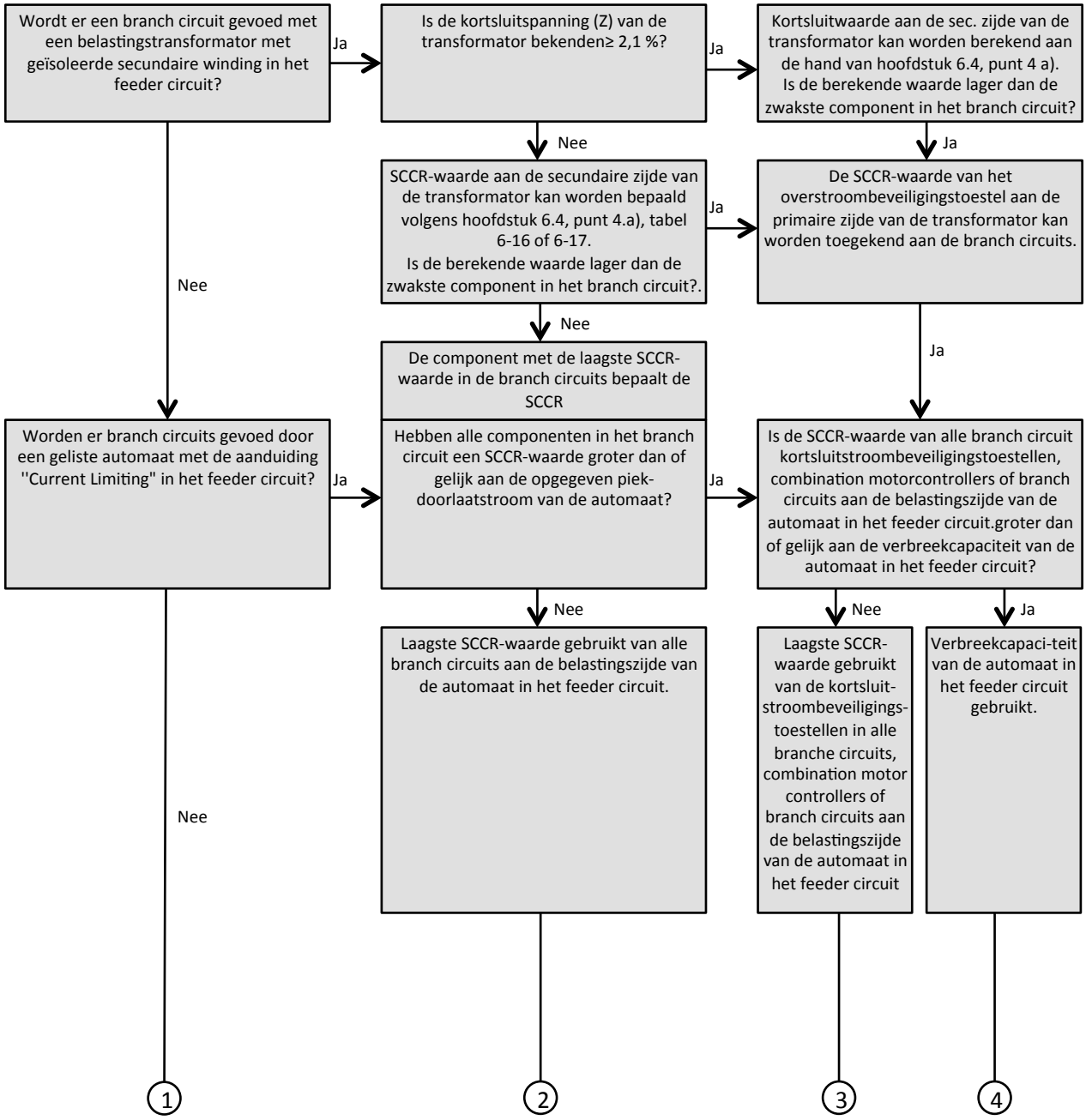
B.4.2 Stroomschema's voor het berekenen van de SCCR-waarde van een component

B.4.2.1 Berekenen van de SCCR-waarde van een component in de hoofdstroomketen

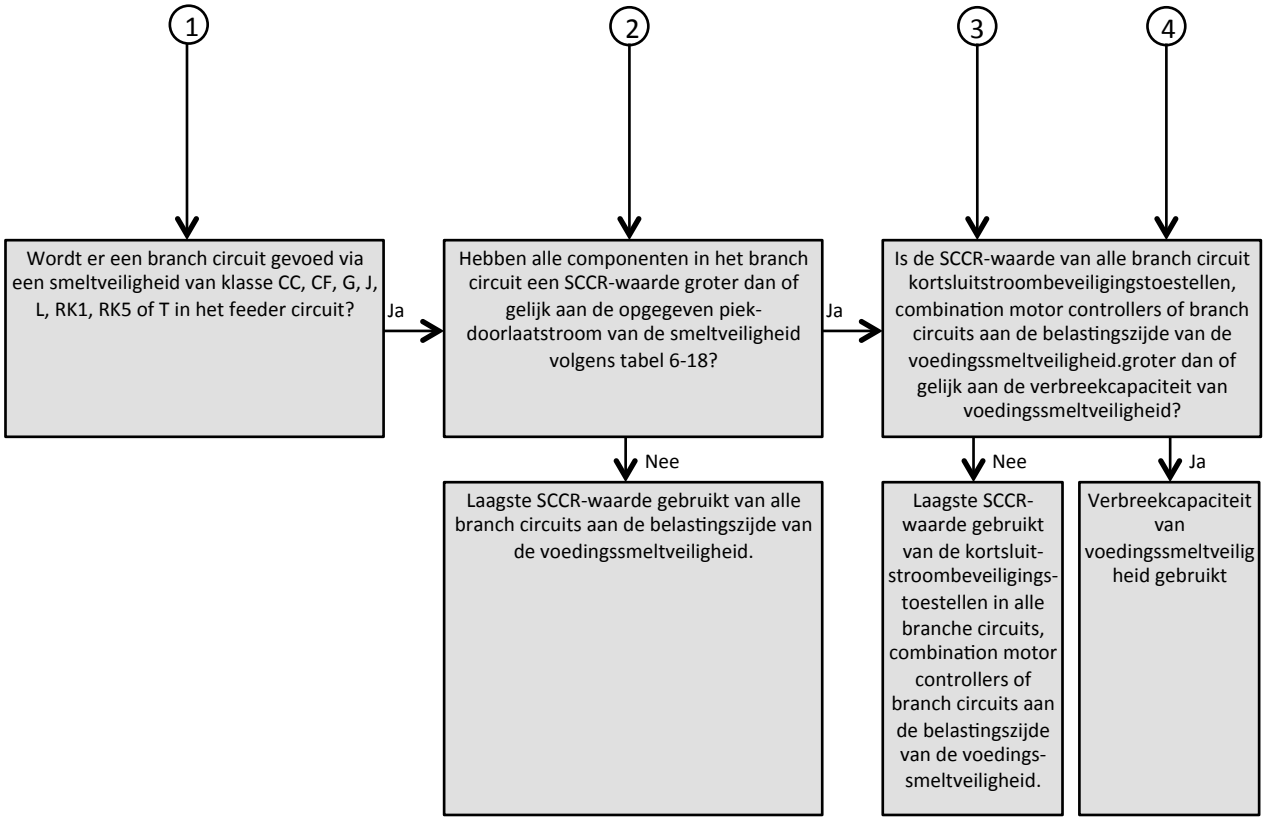


Afbeelding B-16 Berekenen van de SCCR-waarde van een component in de hoofdstroomketen

B.4.2.2 Berekenen van de SCCR-waarde bij gebruik van stroombegrenzende componenten

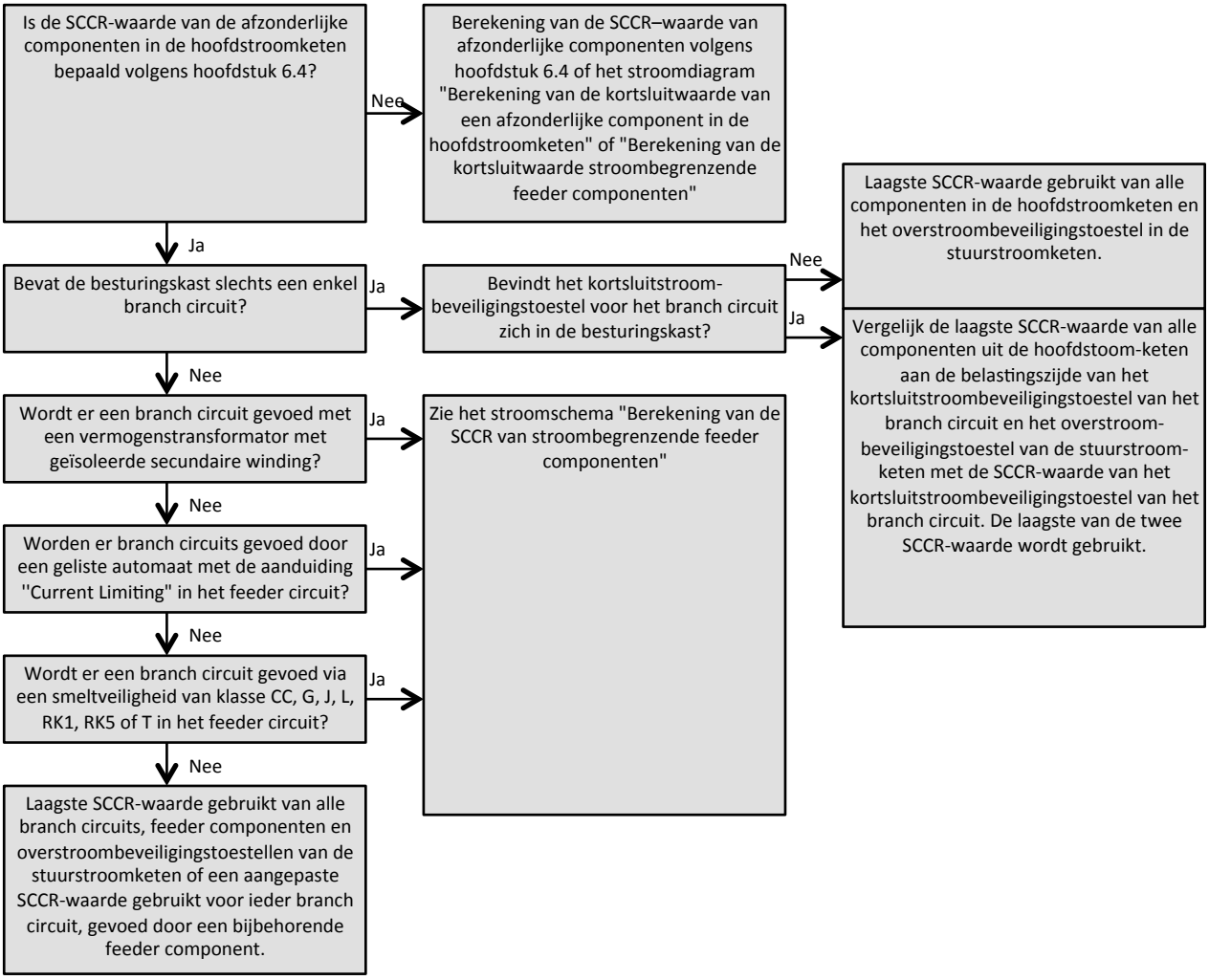


Afbeelding B-17 Berekenen van de SCCR-waarde bij gebruik van stroombegrenzende componenten (deel 1 van 2)



Afbeelding B-18 Berekenen van de SCCR-waarde bij gebruik van stroombegrenzende componenten (deel 2 van 2)

B.4.2.3 Berekenen van de SCCR-waarde van een industriële besturingskast



Afbeelding B-19 Berekenen van de SCCR-waarde van een industriële besturingskast

B.4.3 Flexibele snoeren en kabels (NEC, tabel 400.4)

Handelsnaam	AWG of kcmil	Aantal aders	Isolatie	Gebruik		
Lampsnoer	18 … 16 15 … 10	2 of hoger	Thermoset of thermoplast	Hangend of draagbaar	Droge locaties	Geen zwaar gebruik
Lift kabel	20 … 2	2 of hoger	Thermoset	Liftverlichting en -besturing	Niet geclassificeerde locaties	
					Gevaarlijke (geclassificeerde) locaties	
				Gevaarlijke (geclassificeerde) locaties		
Elektrisch voertuig kabel	18 … 500	2 of meer plus aardleiding, plus optioneel hybride data-, signaal- en glasvezelkabel	Thermoset, optioneel met nylon	Elektrisch voertuig opladen	Natte locaties	Extra zwaar gebruik
	18 … 12					Zwaar gebruik
	18 … 500		Thermoplast met optioneel nylon			Extra zwaar gebruik
	18 … 12					Zwaar gebruik
	18 … 500		Thermoplast met optioneel nylon			Extra zwaar gebruik
	18 … 12					Zwaar gebruik
Draagbare voedingskabel	12 … 500	2 … 6 plus aardleiding(en)	Thermoset	Draagbaar en extra zwaar gebruik		
		3 … 6 plus aardleidingen 1 aardcheckleiding				
Verwarmingskabel	18 … 12	2, 3 or 4	Thermoset	Draagbare verwarmingselementen	Droge locaties	Geen zwaar gebruik
Parallel verwarmingssnoer	18 … 12	2 of 3	Oliebestendig thermoset	Draagbaar	Vochtige locaties	Geen zwaar gebruik
Thermoset verwarmingssnoer met steker	18 … 12	2, 3 or 4	Thermoset	Draagbaar of draagbaar verwarmimngselement	Vochtige locaties	Zwaar gebruik
			Oliebestendig thermoset		Vochtige en natte locaties	
					Vochtige locaties	

Handelsnaam	AWG of kcmil	Aantal aders	Isolatie	Gebruik		
Niet-integrale parallelle snoeren	20 … 18	2 of 3	Thermoset	Hangend of draagbaar	Vochtige locaties	Geen zwaar gebruik
	18 … 16					
	20 … 18		Thermoplast			
	18 … 16					
	20 … 18		Thermoplast			
	18 … 16					
Gedraaid draagbaar snoer	18 … 16 14 … 10	2 of hoger	Thermoset of thermoplast	Draagbaar, extra zwaar gebruik		
Draagbare voedingskabel	12 … 500	1 … 6 plus optioneel aardleiding(en)		Draagbaar, extra zwaar gebruik		
Hard servicesnoer	18 … 2	2 of hoger	Thermoset	Hangend of draagbaar	Vochtige locaties	Extra zwaar gebruik
Soepele voedingskabels voor podiums en verlichting	8 … 250	1 of hoger	Thermoset	Draagbaar, extra zwaar gebruik		
			Thermoplast			
			Thermoplast			
Hard servicesnoer	18 … 2	2 of hoger	Thermoplast	Hangend of draagbaar	Vochtige locaties	Extra zwaar gebruik
					Vochtige en natte locaties	
			Oliebestendige thermoplast		Vochtige locaties	
					Vochtige en natte locaties	

Handelsnaam	AWG of kcmil	Aantal aders	Isolatie	Gebruik		
Junior hard servicesnoer	18 … 10	2 … 6	Thermoset	Hangend of draagbaar	Vochtige locaties	Zwaar gebruik
					Vochtige en natte locaties	
			Thermoplast		Vochtige locaties	
					Vochtige en natte locaties	
			Oliebestendige thermoplast		Vochtige locaties	
					Vochtige en natte locaties	
			Oliebestendig thermoset		Vochtige locaties	
					Vochtige en natte locaties	
			Thermoplast		Vochtige locaties	
					Vochtige en natte locaties	
			Oliebestendige thermoplast		Vochtige locaties	
					Vochtige en natte locaties	
Hard servicesnoer	18 … 2	2 of hoger	Thermoset	Hangend of draagbaar	Vochtige locaties	Geen zwaar gebruik
					Vochtige en natte locaties	
			Oliebestendig thermoset		Vochtige locaties	
					Vochtige en natte locaties	
Volledig thermoset parallel snoer	20 … 18	2 of 3	Thermoset	Hangend of draagbaar	Vochtige locaties	Geen zwaar gebruik
	18 … 16					
	18 … 10			Koelkasten, airconditioners en als toegestaan volgens 422.16(B)		

Handelsnaam	AWG of kcmil	Aantal aders	Isolatie	Gebruik		
Volledig thermoplast parallel snoer	20 … 18	2 of 3	Thermoplast	Hangend of draagbaar	Vochtige locaties	Geen zwaar gebruik
	18 … 16					
	18 … 10			Koelkasten, airconditioners en als toegestaan volgens 422.16(B)		
Volledig thermoplast parallel snoer	20 … 18	2 of 3	Thermoplast	Hangend of draagbaar	Vochtige locaties	Geen zwaar gebruik
		2			Vochtige en natte locaties	
	18 … 16	2 of 3			Vochtige locaties	
		2			Vochtige en natte locaties	
	18 … 10	2 of 3		Koelkasten, airconditioners en als toegestaan volgens 422.16(B)	Vochtige locaties	
Fornuis-, was drogerkabel	10 … 4	3 of 4	Thermoset	Draagbaar	Vochtige locaties	Fornuizen, wasdrogers
			Thermoplast			
			Thermoplast			
Hard servicesnoer	18 … 12	2 of hoger	Thermoplast	Hangend of draagbaar	Vochtige locaties	Extra zwaar gebruik
					Vochtige en natte locaties	
			Oliebestendige thermoplast		Vochtige locaties	
					Vochtige en natte locaties	

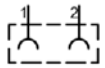
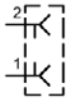
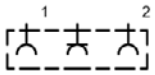
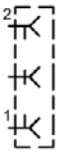
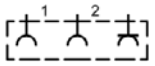
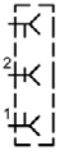
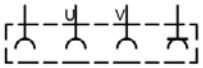
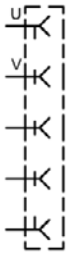
Handelsnaam	AWG of kcmil	Aantal aders	Isolatie	Gebruik		
Stofzuiger-snoer	18 … 16	2 of 3	Thermoset	Hangend of draagbaar	Vochtige locaties	Geen zwaar gebruik
			Thermoplast			
			Oliebestendige thermoplast			
			Oliebestendig thermoset			
			Thermoplast			
			Oliebestendige thermoplast			
Parallel litze-snoer	27	2	Thermoplast	Aangesloten op een huishoude-lijk apparaat	Vochtige locaties	Geen zwaar gebruik
Litzesnoer met steker	27	2	Thermoplast	Aangesloten op een huishoude-lijk apparaat	Vochtige locaties	Geen zwaar gebruik
Draagbare voedingska-bel	12 … 500 501 … 1000	1 … 6 1	Thermoset	Draagbaar, extra zwaar gebruik		

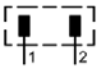
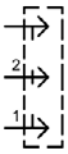
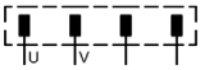
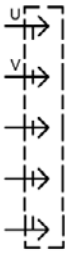
B.5 Grafische symbolen en afkortingen volgens IEC en UL / NFPA

Klemmen en stekers, klem

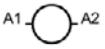
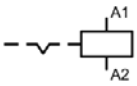
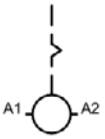
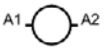
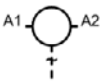
Description	IEC symbol	ANSI symbol
Terminal with 1 connection without plug-and-receptacle (socket) connections		
Receptacle of a plug-in connection		
Socket (receptacle) and plug		
Plug of a plug-in connection		

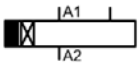
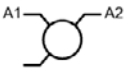
Contactdoos

Description	IEC symbol	ANSI symbol
Receptacle without PE, two-pin		
Receptacle with PE, three-pin		
Receptacle with PE, three-pin		
Receptacle, four-pin with PE		
Receptacle, five-pin (CEE)		

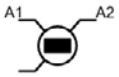
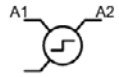
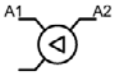
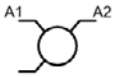
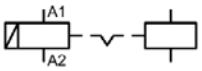
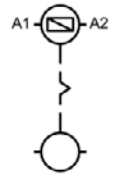
Description	IEC symbol	ANSI symbol
Plug, two-pin		
Plug, three-pin		
Plug, four-pin		
Plug, five-pin (CEE)		

Spoelen

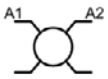
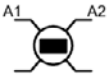
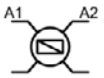
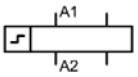
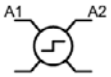
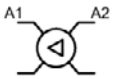
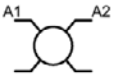
Description	IEC symbol	ANSI symbol
Electromechanical operating mechanism, general / relay coil, general		
Electromechanical operating mechanism with response delay		
Electromechanical operating mechanism with response delay/returning time		
Electromechanical operating mechanism of a residual current release		
Second coil for remanent relay (exploded representation)		
Electromechanical operating mechanism of a multifunction relay		
Electromechanical operating mechanism with returning time		
Electromechanical operating mechanism of a resonance relay		
Electromechanical operating mechanism of a remanent relay		

Description	IEC symbol	ANSI symbol
Electromechanical operating mechanism of a current impulse relay		
Electromechanical operating mechanism of an extremely fast-switching relay		
Electromechanical operating mechanism of a backup relay		
Electromechanical operating mechanism of a flasher relay		
Electromechanical operating mechanism of an AC relay		
Electromechanical operating mechanism, impervious to AC		
Electromechanical operating mechanism with response delay		
Electromechanical operating mechanism with response delay/returning time		
Electromechanical operating mechanism of a multifunc-tion relay		

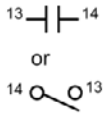
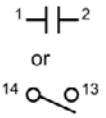
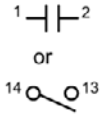
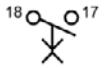
Spoelen (3 aansluitingen)

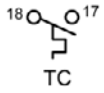
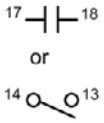
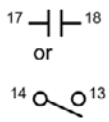
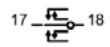
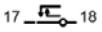
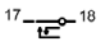
Description	IEC symbol	ANSI symbol
Electromechanical operating mechanism with returning time		
Electromechanical operating mechanism of a remanent relay		
Electromechanical operating mechanism of a current impulse relay		
Electromechanical operating mechanism of a backup relay		
Electromechanical operating mechanism of a flasher relay		
Electromechanical operating mechanism		
Electromechanical operating mechanism with response delay		
Electromechanical operating mechanism with response delay/returning time		
Electromechanical operating mechanism of a remanent relay, exploded representation		

Spoelen (4 aansluitingen)

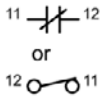
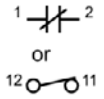
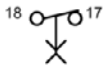
Description	IEC symbol	ANSI symbol
Electromechanical operating mechanism of a multifunc-tion relay		
Electromechanical operating mechanism with returning time		
Electromechanical operating mechanism of a remanent relay		
Electromechanical operating mechanism of a current impulse relay		
Electromechanical operating mechanism of a backup relay		
Electromechanical operating mechanism		

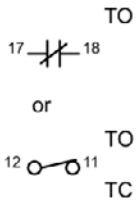
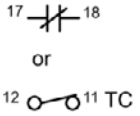
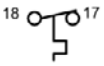
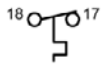
Contacten - NO-contacten

Description	IEC symbol	ANSI symbol
NO contact		
NO power contact of a contactor		
NO power contact of a contactor with automatic release		
NO contact, closes with delay		
NO contact, opens with delay		
NO contact, closes and opens with delay		

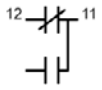
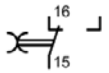
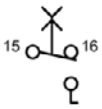
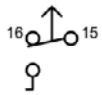
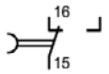
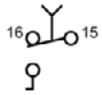
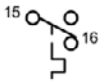
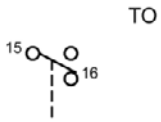
Description	IEC symbol	ANSI symbol
NO contact with automatic return		
NO contact, electrothermal release		 TC
NO contact, leading		 TC
NO contact, lagging		TO  TO
NO contact, pulse contact element with contacting on actuation and on release (to the right)		
NO contact, pulse contact element with contacting on release (to the left)		
NO contact, pulse contact element with contacting on actuation (to the right)		

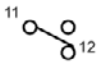
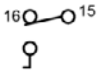
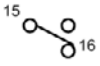
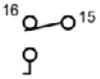
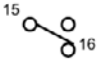
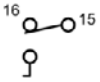
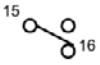
Contacten - NC-contacten

Description	IEC symbol	ANSI symbol
NC contact		
NC power contact of a contactor		
Mirror contact (auxiliary NC contact for main current NO contacts)		
NC contact, opens with delay		
NC contact, closes and opens with delay		
NC contact, closes with delay		

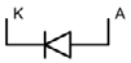
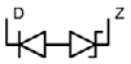
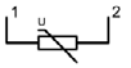
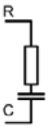
Description	IEC symbol	ANSI symbol
NC contact, lagging		
NC contact, leading		
NC contact, electrothermal release, inhibit / reset		
NC contact with automatic return		
NC contact, electrothermal release		

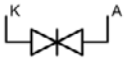
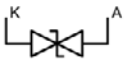
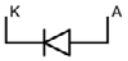
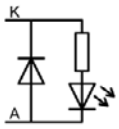
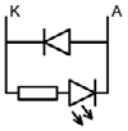
Wisselcontacten

Description	IEC symbol	ANSI symbol
Change-over contact with interruption (2-path)		
Change-over contact (2-path), ON and OFF-delay		
Change-over contact (2-path), ON-delay		
Change-over contact (2-path), OFF-delay		
Change-over contact (2-path), with automatic thermal actuation		
Change-over contact (2-path), closes lagging to other contacts of the contact set		
Change-over contact (2-path), closes leading to other contacts of the contact set		

Description	IEC symbol	ANSI symbol
Change-over contact without interruption, subsequent changeover contact element (2-path)		
Change-over contact, pulse contact element with contacting on release (to the right and left)		
Change-over contact (2-path), pulse contact element with contacting on actuation and return (to the right and left)		
Change-over contact, pulse contact element with contacting on release (to the left)		
Change-over contact (2-path), pulse contact element with contacting on return (to the left)		
Change-over contact, pulse contact element with contacting on actuation (to the right)		
Change-over contact (2-path), pulse contact element with contacting on actuation (to the right)		

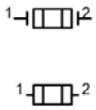
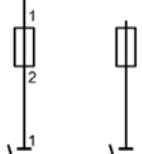
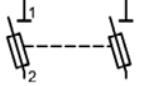
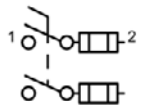
Overspanningsbeveiliging

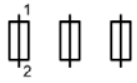
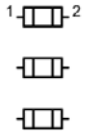
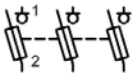
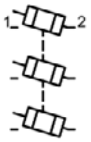
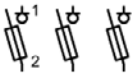
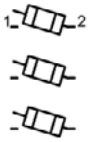
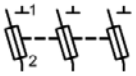
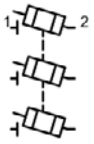
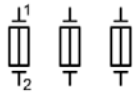
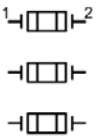
Description	IEC symbol	ANSI symbol
Protective circuit of a coil using a diode		
Protective circuit of a coil using a diode and Z diode		
Protective circuit of a coil using a varistor		
Protective circuit of a coil using an RC element		

Description	IEC symbol	ANSI symbol
Protective circuit of a coil using an avalanche diode		
Protective circuit of a coil using a suppressor diode		
Protective circuit of a coil using a diode		
Protective circuit of a coil using a combination of diode, LED+R		
Lightning conductor		
Surge arrester		

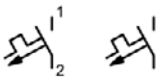
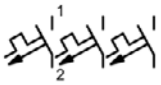
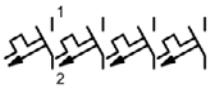
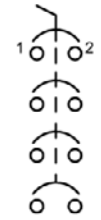
Beveiligingsvoorzieningen

Smeltveiligheid

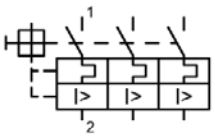
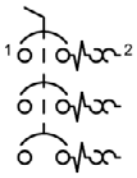
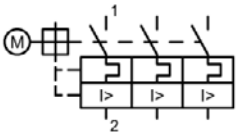
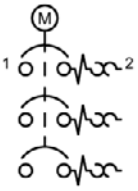
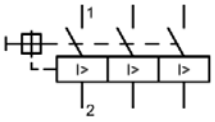
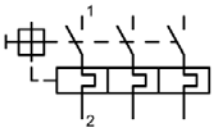
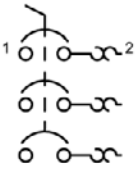
Description	IEC symbol	ANSI symbol
Fuse, single-pole, general		
Fuse switch disconnector, single-pole		
Fuse switch, single-pole		
Fuse switch disconnector, single-pole		
LV HRC fuse switch disconnector, single-pole, general		
Fuse, two-pole, general		
Fuse switch disconnector, two-pole		

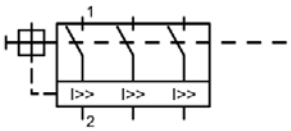
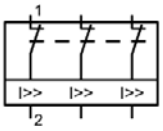
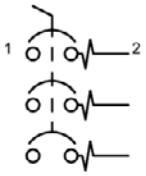
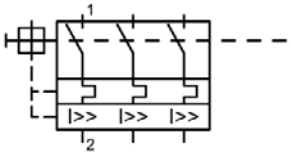
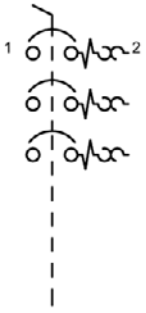
Description	IEC symbol	ANSI symbol
Fuse, three-pole, general		
Fuse switch disconnector, three-pole		
Fuse switch disconnector, three-pole, can be switched singly		
Fuse switch disconnector, three-pole		
LV HRC fuse switch disconnector, three-pole, general		

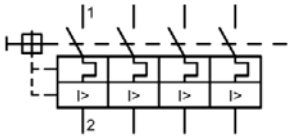
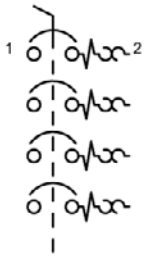
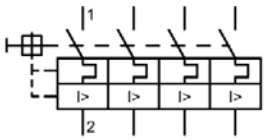
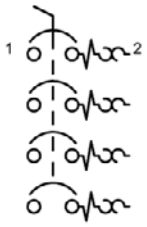
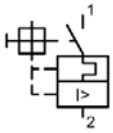
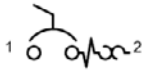
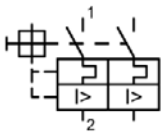
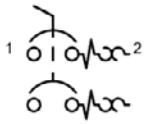
Miniatuur automaat

Description	IEC symbol	ANSI symbol
Miniature circuit breaker, single-pole		
Miniature circuit breaker, single-pole, tripping through thermal or electromagnetic overcurrent protection		
Miniature circuit breaker, two-pole		
Miniature circuit breaker, three-pole		
Miniature circuit breaker, four-pole		

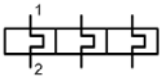
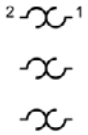
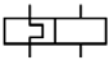
Motorautomaat

Description	IEC symbol	ANSI symbol
Circuit breaker / motor starter protector with breaker latching mechanism without line		
Circuit breaker / motor starter protector with breaker latching mechanism, motorized operating mechanism		
Circuit breaker / motor starter protector with magnetic trip unit and breaker latching mechanism without line (three-pole)		
Circuit breaker / motor starter protector with breaker latching mechanism, thermal trip unit, without line		

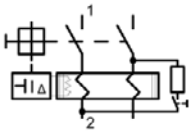
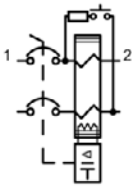
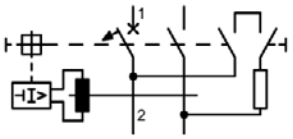
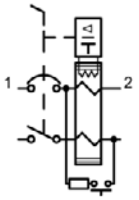
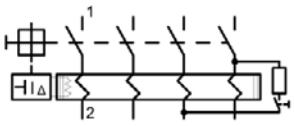
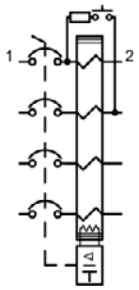
Description	IEC symbol	ANSI symbol
Limiter, without thermo contacts, with breaker latching mechanism and line		
Limiter, without thermo contacts		
Limiter, with thermo contacts, with breaker latching mechanism and line		

Description	IEC symbol	ANSI symbol
Circuit breaker / motor starter protector with breaker latching mechanism and line		
Circuit breaker / motor starter protector with breaker latching mechanism without line		
Electromechanical operating mechanism of a shunt release		
Circuit breaker / motor starter protector with breaker latching mechanism without line		
Circuit breaker / motor starter protector with breaker latching mechanism without line		

Beveiligingsrelais

Description	IEC symbol	ANSI symbol
Electromechanical operating mechanism of a thermo relay, three-pole		
Electromechanical operating mechanism of a thermo relay, single-pole		
Electromechanical operating mechanism of a thermo relay, four-pole		
Electromechanical operating mechanism of a protective relay (thermo relay)		

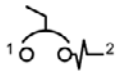
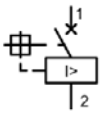
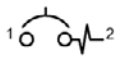
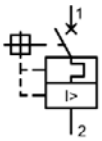
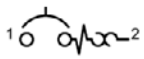
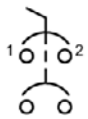
Aardlekschakelaar

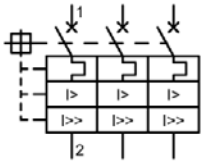
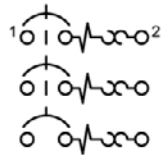
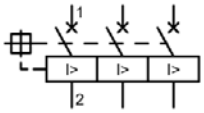
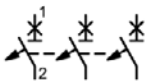
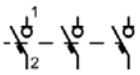
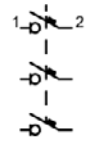
Description	IEC symbol	ANSI symbol
Residual current circuit breaker, two-pole		
Residual current circuit breaker, 2-pole (1-pole protected, 2-pole switching)		
Residual current circuit breaker, four-pole		

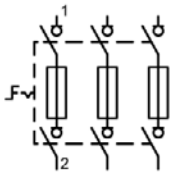
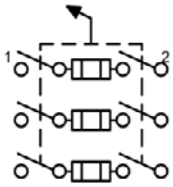
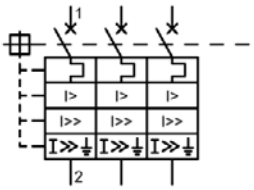
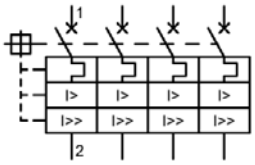
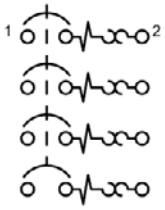
Over- en onderspanningsschakelaar

Description	IEC symbol	ANSI symbol
Electromechanical operating mechanism of an overvoltage release		
Electromechanical operating mechanism of an undervoltage release		

Circuit breaker

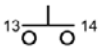
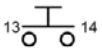
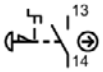
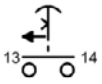
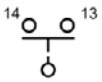
Description	IEC symbol	ANSI symbol
Circuit breaker, single-pole, tripping through thermal or electromagnetic overcurrent protection		
Miniature circuit breaker, single-pole		
Circuit breaker, single-pole (magnetic trip unit)		
Circuit breaker, single-pole (L, I characteristic)		
Miniature circuit breaker, two-pole		

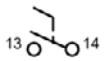
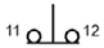
Description	IEC symbol	ANSI symbol
Circuit breaker, three-pole, with breaker latching mechanism		
Circuit breaker, three-pole, with breaker latching mechanism		
Miniature circuit breaker, three-pole		
Switch disconnector, three-pole, with automatic release through built-in measuring relay		

Description	IEC symbol	ANSI symbol
Switch disconnector with fuse element, three-pole (double interruption)		
Circuit breaker, three-pole (L,S,I,G characteristic)		
Circuit breaker, four-pole, with breaker latching mechanism		

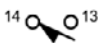
Sensoren

Schakelaars, knoppen

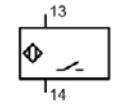
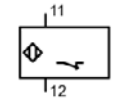
Description	IEC symbol	ANSI symbol
Pushbutton, NO contact by pressing		
Switch, NO contact by pressing		
Switch, NO contact through mechanical operation		
Switch, NO contact through mechanical operation, actuated		
Switch, NO contact, proximity-sensitive		
Emergency off switch/emergency pushbutton, NO contact, with rotate to unlatch mechanism		
Switch, NO contact, actuation by roller		
Switch, NO contact by rotating		

Description	IEC symbol	ANSI symbol
Switch disconnector		
Pushbutton, NC contact, general		
Pushbutton, NC contact by rotating		
Switch, NC contact, actuation by roller		

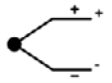
Eindschakelaar

Description	IEC symbol	ANSI symbol
Limit switch, NO contact		
Limit switch, NC contact		

Naderingssensor

Description	IEC symbol	ANSI symbol
Proximity sensor, NO contact		
Proximity sensor, NC contact		

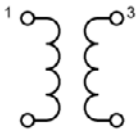
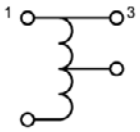
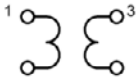
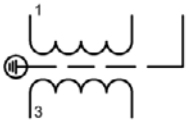
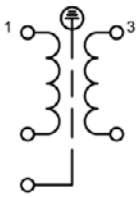
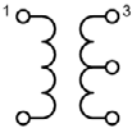
Analoge sensor

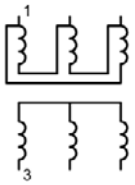
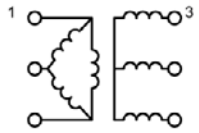
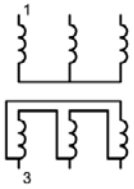
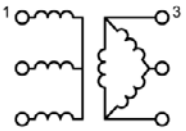
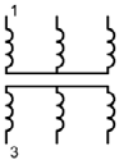
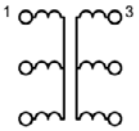
Description	IEC symbol	ANSI symbol
Thermocouple		
Resistor, NTC thermistor		
Resistor, PTC thermistor		

Spanningsbron

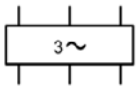
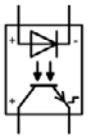
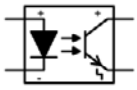
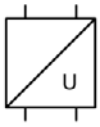
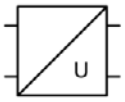
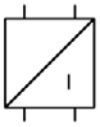
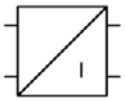
Description	IEC symbol	ANSI symbol
Battery, primary or secondary element, accumulator		

Transformator

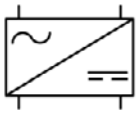
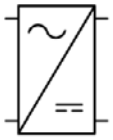
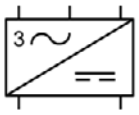
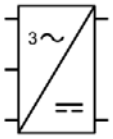
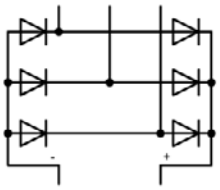
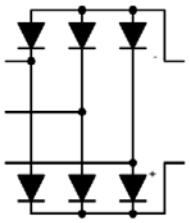
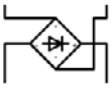
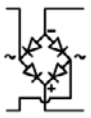
Description	IEC symbol	ANSI symbol
Single-phase transformer with two windings		
Single-phase auto-transformer		
Voltage transformer		
Single-phase transformer with two windings and shield		
Transformer with single-sided center tapping		

Description	IEC symbol	ANSI symbol
Three-phase transformer, delta-wye circuit		
Three-phase transformer, wye-delta circuit		
Three-phase transformer, wye-wye circuit		

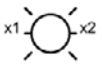
Omzetter

Description	IEC symbol	ANSI symbol
Line filter, three-pole		
Line filter, two-pole		
Optocoupler, 4-wire		
Transmitter, ideal voltage source		
Transmitter, ideal current source		

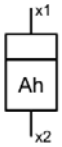
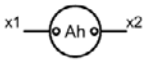
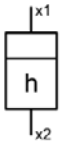
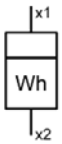
Gelijkrichter

Description	IEC symbol	ANSI symbol
Rectifier, bridge, two-phase, secondary, 2 connections		
Rectifier, three-phase bridge, three-phase, secondary, 2 connections		
Three-phase bridge connection		
Rectifier in bridge connection		

Signaleringstoestellen

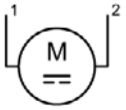
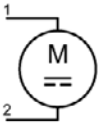
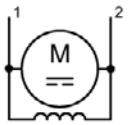
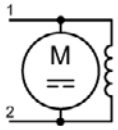
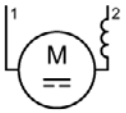
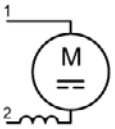
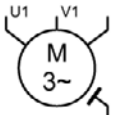
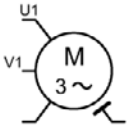
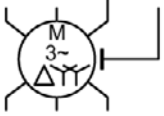
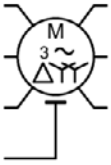
Description	IEC symbol	ANSI symbol
Lamp / indicator light, general		
Glow lamp		
Light emitting diode (LED), general		
Siren		
Buzzer		
Horn		
Alarm / bell		
Fluorescent lamp without PE		

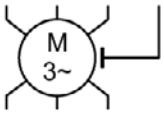
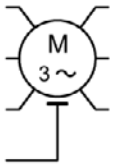
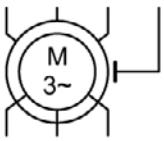
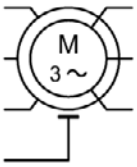
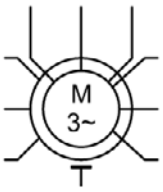
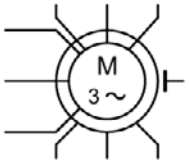
Meettoestellen

Description	IEC symbol	ANSI symbol
Ammeter, indicating, ampere meter		
Voltmeter, indicating		
Meter, amperehour meter		
Meter, operating hours		
Meter, watt-hour meter, electricity meter		

Vermogensbelastingen

Motor

Description	IEC symbol	ANSI symbol
AC motor, ventilator/fan		
DC motor, general		
DC shunt-wound motor		
DC series-wound motor		
Three-phase induction motor, one speed		
Three-phase induction motor, wye-delta circuit		

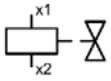
Description	IEC symbol	ANSI symbol
Three-phase induction motor, one winding, pole-changing, two speeds		
Three-phase induction motor, two separate windings, pole-changing, two speeds		
Three-phase induction motor, two separate windings, pole-changing, three speeds		

Verwarming

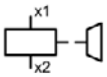
Description	IEC symbol	ANSI symbol
Heater element		

Klep, rem, koppeling

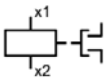
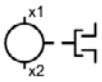
Klep

Description	IEC symbol	ANSI symbol
Solenoid valve, general		

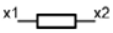
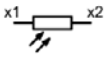
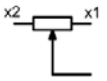
Rem

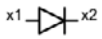
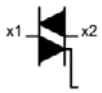
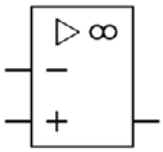
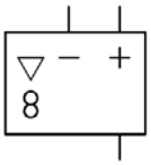
Description	IEC symbol	ANSI symbol
Magnetic brake		

Koppeling

Description	IEC symbol	ANSI symbol
Magnetic coupling		

Elektronische, logische componenten

Description	IEC symbol	ANSI symbol
Capacitor, general		
Inductance / coil / winding / reactor		
Current transformer (path 1)		
Resistor, general		
Photoresistor		
Resistor, modifiable		
Resistor, voltage-dependent / varistor		
Resistor with moving contact / potentiometer		

Description	IEC symbol	ANSI symbol
Semiconductor diode, general		
Thyristor diode, bidirectional, diac		
Z diode, avalanche diode, unidirectional, voltage limiting diode		
Thyristor triode		
Operational amplifier		

B.6 Nadere informatie en ondersteuning

B.6.1 Algemene informatie over automatisering en aandrijvingen bij Siemens AG en Siemens Industry Inc. USA

Siemens Industry Mall

De Industry mall is een catalogus- en bestelsysteem voor automatisering en aandrijvingen van Siemens. U vindt hier alles wat u moet weten over de producten en nog veel meer - 24 uur per dag. Van slimme hulpmiddelen waarmee u producten en systemen gemakkelijk configureert, tot downloaden van software en documentatie.

- Internationaal (http://www.siemens.com/industrymall)
- USA (http://www.siemens.com/industrymall/US)

Configurators

Onder "Configurators" vindt u alle configurators die momenteel beschikbaar zijn in de industry mall inclusief beschrijving en opstartopties. De desbetreffende configurator kan rechtstreeks of, indien beschikbaar, via standaardopties worden opgeroepen.

- Internationaal (https://eb.automation.siemens.com/mall/en/Catalog/Configurators)
- USA (https://eb.automation.siemens.com/mall/en/us/Catalog/Configurators)

Toepassingsadvies voor fabrikanten van industriële besturingskasten die aan de normen voldoen

Hier vindt u nadere informatie, praktische tips en literatuur over de toepassing van normen en de bijbehorende training voor het fabriceren van industriële besturingskasten en over de elektrische uitrusting van machines voor de Noord-Amerikaanse markt en voor de internationale IEC-markten.

- Wereldwijd (http://www.siemens.com/applicationconsulting)
- USA (http://www.usa.siemens.com/controlpaneldesign)

B.6.2 Informatie op internet over industriële besturingselementen en laagspanningsverdelers van Siemens

SIRIUS – de wereld van industriële besturingselementen

SIRIUS biedt een uitgebreid aanbod aan industriële besturingsproducten. Dankzij het modulaire ontwerp is het gemakkelijk deze producten te plannen en in de besturingskast te monteren. Ze kunnen eenvoudig worden opgenomen in gedistribueerde systemen en sluiten perfect op elkaar aan.

- Internationaal (http://www.siemens.com/industrial-controls)
- USA (http://www.usa.siemens.com/controls)

Laagspanningsverdeler en elektrische installatie

Zowel in industriële installaties als in gebouwen. Elk technisch systeem is afhankelijk van een betrouwbare elektrische voeding. Zelfs een kortstondige spanningsuitval kan ernstige gevolgen hebben. U heeft daarom behoefte aan producten en systemen die bestand zijn tegen alle gebeurtenissen en waarmee u aan de veilige kant blijft. Wij hebben het uitgebreidste aanbod aan technologie voor spanningsverdelers en elektrische installaties ter wereld - van schakelmateriaal tot aan contactdozen.

- Internationaal (http://www.siemens.com/lowvoltage)
- USA (http://www.usa.siemens.com/lowvoltage)

B.6.3 Industry Online Support

Siemens Industry Online Support biedt uitgebreide informatie over producten, diensten, toepassingen en oplossingen voor alle aspecten van automatisering en aandrijvingen. Er is ook een forum waar u ideeën kunt bespreken of uitwisselen met andere gebruikers.

- Internationaal (http://support.automation.siemens.com)
- USA (http://support.automation.siemens.com/US)

B.6.4 Planning Efficiency™ - Snel en gemakkelijk perfecte besturingskasten ontwikkelen

Nieuwe normen en richtlijnen, tijdsdruk en steeds hogere kwaliteitseisen: het dagelijkse werk van een kastenbouwer is sterk aan het veranderen. Planning Efficiency™ biedt 24 uur per dag ondersteuning - in elke fase van het proces. Zo bespaart u tijd en kunt u uw werkwijze stroomlijnen. Gebruik de tijd die vrijkomt voor nieuwe ideeën en innovaties.

- Internationaal (http://www.siemens.com/planning-efficiency)
- USA (http://www.usa.siemens.com/planning-efficiency)

B.6.4.1 My Documentation Manager

Omschrijving

Met My Documentation Manager (http://www.siemens.com/mydocumentationmanager) stelt u uw eigen documentatie samen uit onze standaarddocumenten (handleidingen) die te vinden zijn in de sectie Product Support.

Functie

In My Documentation Manager kunt u een eigen compilatie, met een eigen structuur, maken en beheren. Onderstaande stappen zijn bedoeld om u snel en eenvoudig op weg te helpen met My Documentation Manager.

1. Artikel selecteren

Alle handleidingen in de sectie Product Support, die gekenmerkt zijn met "Manuals/operating instructions, *configurable*" zijn geschikt om bewerkt te worden in My Documentation Manager. U kunt deze handleidingen ook vinden met de zoekfunctie. Kies hiervoor de optie "Manuals/operating instructions → Configurable only"..

2. Onderdeel in My Documentation Manager selecteren

Via de link "Display and configure" in een onderdeel van de bijbehorende handleiding, roept u My Documentation Manager op. De handleiding wordt ook toegevoegd aan de lijst "Last visited".

3. Uw eigen library aanmaken/uitbreiden

In het centrale deel van My Documentation Manager (My Library), kunt u uw eigen mappen aanmaken (klik in dit gebied op de rechtermuisknop), verwijderen of van naam veranderen. Deze mappen komen overeen met de hoofdstukken in uw eigen compilatie (library).

4. Onderdelen in uw eigen compilatie opnemen

U kunt nu delen van de handleidingen in de lijst "Last visited" naar uw eigen mappenboomstructuur (library) slepen.

5. Exporteren

U kunt op ieder moment delen van uw library in verschillende formaten (PDF, XML, RTF) exporteren. Kies hiervoor de functie "Create generated document". Dat doet u door met de rechtermuisknop te klikken op het desbetreffende onderdeel van uw library.

Opmerking

U kunt met My Documentation Manager op een effectieve manier de documentatie voor een bepaalde installatie samenstellen. Documentatie die u heeft samengesteld in een bepaalde taal, kan automatisch ook in een andere taal worden geëxporteerd.

B.6.4.2 CAx Download Manager

Omschrijving

Met de CAx Download Manager (http://www.siemens.com/cax) heeft u eenvoudig toegang tot up-to-date productinformatie voor uw CAx of CAe system. U configureert met een paar muisklikken uw eigen downloadpakket.

U kunt kiezen uit:

- productfoto's, 2D maattekekeningen, 3D-modellen, schakelschama's van het toestel, EPLAN-macrobestanden,
- handleidingen, karakteristieken, gebruiksaanwijzingen, certificaten,
- product masterdata.

Functie

Onderstaande stappen zijn bedoeld om u snel en eenvoudig op weg te helpen met CAx Download Manager.

1. Product kiezen

Zoek met het invoerveld rechtsboven naar relevante producten. Als u het artikelnummer invoert, dan verschijnen er suggesties voor producten in het zoekveld. Klik hier dan simpelweg op uw artikelnummer.

2. Tabblad "Technical/CAx data" selecteren

Afhankelijk van het product dat u heeft gekozen, verschijnt al dan niet het tabblad "Technical/CAx data". Selecteer in dit tabblad de CAx-data en volg de aanwijzingen.

3. Uw CAx-pakket samen samenstellen

Selecteer nu de documenttypen die voor u van belang zijn in de volgende stappen. U kunt desgewenst andere artikelnummers toevoegen in stap 1 onder Load / enter list of products.

4. Het CAx-pakket downloaden

Alles geselecteerd? Start dan de export van uw configuratie. Alle geselecteerde documenten worden in een zip-bestand gepakt dat u kunt downloaden. U kunt nu het CAx Download Manager-venster sluiten. De verwerking kan even duren. U ontvangt een e-mail als het bestand klaar staat.

Opmerking

Opzoeken van productspecifieke CAD- en CAE-gegevens kan erg tijdrovend zijn. Vanaf nu kunt u uw productspecifeke CAx Download Manager met een paar muisklikken configureren. Wat u ook nodig heeft, een 3D-model, een 2D-maattekening, certificaten of product-masterdatabladen, we stellen een persoonlijk downloadpakket voor u samen.

In de bijlage onder Nadere informatie en ondersteuning (pag. 394) vindt u voorbeelden. Deze illustreren de diversiteit van de gegevens en het gemak waarmee u hier toegang toe heeft met de CAx Download Manager.

- aanmaken schakelschema's in ANSI-formaat, gangbaar in Noord-Amerika

- aanmaken schakelschema's overeenkomstig de algemene IEC-normen

- 3D-ontwerp van besturingskasten

B.6.5 Energiebesparing in de industrie en bij het fabriceren van industriële besturingskasten

Of u nu een industriële installatie onder uw hoede heeft of een planner of een machinebouwer bent: energiezuinige productie is altijd een uitdaging. De producten, systemen en oplossingen van Siemens zorgen voor de ideale omgeving om voortdurend, systematisch aan energiebesparing te werken. Dit biedt volledig nieuwe mogelijkheden om uw concurrentievermogen duurzaam te verbeteren.

U vindt meer informatie op de volgende webpagina:

- Energiebesparend produceren (http://www.siemens.com/energy-efficiency-production)

B.6.6 Training

SITRAIN biedt wereldwijd trainingen voor de industrie - vrijwel overal en vrijwel altijd. U kunt de cursus klassikaal bijwonen, maar u kunt uw kennis ook consolideren met innovatieve trainingsmethoden en communicatiemedia; bijvoorbeeld als web-based training. Als u op zoek bent naar een training voor een bepaald product en u wilt weten waar ter wereld deze wordt gegeven, dan kunt u hier het wereldwijde cursusaanbod raadplegen.

- Aandrijvingstechnologie
- Automatiseringssystemen
- Bouwtechnologie
- Communicatie
- Procesbesturingssystemen
- Sensorsystemen
- Veiligheidssystemen - ingebouwde veiligheid

- Internationaal (http://www.siemens.com/sitrain)
- USA (http://www.usa.siemens.com/sitrain)

Siemens machineveiligheid en lifecycle-services

Veiligheidstraining, -producten en -oplossingen

Bij het automatiseren van fabrieken is het van essentieel belang dat machines veilig zijn terwijl de productiviteit maximaal blijft. De geïntegreerde oplossingen voor machineveiligheid van Siemens - één systeem voor veiligheidsrelevante en standaardautomatisering, één configuratietool, één netwerk voor standaard en fail-safe communicatie, de beste diagnosehulpmiddelen, langdurige bescherming van uw investering en duurzame concurerentiekracht - zorgen voor aanzienlijk lagere opstartkosten en operationele kosten. De totale operationele kosten kunnen tot wel 30% lager zijn. Vanwege deze voordelen en onze voortdurende innovatie van producten en oplossingen zijn wij wereldwijd marktleider op het gebied van machineveiligheid.

- Internationaal (http://www.siemens.com/safety-integrated)
- USA (http://www.usa.siemens.com/safety)

Naleving veiligheidsnormen

Met de Safety Evaluation Tool voor de normen IEC 62061 en ISO 13849-1 gaat u recht op uw doel af. Deze online tool, goedgekeurd door TÜV, helpt u namelijk snel en betrouwbaar bij het beoordelen van de veiligheidsfuncties van uw machine. De tool levert rapportage die aan de normen voldoet en die als veiligheidscontrole opgenomen kan worden in uw documentatie.

- Safety Evaluation Tool (http://www.siemens.com/safety-evaluation-tool)

Internationale services voor functionele veiligheid

Siemens ondersteunt u bij uw risicobeoordeling en SIL/PL-tests, en bij het programmeren en testen van veiligheidsfuncties.

- E-mail: Safety Services (mailto:safety-services.industry@siemens.com)

VS – Services voor machineveiligheid, risicobeoordeling en veiligheidsvalidatie

Siemens Industry, Inc. biedt klanten in de VS services voor machineveiligheid die zijn toegesneden op hun eisen en specificaties.

- Veiligheid (http://www.usa.siemens.com/safety) (onder Machine Safety Support)

Veiligheidstraining

We bieden alomvattende en gestandaardiseerde totaaloplossingen voor de productie- en procesindustrie waarbij de veiligheid een integraal onderdeel is. Deze kunnen worden gecombineerd met uitstekende services voor de gehele levensduur van een machine of installatie waarbij veiligheid een rol speelt.

- Internationaal (http://www.siemens.com/sitrain-safetyintegrated)
- USA (http://www.usa.siemens.com/sitrain)

Veiligheidsuitvoering

Een Siemens Solution Partner, speciaal gekwalificeerd op het gebied van veiligheid kan een totaaloplossing implementeren die aan al uw veiligheidseisen voldoet!

- Wereldwijd (http://www.siemens.com/automation/solutionpartner)
- USA (http://www.usa.siemens.com/safety) (onder Machine Safety Support)

Begrippenlijst

C

Ambient Temperature

Omgevingstemperatuur van de lucht of een ander medium waarin de elektrische apparatuur functioneert.

Appliance

Apparaat voor een specifieke toepassing met zowel componenten in de hoofdstroom- als de stuurstroomketen.

Een voorbeeld hiervan is een airconditioner voor industriële besturingskasten.

Approved

Goedgekeurd betekent geaccepteerd door de plaatselijke inspecteurs.

Available Fault Current

De maximale kortsluitstroom die kan optreden op het punt waar de netspanning op de elektrische apparatuur is aangesloten. De SCCR-waarde op de typeplaat van de industriële besturingskast of de elektrische uitrusting mag niet kleiner zijn dan de maximale kortsluitstroom.

Branch Circuit

Geleiders en toestellen achter het laatste overstroombeveiligingstoestel dat het branch circuit van de belasting beveiligt.

Voorbeeld: Motor branch of verwarmingselement branch

Branch Circuit Protection

Overstroombeveiligingstoestel met een vooraf gedefinieerde of ingestelde nominale stroom voor de beveiliging van een belasting tegen te hoge stromen.

In motor branch circuits is een overstroombeveiliging alleen nodig voor kortsluit- of aardfouten. Er is een aparte overbelastingsbeveiliging vereist om de motor te beschermen tegen overbelasting.

Zie in dit verband ook de term Overbelastingsbeveiliging.

Branch Circuit Protective Device

Als beveiligingstoestel in het branch circuit kan een automaat overeenkomstig UL 489 of een smeltveiligheid overeenkomstig UL 248-4 … 12 worden gebruikt. In motor branch circuits kan hiervoor ook een motorautomaat met aparte test worden gebruikt.

Zie in dit verband ook de term "Self-protected combination motor controller".

Cable

Een kabel is een combinatie van onderling geïsoleerde geleiders, waarbij het geheel gevat is in een beschermende isolatiemantel. Een kabel is niet hetzelfde als een flexibel netsnoer (zie het begrip Netsnoer).

Class 1 Circuit

Stuurstroomketen met overstroombeveiliging bij een maximale bedrijfsspanning van ≤ 600 V. De norm stelt geen beperkingen aan het vermogen. De stuurstroomketen kan ook gevoed worden met een vermogensbeperkende bron zoals een stuurtransformator of een voeding.

Class 2 Circuit

Een stuurstroomketen die gevoed wordt door een bron met beperkt vermogen en met een maximale bedrijfsspanning van ≤ 30 V effectief. Een dergelijke stuurstroomketen is bedoeld voor speciale componenten die een Class 2 circuit vereisen.

Combination Motor Controller

Eén of meer toestellen die zijn samengebouwd en samen alle vier de vereiste functies vervullen voor een installatie met een enkele motor: onderbreken, kortsluitstroombeveiliging, besturing, overbelastingsbeveiliging.

Control Circuit

Een circuit dat de stuursignalen overbrengt. Deze circuits worden niet gebruikt voor de eigenlijke applicatie en dus ook niet voor de hoofdstroomketen.

De nominale stroom is in de meeste gevallen niet groter dan 15 A.

Cord

Een flexibel netsnoer bestaat uit twee of meer geïsoleerde geleiders in een beschermende isolatiemantel die beschermt tegen mechanische schade.

Enclosed Industrial Control Panel

Industriële besturingskast in een eigen behuizing.

Equipment

Een algemene term voor toestellen en componenten in een elektrische installatie. Bijvoorbeeld materialen, toestellen, instrumenten, verlichting, fittingen, connectors en dergelijke.

Feeder Circuit

Alle geleiders en circuits in de hoofdstroomketen, aan de netzijde van het beveiligingstoestel van het branch circuit voor een belasting. Hiertoe behoren bijvoorbeeld alle circuits vóór een motorautomaat in de hoofdstroomketen.

Field Wiring

Leidingen die niet door de kastenbouwer zijn aangesloten, maar die op locatie worden aangesloten nadat de besturingskast of de elektrische uitrusting geplaatst is. Bijvoorbeeld voedingskabel voor de netspanning of leidingen naar externe toestellen voor de stuurstroomketen of belastingen.

Field Wiring Terminal

Aansluitklem voor veldbekabeling.

Fuse for Branch Circuit Protection

Smeltveiligheden van class CC, G, H, J, K, L, R of T. Deze smeltveiligheden zijn geschikt voor het beveiligen van branch circuits.

Fuse, Semiconductor Type

Halfgeleidersmeltveiligheden voor het beveiligen van halfgeleidertoestellen. Deze smeltveiligheden kunnen gebruikt worden als beveiliging van motor branch circuits met vermogensomvormers, mits de desbetreffende test is uitgevoerd.

Fuse, Supplementary Type

Smeltveiligheden die gebruikt worden als aanvullende beveiliging. Deze smeltveiligheden mogen niet gebruikt worden als de enige beveiliging voor branch circuits.

General-use Rating

Nominale waarde, uitgedrukt in V of A, toegekend aan een bedienelement dat gebruikt mag worden voor de volgende belastingen:

- toestellen met een continue stroom en inschakelstroom die niet groter zijn dan de nominale stroom van het bedienelement;
- in het geval van nominale AC-stroom moet de vermogensfactor van de belasting tussen 0,75 en 0,80 liggen;
- in het geval van nominale AC-stroom mogen alleen ohmse belastingen worden bediend.

Industrial Control Panel

Samenstel van twee of meer componenten in de hoofdstroomketen of de stuurstroomketen, of een combinatie van hoofdstroom- en stuurstroomketens.

Industrial Machinery

Een gemotoriseerde machine of een onderling afgestemde groep machines voor het verwerken van materialen. In dit geval is vervoer tijdens gebruik niet mogelijk. De machines kunnen ook bijbehorende onderdelen bevatten. Bijvoorbeeld voor verplaatsen van materiaal, klaarzetten van gereedschap of verpakken.

In Sight From (Within Sight From, Within Sight)

Dit begrip heeft betrekking op afstand en zichtbaarheid. De afstand mag niet groter zijn dan 15 m (50 ft) en het ene onderdeel van de apparatuur moet rechtstreeks zichtbaar zijn vanaf het andere.

Instantaneous Trip Circuit Breaker

Automaten met alleen een onvertraagd verbreekmechanisme. Deze automaten mogen gebruikt worden voor de beveiliging van motor branch circuits als ze onderdeel uitmaken van een Combination Motor controller en als zodanig getest zijn.

Inverse-time Circuit Breaker

Automaten met een vertraagd, thermisch verbreekmechanisme en een onvertraagd magnetisch verbreekmechanisme. Deze automaten zijn in het algemeen geschikt voor de beveiliging van branch circuits.

Load

Apparatuur die is aangesloten op de hoofdstroomketen.

Low-voltage limited energy circuit

Stuurstroomketen met een maximale spanning van 42,4 V (DC of AC piekspanning) waarbij de stroom aan de uitgang begrensd is via een smeltveiligheid of door de beperking van het vermogen van de voeding of de stuurtransformator. Het vermogen moet worden geleverd door een accu/batterij of door een galvanisch gescheiden bron. Spanningsdelers zijn niet toegestaan als voeding.

Motor Starter

Een samenstel van een motoroverbelastingsrelais en een contactor.

Overcurrent Protection

Overstroombeveiligingstoestel met overeenkomstige technische eigenschappen zodat een circuit veilig onderbroken kan worden in het geval van overbelasting, kortsluiting of aardfout met een stroom hoger dan vooraf ingesteld.

Overload Protection

Overbelastingsbeveiliging van motorcircuits om oververhitting te voorkomen tijdens bedrijf of tijdens opstarten.

Pilot Duty Rating

Gebruikscategorie voor relais in stuurstroomketens die zelf andere stuurtoestellen besturen.

Qualified person

Gekwalificeerd personen zijn mensen die vertrouwd zijn met het ontwerp van de elektrische uitrusting en die de vaardigheid en kennis hebben om de uitrusting adequaat te gebruiken. Deze personen hebben een veiligheidstraining nodig zodat ze de gevaren die kunnen optreden met de apparatuur, kunnen ontdekken en vermijden.

Safety-related Function

Veiligheidsrelevante functie is bedoeld om de bedrijfscondities veilig te houden of om gevaarlijke situaties te voorkomen of op zijn minst te minimaliseren.

Self-protected combination motor controller

Dit is een motorautomaat die alleen handmatig bediend kan worden of een samenstel van één of meer toestellen voor onderbreken, kortsluitstroom- en overbelastingsbeveiliging voor motor branch circuits waarmee een motor wordt bestuurd, bijvoorbeeld met een contactor.

Short Circuit Current Rating (SCCR)

De maximale foutstroom die de elektrische uitrusting bij een bepaalde spanning kan weerstaan zonder grote schade en onder specifieke omstandigheden.

Supplementary Protection

Een toestel dat bedoeld is om aanvullende beveiliging te bieden aan het eigenlijke beveiligingstoestel van het branch circuit. Het wordt hierachter geplaatst, aan de belastingszijde. Deze aanvullende beveiligingstoestellen mogen niet gebruikt worden als enige beveiliging van het branch circuit.

Tap Conductor

Leiding achter een overstroombeveiligingstoestel met een nominale stroom die hoger is dan de maximale stroomcapaciteit van de leiding.

Tungsten Rating

Nominale stroom voor toestellen die gloeilampen besturen.

Uw concurrentiepositie versterken door de prestaties van uw machine of fabrieksinstallatie te verbeteren. Daar helpt Siemens Industry u graag bij. In meer dan 190 landen bieden we betrouwbare producten, innovatieve oplossingen en hoogwaardige diensten aan. We combineren onze internationale dekking met een sterke lokale aanwezigheid.

Ons uitgebreide partnernetwerk staat garant voor diepgaande kennis en ervaring in uiteenlopende branches. Dus ook in de branche waarin u actief bent.

Samen met onze externe partners helpen we klanten hun installatie gedurende de hele levenscyclus optimaal te laten presteren. Een soepel samenspel, onderling vertrouwen en duurzaam succes – daar gaan we voor. De hele industriële keten plukt hier de vruchten van. Geoptimaliseerde processen reduceren niet alleen de kostprijs en de time-to-market, maar leveren ook energiebesparingen op. Daarnaast wordt de kwaliteit, de beschikbaarheid en de veiligheid verbeterd. Dit alles draagt bij aan de duurzaamheiddoelstellingen van onze klanten.



Verkoopinformatie,
services en logistiek

070 333 3515
vip.nl@siemens.com
siemens.nl/industrymall

Technische ondersteuning, onsite
service-inzet en spare parts (24/7)

070 333 3555
support.nl.automation@siemens.com
siemens.nl/industry/support

Siemens Training
Technische trainingen

070 333 3900
siemens.training.nl@siemens.com
siemens.nl/training

Siemens Nederland N.V.
Digital Factory /
Process Industries & Drives
Postbus 16068
2500 BB DEN HAAG

Gedrukt in Nederland. © Siemens Nederland N.V. – November 2015
De informatie in deze brochure heeft betrekking op een algemene beschrijving, respectievelijk op een functionaliteit, die in concrete toepassingen niet altijd in de beschreven vorm van toepassing is, c.q. door verdere ontwikkeling van de producten aan verandering onderhevig kan zijn. De verlangde functionaliteit is alleen dan bindend, wanneer deze nadrukkelijk in een overeenkomst is overeengekomen. Leverings-mogelijkheden en technische wijzigingen voorbehouden. Alle productbenamingen kunnen merken of productnamen van Siemens AG of van andere toeleveranciers zijn, waarvan het gebruik door derden de rechten van de houder kan schenden.

siemens.nl/industry