

Sammanställning av teknisk specifikation för industriella automationslinjer

Jean Hellsten

Examensarbete för ingenjör (YH)-examen

El- och automationsteknik

Vasa 2024

EXAMENSARBETE

Författare:	Jean Hellsten
Utbildning och ort:	El- och automationsteknik, Vasa
Inriktning:	Automationsteknik
Handledare:	Tom Nylund, Mirka Matts Nickull, Yrkeshögskolan Novia

Titel: Sammanställning av teknisk specifikation för industriella automationslinjer

Datum: 29.4.2024 Sidantal: 155 Bilagor: 5

Abstrakt

Detta examensarbete har utförts på uppdrag av Mirka. Arbetet beställdes av Mirkas avdelning Project Office. Examensarbetet gick ut på att kompilera tekniska specifikationer för industriella automationslinjer med fokus på att analysera standarder och regleringar som styr deras utformning och tillverkning. Syftet med detta arbete var att göra en undersökning om vilka krav som måste tillämpas vid design av industriella automationslinjer för att kunna tas i drift i USA, samt därefter sammanställa information om standarder, ritningar, maskiner, maskindelar och komponenter till två automationslinjer. Målet med arbetet skulle uppnås genom att lära känna amerikanska marknadens lagar, standarder och organisationer.

I teoridelen gjordes en översikt av europeiska och nordamerikanska standarder, en jämförelse av certifieringsprocesser i olika regioner samt en identifiering skillnader och likheter i systemuppbyggnaden. Även betydelsen av marknadstillträde för produkter i USA och betydelsen av att följa lokala myndighetskrav, Authorities Having Jurisdiction (AHJ), belystes.

Utförandedelen av arbetet fokuserade på en detaljerad undersökning av nordamerikanska standarder som berör industriella automationssystem: UL 508A, NFPA 79 och NFPA70/NEC. Arbetet belyste vikten och skapade en aktuell förståelse för lagar, nyckelstandarder och organisationer relaterade till industriell automation som gäller i USA. Utförandet gick ut på att skriva en lättläst sammanfattning på svenska av de viktigaste kraven i standarderna som skulle hjälpa företagets elplanerare att modifiera systemen för USA-marknaderna.

Resultatet av arbetet är en omfattande rapport om lagar, organisationer och standarder relaterade till tillverkning av industrimaskiner för den amerikanska marknaden. Huvuddragen av resultatet är en bruksanvisning som listar de mest relevanta punkterna som ska beaktas när man designar industriella elcentraler och automationslinjer till USA. Dokumentet är utvecklat för att vara mer praktiskt och lättare att förstå jämfört med texterna i standarderna.

Språk: svenska

Nyckelord: UL 508A, NFPA 79, NFPA 70, NEC, US-standarder, automation

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä:	Jean Hellsten
Koulutus ja paikkakunta:	Sähkö- ja automaatiotekniikka, Vaasa
Suuntautumisvaihtoehto:	Automaatiotekniikka
Ohjaajat:	Tom Nylund, Mirka Matts Nickull, Yrkeshögskolan Novia

Nimike: Teollisuusautomaatiolinjojen teknisten eritelmien laatiminen

Päivämäärä: 29.4.2024 Sivumäärä: 155 Liitteet: 5

Tiivistelmä

Tämä opinnäytetyö on tehty toimeksiantona Mirkalle, ja sen tilasi Mirkan Project Office-osasto. Työssä tutkitaan teollisuusautomaatiolinjojen teknisiä eritelmiä keskittyen niiden suunnittelua ja valmistusta koskevien standardien sekä määräysten analysointiin. Tarkoituksena on selvittää teollisuusautomaatiolinjojen suunnittelussa sovellettavat vaatimukset, jotta teollisuusautomaatiolinjat voidaan ottaa käyttöön Yhdysvalloissa. Sen myötä voidaan koota tiedot kahden automaatiolinjan, piirustuksista, koneista, koneen osista ja komponenteista. Tavoite saavutetaan tutustumalla Yhdysvaltojen markkinoiden lakeihin, standardeihin ja organisaatioihin.

Teoriaosassa on kuvattu yleisellä tasolla eurooppalaisia ja pohjoisamerikkalaisia standardeja, vertailtu eri alueiden sertifiointiprosesseja sekä tunnistettu järjestelmärakenteiden eroja ja yhtäläisyyksiä. Lisäksi teoriaosassa korostuu tuotteiden markkinoille pääsyn tärkeys Yhdysvalloissa ja paikallisviranomaisten vaatimusten noudattamisen merkitys eli Authorities Having Jurisdiction (AHJ).

Toteutusosassa on keskitytty pohjoisamerikkalaisten teollisuusautomaatiojärjestelmiä koskevien standardien UL 508A, NFPA 79 ja NFPA70/NEC yksityiskohtaiseen tarkasteluun. Työssä on luotu kokonaiskuva nykyisistä Yhdysvaltojen teollisuusautomaatioon liittyvistä laeista, keskeisistä standardeista ja organisaatioista, mitkä ovat aiheen kannalta merkityksellisiä. Kokonaiskuvan avulla on luotu selkeä ruotsinkielinen yhteenveto standardien tärkeimmistä vaatimuksista, jotka voivat auttaa yhtiön sähkösuunnittelijoita muokkaamaan järjestelmiä sopivammiksi Yhdysvaltojen markkinoille.

Opinnäytetyön tuloksena on kattava raportti teollisuuskoneiden valmistukseen liittyvistä organisaatioista ja standardeista Yhdysvalloissa. Lopputuloksen keskeisin osa on käyttöopas, joka sisältää teollisuuden sähkökeskusten ja automaatiolinjojen suunnittelun kannalta keskeisimmät kohdat toimittaessa Yhdysvaltojen markkinoilla. Asiakirja on kehitetty standarditeksteihin verrattuna käytännöllisemmäksi ja helpommaksi ymmärtää.

Kieli: ruotsi

Avainsanat: UL 508A, NFPA 79, NFPA 70, NEC, US-standardit, automaatio

BACHELOR'S THESIS

Author: Jean Hellsten
Degree Programme: Electrical Engineering and Automation,
Vasa
Specialisation: Automation
Supervisors: Tom Nylund, Mirka
Matts Nickull, Novia University of Applied
Sciences

Title: Compilation of Technical Specification for Industrial Automation Lines

Date: 29.4.2024 Number of pages: 155 Appendices: 5

Abstract

This thesis has been carried out on behalf of Mirka and commissioned by Mirka's department: Project Office. The work involved investigating technical specifications for industrial automation lines with a focus on analysing standards and regulations that govern their design and manufacture. The purpose of this work was to investigate which requirements must be applied in the design of industrial automation lines in order to be put into operation in the USA, and then compile information on standards, drawings, machines, machine parts and components for two automation lines.

In the theory part, an overview of European and North American standards was made, as well as a comparison of certification processes in different regions and an identification of differences and similarities in the system structure. The importance of market access for products in the USA and the importance of complying with local state requirements, Authorities Having Jurisdiction (AHJ), were also highlighted.

The implementation part of the work focused on a detailed examination of North American standards that concern industrial automation systems: UL 508A, NFPA 79 and NFPA70/NEC. The work highlighted the importance and created a current understanding of laws, key standards and organizations that apply in the United States. The execution involved writing an easy-to-read summary in Swedish of the most important requirements in the standards that would help the company's electrical planners modify the systems for the US markets.

The result of the work is a comprehensive report on organizations and standards related to the manufacture of industrial machinery for the American market. The main feature of the result is a user guide with the most relevant points to consider when designing industrial control panels and automation lines for the USA. The document is developed to be more practical and easier to understand compared to the texts of the standards.

Language: Swedish

Key words: UL 508A, NFPA 79, NFPA 70, NEC, US standards, automation

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Bakgrund.....	1
1.2	Syfte.....	1
1.3	Frågeställning.....	1
1.4	Målformulering.....	2
1.5	Företagsbeskrivning.....	2
1.5.1	Mirka Ab.....	2
1.5.2	KWH-koncernen.....	3
1.6	Sekretess.....	3
2	Teori.....	4
2.1	Industriella automationslinjer.....	4
2.1.1	Olika typer av automation.....	5
2.2	Standarder.....	6
2.3	Standardiseringsorganisationer.....	6
2.3.1	Standardiseringsorganisationer globalt.....	6
2.3.2	Standardiseringsorganisationer i Europa.....	7
2.3.2.1	Standardisering i Finland.....	7
2.3.3	Standardiseringsorganisationer i USA.....	8
2.3.3.1	American National Standards (ANS).....	9
2.3.3.1.1	ANSI-ackreditering (ASD).....	10
2.3.3.2	Övriga standardiseringsorganisationer i Nordamerika.....	10
2.3.4	Standarder som följs i Europa.....	10
2.3.4.1	EN-serien.....	11
2.3.5	Standarder som följs i USA.....	11
2.4	Likheter och skillnader på standarder globalt.....	11
2.4.1	Harmoniserade standarder.....	11
2.4.2	Skillnader på EU-standarder jämfört med Nordamerikanska-standarder....	12
2.4.2.1	Certifieringsmärkningar.....	12
2.4.2.1.1	CE-märkning.....	12
2.4.2.1.2	UL Mark (UL-märkning).....	13
2.4.2.1.2.1	UL Certification.....	14
2.4.2.1.2.2	UL Listed.....	14
2.4.2.1.2.3	UL Classified.....	15
2.4.2.1.2.4	UL Certified.....	15
2.4.2.1.2.5	UL Enhanced and Smart Certification Mark.....	16

2.4.2.1.2.6	UL Recognized	18
2.4.2.1.2.7	UL Verified.....	19
2.4.2.1.2.8	UL Approved	20
2.4.2.1.2.9	UL:s märklogotyper	20
2.4.2.1.2.10	UL Product iQ.....	21
2.4.2.1.3	ETL Listed	22
2.4.2.1.4	Skillnad på UL Listed och ETL Listed	23
2.4.3	Marknadstillträde för en produkt.....	23
2.4.3.1	Marknadstillträde för en produkt i USA	24
2.4.3.1.1	Authorities Having Jurisdiction (AHJ)	24
2.4.3.2	Certifiering av en produkt eller en maskin.....	25
2.4.3.2.1	CEDOC.....	25
2.4.3.2.2	EUROLAB.....	26
2.4.3.2.2.1	IECEE CB-systemet.....	26
2.4.3.3	Certifieringsprocesser i Europa jämfört med USA.....	27
2.4.3.3.1	Fältutvärdering (Field Evaluation).....	29
2.4.3.3.1.1	Flödesschema för utvärdering.....	29
2.4.3.3.1.2	Field Evaluation-standarder: NFPA 790 & 791.....	30
2.5	Standarder som berör elektriska installationer i industriella anläggningar	30
2.5.1	Standarder som berör elektriska installationer för industriella anläggningar i Europa	31
2.5.1.1	Lågspänningsdirektivet (Low Voltage Directive, LVD).....	32
2.5.1.2	EN 60204–1/IEC 60204–1	32
2.5.1.3	EN 61439–1/IEC 61439–1	33
2.5.2	Finlands SFS-standardserier för elektriska installationer	33
2.5.2.1	SFS-EN IEC 61439–1	34
2.5.3	Standarder som berör elektriska installationer för industriella anläggningar i USA	34
2.5.3.1	National Electrical Code (NEC)/NFPA 70	35
2.5.3.2	NFPA 70E (Standard for Electrical Safety in the Workplace).....	35
2.5.3.3	NFPA 79 (Electrical Standard for Industrial Machinery)	36
2.5.3.4	UL 508A (Standard for Industrial Control Panels).....	36
2.5.3.4.1	Skillnad på UL 508A och NFPA 79	38
2.5.3.5	IEEE 1584	39
2.5.3.6	ISA 18.2.....	39
2.5.3.6.1	UL 50, UL 50E och UL 94.....	39
2.5.4	Centrala skillnader mellan UL 508A och SFS-EN IEC 61439-standardserien.	40

2.6	Myndigheter och organ som upprätthåller arbetsmiljöstandarder	42
2.6.1	International Labour Organization (ILO)	42
2.6.2	EU-OSHA	42
2.6.3	Occupational Safety and Health Administration (OSHA)	42
2.6.3.1	Nationally Recognized Testing Laboratory (NRTL)	43
2.6.3.1.1	Red Tag	44
2.6.3.1.2	National Certification Bodies (NCB)	45
2.6.3.2	Andra myndigheter i USA	45
2.6.3.3	Skillnad på OSHA:s program för NRTL-organ och IAS FEB	45
2.7	Översikt över USA:s regulatoriska landskap	46
2.8	Allmänt om elcentraler	47
2.8.1	Fältutrustning	48
2.9	UL:s program för certifiering av elcentraler	48
2.10	Kategorisering av områden i NEC jämfört med IEC	49
2.10.1	NEC-systemets indelningar	49
2.10.1.1	IEC-systemet indelningar (klassificering utanför USA)	51
2.11	Kapslingsklasser	52
2.12	Elnätet i USA	53
2.12.1	Amerikanska nättyper	53
2.12.2	Konfigurationer av strömförsörjningssystem i USA	55
2.12.2.1	Slash rating	56
2.12.2.2	Straight rating	56
2.12.2.3	Andra konfigurationer av strömförsörjningssystem	57
2.12.3	Nackdelar med USA:s elnät	57
3	Utförande	58
3.1	Saker att notera vid planering och tillverkning av elcentraler och automationslinjer	58
3.1.1	Planering av elcentraler	58
3.1.2	Kapslingsklasser	59
3.1.3	Kabelgenomföringar	61
3.1.4	Komponenter	62
3.1.4.1	Tillämpning av UL Listed & UL Recognized	63
3.1.5	Yt- och luftgap	64
3.1.6	Område som krävs för böjning av ledare	68
3.1.7	Montering	69
3.1.8	Kretsar i en elcentral	70
3.1.9	Power Circuit (huvudkrets)	73

3.1.10	Feeder Circuit (matarkrets).....	74
3.1.11	Branch Circuit (grenkrets).....	74
3.1.12	Control Circuit (styrkrets).....	74
3.1.13	Class 2 Control Circuit (klass 2-krets).....	76
3.1.14	LVLE Circuit (LVLEC).....	76
3.1.15	Motorkrets/strömkrets.....	77
3.1.16	Strömskenor.....	78
3.1.17	Överströmsskydd/säkringar.....	78
3.1.18	Överspänningskydd (Surge-Protective Device, SPD).....	81
3.1.19	Strömkälla (Power Supply, PSU).....	82
3.1.20	Elcentralsbelysning (underhållsbelysning).....	82
3.1.21	Uttag.....	83
3.1.22	Jordning inuti en central.....	83
3.1.23	Skåpets kortslutningsström (SCCR).....	84
3.1.24	Centralmärkningar.....	85
3.1.24.1	Centralens typskylt/märkskylt.....	88
3.1.25	Andra märkningar.....	90
3.1.26	Elskåpsdörrar och lås.....	91
3.1.27	Enheter monterade i dörrar.....	92
3.1.28	Öppningar i elskåpet.....	92
3.1.29	Huvudströmbrytare.....	95
3.1.30	Styr- och signalanordningar.....	98
3.1.30.1	Start-, stopp- och nödstoppsknappar.....	101
3.1.30.2	Ljustorn/ljusfyrrar.....	101
3.1.30.3	Säkerhetsfärgkarta.....	101
3.1.31	Pneumatikdelar.....	103
3.1.32	Motstånd/bromsmotstånd (resistanser).....	103
3.1.33	Kablar och ledare (kopplingstrådar).....	103
3.1.34	Fältkabelanslutningar och anslutningsplintar (kopplingsplintar).....	109
3.1.35	Färgkoder för ledare (kopplingstrådar) och anslutningspunkter.....	113
3.1.36	Kabeltyper.....	114
3.1.37	Kabeldragning, kabelhyllor och installationer.....	115
3.1.38	Elektriska tester.....	116
3.1.39	Ibruktagningsbesiktning.....	117
3.1.40	Dokumentation som bör tillhandahållas till kunden.....	117
3.1.41	Elritning/elschema.....	119

3.2	Sammanfattning från standardanalyseringen	120
3.3	Tillverkningsprocess och tillämpning av planering	121
3.3.1	AHJ och IAS Accredited FEB i Indiana	121
3.3.2	Standardversioner som används i Indiana	121
3.3.3	Fabrikens strömförsörjning	122
3.3.4	Bestämmande av elcentralers SCCR.....	122
3.3.5	Val av delar och kablar	124
3.3.5.1	Elcentraler.....	125
3.3.5.2	Lås till elcentraler	125
3.3.5.3	Komponenter	125
3.3.5.3.1	Huvudströmbrytare.....	125
3.3.5.3.2	Överströmsskydd/säkringar.....	126
3.3.5.3.3	Belysning och uttag	126
3.3.5.4	Kablar och kopplingstrådar	126
3.3.5.5	Kabelvägar	126
3.3.6	Elcentralstillverkning	127
3.3.7	Ihopsättningen av automationslinjerna	127
3.3.8	Godkännande och driftsättning av automationslinjerna	127
4	Resultat.....	128
4.1	Översikt över resultatet	128
4.2	Instruktionsmanual	129
4.3	Arbetsförklaringsformulär	130
5	Diskussion och analys	132
5.1	Lärdomar från projektet	133
5.1.1	Framgångsfaktorer	134
5.1.2	Utmaningar.....	134
5.1.3	Reflektioner av resultatet.....	136
5.2	Förbättringsförslag.....	136
5.3	Arbetsprocess	138
5.4	Interaktion med handledare och avdelningen	139
6	Slutsatser	141
6.1	Framtida perspektiv och utvecklingsmöjligheter	141
6.2	Sammanfattning av projektet	142
7	Källförteckning.....	144

Bilaga 1: Utrustningsstandarder i UL 508A

Bilaga 2: Kapslingsklasstabell för elcentraler (för installerade enheter i skåpets yttre hölje)

Bilaga 3: Layout på elcentraler

Bilaga 4: Dimensionering av huvudströmbrytare

Bilaga 5: Projektets tidsåtgång

Figurförteckning

Figur 1: Mirkas logotyp.....	3
Figur 2: KWH-koncernens logotyp.....	3
Figur 3: UL Certification-märke.	17
Figur 4: UL:s Smart Mark.	18
Figur 5: UL:s Smart Badge.....	18
Figur 6: UL:s Verified Mark.	19
Figur 7: Olika varianter av UL Listed och UL Recognized.....	20
Figur 8: UL Listed-märke.....	21
Figur 9: UL Listed:s motsvarande UL Certified-märke.....	21
Figur 10: UL Classified-märke.	21
Figur 11: UL Classified:s motsvarande UL Certified-märke.	21
Figur 12: UL Listed (för Europa).....	21
Figur 13: UL Product iQ-hemsidan.....	22
Figur 14: B11-seriens hierarki av av dokument. (Felinski, Main, & Soranno).	27
Figur 15: Riskbedömningsprocessen i ANSI B11.0-standarden. (Felinski, Main, & Soranno).	28
Figur 16: Typisk layout av standarder som visar leverantörens och användarens olika ansvarsområden. (Safety Requirements for Powder/Metal Compacting Presses, 2014). .	28
Figur 17: Flödesschema för en utvärdering av AHJ. (IAS Field Evaluation Body Accreditation Program)	30
Figur 18: Standard-tillämpningar världen över. (The Secrets of UL., 2011).....	31
Figur 19: NEC-versioner i olika delstater. (NEC ENFORCEMENT, u.d.).....	35
Figur 20: Tillämpningsområdena för UL 508A, NFPA 79 och NEC standarder i en industriell miljö. (NFPA 79 – Changes in Edition 2018 , 2018).	39
Figur 21: Interaktion mellan nordamerikanska standarder med IEC-standarder. (The Secrets of UL., 2011).....	41
Figur 22: Översikt över de viktigaste myndigheterna, lagarna och standarderna i USA som reglerar tillverkning och sammankoppling av elcentraler. (Industrial Control Panels and Electrical Equipment of Industrial Machinery for North America, 2014).	47
Figur 23: En bild på typiskt innehåll i en elcentral i en industri. (Industrial Control Panels and Electrical Equipment of Industrial Machinery for North America, 2014).	48
Figur 24: Tillvägagångssätt för klassificering av farligt område. (Hazardous Locations: Classes, Divisions and Groups, 2020).	51
Figur 25: NEC- vs. IEC-flödesschema. (HAZARDOUS ENVIRONMENT CLASSIFICATIONS: NEC VS IEC, 2019).....	52
Figur 26: Illustrerande förklaring över elcentralstyper.	59
Figur 27: Spänningsberoende krav på säkerhetsavstånd för yt- och luftavstånd förhindrar risken för elektriskt spårningsöverslag över isoleringsytor samt överslag genom luften. (Electrical equipment of industrial machinery exported to North America, 2015)	64
Figur 28: Terminologi i UL 508A. (UL 508A, 2022).	72
Figur 29: Indelning av Power Circuit i Feeder-, och Branch Circuit (1). (Electrical equipment of industrial machinery exported to North America, 2015).....	73
Figur 30: Indelning av Power Circuit i Feeder-, och Branch Circuit (2). (Electrical equipment of industrial machinery exported to North America, 2015).....	73
Figur 31: Förklaring över indelningar av Type Location för överspänningskydd.....	81

Figur 32: Exempel på varningsinformation på elcentralen. (Industrial Control Panels and Electrical Equipment of Industrial Machinery for North America, 2014).	85
Figur 33: Exempel på typskylt.....	89
Figur 34: Varningssymbol 5036 "Dangerous Voltage" (IEC 417).	91
Figur 35: Operatörens område.	94
Figur 36: Exempel på inkoppling av huvudströmbrytare (med mekanisk låsmekanism för dörrar). (Industrial Control Panels and Electrical Equipment of Industrial Machinery for North America, 2014)	98
Figur 37: Exempel på varningssymbol enligt definitioner i ANSI Z535.4. (Industrial Control Panels and Electrical Equipment of Industrial Machinery for North America, 2014).	102
Figur 38: Jordningsterminaler (med temperaturmärkning, typ av ledare och cage clamp). (Industrial Control Panels and Electrical Equipment of Industrial Machinery for North America, 2014).....	112
Figur 39: Jordningssymbolen (IEC-symbol 5019).....	113
Figur 40: De 12 vanligaste felen som kan leda till Red Flags för maskinen. Om en elcentral inte först utvärderas av en NRTL, kommer en stor del av de ovan nämnda felen sannolikt att flaggas av AHJ:n. (Electrical equipment of industrial machinery exported to North America, 2015).....	120
Figur 41: Uppdateringsprocess av NEC-standard (1). (NEC ENFORCEMENT, u.d.).	122
Figur 42: Uppdateringsprocess av NEC-standard (2). (NEC ENFORCEMENT, u.d.).	122
Figur 43: Transformatorns typskylt i fabriksfastigheten i USA.....	123
Figur 44: Formel för beräkning av transformatorns kortslutningsström.	123
Figur 45: Beräkning av kortslutningsströmmen för nuvarande transformatorn.	123
Figur 46: Beräkning av kortslutningsströmvärde för en transformator med märkeffekt 2000 kVA.....	124
Figur 47: Bild på pärmsidan till instruktionsmanualen.....	130
Figur 48: Första sidan på arbetsförklaringsformulär till ett av projekten.	131

Tabellförteckning

Tabell 1: En översikt av centrala skillnaderna mellan UL 508A-standarderna och SFS-EN IEC 61439-serien.....	41
Tabell 2: Översikt av olika typer av elnät i USA.....	55
Tabell 3: UL TYPE-klassificeringar.....	61
Tabell 4: Instruktioner för genomföringar i elcentraler.....	62
Tabell 5: Information om icke-certifierade komponenter.....	63
Tabell 6: Minsta längder på luft- och ytgap för gren- och styrkretsar (upp till 600 V).....	65
Tabell 7: Minsta längder på luft- och ytgap för grenkretsar på 601–1000 V.....	66
Tabell 8: Minsta längder på luft- och ytgap för matningskretsar upp till 1000 V.....	67
Tabell 9: Material för skyddsbarriärer.....	68
Tabell 10: Material för direkt stöd av strömförande delar.....	68
Tabell 11: Kopplingstrådsböjningsutrymme vid fältkabelanslutningar.....	69
Tabell 12: Mått på arbetsutrymme som krävs runt en elcentral.....	70
Tabell 13: Motorgrenkretsskydd för styrkrets med styranordningar innanför skåpet.....	75
Tabell 14: Motorgrenkretsskydd i en styrkrets med styranordningar utanför elskåpet.....	76
Tabell 15: Överströmsskydd för en lågspännings- och energibegränsad krets (LVLE).....	77
Tabell 16: Separation av motorkablar (oskärmda) på kabelvägar.....	78
Tabell 17: Standard ampere-värden för säkringar.....	79
Tabell 18: Överströmsskydd för motorkrets.....	80
Tabell 19: Storlek för en utrustnings jordledare.....	84
Tabell 20: Plats för märkningar på elcentraler för industriella ändamål.....	86
Tabell 21: Typskyltsinnehåll för en elcentral till en industrimaskin.....	88
Tabell 22: Minsta avstånd från en öppning till en del som medför risk för elektrisk stöt eller personskada.....	93
Tabell 23: Färgschema för kontrollodon.....	99
Tabell 24: Ikoner för kontrollodon.....	100
Tabell 25: Maskinens indikatorlampor.....	100
Tabell 26: Säkerhetsfärgkarta (ANSI Z535).....	102
Tabell 27: Värdesfaktor för ledare för effektmotstånd.....	103
Tabell 28: Konverteringstabell från AWG till mm ²	104
Tabell 29: Konverteringstabell från kcmil till mm ²	105
Tabell 30: Ampaciteter för kraftkretsledare.....	107
Tabell 31: Ampaciteter för styrkretsledare.....	108
Tabell 32: Omvandling från hästkrafter till VA lastkapaciteter.....	108
Tabell 33: Fältkabelanslutningar för ledare mindre än 14 AWG (2,1 mm ²).....	111
Tabell 34: Färgschema för kopplingstrådar.....	114
Tabell 35: Säkerställning av kontinuiteten i jordningskretsen, värden ges för en testström på 10 A.....	116
Tabell 36: Information som skall tillhandahållas enligt dokumentationskrav i NFPA 79..	119

Termförteckning: Myndigheter, organisationer och standarder

AHJ	Authorities Having Jurisdiction
ANSI	American National Standards Institute
ANSI Z535	Safety Alerting Standards (amerikansk standard som anger ett system för att presentera säkerhets- och olycksförebyggande information)
API	American Petroleum Institute
ASD	Accredited Standards Developer
ASME	American Society of Mechanical Engineers
ASTM International	American Society for Testing and Materials
CEC	Canadian Electrical Code
CEN	Comité Européen de Normalisation (franska för "europeiska standardiseringskommittén")
CENELEC	Comité Européen de Normalisation Électrotechnique (franska för "europeiska kommittén för elektroteknisk standardisering")
CFR	Code of Federal Regulation
CSA	Canadian Standards Association
DOL	Department of Labor
EPA	Environmental Protection Agency (USA)
ESO	European Standardisation Organizations (europeiska standardiseringsorganisationer)
ETL	Edison Testing Laboratories

ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FCC	Federal Communication Commission
FDA	Food and Drug Administration
FEB	Field Evaluation Body
IEC	International Electrotechnical Commission
IECEE	International Electrotechnical Commission for Electrical Equipment
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
ITU	International Telecommunication Union
LVD	Low Voltage Directive
NCB	National Certification Body (en organisation som har beviljats tillstånd att driva Certification Bodies (CB) scheme inom sitt land)
NEMA	National Electrical Manufacturers Association
NFPA	National Fire Protection Association
NFPA 70/NEC	National Electrical Code
NFPA 70E	Standard for Electrical Safety in the Workplace
NFPA 79	Electrical Standard for Industrial Machinery
NRTL	Nationally Recognized Testing Laboratories, t.ex. UL, CSA, ETL Intertek
OSHA	Occupational Safety and Health Administration
RoHS	Restriction of Hazardous Substances (ett direktiv i EU som reglerar användningen av vissa farliga ämnen i elektrisk och elektronisk utrustning)

SCC	Standards Council of Canada
SDO	Standards Developing Organization (standardiseringsorgan)
UL	Underwriters Laboratories
UL 508A	Standard for Industrial Control Panels (standard för industriella elcentraler)
WSC	World Standards Cooperation

Termförteckning: Märkningar, komponenter och övrigt

AC	Alternating Current (växelström)
AIC	Ampere Interrupting Capacity
ATIC	Assurance, Testing, Inspection and Certification
AWG	American Wire Gauge (måttenheter för tvärsnittsarea på ledare i Nordamerika)
AWM	Appliance Wiring Material
BCOPD	Branch-Circuit Overcurrent Protective Device
BCPD	Branch Circuit Protective Device
CCN	Category Code Number (UL: klassificeringsnumrering för olika komponenter)
CE	Conformité Européenne" (franska för "europeisk överensstämmelse")
DC	Direct Current (likström)
DOL	Department of Labor (USA:s arbetsdepartement)
EAC	Eurasian Conformity
EEA	European Economic Area

EE	Electronic Equipment
EEE	Electrical and Electronic Equipment
EN	European Norms
EN-serien	Serien på standarder som används inom EU och Europa
FLA	Full-Load Ampere (motorns nominella ström, värdet anges direkt på motorns märkskylt, i NEC kallas det "Nameplate Value")
FLC	Full-Load Current (ett strömvärde associerat med motorns effekt (HP): varje HP-värde motsvarar ett FLC-värde, i NEC kallas FLC även för "Table Value")
Gray Area	Detta fenomen hänvisar till de områden där riktlinjerna för överensstämmelse är oklara och inte kan fastställas specifikt men de fältinstallationslösningar som tillhandahålls anses vara acceptabla på den industriella marknaden
ICP	Industrial Control Panel
IR	Interrupting Rating
MCM/kcmil	Thousand circular mils (måttenheter för tvärsnittsarea på ledare i Nordamerika)
MCB	Miniature Circuit Breakers
MCCB	Molded Case Circuit Breaker
MTW	Machine Tool Wire
OCPD	Overcurrent Protection Device
PELV	Protective Extra Low Voltage
PLTC	Power Limited Tray Cable

PPE	Personal Protective Equipment (skyddsutrustning)
SCCR	Short Circuit Current Rating (kortslutningsströmvärde)
SCPD	Short-Circuit Protective Device
SPD	Surge Protective Device (överspänningsskydd)
TC	Tray Cable
TC-ER	Tray Cable -Exposed run
TIC	Testing, Inspection and Certification
TYPE-klassificering	Kapslingsklassificering som används i Nordamerika
VFD	Variable-Frequency Drive (frekvensomvandlare)

1 Inledning

I takt med teknikens framfart i vår vardag sätts allt större krav på att utvecklingens säkerhet inom industrin. Det är viktigt att vi ser till att uppdatera regelverk i samband med nya tekniska revolutioner. Däremot sker revolutioner i olika takt beroende på branscher och det globala läget, vilket gör att regelverken också ser olika ut och uppdateras i ojämna takt världen över.

1.1 Bakgrund

Uppdragsgivaren för mitt examensarbete är Mirka Ab. Som min handledare på Mirka fungerar Tom Nylund, Project Manager Electrical Automation. Examensarbetet skrivs till Mirkas avdelning Project Office.

Grunden till ämnesvalet ligger i att industriautomation är det område som intresserar mig mest inom min utbildning och det område jag vill specialisera mig inom. När jag blev introducerad och fick erbjudande att skriva mitt examensarbete till Mirka kändes det genast rätt. Förutom att ämnet intresserar mig har Mirka också betytt mycket för mig och min karriär hittills. Därför känns det mer än rätt att det är åt Mirka jag skall utföra arbetet.

Introduktionen till detta examensarbete uppkom av att Mirka hade fått bekräftat att de skulle leverera automationslinjer till en av deras faciliteter i USA. Projekt i dess omfattning hade inte tidigare blivit tillverkade av Mirka för att installeras i USA. Detta gjorde att examensarbetet kunde uppfylla en funktion genom att ge svar på frågor samt höja kunskapsnivån om USA:s marknad.

1.2 Syfte

Syftet med examensarbetet var att samla in och sammanställa information om standarder, ritningar, maskiner, maskindelar och komponenter till två automationslinjer.

1.3 Frågeställning

Samma typer av automationslinjerna i fråga har tidigare blivit byggda i Finland och enligt standarder vi använder här. Problematiken med detta är att dessa standarder inte är

harmoniserade till fullo med standarder som finns på andra delar av jordklotet. Hurudana förändringar i installationerna behöver tillämpas? Vilka komponenter behöver utbytas? Behöver flera förändringar göras för att kunna byta ut delar och vad har dess betydelse för funktionsprincipen för produktionslinjerna? Dessa frågeställningar behöver besvaras och lösningar för dessa redovisas.

1.4 Målformulering

Målet med examensarbetet var att samla in den nödvändiga informationen och dokumentera godkända lösningar och delar för att kunna bygga upp samt ta i bruk de industriella automationslinjerna på andra ställen i världen än i Finland. Detta arbete skall också kunna användas framöver för att ta hjälp av när framtida projekt skall utföras. Kunskapen jag förväntar mig att uppnå under och efter slutfört arbete är en tydlig insikt i en uppsjö av olika standarder, tekniska specifikationer, komponentblad, språkkunskaper, specifika dataprogram för testutföranden, kalkyleringar, programmering, godkännanden och automationslinjernas fullständiga funktionsprinciper.

1.5 Företagsbeskrivning

I företagsbeskrivningen presenteras Mirka Ab och KWH-koncernen.

1.5.1 Mirka Ab

Mirka grundades i Helsingfors år 1943. År 1962 flyttade företaget till Jeppo. Oy Keppo Ab köpte sedan upp Mirka år 1966 och de både företagen fusionerades 1973. Idag är Mirka Ab ett internationellt företag som hör till KWH-koncernen. Mirkas huvudkontor finns i Jeppo och produktionen i Finland finns förutom i Jeppo också i Jakobstad, Oravais och Karis. Dotterbolag finns på flera platser runt om i världen.

Mirka är ett ledande företag inom producering av sandpapper och slipmaterial. Utöver det har Mirka på senare år även utvecklat verktyg, dammsugare, poleringsmedel och andra produkter inom slipbranschen. Företagets unika koncept med dammfri slipning har varit en ledande innovation för hela näringsgrenen. (Mirkas huvudsida, 2023).

The logo for Mirka, featuring the word "MIRKA" in a bold, black, sans-serif font, centered on a solid yellow rectangular background.

Figur 1: Mirkas logotyp.

1.5.2 KWH-koncernen

KWH-koncernen är ett finländskt familjeföretag. Koncernens moderbolag går under namnet KWH-koncernen Ab och dess huvudkontor finns i Vasa. Koncernen bildades 1984 genom en fusion av Oy Wiik & Höglund Ab, grundat på 1920-talet, och Oy Keppo Ab, grundat på 1930-talet. Idag är KWH-koncernen ett av de tvåhundra största företagen i Finland.

Koncernen omfattar fyra affärsgrupper: Mirka, KWH Logistics, KWH Freeze och KWH Invest. Mirka specialiserar sig på slippprodukter, KWH Logistics erbjuder logistiska lösningar, KWH Freeze erbjuder fryslagring och KWH Invest administrerar industrifastigheter och strategiska aktieinnehav. Till KWH Invest hör även och Prevox som tillverkar vattenlås. (KWH Group:s hemsida, 2024).



Figur 2: KWH-koncernens logotyp.

1.6 Sekretess

Examensarbetet innehåller information som anses vara känslig av Mirka. Innehållet har delar som konkurrerande företag kan använda till sin fördel och därför har examensarbetet blivit sekretessbelagt.

2 Teori

I examensarbetets teoridel förklaras definitioner av olika begrepp och dess innebörd. Därtill behandlas aspekter och krav som bör beaktas under projektens inledning till slutskede.

2.1 Industriella automationslinjer

En automationslinje är en hopsättning av maskiner i en produktlinje som bildar en komplett flödeslinje. Automationslinjer innehåller stationer som stegvis producerar tillverkarens produkt. Flödeslinjerna kan innehålla olika typer av automationsteknologi, såsom robotar, för att fullfölja olika uppgifter inom produktionen. Varje maskin utför en specifik uppgift. Vartefter uppgiften utförts transporteras produkten vidare till nästa maskin vilket binder ihop produktionslinjen till en steg-för-steg-process. I en helautomatiserad linje är maskinerna icke-människodrivna, utan drivs av exempelvis el eller pneumatik. Det betyder att en fullt automatiserad linje kräver inga direkta involveringar av människor i systemet.

Den största vinsten i en automationsinvestering kommer från att integrera ett system som skall utföra ett visst behov och lösa ett problem inom tillverkarens produktion. Det som vill uppnås med de automatiserade processerna är ett ekonomiskt flöde; förminskad produktionstid och tillverkningskostnad av produkten som produceras. En välfungerande automationslinje minskar på produktionskostnader, personalkostnader, personfel och säkerställer slutproduktens kontinuitet och kvalitet. (Niggel, 2016).

Allmänt tros att ju mer det automatiseras desto fler personer blir utan arbete, men det är inte hela sanningen. Automatiseringen är till för att hjälpa människan, arbeten som tröttrar ut och tär på kroppen är inte bra för människan, liksom inte heller arbeten i farliga miljöer. För dessa arbeten är det bättre att maskiner utför, med det kan sägas att automationen kan förlänga livet för människor genom att inte behöva utsättas för osunda arbeten. Samtidigt som ohälsosamma arbeten minimeras, ökar också arbeten som innebär att minimera de osunda arbetena.

Det finns mycket fördelar med att automatisera en process, men också utmaningar att lyckas med det. Att automatisera något rätt och effektivt är inte lätt. Det krävs god kunskap för att lyckas uppnå bra resultat, och allt börjar med noggrann planering. En automatisering

betyder inte enbart att minimera på personalkostnader, det är viktigt att klargöra målen som vill uppnås och hur de ställer sig i förhållande till företagets helhetsvision. (Benefits of automated production lines, u.d.).

2.1.1 Olika typer av automation

Det finns många typer av automation; bänkmonteringsstationer, hel- och halvautomatiserade linjer, Lean Automation, Continuous Motion, Fast Automation och Flexibel Automation.

En helautomatiserad linje utför uppgifter som färdigställer alla delar av en process med lite inverkan av personal som möjligt. Med det menas att personalens uppgift främst gäller att övervaka och göra inställningar på automationslinjens användargränssnitt. Halvautomatiserade linjer kräver mer hjälp av personalen, exempelvis att fylla på material till olika stationer och även köra olika stationer.

Lean Manufacturing Automation är en strategi som är tillämpad inom flera branscher och företag. Med det menas att automatisering bara tillämpas i processer där det är nödvändigt. För att avgöra det utförs noggranna kalkyler för att se på vilka ställen i produktionen som en investering lönar sig. Exempelvis om en tillverkare endast producerar en liten mängd av en vara, visar resultatet av kalkylen ofta att en investering inte är lönsam. Det kan visa att det är mer kostnadseffektivt att anlita personal att utföra uppgifterna.

Continuous Motion Technology är en teknik som avser att optimera cykeltiden för en automationslinje. Denna teknik involverar mer högteknologiska instrument som genererar mera data.

Slutligen kan Fast Automation och Flexibel Automation nämnas. Fast Automation involverar applikationer som använder hårdverktysbaserade automationsplattformar som är gjorda specifikt för produkten och i allmänhet inte tillåter ändringar på grund av att verktygen är dedikerade till en specifik produkt.

Tidigare har robotar inte använts till stor grad inom Fast Automation, detta beror till stor del på att i Fast Automation-applikationen är sättet som produkten monteras på samma sätt varje gång, vilket gjort att en investering i robotar inte varit lönsam. Fast Automation-systemen inkluderar ofta materialhantering och transportsystem.

Flexibel Automation är, som namnet antyder, flexibelt eftersom det kan anpassa driften till nya delar eller produkter med minimalt driftstopp. Detta är möjligt på grund av förprogrammerade instruktioner som möjliggör enkelt produktbyte. I jämförelse med Fast Automation har dessa system vanligtvis inte lika stor volym. (WHAT IS ASSEMBLY LINE AUTOMATION?, u.d.).

2.2 Standarder

Standarder är till för att det inte skall finnas skillnader, men likväl finns det. Exempel på detta är avvikelser mellan eluttag i olika länder och laddare till telefoner. En standard är en beskrivning av ett reglemente hur något bör vara, utföras eller bedömas. I stort sett påverkas allt som tillverkas av någon standard. Genom att följa en standard kan det ges möjlighet att bli certifierad av ett oberoende organ vilket i sin tur ger konkurrensfördelar och en kvalitetsstämpel. (Sundholm, 2006; Olofsson & Bildt, 2007).

2.3 Standardiseringsorganisationer

En standardiseringsorganisation är en organisation som fastställer standarder för olika industrier och sektorer. Andra ord för standardiseringsorganisationer är standardiseringsorgan eller SDO, Standard Development Organization. (Organizations Developing Standards, u.d.; Standardiseringsorgan, 2023).

2.3.1 Standardiseringsorganisationer globalt

Välkända organisationer globalt sett är ISO (International Standardization Organization) IEC (International Electrotechnical Commission) ITU (International Telecommunication Union) ASTM och IEEE. Flera länder har även sin egen nationella organisation som jobbar för att utveckla standarder inom det egna landets gränser. ISO är uppbyggd som ett nätverk med 161 länders nationella standardiseringsorganisation. ISO har publicerat över 22 000 internationella standarder. Internationella standarder är viktiga för det globaliserade samhällets utveckling och den sker bäst i samarbete över nationsgränser. Kända standarder som ISO har är ISO 9001 för kvalitetsledning inom företag och ISO 14001 för miljöledning, dessa är världens mest använda standarder inom respektive område. (ISO:s hemsida, u.d.; Internationella standardiseringsorganisationen, 2024; IEC:s hemsida, u.d.; International

Electrotechnical Commission, 2023; ITU:s hemsida, u.d.; Internationella teleunionen, 2023).

2.3.2 Standardiseringsorganisationer i Europa

I Europa finns standardiseringsorganisationerna CEN, CENELEC och ETSI. Alla dessa går under namnet European Standardisation Organisations (ESO) och är erkända av EU som leverantörer av europeiska standarder.

Det europeiska standardiseringsorganet CEN (Comité Européen de Normalisation) arbetar med att utveckla standarder som används i Europa. CENELEC (Comité Européen de Normalisation Électrotechnique) är det europeiska standardiseringsorganet som utvecklar standarder inom elektroteknik och elektriska installationer för att användas i Europa. ETSI, European Telecommunications Standards Institute, fokuserar på standardisering inom telekommunikation i Europa. (EU-standarder, u.d.; Standardisering i Europeiska unionen, 2023; CEN-CENELEC:s hemsida, u.d.; Comité Européen de Normalisation, 2023; Comité Européen de Normalisation Électrotechnique, 2023; ETSI:s hemsida, u.d.; European Telecommunications Standards Institute, 2016).

2.3.2.1 Standardisering i Finland

Finlands standardiseringsförbund, SFS Suomen Standardit ry, är den ledande standardiseringsorganisationen i Finland och ansvarar för att utveckla standarder inom en betydande andel kategorier inklusive teknik, industri, byggande och miljö. Genom SFS nätverk av experter utarbetas standarder med beaktandet av finländska perspektiv. Deras målsättning är att underlätta handel, främja innovation och förbättra kvaliteten och säkerheten för produkter och tjänster inom den finska ekonomin. SFS är medlem i den europeiska standardiseringsorganisationen CEN samt ISO-organisationen. Inom SFS är de även måna om att se till att finländare kan påverka standarderna. (SFS:n organisaatio, 2024).

Finlands Elektrotekniska Standardiseringsförening r.f., Suomen Sähköteknillinen Standardoimisyhdistys ry SESKO, är organisationen som representerar elektrotekniska standarder i Finland. Organisationen deltar i standardiseringsarbetet i olika internationella kommittéer, bland annat som finsk nationalkommitté i IEC samt på europeisk nivå i CENELEC. Standardiseringsföreningen är utsedd som finsk standardiseringsorganisation av

Arbets- och näringsministeriet. Organisationen fastställer finska standarder inom det elektrotekniska området. SESKO är medlem i SFS, och för att delta i det internationella arbetet och utarbeta SFS-standarder inrättar SESKO standardiseringskommittéer och expertgrupper. (SESKO RF, u.d.).

Säkerhets- och kemikalieverket Tukes är en tillstånds- och tillsynsmyndighet, som främjar säkerheten och tillförlitligheten av produkter, tjänster och industriella verksamheter. Genom att utfärda riktlinjer och föreskrifter för olika branscher och sektorer, inklusive elprodukter och industriell utrustning, säkerställer Tukes att produkterna uppfyller de nödvändiga säkerhetskraven och standarderna för att skydda allmänheten och miljön. (Standardernas ställning i påvisandet av överenskommelse med kraven, u.d.; Tukes hemsida, u.d.).

Genom samarbetet mellan SFS, SESKO och Tukes säkerställs att standarder och säkerhetskrav för produkter och installationer i Finland följs och hålls uppdaterade enligt internationella normer och bästa hållbarhet ur ett finskt perspektiv. (Tekniska krav för elinstallationer, u.d.).

2.3.3 Standardiseringsorganisationer i USA

I USA finns ett stort antal standardiseringsorganisationer som är aktiva inom olika sektorer. Exempel på dessa är ANSI, ASTM, IEEE, NFPA, UL, NETA, ASME, API och NEMA.

ANSI, American National Standards Institute, är det nationella standardiseringsorganet i USA och är en privat icke-vinstdrivande organisation. ANSI är medlem i ISO och dess syfte är att vara USA:s röst i standardiseringssystemet. ANSI verkar i många branscher; eldistribution, anläggningsmaskiner, livsmedelsproduktion etcetera, men däremot utvecklar organisationen inte själva standarder utan utvärderar och certifierar standarder (ANS-beteckning) som utvecklats av andra privata standardiseringsorganisationer i USA. (Loshin; American National Standards Institute, 2023).

Beskrivning av de övriga nämnda standardiseringsorganisationerna:

- ASTM International, American Society for Testing and Materials, utvecklar standarder för flertalet industrier. (ASTM:s hemsida, u.d.; ASTM International, 2024).

- IEEE, Institute of Electrical and Electronics Engineer, utvecklar standarder för elektriska teknologier. (IEEE:s hemsida, u.d.; Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2024).
- NFPA, National Fire Protection Association, är en organisation som arbetar för att avlägsna risker, skador och ekonomiska förluster orsakade av brand eller elektriska faror med utveckling av sina standarder. (NFPA:s hemsida, u.d.; National Fire Protection Association, 2023).
- UL, Underwriters Laboratories, en oberoende organisation i USA som utvecklar säkerhetsstandarder och utför tester för certifieringar för produkter. De har utvecklat mer än 1500 olika säkerhetsstandarder. (UL:s hemsida, u.d.; UL (safety organization), 2024; UL vs ETL certifications: What's the difference?, 2020).
- NETA, InterNational Electrical Testing Association, levererar standarder för testning av elkraftanläggningar och system. (NETA:s hemsida, u.d.; International Electrical Testing Association, 2023).
- ASME, American Society of Mechanical Engineers, fastställer standarder för maskiner och mekaniska system. (ASME:s hemsida, u.d.; American Society of Mechanical Engineers, 2024).
- API, American Petroleum Institute, organisationen för standarder till olje- och gasindustrin. (API:s hemsida, u.d.; American Petroleum Institute, 2023).
- NEMA, National Electrical Manufacturers Association, den största organisationen för tillverkare av elektrisk utrustning i USA. Exempelvis formen för eluttag och i hushåll i USA är specificerad av NEMA. (NEMA:s hemsida, u.d.; National Electrical Manufacturers Association, 2016).

2.3.3.1 American National Standards (ANS)

ANS är en frivillig konsensusstandard som är utveckling i enlighet med ANSI. Kraven är utformade för att utvecklingen av amerikanska nationella standarder är en rättvis process som visar prov på öppenhet för alla intressenter. ANS-beteckningen är erkänd och värderad internationellt, vilket främjar det amerikanska systemet. Beteckningen bevisar också att den utvecklingsprocess av en standard är i linje med den amerikanska regeringens ståndpunkt vad gäller frivillig konsensusstandard. Amerikanska standarder utgör grunden för många ISO, IEC och andra internationella standarder. Det samma gäller i motsatt riktning, många internationella standarder är ANSI-ackrediterade standardutvecklare som

amerikanska nationella standarder. (AMERICAN NATIONAL STANDARDS (ANS) INTRODUCTION, u.d.).

2.3.3.1.1 ANSI-ackreditering (ASD)

ASD står för Accredited Standards Developer. Ackreditering av ANSI betyder att en organisation uppfyller utvecklingsprocedurer i linje med ANSI:s krav för öppenhet och korrekt process. Ackreditering av ANSI är en förutsättning för att organisationer ska kunna lämna in dokument för godkännande av American National Standards. (STANDARDS DEVELOPERS & THE ANS PROCESS, u.d.; ANSI ACCREDITED STANDARDS DEVELOPERS (ASD), u.d.).

2.3.3.2 Övriga standardiseringsorganisationer i Nordamerika

En nämnvärd organisation är SCC som är allmänt förekommande i fråga om standarder och reglementen när den amerikanska marknaden undersöks. SCC står för Standards Council of Canada och organisationen ansvarar för att utveckla och godkänna standarder för en uppsjö av olika områden. SCC samarbetar med olika intressenter för att utveckla standarder, särskilt med avseende på UL-märkningar, som också används i USA. En passande jämförelse vore att SCC fungerar som Kanadas motsvarighet till USA:s ANSI. (SCC:s hemsida, u.d.)

CSA Group, tidigare känd som Canadian Standards Association (CSA), är en annan viktig standardiseringsorganisation med huvudkontor i Kanada. CSA är ansvarig för säkerhetsstandarder inom 57 olika områden, inklusive elektrisk utrustning, medicintekniska enheter och maskiner. CSA kan jämföras med UL i USA och de har även ett eget certifieringsmärke. (Holding the Future to a Higher Standard, u.d.; CSA Group, 2024).

2.3.4 Standarder som följs i Europa

De europeiska standardiseringsorganisationerna publicerar standarder inom EN-serien (European Norms). Det är vanligt att EN-standarder som de europeiska organen tillhandahåller är harmoniserade med internationella standarder, såsom ISO och IEC. Detta för att skapa en enhetlig totalitet av standarder på marknaden. (European Standards, u.d.).

2.3.4.1 EN-serien

Europeiska standarder har beteckningen EN följt av ett nummer samt året för utgivningsåret. Maskiner som tillverkas och tillämpas i Europa följer EN-serien. (Comité Européen de Normalisation, 2023).

2.3.5 Standarder som följs i USA

I USA finns ingen lika enhetlig standardserie som EN-serien utgör i Europa. Standardiseringen i USA är ämnesspecifik och standardiseringsorganisationer i USA ansvarar för dem. Det finns betydligt flera standardiseringsorganisationer i USA jämfört med Europa och därför följer standarderna inte en enhetlig beteckningsserie likt Europas EN-serie. (Lagstiftning och standarder i Nordamerika, u.d.).

2.4 Likheter och skillnader på standarder globalt

Skillnader mellan standarder hittas både på global nivå och regional nivå. Att motarbeta skillnader mellan standarder är avgörande för att främja handel, säkerhet och innovation världen över. En organisation som arbetar för att minska på skillnaderna mellan internationell och nationell standardisering är WSC, World Standards Cooperation. WSC fungerar som ett samarbete mellan ISO, IEC och ITU. Harmonisering av standarder är därför en viktig aspekt som påverkar den globala standardiseringen, speciellt inom teknikområden. (WSC:s hemsida, u.d.; World Standards Cooperation, 2024).

Ligheterna på standarderna globalt hittas ofta inom säkerhetskrav, kvalitetsstandarder och miljöstandarder. Globalt vill det säkerställas säkerhet inom olika sektorer, liksom kvaliteten och miljöpåverkan.

Skillnaderna kan ses på lokala krav och regelment som kan behöva följas inom regioner, men som inte är de samma över nationella gränser. Industriella specifikationer varierar även på grund av den teknologiska utvecklingen, skillnader uppstår beror på hur snabbt standarder uppdateras och anpassas. (Vad är en standard?, u.d.).

2.4.1 Harmoniserade standarder

Att en standard är harmoniserad betyder att den blivit utvecklad av en standardiseringsorganisation för att sedan officiellt erkänts av en reglerande myndighet.

Genom att säga att en standard är harmoniserad med en annan standard, betyder det att det finns en enighet mellan standarderna, vilket gör att de är anpassade för att fungera smidigt tillsammans och uppnå gemensamma mål. (Harmonizing Standards, u.d.; Standarder i Europa, u.d.).

2.4.2 Skillnader på EU-standarder jämfört med Nordamerikanska-standarder

I och med att EU och Nordamerika har olika standardiseringsorgan, jämför CEN och ANSI, har de också olika certifieringsmärkningar. (UL Listing and CE Marking: What's the Difference?, u.d.).

2.4.2.1 Certifieringsmärkningar

När en produkt blir certifierad och får en certifieringsmärkning kan den fritt cirkulera på den geografiska marknad där den blivit märkt. I EU följs CE-märkning och i Nordamerika UL-märkning. Men dessa är däremot i sig inte jämförbara eftersom UL-märkning utförs av den privata organisationen UL i deras testlaboratorium medan CE-märkning är till för att skapa en överensstämmelse och ge fri rörlighet på en europeiska marknaden. Skillnaden är att en UL-märkning i USA är valfritt, medan CE-märkning i Europa är ett krav – det är en lag för produkter som används i en konstruktion. Av vilka produkter som har certifieringar är det generellt sätt produkter med högre risk. (UL Listing and CE Marking: What's the Difference?, u.d.; Coastal & Highrise, 2019).

En produkt som är UL-listad i USA kvalificerar inte av sig själv för CE-märkning. Det samma gäller andra vägen, produkter som har fått CE-märkning är inte automatiskt UL-listade. Utöver CE och UL, finns som tidigare nämnts, bland annat CSA, CCC i Kina och EAC för den Eurasiska marknaden samt ETL som verkar globalt. Produkter som skall säljas globalt bör genomgå flera certifieringsmärkningar. (EAC-märket och dess användning; China Compulsory Certificate, 2023).

2.4.2.1.1 CE-märkning

CE-märkningen betyder att en produkt överensstämmer med europeiska normer. För att få säljas inom EU måste produkter som uppfyller kraven i de relevanta CE-direktiven CE-märkas. Dessa direktiv fastställs av Europeiska unionen. CE står för Conformité Européenne och betyder *i överensstämmelse med för produkten aktuell EU-lagstiftning*. En CE-märkt

produkt innebär att tillverkaren intygar att den uppfyller EU:s hälso-, miljö- och säkerhetskrav.

Många produkter som tillverkas i europeiska länder är försedda med både CE-märkning och UL-listning, särskilt de som är avsedda för den amerikanska marknaden. Även om användningen av enbart en CE-märkt produkt i USA kan vara godtagbar, måste elkomponenter uppfylla spännings- och frekvenskraven för det amerikanska elnätet. Även om detta kan vara tillräckligt, har produkterna ändå inte testats eller godkänts enligt amerikanska standarder om de bara har en CE-märkning. (CE-märkning, u.d.; UL Listing and CE Marking: What's the Difference?, u.d.; UL Listed vs CE Marked, 2022).

2.4.2.1.2 UL Mark (UL-märkning)

UL-märket är det mest accepterade och igenkännande certifieringsmärket i USA och förekommer på miljarder av produkter. Om en produkt har ett av dessa märken betyder det att de uppfyllt UL:s krav. Det finns flera varianter av denna märkning och de skiljer sig genom att de kan ha blivit testade enligt olika säkerhetskrav. Märkena hittas på slutprodukter och kompletta komponenter som är lämpliga att installera i fabriker eller ute på fältet. Enligt lagen i USA behöver produkterna inte nödvändigtvis vara UL-märkta. Produkterna måste ändå vara säkra, och därför strävar de flesta konstruktörer till att använda UL-märkta enheter för att de uppnår det och för att undvika eventuella ansvarsproblem. (Marks and Label Hub, u.d.; MARKS FOR THE UL SOLUTIONS LISTING SERVICE, u.d.).

När UL har godkänt en produkt behöver den utvärderas av federala myndigheter som OSHA. UL gör även oanmälda företagsbesök med jämna mellanrum hos tillverkare som har blivit godkända, detta för att se till att de följer UL:s standarder. (What is the difference between UL listed and UL Classified?, 2017).

Eftersom det finns flera varianter och begrepp inom UL-märkning är det viktigt att hålla reda på dessa och veta skillnaden mellan dem under design och uppbyggnad av elektrisk utrustning. Dessa märkningar bör uppspåras på enskilda komponenter som ingår systemet som hela maskinen omfattas av. På UL:s hemsida hittas en lista på företag som har blivit godkända att använda UL-märkningen. Vidare hittas också en databas var sökning kan göras för att ta reda på om en specifik produkt är UL-märkt. (PK_Safety_Team, 2019).

2.4.2.1.2.1 *UL Certification*

UL beskriver på sin webbplats att syftet med certifiering är att: Minska risker, visa efterlevnad och skapa förtroende på marknader över hela världen. Deras tjänster inkluderar certifiering av hela omloppet; personal, produkter, anläggningar, processer och system enligt tillämpliga standarder och krav. En certifiering av UL hjälper att identifiera och täppa till brister, bekräfta efterlevnad och underhålla företags certifieringar. (Certification, u.d.).

2.4.2.1.2.2 *UL Listed*

UL Listed är den vanligaste typen av UL-märke. UL Listed är en nivå av UL-certifiering för fristående komponenter som har genomgått rigorösa tester av Underwriter Laboratories. UL Listed betyder att produkten:

- Uppfyller nationellt erkända standarder för hållbarhet och säkerhet.
- Är fri från rimligen förutsebara risker för elektriska stötar eller brand i en division 2-miljö med antändbara koncentrationer (se kapitel 2.10 Kategorisering av områden i NEC jämfört med IEC).

Produkter som är UL-listade är märkt med dess specifika certifieringslogotyp, vilket betyder att produkten uppfyller de standarder som fastställts av UL, och att UL har utfört laborietester för att bekräfta detta faktum. Först när en tillverkare av en produkt har klarat av att uppfylla alla tester inom en standard kan den bli UL-listad och få en stämpel. Företaget som tillverkar en UL-listad produkt följs upp kontinuerligt av UL för att säkerställa att processen följs även efter att produkten fått sin märkning. National Electrical Code, NEC, kräver att enheter är UL-listade när de tillämpas och att etiketten finns på förpackningen. (UL vs ETL certifications: What's the difference?, 2020; What Does 'UL Listed' Mean and Is It Important?, 2022).

I allmänhet gäller UL Listed-märket för färdiga produkter redo för slutanvändaren. Föremål som datorladdare och telefoner är typiska exempel på var en genomsnittlig konsument kan hitta UL-listade märken. UL-märket kan både stå själv och vara ett kombinationsmärke som indikerar överensstämmelse med flera internationella standarder. Till exempel, ett UL-listat märke som innehåller ett C, US och EU indikerar att produkten har testats för att uppfylla relevanta standarder i Kanada, USA och EU. (WHAT IS UL CERTIFICATION? THE

DIFFERENCE BETWEEN UL RECOGNIZED AND UL LISTED; UL Listed vs. UL Certified: Understanding the Difference, 2022).

Att ha elektriska apparater UL-listade indikerar att produkten är av hög kvalitet och att enheten har testats noggrant. En viktig del av certifieringsprocessen är att fastställa produktens brand- och elsäkerhet. Märket ger också bra marknadsföring eftersom konsumenten känner till UL-märkningen och dess betydelse vilket gör att orosmomenten om att enheten skulle få något oväntat fel kan minimeras. Ett exempel på varför detta är viktigt är ifall en inspektör fastställer att en brand orsakades av en strömbrytare som inte var UL-listad, kan ett försäkringsbolag välja att inte ersätta detta och klassa försäkringen som ogiltig. Denna anledning är orsaken till att många väljer certifierade produkter. UL-certifiering ger ett lager av skydd och ansvar för olyckor. (What is the difference between UL listed and UL Classified?, 2017).

2.4.2.1.2.3 UL Classified

UL-klassificerade produkter har, till skillnad från UL-listade produkter, endast utvärderats för specifika egenskaper, under begränsade förhållanden eller andra icke UL-standarder (till exempel internationella). Om en produkt är UL-klassificerad kan det betyda att testutförandet inte är komplett för att uppfylla testerna en standard kräver, utan att produkten endast uppfyller kraven för ett specifikt test. UL-klassificerade produkter är dock lika säkra som UL-listade, men de bör endast vara i användning i specifika förhållanden eller miljöer. (What is the difference between UL listed and UL Classified?, 2017; UL Listed vs. UL Classified vs. UL Recognized).

2.4.2.1.2.4 UL Certified

Termen UL Certified (UL-certifierad) har flera betydelser. För det första används termen ibland som en allmän term med hänvisning till alla typer av UL-certifieringar, inklusive UL-listade, UL-klassificerade och UL-erkända komponenter. När en utvärdering över komponentöverensstämmelse görs är det viktigt att titta på specifika typer av UL-certifieringar. (UL Listed vs. UL Certified: Understanding the Difference, 2022).

Den mest korrekta och specifika användningen av UL Certified hänvisar till UL Enhanced and Smart Certification Mark, UL:s förbättrade certifieringsmärke. Komponenter med märket UL Certified är en del av det förbättrade certifieringssystemet. Detta system sammanför flera typer av säkerhets- och prestandainformation i ett enda märke. UL

Certified omfattar UL Listed och UL Classified och uppfyller definitionen av "Listed" i alla modellkoder. Med andra ord har märket samma betydelse som de ursprungliga märkena för "Listed" eller "Classified". (Q&A: UL's Enhanced Certification Mark, 2019).

2.4.2.1.2.5 UL Enhanced and Smart Certification Mark

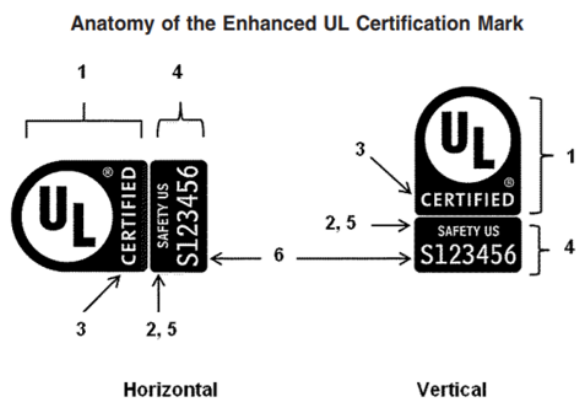
UL gick ut med det uppdaterade certifieringsmärket år 2013. Bland andra ändringar innehåller UL Enhanced Certification-märke information om de specifika standarder som en produkt har testats för. I innehållet finns också en beskrivning av de standarder som ursprungligen ingick i UL Classified-märket, såsom SAFETY, ENERGY eller MARINE. Dessa beskrivningar hänvisar till uppsättningar av teststandarder utformade för att mäta prestanda i specifika sammanhang. Det förbättrade UL-certifieringsmärket gör det möjligt för företag att kombinera flera certifieringar för flera geografiska områden till ett enda märke. Det utvecklades för att hålla sig i linje med växande globala marknadsbehov. Det möjliggör tillväxt och inkludering av nya typer av certifieringar och ger förbättrad spårbarhet för framtiden. Alla tillverkare som använder UL-listade och UL-klassificerade märken kan utan kostnad byta till det förbättrade märket, detta eftersom produkterna blivit testade i laboratoriemiljö, vilket är ett krav för att erhålla märket. UL har meddelat att de med tiden kommer att avveckla UL Listed-märket till förmån för UL Enhanced Certification-märket. Även fast det nya certifieringsmärket lanserades, är alla befintliga versioner av märken för UL-listade och UL-klassificerade produkter giltiga. (UL Listed vs. UL Certified: Understanding the Difference, 2022; New UL Certification Marks, Same Molex Safety).

De nya UL Enhanced Certification Marks inkluderar följande:

1. UL-logotypen i en stor cirkel.
2. Ett attribut som betecknar vilken typ av krav som produkten certifierats för. Ett eller flera ord kan förekomma, vanligtvis ordet SAFETY.
3. Ordet CERTIFIED under eller till höger (beroende på om märket är ställt horisontellt eller vertikalt).
4. Ett tillägg i form av en modul i certifieringsmärket för att innehålla attribut, landskoder och unika kännetecken.
5. Landskoder som är en kod med två tecken, ISO-landskod. Vilket indikerar det geografiska områdets standard som använts för certifiering. I vissa fall, om

certifiering skett endast enligt ISO- eller IEC-standarder, visas ingen landskod i modulen.

6. Ett unikt identifieringsnummer. När en tillverkare har produkter som faller inom flera kategorier av UL-certifiering, som UL-listad och UL-erkänd, har tillverkaren ett filnummer för respektive certifieringstyp. Informationen kan verifieras i UL Product iQ-databasen.



Figur 3: UL Certification-märke.

Fördelar med att använda det förbättrade märket är:

- Visar på tydlig och uppdaterad efterlevnad för effektivare implementering.
- Förbättrad informationsöverföring med myndigheter och konsumenter.
- Sammanställa flera certifieringar för flera marknader till ett enda varumärke.
- Snabb tillgång till certifieringsinformation och produktdata via ett fritt tillägg av en QR-kod på märket.

På webbplatsen MarksHub.UL.com kan ett UL-märke enligt den förbättrade versionen fritt utvecklas. Parallellt med det nya certifieringsmärket finns också ett emblem, badge. Emblemet används för att visa på tillit åt kunder och som marknadsföringsmaterial. Det är optimerat för online-, reklam- och förpackningsmaterial samt designat för att ge flexibilitet i placering på förpackningar. Kort sagt kan det sägas att "Smart Mark" (märket) sätts direkt på föremålet, medan ett "Smart Badge" (emblemet) placeras på den yttre förpackningen. (UL Launches Enhanced Certification Mark and Badge System, 2013; The UL Mark – Enhanced for the Future).



Figur 4: UL:s Smart Mark.



Figur 5: UL:s Smart Badge.

I slutändan, eftersom UL Listed och UL Certified överlappar varandra betydligt, är det viktigast att tänka på att välja en produkt som listar en UL-certifiering för den specifika standard som behöver uppfyllas. (Smart UL Certification Labels – UL Smart Marks, u.d.).

2.4.2.1.2.6 UL Recognized

UL Recognized är en term som används för något som är en komponent i ett större system. Det kan sägas att en produkt eller komponent som har blivit erkänd av UL, UL Recognized, klassas som en säker och pålitlig del som används i större system. (What Does 'UL Listed' Mean and Is It Important?, 2022).

Med UL Recognized menas att det är ett mer allmänt godkännande jämfört med UL Listed eftersom det begränsas till en utvald kategori av användningar. Exempelvis att komponenter är designade som tillbehör snarare än som oberoende enheter. De är dock fortfarande gjorda för att uppfylla krav i standarder vilket gör att de kan fungera som en del av tillsammans med UL-listade komponenter. UL-erkänd intygar med andra ord att en komponent i en större mekanism uppfyller UL-standarder. För att påvisa ett annat exempel, kan kablar nämnas. En UL-listad kabel är testad av organisationen UL, medan en kabel märkt med UL Recognized inte är det. (WHAT IS UL CERTIFICATION? THE DIFFERENCE BETWEEN UL RECOGNIZED AND UL LISTED; UL Listed vs. UL Certified: Understanding the Difference, 2022).

Kort sagt är UL-listade produkter mer igenkännbara och fler tester är involverade för dem. Att sätta UL-erkänd-stämpeln kräver heller inte lika strikta industristandarder och är därför lättare för ett företag att uppnå. (EVERYTHING TO KNOW ABOUT UL LISTED VS. UL CERTIFIED PRODUCTS).

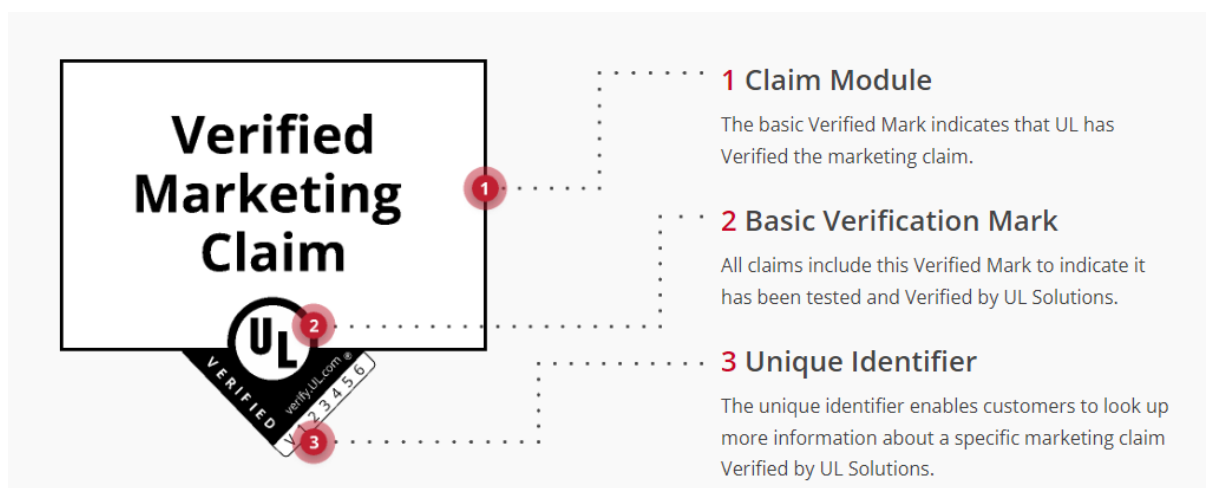
2.4.2.1.2.7 UL Verified

UL-verifiering är en objektiv och vetenskapligt baserad bedömning som bekräftar riktigheten av marknadsföringspåståenden. Genom en oberoende process granskar UL giltigheten av uttalade marknadsföringspåståenden från tillverkare. Varumärken som får ett UL Verified Mark är allmänt erkända att leverera enligt sina anspråk och att deras uttalanden är riktiga. (Make Your Brand Stand Above the Competition).

UL Verified Mark ger en konkurrensfördel, statistik visar på att 91 % av konsumenterna verifierar personligen varumärkesförpackningar genom att kontrollera etiketter och söka efter information från utomstående källor.

UL Verified-märket består av följande delar:

1. Anspråksmodul: Anger att UL har verifierat marknadsföringspåståendet.
2. Grundläggande verifieringsmärke: Visar att det har testats och verifierats av UL Solutions.
3. Unikt kännetecken: Det unika kännetecknet gör det möjligt för kunder att söka upp mer information om ett specifikt marknadsföringspåstående.



Figur 6: UL:s Verified Mark.

2.4.2.1.2.8 *UL Approved*

UL Approved (på svenska UL-godkänd) är ingen korrekt term. Det är inget som UL använder sig av och är i självverket identifierat som ett inkorrekt begrepp av organisationen. (What Does 'UL Listed' Mean and Is It Important?, 2022).

2.4.2.1.2.9 *UL:s märklogotyper*

Produkten kommer att märkas med en typ av UL-logotyp beroende på hur och var produkten har certifierats. De olika typerna av det grafiska märket kan ses i Figur 7. (WHAT IS UL CERTIFICATION? THE DIFFERENCE BETWEEN UL RECOGNIZED AND UL LISTED).

	Mark for U.S.	Mark for Canada	Mark for U.S. / Canada
Listing mark			
Recognition mark			

Figur 7: Olika varianter av UL Listed och UL Recognized.

UL med cirkel runt betyder att den är godkänd av UL för användning i USA. c(UL) med cirkeln runt "UL" betyder att den är godkänd av UL Kanada för användning på den kanadensiska marknaden. c(UL)us betyder att den är godkänd av både UL Kanada och UL i USA. UL Recognized-märket finns i tre varianter en av varav märkning visar om den är tillämpbar för USA, Kanada eller ett gemensamt för godkännande i båda länderna Att använda dessa komponenter hjälper tillverkare att effektivisera slutproduktutvärderingssystemet med UL. (UL- OCH UR-GODKÄNDA KABLAR TILL USA OCH KANADA).

Märkningarna för UL-listade samt dess motsvarande UL-certifieringsmärke kan ses i Figur 8 och 9. UL-klassificerade kan ses i Figur 10 och dess motsvarande UL-certifieringsmärke i Figur 11. Notera här skillnaden: Om UL-certifieringsmärket är svängt horisontellt är det förknippat med UL Listed medan om det är vertikalt är det förknippat med UL Classified. (UL Listed vs CE Marked, 2022).



Figur 8: UL Listed-märke.



Figur 9: UL Listed:s motsvarande UL Certified-märke.



Figur 10: UL Classified-märke.



Figur 11: UL Classified:s motsvarande UL Certified-märke.

UL-märkningen kan också vara kombinerad för Europa, då ser den ut som i Figur 12. (MARKS FOR THE UL SOLUTIONS LISTING SERVICE, u.d.).

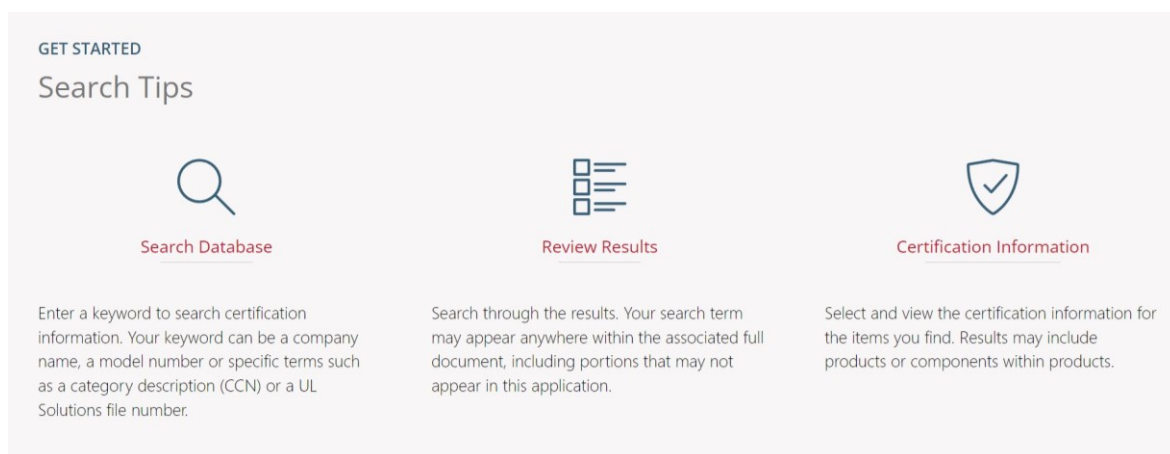


Figur 12: UL Listed (för Europa).

2.4.2.1.2.10 UL Product iQ

UL:s Product iQ lanserades 2019 som deras nya sida som databas för komponenters UL-certifieringsinformation. Tillgången till sidan är kostnadsfri och sökmotorn drivs av en

intelligent algoritm som ger möjlighet att söka på flera olika indikeringar kopplat till komponenten, bland annat CCN, filnummer, monteringsnummer, designnummer, systemnummer eller konstruktionsnummer. Product iQ kan också användas som sökverktyg om en alternativ produkt till en produkt inte är UL-certifierad vill hittas. (Product Sourcing and Certifications Database; UL Product iQ).



Figur 13: UL Product iQ-hemsidan.

2.4.2.1.3 ETL Listed

ETL-märkning står för Electrical Testing Laboratories och är en certifiering som tillhandahålls av Intertek, som är en oberoende test- och certifieringsorganisation. Märkningen indikerar att produkten har genomgått tester och uppfyller de säkerhets- och prestandakrav som fastställts av relevanta standarder och bestämmelser. (ETL Certification - Agreement, u.d.).

ETL-märket är ett bevis på produktens överensstämmelse med nordamerikanska säkerhetsstandarder. Organisationen utför tester enligt standarder, ASME, ANSI, NFPA, UL / ULC med flera, för den nordamerikanska marknaden. Myndigheter med befogenhet, Authorities Having Jurisdiction, över hela USA och Kanada accepterar ETL Listed Mark som bevis på produktens överensstämmelse med publicerade industristandarder. (UL vs ETL certifications: What's the difference?, 2020).

Intertek är ett av världens största test-, inspektions- och certifieringsföretag. Deras syfte är att levandegöra kvalitet, säkerhet och hållbarhet. Som internationell certifieringsorganisation är de också auktoriserade att utfärda flera produktsäkerhetsmärken, även CE-märkning. Interteks ETL-märkning är ofta jämförbar med UL-märkningen.

2.4.2.1.4 Skillnad på UL Listed och ETL Listed

Den centrala skillnaden mellan UL- och ETL-listade produkter är att ETL inte utfärdar egna standarder, medan UL gör det. UL:s standarder används av ETL. Båda är nationellt erkända testlaboratorier, NRTL, av OSHA för att testa produkter baserade på säkerhetsstandarder. (UL vs ETL certifications: What's the difference?, 2020).

Alla produkt- eller komponenttillverkare som vill bli certifierade kan välja vilket certifieringslabb de arbetar med. ETL är mycket populärt eftersom de tenderar att vara billigare och kan slutföra certifieringsprocessen snabbare än UL. Vissa källor säger att även om ETL använder UL-certifieringsstandarderna är de inte lika stränga som UL. (Hill, 2022; UL-certifiering, u.d.).

Processen att få en produkt godkänd för UL- eller ETL-etiketter är en kostnad. För produkter som har höga krav och ansvarsskäl för företag är detta väsentligt. Tillvägagångssättet för att få en UL eller ETL godkännande är följande:

1. Kontakta UL eller ETL kundmottagning.
2. Skicka ut din produkt för testning till deras labb, reservera tillräckligt med tid.
3. Invänta på ett företagsbesök av personer från organisationen, de kommer att granska hur produkten är tillverkad.
4. Vänta på godkännande.

När en produkt har certifierats för att uppfylla UL- eller ETL-standarderna kommer de att tillåtas använda de officiella etiketterna för var och en av dessa organisationer. Dessa etiketter placeras vanligtvis på själva komponenten, antingen som ett klistermärke, etsas in i själva produkten eller ingår i den relevanta dokumentationen som medföljer.

Sammanfattningsvis kan sägas att även om ETL Listed och UL Listed representerar mycket liknande saker, har UL blivit ett av de mer erkända och refererade produktsäkerhetsmärkena. (What is your ETL, 2019).

2.4.3 Marknadstillträde för en produkt

Marknadstillträdesprocessen för en produkt varierar beroende på produkten och den geografiska platsen. Allmänt behöver produkterna uppfylla de berörda standarderna och bli certifierade av auktoriserade organ eller myndigheter. När produktens dokumentation

finns samlat och den tilldelats de nödvändiga certifikaten, är den redo för marknadstillträde.

2.4.3.1 Marknadstillträde för en produkt i USA

En UL-listad produkt uppfyller generellt sett de grundläggande kraven i hela USA. Dock kan det finnas vissa undantag eller ytterligare krav som stater kan lägga till. Vissa delstater har egna myndigheter som kan ha specifika krav för produkter som används inom deras gränser. Därför bör det kontrolleras redan i planeringsprocessen om eventuella ytterligare krav i de specifika delstater där produkten kommer att användas eller säljas. Denna information kan vanligtvis fås från delstaternas myndigheter för arbetsmiljö och byggstandarder, AHJ:n. (UL Listing and CE Marking: What's the Difference?, u.d.; UL- OCH UR-GODKÄNDA KABLAR TILL USA OCH KANADA).

2.4.3.1.1 Authorities Having Jurisdiction (AHJ)

Varje standard som inkluderar krav måste tillämpas och kontrolleras för korrekt efterlevnad. Myndigheter som ansvarar för att verifiera att dessa krav har uppfyllts kallas Authorities Having Jurisdiction.

Myndigheter som har bestämmanderätt, AHJ, är platsberoende. Det kan vara allt från en enskild person, såsom en lokal byggnadsinspektör eller fabrikschef, till delstatliga myndigheter eller brandmyndigheter. Men den gemensamma nämnaren är att AHJ:n oftast är specialist inom elbranschen. När en utrustning skickas och installeras till USA kontrollerar inspektören som är auktoriserad av AHJ att utrustningen överensstämmer med en tillämpad standard. För att ta reda på vem som agerar AHJ på det specifika stället kan det tas kontakt med personen som ansvarar för fastigheten där en maskin skall installeras eller delstatens byggnadsavdelning. (Coache, 2020).

När det är klart vart ens maskin skall levereras, är det rekommenderat att kontakta AHJ:n så fort som möjligt, redan under planeringsprocessen, och gå igenom olika lösningar för att undvika problem. Detta kan spara tillverkaren pengar under det långa loppet. En fråga att ha AHJ:n att svara på gäller om de nyaste utgåvorna av standarderna tillämpas i delstaten. Detta är speciellt viktigt att notera för standarden NEC. De nyaste utgåvorna implementeras nämligen inte per automatik.

AHJ är avgörande för att säkerställa allmän säkerhet och fungerande byggda miljöer. Genom uppföljning hjälper de fastighetens ägare och arbetare att förebygga olyckor, bränder och andra faror. De ansvarar för att alla regler och bestämmelser följs för att kunna fastställa att en maskin eller plats är säker. (Authorities Having Jurisdiction (AHJ)).

AHJ:n inspekterar all elektrisk utrustning, såväl maskiner som hela system, före driftsättning. Inspektören fattar sedan det slutgiltiga beslutet om driftsättning. Alla AHJ baserar sin verksamhet på NFPA 70/NEC och standarden är således en viktig grund för UL 508A.

Användningen av UL-märkta komponenter är viktigt för AHJ eftersom det säkerställer att systemet uppfyller säkerhetskraven i NFPA 70. Detta sparar tid vid konstruktion och driftsättning av utrustningen, och därmed även kostnader, eftersom UL-märkningen visar på att inga förutsebara risker för brand, elektriska stötar eller andra konsekvenser har inträffat under testen av komponenterna. (LBIES_Staff, 2021).

De vanligaste problemen som förekommer vid en inspektion av en maskin eller automationslinje som inte blir godkänd är:

- användning av icke-certifierade säkringar
- inkompatibla fördelningsblock
- eller fel i typskylten.

2.4.3.2 Certifiering av en produkt eller en maskin

Certifiering av en produkt utförs av organisationer eller testlaboratorier som blivit ackrediterade att göra certifieringar. Organisationerna är oberoende och har erhållit dess ackreditering från myndigheter eller ackrediteringsorgan för att genomföra test och bedömningar efter specifika standarder. Organisationer som utfärdar beror på den geografiska regionen och produkttypen. Hurudan certifiering som en produkt genomgår skiljer också. (Product certification, 2024; Guide To North American Product Testing & Certification, 2020).

2.4.3.2.1 CEDOC

CEDOC är en världsledande mjukvara som förenklar och strukturerar arbetet kring riskbedömning, maskinsäkerhet och CE-märkning av maskiner. Deras huvudkontor ligger i

Sverige och de har även partners i övriga Norden, även Finland genom dess partner Koneturva Oy. Deras mjukvara används för att riskbedöma och CE-märka maskiner. CEDOC använder ett riskanalysverktyg som ger en guide till säkra maskiner och säkra arbetsplatser för alla. (Programvaran för en maskinsäker arbetsplats, u.d.).

På deras hemsida visar de en 5-steps process på hur en maskin blir CE-märkt:

1. Omfattning: Fyll i den övergripande informationen om maskinen.
2. Riskbedömning: Guidas enkelt i intervjuform genom riskbedömningen.
3. Åtgärdsplan: En åtgärdsplan genereras automatiskt utifrån riskbedömningen.
4. Kontrollrapport: Gå enkelt igenom en checklista över kontrollpunkter.
5. Försäkran och CE-märke: Ett förslag på försäkran om maskinens överensstämmelse och CE-skylt genereras automatiskt.

2.4.3.2.2 EUROLAB

EUROLAB är ett känt varumärke i certifieringsindustrin, erkänt av OSHA som NRTL. EUROLAB testar kunders produkter enligt UL-teststandarder och godkänner dem i enlighet med NRTL-programmet.

Efter utförd process kan produkten få angett den UL- och / eller CSA-standard som den uppfyller. För produktsäkerhet accepteras varumärket EUROLAB i hela USA och Kanada. EUROLAB är erkänt i USA som ett nationellt certifieringsorgan (NCB) som en del av IECEE CB-systemet. (UL-certifiering, u.d.).

2.4.3.2.2.1 IECEE CB-systemet

IECEE står för IEC System of Conformity Assessment Schemes for Electrotechnical Equipment. IECEE Certification Body scheme, IECEE CB-systemet, är ett internationellt system för godkännande av testrapporter och certifikat som handlar om säkerheten för elektriska komponenter, utrustning och produkter. (CB Scheme, u.d.).

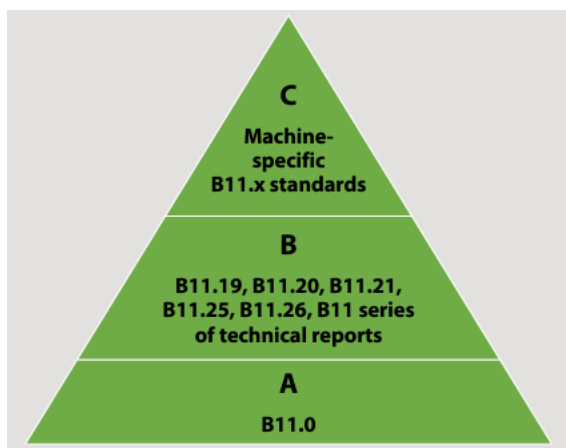
Avtalet omfattar flera länders och deras certifieringsorgans deltagande. Syftet är att underlätta handel genom att koordinera nationella och internationella standarder världen över. Användning av systemet gör att tillverkare kan effektivisera certifieringsprocessen och underlätta marknadstillträde i andra länder.

2.4.3.3 Certifieringsprocesser i Europa jämfört med USA

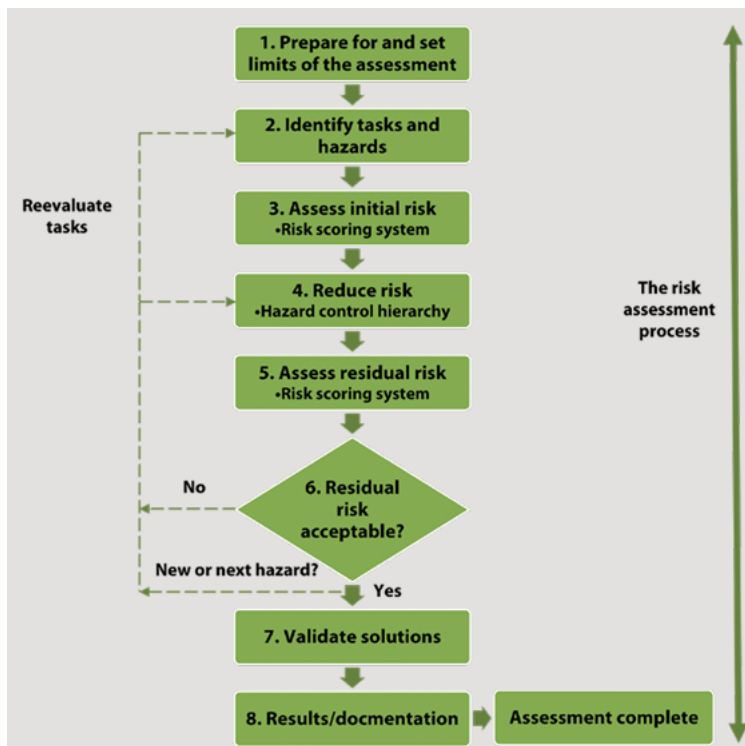
Certifieringsprocesserna skiljer sig i Europa jämfört med USA för en maskinlinje. I Europa behöver en produkt vara testad och CE-märkt, liksom också hela maskinlinjen bör genomgå en process och bör få en CE-märkning. Däremot i USA är det endast komponenter som genomgår test och produktcertifiering och blir, exempelvis, UL-märkta. Komponenterna i en maskinlinje bör för den delen vara UL-märkta, men hela maskinlinjen i sig får inte en UL-märkning utan den genomgår en så kallad Field Evaluation och får en Field Label. (Schirn, 2023; IAS Field Evaluation Body Accreditation Program).

I certifieringsprocesserna ingår en riskanalys, både i Europa och USA. I Europa används standarden ISO 12100 – safety of Machinery, denna används även i Finland i form av SFS-EN ISO 12100. Riskanalys-programmet i CEDOC är också baserat på denna. I USA tillämpas ANSI B11-standardserien när riskanalyser görs. B11-serien av dokument kan associeras med ISO-strukturen "Typ A-B-C" enligt:

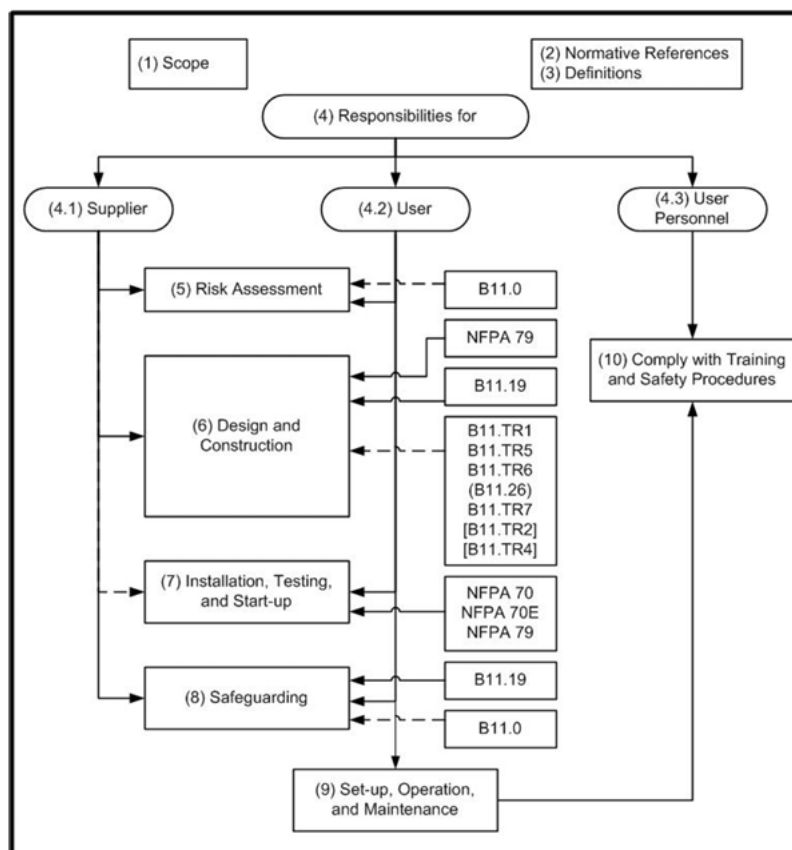
- Typ-A-standarder (grundstandarder) som ger grundläggande koncept, principer för design och allmänna aspekter som kan tillämpas på maskiner.
- Typ-B-standarder (generiska säkerhetsstandarder) som behandlar en eller flera säkerhetsaspekter som kan användas över ett brett spektrum av maskiner.
- Typ-C-standarder (maskinsäkerhetsstandarder) som handlar om detaljerade säkerhetskrav för en viss maskin eller grupp av maskiner.



Figur 14: B11-seriens hierarki av av dokument. (Felinski, Main, & Soranno).



Figur 15: Riskbedömningsprocessen i ANSI B11.0-standarden. (Felinski, Main, & Soranno).



Figur 16: Typisk layout av standarder som visar leverantörens och användarens olika ansvarsområden. (Safety Requirements for Powder/Metal Compacting Presses, 2014).

2.4.3.3.1 Fältutvärdering (Field Evaluation)

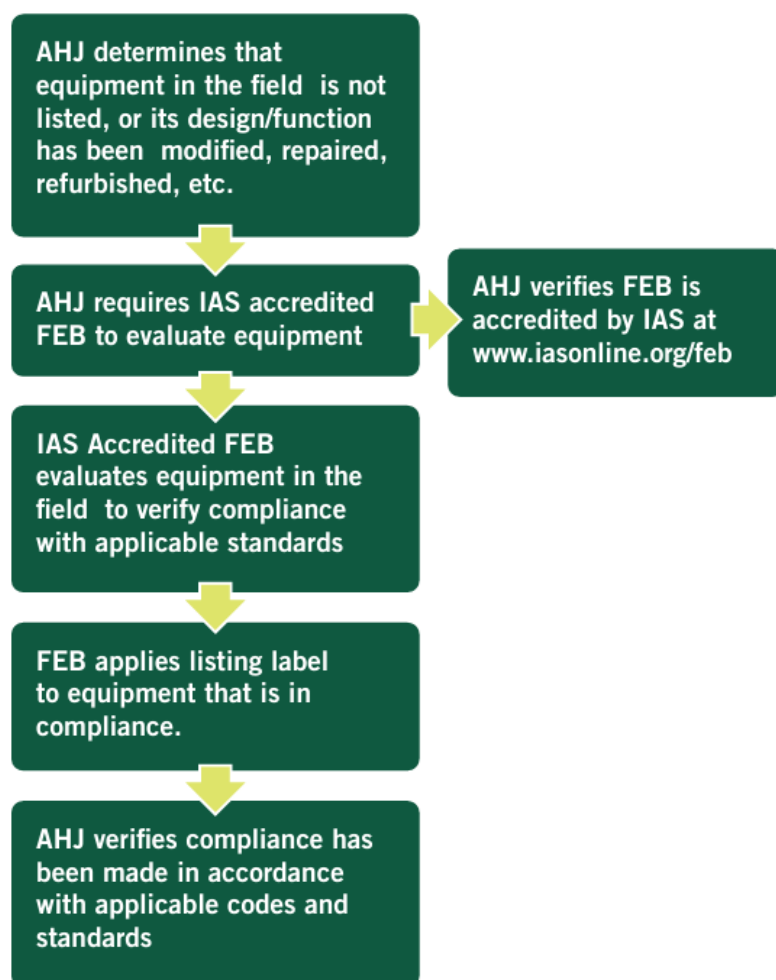
En fältutvärdering är en process för produkter som inte har en certifiering godkänd av AHJ. Organisationer godkända av IAS som Field Evaluation Body, FEB, får utföra en fältutvärdering. Ett organ kan då utvärdera den specifika applikationen och platsen enligt tillämpliga produktsäkerhetsstandarder. Processen inkluderar konstruktionsbesiktning, kontroll av komponenter som används, montering samt testutföranden. (IAS Field Evaluation Body Accreditation Program).

Utförandet av en fältutvärdering sker vanligtvis på platsen där maskinen kommer att monteras och vara i funktion. Undantag för utvärdering på annan plats bör godkännas av AHJ. När en produkt genomgått inspektionen och konstaterats uppfylla kraven får maskinen en fältutvärderingsetikett, Field Evaluation Product Label. Ifall att maskinen inte blir godkänd utfärdas en omfattande rapport på åtgärder som bör tillämpas innan den kan godkännas.

Bland annat UL och Intertek utför fältutvärderingar enligt deras utarbetade program som är accepterade som FEB till lokala myndigheter. Fältvärderingsprogrammen grundar sig på standarder, i framkant av standarderna är NFPA 790 och NFPA 791, som bägge är standarder för förfaranden för kompetens- och fältutvärdering. (Field Evaluations; Field Labeling Process).

2.4.3.3.1.1 *Flödesschema för utvärdering*

I Figur 17 hittas ett flödesschema på hur AHJ går till väga för utvärdering.



Figur 17: Flödesschema för en utvärdering av AHJ. (IAS Field Evaluation Body Accreditation Program)

2.4.3.3.1.2 Field Evaluation-standards: NFPA 790 & 791

NFPA 790 och 791 är de enda officiella standarderna för Field Evaluation i USA. NFPA 790 (Standard for Competency of Third-Party Field Evaluation Bodies) beskriver kompetenskraven som krävs för att utföra Field Evaluation. NFPA 791 (Recommended Practice and Procedures for Unlabeled Electrical Equipment Evaluation) innehåller information om utvärdering av elutrustning som saknar certifieringsmärke. (Field Evaluations — New Standards NFPA 790 and 791, 2011).

2.5 Standarder som berör elektriska installationer i industriella anläggningar

Globalt sätt finns sju (7) relevanta standarder som är allmänt förekommande gällande tillämpningar i industrimiljö. Dessa är NFPA 70, IEEE 1584, LVD, IEC 60364–1, IEC 60204–1,

UL 508A och ISO 13849. (NFPA 70; IEEE 1584, 2022; Low Voltage Directive (LVD); IEC 60364, 2023; IEC 60204, 2020; UL 508A Third Edition Summary of Requirements; ISO 13849, 2024).



Figur 18: Standard-tillämpningar världen över. (The Secrets of UL., 2011).

2.5.1 Standarder som berör elektriska installationer för industriella anläggningar i Europa

För en maskin i en industrianläggning i Europa bör bland annat följande standarder tillämpas:

- Lågspänningsdirektivet, LVD (2014/35/EU): Krav på elektrisk utrustning som ska uppfyllas inom EU för att säkerställa grundläggande säkerhet och hälsa för användare och konsumenter. (Low Voltage Directive (LVD)).
- EN 60204–1: Maskinsäkerhet - Maskiners elutrustning - Del 1: Allmänna fordringar. (Standarder förenklar, kvalitetssäkrar, u.d.).
- EN 61439-serien: Lågspänningsställverk och styraggregat. (Kopplingsutrustningar för högst 1000 V växelspanning eller 1500 V likspanning - Del 1: Allmänt, u.d.).
- EN 61000-serien: Elektromagnetisk kompatibilitet, EMC. (SFS-EN IEC 61000-6-2:2019:en, u.d.).
- EN 60364-serien: Elektriska installationer i byggnader och anläggningar. (IEC 60364, 2023).

- EN 61010-serien: Säkerhetskrav för elektrisk utrustning för mätning, kontroll och laboratorieanvändning. (IEC/EN 61010-1; Elektrisk utrustning för mätning, styrning och laboratorieändamål, u.d.).

Ur listan ovan är de tre (3) förstnämnda de mest betydelsefulla. Nämnvärt är även att EN-standarderna i listan är harmoniserade med den internationella standardiseringsorganisationen IEC:s motsvarande standarder.

2.5.1.1 Lågspänningsdirektivet (Low Voltage Directive, LVD)

Lågspänningsdirektivet används inom EU och är ett direktiv som används under specifika spänningsområden. Alla produkter som sätts på marknaden i EU, som är inom ramen för LVD, måste uppfylla dess kriterier för att fritt kunna cirkulera på EU:s marknadsområde. LVD gäller produkter inom 75 – 1500 VDC samt 50 – 1000 VAC. När en produkt tillverkas inom ramen för LVD bör en produktionskontroll tillämpas som innehåller:

- Teknisk dokumentation (produktbeskrivning, instruktioner, riskanalys, testrapporter och resultat).
- Tillverkning.
- Applicering av CE-märkning.
- EU-försäkran om överensstämmelse.

Produkterna som genomgått denna kontroll måste förses med ett identifikationsnummer för att de skall kunna bli identifierade.

I direktivet anges allmänna krav på säkerheten för elektrisk utrustning, till skillnad från standarder som ger detaljer om hur säkerhetsmål uppfylls. LVD-guiden nämner att ETSI, CEN och CENELEC har rätt att göra harmoniserade standarder som uppfyller säkerhetskraven enligt LVD. Det är på tillverkarens ansvar att applicera CE-märkning på en produkt som uppfyller kraven i LVD. (Low Voltage Directive (LVD); Elsäkerhet – LVD, u.d.).

2.5.1.2 EN 60204–1/IEC 60204–1

IEC 60204–1 är en del av IEC 60204-serien och innehåller info om allmänna krav på säkerhet för maskiner och elektrisk utrustning av maskiner. Denna standard är harmoniserad av CENELEC och finns som en EN-version. Standarden behandlar utrustning upp till 1000 VAC

och 1500 VDC, samma som LVD, och frekvenser upp till 200 Hz. (Standarder förenklar, kvalitetssäkrar, u.d.).

2.5.1.3 EN 61439-1/IEC 61439-1

IEC 61439-1 är en del av IEC 61439-serien och innehåller info om lågspänningsställverk och styraggregat. Standarden är harmoniserad av CENELEC till en EN-version. Detta är den närmaste motsvarigheten till UL 508A och genom en jämförelse av dessa två kan det därifrån avgöras vilka de väsentliga skillnaderna är när design och uppbyggnad av elcentraler till industrin och automationslinjer görs. (SFS-EN IEC 61439-1:2022:en, u.d.).

2.5.2 Finlands SFS-standardserier för elektriska installationer

SFS 6000, lågspänningselinstallationer, tillämpas på elinstallationer med nominell spänning upp till 1000 V växelström eller 1500 V likström. Standarden gäller för installationer i olika typer av byggnader och strukturer samt tillfälliga platser. Omfattning gäller även telekommunikations-, signalerings- och kontrollkablar. Innehållet inkluderar planering, konstruktion och inspektion av elinstallationer. (SFS 6000-1:2022, u.d.).

SFS 6001, högspänningselinstallationer, gäller för elinstallationer med nominell spänning över 1000 V och upp till 60 Hz. Elinstallationer inom kraftverk, industriella anläggningar och tillfälliga byggarbetsplatser omfattas av denna standard. Standarden innehåller krav för planering, val av utrustning och konstruktion av högspänningsinstallationer och relaterad utrustning. (SFS 6001:2018, u.d.)

SFS 6002, säkerhet vid elektriskt arbete, tillämpas på alla elektriska system (både permanenta och tillfälliga elektriska installationer) och arbeten nära elektriska system oavsett spänningsnivå. Standarden innehåller krav för säker användning och underhåll av elektriska system. Innehåller även krav för att skydda personer som utför arbete i närheten av elektriska system. (SFS 6002:2015 + A1:2018:en, u.d.).

Sammanfattningsvis fokuserar SFS 6000 på lågspänningsinstallationer, SFS 6001 på högspänningsinstallationer och SFS 6002 på säkerhetsaspekter vid elektriskt arbete. Dessa standardserier kompletteras av EN/IEC-standarder som nämns i tidigare rubriker. EN/IEC-standarderna ger i sitt innehåll kompletterande och harmoniserade krav för att säkerställa överensstämmelse samt kvalitet i elektriska system och maskiner.

2.5.2.1 SFS-EN IEC 61439–1

Eftersom Finland är ett medlemsland i CENELEC genom SESKO, måste Finland anta EN-standarderna och bekräfta dem som finska SFS-EN-standarder, vilket gör att standardserien EN 61439 också används i Finland i form av SFS-EN IEC 61439. (SFS-EN IEC 61439-1:2022:en, u.d.).

Varje lågspänningscentralstyp har två huvudstandarder som specificerar alla krav för den typen och deras verifieringsmetoder. SFS-EN IEC 61439–1 är en grundstandard som presenterar de allmänna kraven för lågspänningscentraler. Del 2–7 i standardserien är detaljerade centralstandarder för olika typer av centraler, som kompletterar de allmänna kraven i standarden:

- SFS-EN IEC 61439–1: Allmänna krav.
- SFS-EN IEC 61439–2: Ställverk avsedda för professionellt bruk.
- SFS-EN IEC 61439–3: Distributionscentraler avsedda för lekmannabruk.
- SFS-EN IEC 61439–4: Centraler för byggarbetsplatser.
- SFS-EN IEC 61439–5: Distributionsnätverk.
- SFS-EN IEC 61439–6: Distributionsskensystem.
- SFS-EN IEC 61439–7: Sammansättningar för specifika användningsområden som marinor, campingplatser, marknader och laddstationer för elfordon.

I standarden SFS-EN IEC 61439–1 anges att standarden är tillämplig på lågspänningscentraler med en maximal märkspänning på 1000 VAC eller 1500 VDC, samt med en försörjningsfrekvens på högst 1000 Hz. (SFS-EN IEC 61439-1:2021/AC:2022:en, u.d.).

2.5.3 Standarder som berör elektriska installationer för industriella anläggningar i USA

I huvudsak finns det sex (6) standarder som bör beaktas när en maskin tillämpas i en industriell miljö. Dessa är NFPA 70/NEC, NFPA 70E, NFPA 79, UL 508A, IEEE 1584 och ISA 18.2.

2.5.3.3 NFPA 79 (Electrical Standard for Industrial Machinery)

NFPA 79 omfattar krav på elektriska styrsystem relaterat till industriella maskinutrustningar. Standarden innehåller krav på styrskåp och distributionssystem. Installationsbeskrivningarna i NFPA 79 uppfyller standarder för driftsäkerhet. NFPA 79-standardens är i omfattning jämförbar med EN/IEC 60204–1-standardens. Den färskaste utgåvan för NFPA 79 är utgiven 2024.

NFPA 79 är minimikravet för industriella maskiner och maskinsystem med en maximal nominell spänning på 1000 V, tidigare 600 V, uppdatering gjord 2018. Maskiner och maskinsystem anses omfatta alla kablar och komponenter från spänningsmatningspunkten, vilket även inkluderar kontrollcentraler och elektriska delar till maskiner. Med industrimaskiner avses anordningar som skär, pressar eller formar material; mer detaljerade definitioner av tillämpningsområdet finns i avsnitt 3.3.54 i NFPA 79. (NFPA 79, u.d.; NFPA 79 FÖR USA-EXPORT, u.d.; Low voltage, 2024).

2.5.3.4 UL 508A (Standard for Industrial Control Panels)

UL 508A är utvecklad av Underwriters Laboratories och är en av deras mest använda standarder. Standarden beskriver certifieringen av industriella styrskåp/elcentraler. Den behandlar både dess konstruktion samt dess innehåll såsom huvudbrytare, HMI-paneler och andra komponenter.

I UL 508A används termen Industrial Control Panel, ICP. För att hänvisa till det i detta arbete används termerna lågspänningscentral, elcentral, styrskåp eller elskåp. Enbart orden central och skåp förekommer också. En elcentral till USA bör alltid följa UL 508A, men kunden kan också ha egna tilläggskriterier som bör beaktas och klargöras i inledningen av projektet. En central kan inte få ett godkännande av UL om den inte följer allt i UL 508A. NFPA 79 och UL 508A överlappar varandra på flera punkter, enskilda punkter där kraven enligt NFPA 79 skiljer sig från kraven i UL 508A finns oftast nämnda i standarden.

UL 508A är en ANSI-godkänd standard för styrskåp. Den tredje och senaste utgåvan är publicerad 24.4.2018 men har uppdaterats med korrigeringar kontinuerligt. Den senaste uppdateringen har blivit gjord 28.7.2022. Krav som ställs i standarden UL 508A omfattar centraler avsedda för allmän industriell användning och som drivs med en maximal spänning på 1000 V. Med allmän industriell användning menas att de är avsedda för installation i normala utrymmen där omgivningstemperaturen är mellan 5 °C (41 °F) till ett

maxvärde på 40 °C (104 °F). I övrigt kan sägas att standarden UL 508A inte gäller för enheter i potentiellt explosiva atmosfärer. Dessa system är i fokus i standarden UL 698.

Standarden är totalt 208 sidor lång med innehållet uppdelat i två huvuddelar. Den första delen behandlar bestämmelser gällande styrskåp i allmänhet och dess komponenter. Den andra delen behandlar utrustning till styrskåp som används inom specifika branscher, exempelvis hissar eller marinafaciliteter. Huvudsakliga kapitel som finns i del ett (1) är:

- Anvisningar för kablage som angår styrskåpet.
- Komponentanvisningar om överströmsskydd och säkringar samt hur dimensionerna på själva komponenten bör bestämmas i förhållande till komponenterna den skall samspela med.
- För styrkretsar anges vilka krav som gäller för kopplingar, kablage, in- och urkoppling av enheter. Även mångsidiga komponenter såsom SPD:n, UPS:ar och filter finns det reglement på.
- Beskrivningar av pneumatiska kopplingsanordningar.
- Tillvägagångssätt för klassificeringar och märkningar skall göras.

Del två (2) innehåller väsentliga delar såsom:

- Beskrivning av skåpets förslutning; dimensioner, dörrar, lås, ventilation och observationsfönster med mera.
- Ett eget kapitel för industriella maskiner (Industrial Machinery), vilket är kapitlet som berör projekten i fråga, och är det kapitlet som bör studeras och läggas största fokus på.
 - Sakerna som nämnts i den allmänna delen specificeras här till att följa vad som gäller i industriella utrymmen, bland annat jordning, som kan skilja sig åt mycket beroende på platsen ett styrskåp tillämpas. Kapitlet hittas i standarden från sidan 116 till 126.

Efter de två huvuddokumenterna hittas ett tillägg (Supplement SB) om kortslutningsströmsklassificeringar (Short Circuit Current Ratings, SCCR) för industriella styrskåp. Tillägget hittas på sidan 163 till 174.

Slutligen hittas fyra (4) bilagor, Appendix A, B, C och D:

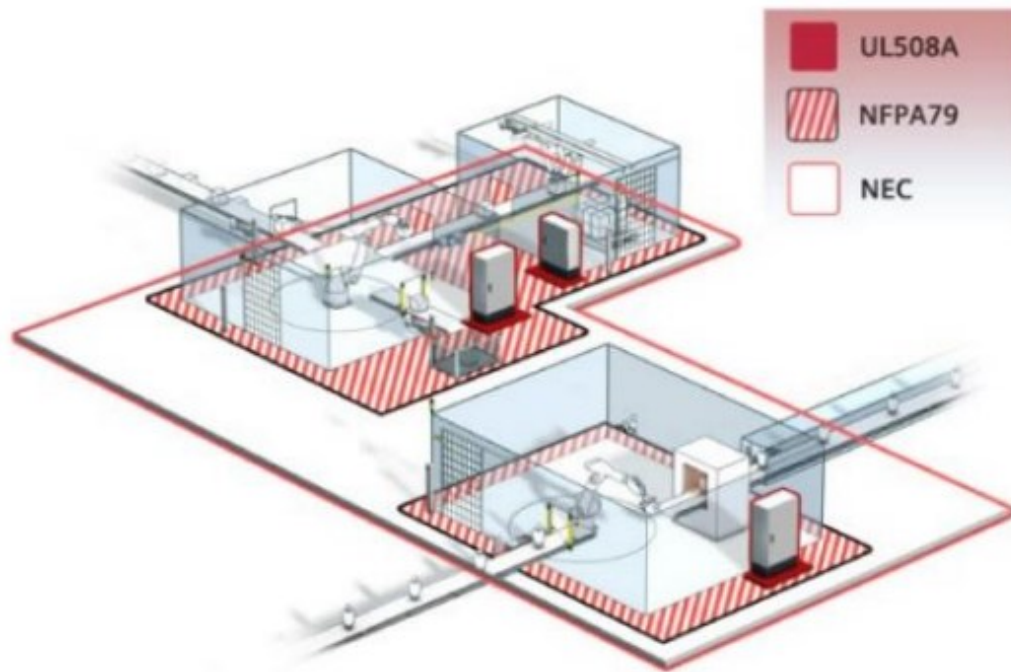
- Bilaga A handlar om standarder för komponenter.
- Bilaga B handlar om användning av komponenter som inte är UL-klassificerade. Vad gäller denna bilaga står det att den endast är informativ och innehåller info som inte är en del av ANS.
- Bilaga C är reserverad för framtida användning och innehåller ingen information.
- Bilaga D handlar om SCCR och tillvägagångssätt för att nå maximum 1000 kA kortslutningsström teoretiskt, utan mätning. Här finns mycket info om fördelningsskenor och dimensioner. Denna bilaga är viktig för att se till så att nivå på SCCR är tillräcklig.

I standarden finns det definierat vilken kategori av komponenter som kan användas i vilka situationer. UL har en mängd olika utrustningsstandarder som refereras till i UL 508A. Exempelvis UL 62 som är en standard för kablar. Standarden specificerar också hur installationen för installera vissa komponenter bör utföras. Till exempel enheter som ger ifrån sig värme, såsom strömkällor bör placeras i en centrals övre del. Frekvensomvandlare bör placeras i nedre delen av en elcentral så att motorkablarna som kopplas till dem inte bör dras igenom skåpet, eftersom dessa eventuellt kan orsaka elektromagnetiska störningar hos andra komponenter. (UL 508A, 2022).

2.5.3.4.1 Skillnad på UL 508A och NFPA 79

NFPA 79 är inriktad på krav för elektriska system som används i samband med industriella maskiner och fokuserar på bedömning och certifiering av hela styrsystem, inklusive styrskåp och relaterad utrustning. Den täcker hela processlinjen från maskinens startpunkt till slut. UL 508A fokuserar däremot endast på styrskåpet och dess innehållande utrustning. Omfattningen för UL 508A börjar vid matningspunkten för styrskåpet och slutar vid anslutningarna till maskinfältet. (What is the difference between NFPA 79 and UL508A?; Understanding the relationship between NFPA and UL 508A, 2023).

Kort sagt tillämpar bägge standarderna styrskåp, men NFPA 79 innehåller även information utöver styrskåp, vilket gör att båda standarderna kan tillämpas för styrskåp. De flesta krav i standarderna är identiska, eller när på identiska. Ifall den ena standarden ger mer specificerat eller högre krav än den andra bör de strängare kraven följas för att vara på den säkra sidan.



Figur 20: Tillämpningsområdena för UL 508A, NFPA 79 och NEC standarder i en industriell miljö. (NFPA 79 – Changes in Edition 2018 , 2018).

2.5.3.5 IEEE 1584

Guide for Performing Arc-Flash Hazard Calculations. Liksom namnet antyder är denna standard till för beräkning av ljusbågar i elsystem. Riktlinjer hur riskbedömning görs samt eliminerar risker och antar skyddsåtgärder beskrivs. (IEEE Guide for Performing Arc-Flash Hazard Calculations, 2018; IEEE 1584, 2022).

2.5.3.6 ISA 18.2

ISA står för International Society of Automation. Standarden ISA 18.2, Management of Alarm Systems for the Process Industries, behandlar utformning av larmsystem inom processindustrin för att förbättra säkerheten. (ANSI/ISA-18.2-2016, Management of Alarm Systems for the Process Industries, u.d.; Alarm management, 2024).

2.5.3.6.1 UL 50, UL 50E och UL 94

Dessa standarder berör främst komponenter som används i maskiner och elcentraler. Komponenter som får certifieringsmärke kan ha testats enligt dessa standarder. En förklaring på standardernas omfattning är följande:

- UL 50, Enclosures for Electrical Equipment, fastställer krav för omslutningar. Exempelvis för kapslingar som används för att isolera elektrisk utrustning och

skydda den från yttre påverkan. Denna gäller även för att definiera klassificeringen på en elcentrals kapslingsklass. (UL 50, 2024).

- UL 50E, Enclosures for Electrical Equipment (Environmental Considerations), behandlar miljöförhållandena där elektrisk utrustning och omslutningar kan användas och testas för att bedöma deras prestanda under olika förhållanden. (UL 50E, 2020).
- UL 94, Tests for Flammability of Plastic Materials for Parts in Devices and Appliances, standarden fokuserar på brandsäkerheten hos plastmaterial som används i apparater och enheter. Det testar materialens förmåga att motstå och släcka brand. (UL 94, 2024; Understanding UL 94 Certifications and Limitations).

2.5.4 Centrala skillnader mellan UL 508A och SFS-EN IEC 61439-standardserien

Eftersom UL 508A är säkerhetsstandarden för industriella lågspänningscentraler i USA är det viktigt att känna till vilka likheter och skillnader den innehåller jämfört med motsvarande standarder som används i Europa och Finland, det vill säga del 1 och 2 i standardserien SFS-EN IEC 61439. De följande skillnaderna mellan UL 508A och SFS-EN IEC 61439 är av betydelse för en övergripande förståelse av standardernas skillnader, men det bör observeras att det finns fler aspekter att beakta för en heltäckande jämförelse.

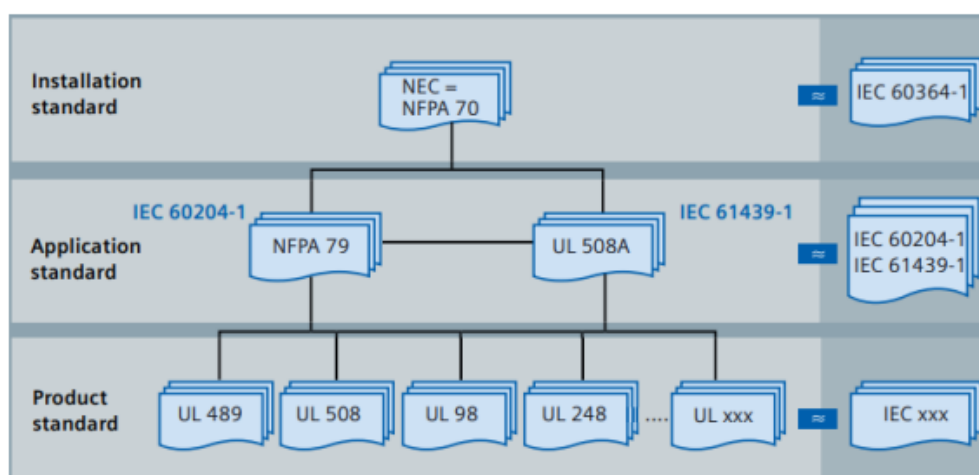
I läsning av dessas innehållsförteckning noteras det att UL 508A ger mer detaljerade krav jämfört med SFS-EN IEC 61439. Standarden SFS-EN IEC 61439 framhävs krav och ansvar på tillverkaren av centralen, tillverkaren bör se till att ha någon som ansvarar över att tillverkning sker i enlighet med standarden. Denna person utför också en besiktning enligt specifikationen i standarden samt antecknar detta i ett besiktningsprotokoll. Bekräftelse av överensstämmelse med UL 508A-standardens är återigen föremål för inspektion av en extern part, för att en lågspänningscentral ska vara UL-certifierad måste tillverkaren vara en UL-certifierad lågspänningscentralstillverkare och granskas regelbundet av UL.

Kapslingsklasserna i standarderna är olika, jämför IEC:s IP och UL:s TYPE. I UL 508A finns det exakta bestämda mått för luft- och ytgap enligt vilken typ av krets det är, samt dess spänningsnivå. I standarden SFS-EN IEC 61439–1 definieras kretsarna inte likadant och dimensioneringen av luft- och ytspalter baseras på inkopplingspänningen, märkisolationsspänning, temperaturområdet och materialklass. Vid dimensionering av

ledare i UL 508A används AWG-storleksklassificeringen, medan standardserien SFS-EN IEC 61439 använder kvadratmillimeter (mm^2). I bägge standarder beskrivs det att komponenter installerade i centralerna bör vara i användning i enlighet med vad de är till för, skillnaden är att UL 508A specificerar att komponenter bör vara UL-certifierade. Komponenttillverkare tillverkar ofta komponenter som överensstämmer med bägge standarder, men som designer av elcentraler bör de utrustningsspecifika kraven som anges i standarderna kollas upp för att se till att det väljs en komponent som överensstämmer med det. (UL 508A, 2022; SFS-EN IEC 61439-1:2021/AC:2022:en, u.d.).

Tabell 1: En översikt av centrala skillnaderna mellan UL 508A-standarderna och SFS-EN IEC 61439-serien.

Standard	UL 508A	SFS-EN IEC 61439
Spänningsområde	$\leq 1000 \text{ V}$	$\leq 1000 \text{ VAC}$ eller 1500 VDC
Frekvensområde	Inte specificerat	$\leq 1000 \text{ Hz}$
Kapslingsklassstyp	UL TYPE	IP
Komponenter	UL-certifierad i enlighet med UL:s utrustningsstandarder	Tillverkad i enlighet med IEC:s utrustningsstandarder
Besiktningar	En besiktning av en tredjepartsorganisation, varefter centralen får en märkning (till exempel UL Listed) om den uppfyller kraven i UL 508A	Den ursprungliga tillverkaren utför inspektioner och tester, varefter centralen kan märkas som överensstämmande med IEC-standarderna



Figur 21: Interaktion mellan nordamerikanska standarder med IEC-standarder. (The Secrets of UL., 2011).

2.6 Myndigheter och organ som upprätthåller arbetsmiljöstandarder

Utöver standarder finns myndigheter och organ som upprätthåller arbetsplatsmiljöfrågor. Deras syfte är att bedriva frågor och ärenden som främjar säkerhet, välmående och produktivitet på arbetsplatser. Exempel på dessa myndigheter är ILO, EU-OSHA och OSHA. (Ramdirektivet om arbetsmiljö, 2021).

2.6.1 International Labour Organization (ILO)

Den internationella arbetsorganisationens handhar konventioner om arbetslivet och övervakar dess medlemsländer att dessa följs. Organisationens mål är att det på alla arbetsplatser skall vara humana arbetsvillkor och att medlemsländerna skall arbeta emot människohandel och barnarbete. ILO är FN:s fackorgan för arbetslivsfrågor. (Internationella arbetsorganisationen ILO; Internationella arbetsorganisationen, 2022).

2.6.2 EU-OSHA

Den europeiska arbetsmiljöbyrån, EU-OSHA, ansvarar för att övervaka arbetsmiljön i medlemsländerna. EU-OSHA klassas som en myndighet inom EU. (EU-OSHA:s hemsida, u.d.; Europeiska arbetsmiljöbyrån, 2022).

2.6.3 Occupational Safety and Health Administration (OSHA)

Occupational Safety and Health Administration, OSHA, är en federal myndighet i USA. OSHA är en del av Department of Labor, DOL, som verkar under USA:s federala regering. OSHA utfärdar bindande lagstadgade arbets säkerhetsföreskrifter som är en del av Code of Federal Regulations, CFR. Med andra ord håller de i trådarna för arbetsmiljöstandarder och dess huvuduppgift är att skydda arbetstagare i USA. OSHA:s krav är minimikrav som gäller alla delstater. Däremot kan vissa delstater ha ytterligare lagar som kan vara striktare än dessa. OSHA kan också sätta krav på att olika typer av produkter, enheter eller system som används på arbetsplatsen ska testas och godkännas av en tredje part. (OSHA:s hemsida; Occupational Safety and Health Administration, 2024).

OSHA kräver att all elektrisk utrustning i Nordamerika antingen måste vara certifierad eller genomgå en omfattande inspektion före användning. Endast OSHA-auktoriserade

NRTL-testlaboratorier kan utföra de tester som krävs och utfärda certifiering. OSHA publicerar en lista över nationellt erkända testlaboratorier. (UL-certifiering, u.d.).

En anställd som jobbar vid en automationslinje kan använda sig av OSHA, exempelvis genom att kontakta dem om de upptäcker brister eller saker som gör det farligt att arbeta på stationen.

2.6.3.1 Nationally Recognized Testing Laboratory (NRTL)

Nationally Recognized Testing Laboratory, NRTL, är ett oberoende laboratorium som erkänts av OSHA för att testa produkter enligt specifikationerna för tillämpliga produktsäkerhetsstandarder. NRTL-organ är tredjepartsorganisationer, med andra ord en organisation inom den privata sektorn. OSHA, som fastställde NRTL-reglerna 1988, har inrättat NRTL-programmet för att säkerställa att vissa typer av utrustning testas och certifieras för säker användning på arbetsplatsen. Ett NRTL-organs funktion är att tillhandahålla oberoende testning och certifiering av alla elektriskt drivna produkter. Som resultat kan produkter som är korrekt godkända av NRTL accepteras av OSHA för användning. En produkt som godkänns av ett NRTL-organ får ett certifieringsmärke, NRTL-organen har egna certifieringsmärken. Efter att ha certifierat en produkt godkänner NRTL-organet tillverkaren att applicera dess certifieringsmärke på produkten. Ett NRTL-certifikat är viktigt eftersom det bevisar att elektriska produkter uppfyller kraven på den nordamerikanska marknaden. Testningen och certifieringen utförs i enlighet med amerikanska konsensusbaserade teststandarder för produktsäkerhet som utvecklats eller utfärdats av amerikanska standardiseringsorganisationer. Teststandarder som fastställts vara lämpliga för användning enligt OSHA:s NRTL-program inkluderar ANSI-, IEEE-, NEMA-, CSA- och UL-standarder. (Nationally Recognized Testing Laboratory, 2023).

Enligt Eurolab är behovet av UL-certifiering för produktsäkerhetsöverensstämmelse ett vanligt missförstånd, eftersom de ingår i standardtexten. Vissa produkter ska uppfylla eller certifieras enligt UL-standarderna för att uppfylla de övergripande kraven för produktsäkerhet, men de andra NRTL organisationerna kan också utföra testning och certifiering i enlighet med de fastställda standarderna för produktsäkerhet. (UL-certifiering, u.d.).

Till exempel kan en NRTL-organisation anlitas för att verifiera korrekt installation av kablar på en maskin. Enligt Lappgroup:s hemsida betraktas detta inte som ett krav, men det kan

underlätta introduktionen till USA-marknaden. Det faktum att det inte är ett krav är dock endast delvis korrekt. Om en installerad utrustning inte har ett NRTL-märke eller inte följer standarderna kan AHJ:n placera en Red Tag på maskinen, vilket innebär att den inte är tillåten att tas i bruk. Följaktligen är överensstämmelse med relevanta standarder och fältmärkningskrav en förutsättning för att lokala myndigheter ska kunna ge tillstånd för att utrustningen tas i bruk. (UL- OCH UR-GODKÄNDA KABLAR TILL USA OCH KANADA; Field Evaluation: Dealing with "Red Tagged" Equipment in the Field, 2021).

Ett certifieringsmärke av en NRTL-organisation underlättar mycket för godkännandet av AHJ:n eftersom det tar bort en del ansvar från AHJ:n. Exempelvis brukar AHJ:n vanligtvis inte utföra några vidare kontroller utav en elcentral som är korrekt märkt av ett NRTL-organ, utan de kan direkt godkänna den. Kritiska fel är om komponenter byts ut, speciellt om de är olika stora och något spelrum minskar så skåpet inte följer installation enligt en standard mera. (ETL Certification - Agreement, u.d.).

Fördelen med att få ett NRTL-godkännande på din produkt är om den skall massproduceras, då räcker det med ett godkännande. Nackdelen blir att det inte är möjligt att byta ut ens en skruv utan att den behöver godkännas igen. Det betyder även att det många gånger inte möjligt för tillverkaren att utföra förändringar på platsen i USA utan de utförs av lokala anlitade tekniker.

2.6.3.1.1 Red Tag

Det finns många orsaker varför en AHJ kan sätta Red Tag på en maskin:

- Unika specialbyggda produkter, till exempel maskiner och robotlinjer.
- En produkt som inte massproduceras.
- En produkt som blivit NRTL-certifierad, men som modifierats när den installerats.
- En maskin som blivit uppbyggd av godkända komponenter, men systemet de sammanbinder har inte genomgått Field Evaluation.
- Utrustning med endast CE-märkning.
- Utrustning som blivit märkt men som flyttats eller etiketten inte längre syns på.

De allra vanligaste specifika sakerna kan listas som följande:

- Användning av icke-godkända och säkerhetskritiska komponenter.

- Användning av säkringar eller brytare som inte är korrekt klassade för installationen.
- Användning av namnskyltar som inte inkluderar all klassificeringsinformation som krävs enligt standarden som tillämpas.

Om det går så att en maskin blir "red tagged" kan en FEB kallas till platsen. FEB utför en inspektion och tillhandahåller en rapport på beskrivningar av problem som måste åtgärdas. Efter att punkterna åtgärdas kan en Field Label appliceras. En slutrapport utfärdas då av FEB som kan tillhandahållas till AHJ som bevis på överrensstämmelse. (Field Evaluation: Dealing with "Red Tagged" Equipment in the Field, 2021).

2.6.3.1.2 National Certification Bodies (NCB)

Ett nationellt certifieringsorgan (NCB) är en organisation som har beviljats tillstånd att driva systemet för certifieringsorgan (CB) inom sitt land. En CB-certifiering anses motsvara CE-märkningen som används i Europeiska unionen. CB Scheme är certifierat av IECCE (internationell kommitté för elektrisk och elektroteknisk utrustning). De erbjuder certifiering för elektrisk utrustning, enheter och komponenter. (National certification bodies (NCBs); CB Marking).

2.6.3.2 Andra myndigheter I USA

Utöver OSHA finns flertalet myndigheter och organ som ansvarar för reglering inom olika områden. Exempelvis EPA, FDA, FAA, FCC och CPSC. Därtill finns det också delstatsnivåreglerade myndigheter som kan vara involverade i specifika branscher. (Major U.S. Federal Regulatory Agencies; Federal Agencies and Commissions).

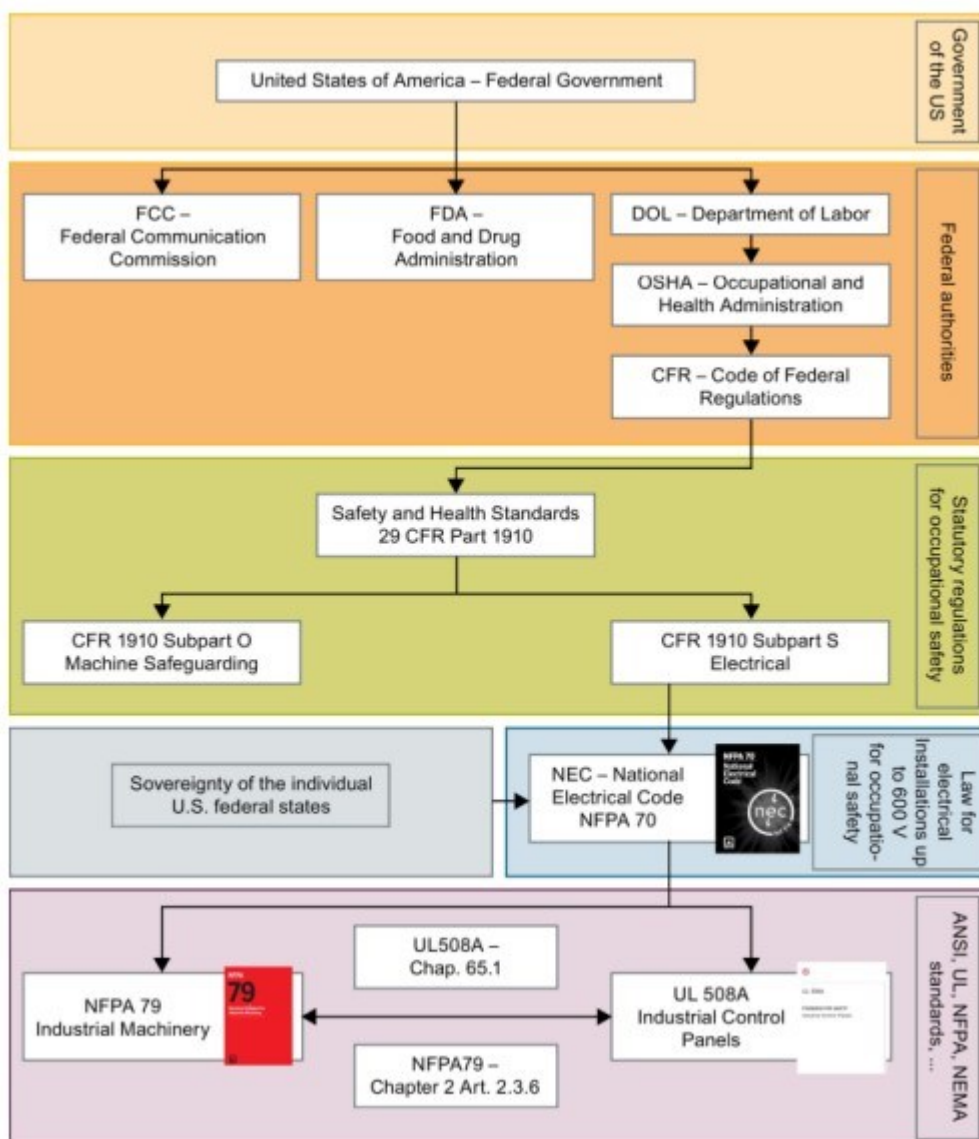
2.6.3.3 Skillnad på OSHA:s program för NRTL-organ och IAS FEB

Bägge av dessa är tredjepartsorganisationer, alltså en utomstående organisation med oberoende koppling till tillverkaren eller kunden. Skillnaden är att OSHA:s NRTL testar och certifierar vid tillverkningsstället. Produkter som certifierats tilldelas då ett märke, till exempel UL Listed. IAS FEB utför å sin sida certifiering på fältet där produkten installeras och används. Detta görs för att uppfylla lokala installationskrav. En installerad och certifierad maskin får en Field Label. Både NRTL-organ och FEB-organ är en del av det amerikanska elsäkerhetssystemet med syfte att säkerställa säkra installationer av elektriska produkter och system. (IAS Field Evaluation Body Accreditation Program).

Anläggningen där en automationslinje tillverkas kan certifieras av ett NRTL-organ. Om anläggningen blir certifierad får tillverkare själva möjligheten att sätta en Field Label på flödeslinjen. För tillverkare som endast har en liten produktion till USA, kan det löna sig att ta det som en köptjänst att ett annat företag tillverkar och gör ändring av elskåpen för att tillämpa USA-standarder. (Electrical equipment of industrial machinery exported to North America, 2015).

2.7 Översikt över USA:s regulatoriska landskap

I Figur 22 nedan illustreras en översikt över de viktigaste myndigheterna, lagarna och standarderna i USA som reglerar tillverkning och sammankoppling av elcentraler. Denna bild ger en sammanfattning av det regelverk och de standarder som behandlats i teoridelen av rapporten.



Figur 22: Översikt över de viktigaste myndigheterna, lagarna och standarderna i USA som reglerar tillverkning och sammankoppling av elcentraler. (Industrial Control Panels and Electrical Equipment of Industrial Machinery for North America, 2014).

2.8 Allmänt om elcentraler

Ett elskåp eller styrskåp som används inom industrin består av huvudkretskomponenter, styrkretskomponenter eller en kombination av både och, samt tillhörande ledningar och kontakter. Komponenter i huvudkretsen är till exempel motorstyrenheter, kontaktorer, säkringar och strömbrytare, medan komponenter i styrkretsen kan innefatta PLC:n, tryckknappar, indikatorlampor, timers och kontrollreläer.

För att undvika en inspektion av en auktoriserad myndighet, AHJ, på installationsplatsen i USA bör elcentralen vara försedd med en UL-listad märkning eller annan

certifieringsmärkning utfärdad av ett Nationally Recognized Testing Laboratory. Det bör upmärksammas att NRTL-organet också godkänns av den lokala AHJ:n. Vid utformningen av elcentralerna bör konstruktören som minimikrav följa riktlinjerna i UL 508A, NFPA 79 och NEC. En UL-certifiering av centralen omfattar endast centralen i sig, inte hela maskinen eller automationslinjen.



Figur 23: En bild på typiskt innehåll i en elcentral i en industri. (Industrial Control Panels and Electrical Equipment of Industrial Machinery for North America, 2014).

2.8.1 Fältutrustning

Med fältutrustning avses alla komponenter som systemet innefattar, inklusive elcentraler och kontrollpaneler. För dessa gäller i regel NFPA79-standarden. NFPA 79:s kapitel 5 fokuserar på de interna komponenterna och anslutningarna av elcentraler och paneler. (Industrial Control Panels and Electrical Equipment of Industrial Machinery for North America, 2014).

2.9 UL:s program för certifiering av elcentraler

UL utför produktcertifieringar även för hela elskåp. Tidigare var detta nödvändigt endast om likadana skåp massproducerades och önskades märkas med UL Listed. Eftersom tillverkare ofta producerar specifikt designade elskåp för industriella automationslinjer,

vilka kan vara unika varje gång, ansågs denna metod inte vara den mest lämpliga. Processen att få ett skåp UL Listed kunde bli både långvarig och kostsam i dessa fall.

UL la märke till detta fenomen och implementerade ett program för tillverkare av elcentraler till industrin som oftast gör skräddarsydda centraler relaterade till olika typer av projekt. Genom detta program erbjuder UL flexibilitet för tillverkaren att kunna UL-märka sina skåp utan att exakt varje skåp behöver kontrolleras och besiktas av UL. För att vara med i detta program bör tillverkaren ha gått en obligatorisk utbildning om UL 508A, samt betala en årlig medlemsavgift till UL. Dessutom genomför UL inspektioner regelbundet för att verifiera alla godkännanden, det är därför av vikt att noggrant följa upp alla certifieringar, även för de minsta komponenterna. (Industrial Control Panels and the Panel Shop Program).

Processen avancerar genom att centralen tilldelas en UL-märkning i form av UL Listed efter att den genomgått en slutbesiktning. Inspektören placerar UL-märkningen på insidan av centralen som ett bevis på att den uppfyller UL:s standarder och krav.

2.10 Kategorisering av områden i NEC jämfört med IEC

I NEC skiljer sig klassificeringen av farliga områden från IEC-standarderna. I NEC definieras klasser, divisioner och grupper medan kategorierna i IEC utgör zoner och grupper. Att känna till informationen för platsen där en maskin och elcentral skall installeras är viktigt för att kunna bestämma hur designas bör utformas och att val av delar och komponenter blir korrekt. Det behöver tas reda på om platsen kan kategoriseras enligt NEC/NFPA 70:s klassifikationer för farlig miljö; "Article 500 Hazardous (Classified) Locations, Classes I, II, and III, Divisions 1 and 2." (NFPA 70, 2023).

2.10.1 NEC-systemets indelningar

Klasser:

- Klass I: Områden där brandfarlig gas, ånga eller vätska finns närvarande.
- Klass II: Områden där brännbart damm finns närvarande.
- Klass III: Områden där tändbara fibrer är närvarande.

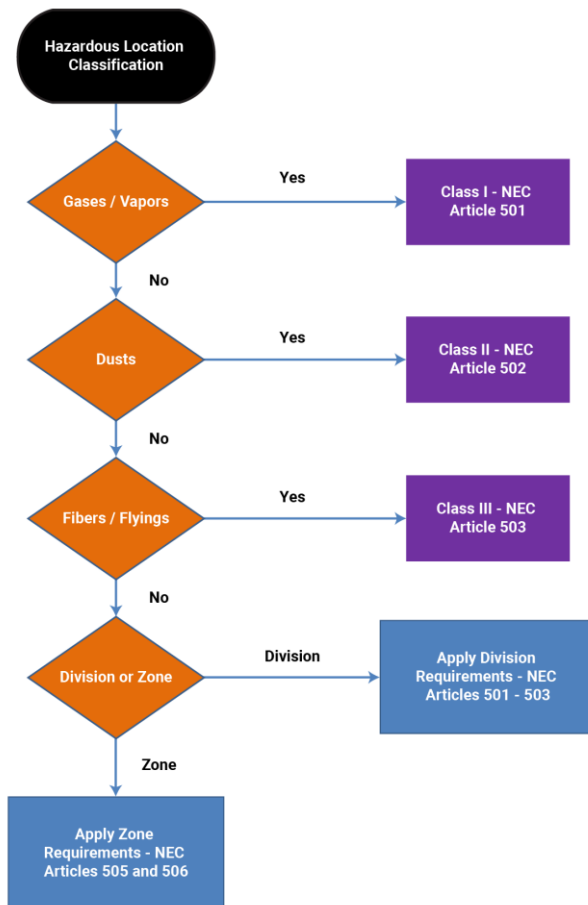
Grupp A-G: Specificerade ämnen som utgör fara.

Grupper:

- Grupp A (Klass I): Acetylen
- Grupp B (Klass I): Väte
- Grupp C (Klass I): Cyklopropan, etyleter
- Grupp D (Klass I): Aceton, butan, propan, hexan, naturgas, brännolja
- Grupp E (Klass II): Ledande metaller (t.ex. litium, magnesium, titan)
- Grupp F (Klass II): Kolhaltiga material (t.ex. kolstoff)
- Grupp G (Klass II): Mjöl, stärkelse, plast

Divisioner:

- Division 1: Områden där brandfarliga eller brännbara koncentrationer existerar under normala förhållanden eller sannolikt förekommande under andra omständigheter.
- Division 2: Områden där brandfarliga eller brännbara koncentrationer endast existerar under onormala förhållanden eller osannolikt att förekomma under andra omständigheter.
- Oklassificerade: Områden där närvaron av farligt material är så sällsynt att klassificering av elektriskt område anses onödigt. (Bray, 2021; Understanding Class, Divisions, Groups and Zones in NEC and the CEC Hazardous Locations, 2018; National Electrical Code (NEC) Division and Zone Classification Systems; HAZARDOUS ENVIRONMENT CLASSIFICATIONS: NEC VS IEC, 2019).



Figur 24: Tillvägagångssätt för klassificering av farligt område. (Hazardous Locations: Classes, Divisions and Groups, 2020).

2.10.1.1 IEC-systemet indelningar (klassificering utanför USA)

Gas/vätska:

- Zon 0: Kontinuerligt eller mestadels under normal drift.
- Zon 1: Sällan under normal drift.
- Zon 2: Osannolikt under normal drift (läckageförhållanden).

Damm:

- Zon 20: Kontinuerligt eller mestadels under normal drift.
- Zon 21: Sällan under normal drift.
- Zon 22: Osannolikt under normal drift (läckageförhållanden).

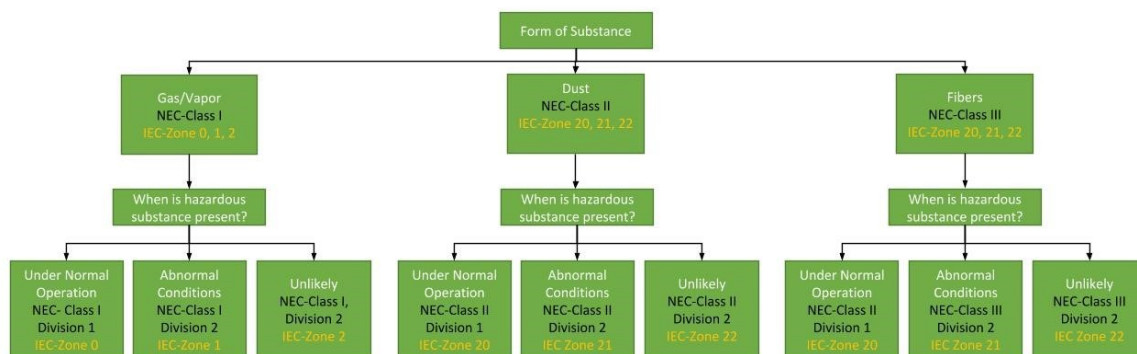
Grupper: Gas och fasta ämnen.

Gas:

- IIC : Etyl och väte
- IIB+H2: Väte
- IIB: Eten
- IIA: Propan

Fast ämne:

- IIC: Ledande dam.
- IIB: Icke-ledande dam.
- IIA: Fibrer.



Figur 25: NEC- vs. IEC-flödesschema. (HAZARDOUS ENVIRONMENT CLASSIFICATIONS: NEC VS IEC, 2019).

2.11 Kapslingsklasser

Skyddet för elektrisk utrustning utvärderas internationellt med IP-klassificeringen, Ingress Protection, enligt IEC 60529-standarden. Klassificeringen anger en enhets skydds- och täthetsklass. I USA används å andra sidan NEMA:s TYPE-klasser och UL:s TYPE-klasser, och IP-klassificeringen är inte giltig där. IP-klasser kan inte direkt översättas till TYPE eftersom det är olika tester som genomförts för att specificera klasserna. Kapslingar med endast IP-information tilldelas automatiskt kapslingsklass 1, den lägsta nivån (TYPE 1), oavsett IP-klassnivå.

UL har 16 TYPE-klasser medan NEMA har 20. UL TYPE-klassificering är baserat på NEMA:s TYPE-klassificeringar. Namnen på de olika klassificeringarna är desamma för bägge, men

NEMA har fyra flera. Fastän namnen är samma för bägge, skiljer klassificeringarna sig ändå något. Deras beskrivningar är inte fullt identiska. Det rekommenderas ändå att komponenter väljs med UL:s TYPE om det är möjligt. Skillnaden är att en produkt märkt med UL:s TYPE har blivit testad av en tredjepartsorganisation vilket bevisar att produkten uppfyller kravet. Produkter med NEMA:s TYPE har inte blivit testade utan tillverkaren som sätter NEMA TYPE på sin produkt indikerar att den följer standarder som NEMA definierar. UL använder UL TYPE-klassificeringar som definieras i UL 50- och UL 50E-standarderna. UL:s 16 TYPE-klasser finns definierade i avsnitt 5.8 i UL 50-standarderna. (Lohrey; NEMA Ratings and UL Ratings; Enclosure ratings: UL type vs NEMA What is the difference?, 2021).

2.12 Elnätet i USA

Den välkända variationen mellan elnäten i Finland och USA, särskilt vad gäller eluttag, innebär att Finland använder 230 V med en frekvens på 50 Hz medan USA använder 110 V med en frekvens på 60 Hz. Globalt sätt finns det totalt 15 olika typer av eluttag/vägguttag som är benämnda Typ A till Typ O. Däremot finns det bara två olika typer av spänning i dessa: 220–240 V, med 50 Hz eller 60 Hz och 100–127 V, med 50 Hz eller 60 Hz. (Elektriska standarder i världen, 2022; Har du koll på eluttagen inför utlandssemestern?, 2022; Eluttag och vägguttag i världen, u.d.).

Vid granskning av listor över olika trefasnättyper och frekvenser runt om i världen framgår det att USA har det mest varierade systemet med flera spänningar som varierar beroende på geografisk plats och användningsområde. (Lista Över 3 Fasvolymeter Och Frekvenser (Hz) Runt Om I Världen, 2018).

2.12.1 Amerikanska nättyper

Nordamerika har flera typer av 3-fasnät. Detta kan variera både mellan delstater och mellan olika industrier. 3-fassystemen i Nordamerika kan ha spänningar på 120 V, 208 V, 220 V, 230 V, 240 V, 440 V, 480 V och 600 V, men de tre (3) vanligaste huvudspänningarna i 3-fas systemen i USA är 208 V, 240 V och 480 V. Dessa system kan vara både tre- och fyrledarsystem. I ANSI-standarderna C84.1 finns det specificerat om strömförsörjningssystemen i USA. (NFPA 79, u.d.).

208 V-nätet används främst i äldre städer i USA, medan 600 V-nätet används i Kanada. I mindre industrier kan spänning på 120/208 V vara i användning. Därtill finns också tvåfas 120 V – 240 V system som i första hand används i elsystem i bostäder.

Amerikanska nättyper har benämningarna Split-phase, 3-phase wye (jordat/ojordat), Corner grounded delta, Ungrounded Delta, High-Leg Delta samt Open delta. Industriella maskiner drivs huvudsakligen av nättyperna "3-phase wye" och "Delta". Namnen "Delta" och "wye" är specifika indikatorer på de former som ledningarna antar när de är anslutna till varandra. "Delta" kommer från den grekiska symbolen " Δ ", medan "wye" hänvisar till bokstaven "Y", även känd som "stjärnpunkten" i en "stjärnkoppling". (Split-phase electric power, 2024).

Deltasystemen består vanligtvis av tre (3) faser och en skyddsjord förutsatt att systemet är jordat. Driftspänningen erhålls mellan faserna. Vid behov kan en transformator användas för att skapa en nollpunkt. De vanligaste delta-systemen är high-leg delta och corner grounded delta. I high-leg delta-varianten sitter jorden i mitten på en av lindningarna. Det är 240 V mellan alla faserna, men spänningen mellan fas och jordanslutning är olika på de tre faserna. Två faser har 120 V mot jordpunkten och den resterande fasen 208 V mot jordpunkten. I corner grounded delta är spänningen mellan faserna vanligtvis 480 V, i detta fall är spänningen betyder det också att spänningen är 480 V mellan fas och jordanslutningen. (Short circuit current of 3-phase open delta transformer, 2019; Corner-Grounded Delta Circuits).

Ett stjärnkopplat system (wye-system) har 3 faser, en nollpunkt och skyddsjord. I detta system används ingen PEN-ledare. Spänningen som erhålls är ofta 480 V mellan faserna och 277 V mellan en fas och nollpunkten. Denna markeras enligt: 480Y/277 V, Y-bokstaven indikerar att det är ett fast jordat elnät. Enligt UL 508A bör denna typ av spänning vara tydligt märkt på inkommande matningskabel till en elcentral, även om centralen innehåller komponenter märkta med märkspänningen med ett snedstreck, såsom 120/240, 480Y/277 eller 600Y/347, måste deras ingångsplintar vara uppmärkta. Det vanligaste industriella kraftsystemet i USA är 480Y/277V-systemet. (3-Phase Power: Delta vs Wye Explained).

Elnätets frekvens måste också beaktas eftersom det påverkar spänningen som erhålls från elnätet. Frekvensen i elnätet i USA är 60 Hz, undantaget för att det inte skall vara det kan vara om en fabrik har en transformator som ger ut en matningsfrekvens på 50 Hz.

Spänningar kan antingen vara definierade som distributionsspänningar eller driftspänningar. Distributionsspänningar/fördelningspänningar kan vara märkta: 120 V, 208 V, 240 V, 480 V och 600 V (som exempelvis på en effektbrytare) medan driftspänning till exempel är det som anges på en motors märkskylt: 115 V, 200 V, 230 V, 460 V eller 575 V (driftspänning = distributionsspänning – 4 %). Detta gör att när det är frågan om 460 V eller 480 V spänning, hänvisar det till samma elnät. Omkopplingsanordningar testas alltid med maximal spänning och maximal ström. Detta innebär att motorer märkta med 460 V AC-motorer kan drivas från en 480 V-matning.

Tabell 2: Översikt av olika typer av elnät i USA.

Koppling	Grounded Wye	Ungrounded Wye	High-leg Delta	Corner Grounded Delta	Ungrounded Delta	Open Delta	Split-phase
Bild							
Användningsområden	Bostäder, kommersiella byggnader, industrier	Fartygsbranschen	Industri, kommersiella byggnader	Gamla anläggningar, lantbruksapplikationer, oljerigg	Särskilda industriella applikationer, laboratorier	Mindre kommersiella byggnader, mindre industrier	Bostäder, små kommersiella enheter och mindre industriella applikationer.
Faser & Ledare	3 faser, 4 ledare	3 faser, 3 ledare	3 faser, 4 ledare	3 faser, 4 ledare	3 faser, 3 ledare	2 faser, 3 ledare	2 faser, 3 ledare
Beskrivning och Noteringar	Använder en jordad neutralpunkt som referenspunkt för belastningarna. Varje belastning är ansluten mellan en fas och neutralpunkten. PEN-ledare används ej, PE- och N-ledare skall vara skilda ledare.	En WYE-koppling där stjämpunkten är ojordad. Ett ojordat wye-system producerar låga felströmsnivåer (för det första jordfelet) vilket gör det till det föredragna systemet i fartygsbranschen där jordfel är kritiska.	En variant av delta-konfigurationen där en fas har högre spänning än de andra två faserna. Den höga faser vanligtvis är märkt med orange eller röd färg.	En delta-konfiguration där en av faserna är jordad i ett hörn, den jordade fasen ska inte ska belastas.	En delta-konfiguration där varken faserna eller neutralpunkten är jordade, denna koppling har högsta risken för isolationsfel.	Använder endast två transformatorer för att simulera en trefasig ström, detta ger en mindre belastningskapacitet jämfört med de övriga delta-konfigurationerna.	En enfasis fördelningskonfiguration som används för att leverera el till hushåll och mindre kommersiella enheter. Det kännetecknas av två spänningsfaser med en skillnad på 120 grader i fäsvinkel och en neutralpunkt.
Spänningar	208Y / 120 V, 240Y / 131 V, 480Y / 277 V eller 600Y / 347 V	Vanligtvis 480 V mellan faser (kan också vara 240 V eller 600 V)	240 V mellan faser, 120 V mellan 2 av faserna och jord och 208 V mellan den sista faser och jord	Oftast 480 V mellan faser (kan också vara 240 V eller 600 V)	Vanligtvis 480 V mellan faser	Vanligtvis 240 V mellan faser	120 V mellan varje fas och neutralpunkt och 240 V mellan faserna.

2.12.2 Konfigurationer av strömförsörjningssystem i USA

En viktig aspekt för tillverkare av elcentraler och maskiner är inte bara att notera vilken spänning som används, utan även specifikationen av elförsörjningssystemet. I standarderna, NEC, NFPA 79 och UL 508A, betecknas ett jordat wye-system som "slash rating". Övriga strömförsörjningssystem har ingen officiell term i standarderna, men i vardagligt språk benämns de som "straight rating".

Eftersom spänningsnivåerna kan variera mellan stater, men också beroende på industri är det viktigt att ta reda på och fråga upp vilken spänning som kan fås levererat till platsen om där maskinen skall byggas och installeras. Strömförsörjningssystemets konfiguration har ett mycket stort inflytande på installationens utformning och därför även på utrymmesbehovet i lågspänningscentralen och kostnaderna. Enheter som är godkända för "straight rating" är vanligtvis större och dyrare än enheter som endast är godkända för

"slash rating". (Industrial Control Panels and Electrical Equipment of Industrial Machinery for North America, 2014; Allmän Elektronik, 2013).

2.12.2.1 Slash rating

En "slash rating" hänvisar till ett jordad wye-system där två spänningar förekommer: fas-till-fas och fas-till-jord. Båda spänningarna är specificerade i fallet med en "slash rating", exempelvis:

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

Termen "slash rating" avser det snedstreck som används.

Skyddsanordningar som används för "slash rating" ska vara godkända åtminstone för fas-till-jord-spänningen. Godkända enheter för ett 480Y/277V kraftsystem är enheter med följande beteckningar:

- 480Y/277 V.
- 480 V.
- 600Y/347 V.
- 600 V. (Industrial Control Panels and Electrical Equipment of Industrial Machinery for North America, 2014).

2.12.2.2 Straight rating

En "straight rating" hänvisar till system där endast en spänning förekommer. Det vill säga där fas-till-fas-spänningen och fas-till-jord-spänningen är lika stora, i de fall där bägge existerar. Sådana kraftsystem kan inkludera delsystem, jordade eller ojordade samt ojordade wye-system.

I märkningen för "straight rating" kommer endast en spänning att anges. Till exempel:

- 240 V.
- 480 V.
- 600 V.

Eftersom det endast finns en spänning i en "straight rating" kopplas enheter direkt på den fulla fasspänningen, till exempel 480 V eller 600 V. Detta innebär att de skyddsanordningar som används bör vara godkända för detta. För ett 480 V system bör enheter vara betecknade med 480 V eller 600 V. Enheter med beteckningen 480Y/277 V eller 600Y/347 V är däremot inte godkända. (Industrial Control Panels and Electrical Equipment of Industrial Machinery for North America, 2014).

2.12.2.3 Andra konfigurationer av strömförsörjningssystem

High-leg delta eller "mittpunktsjordad delta" är mindre förekommande än de tidigare nämnda. För ett 240 V high-leg deltasystem där det är 240 V mellan faserna och 208 V mellan high-leg-punkten och jordpunkten bör skyddsanordningar ha följande beteckningar för att vara godkända:

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

High-leg delta är även känt som wild-leg, stinger leg, bastard leg, high-leg, orange-leg, red-leg eller dog-leg delta. (Industrial Control Panels and Electrical Equipment of Industrial Machinery for North America, 2014).

2.12.3 Nackdelar med USA:s elnät

Det noteras att elnätet i USA ofta anses vara föråldrat och mer sårbart för naturkatastrofer såsom orkaner och oväder, något som ofta uppmärksammas i medierna. En intressant observation vid jämförelsen mellan elstandarderna i USA och EU, jämför 110 V respektive 230 V, är att den högre strömmen i ledningarna i USA medför en ökad brandrisk medan den lägre nätspänningen minskar risken för personskador. (Ett elnät med spänningar i USA, 2023).

3 Utförande

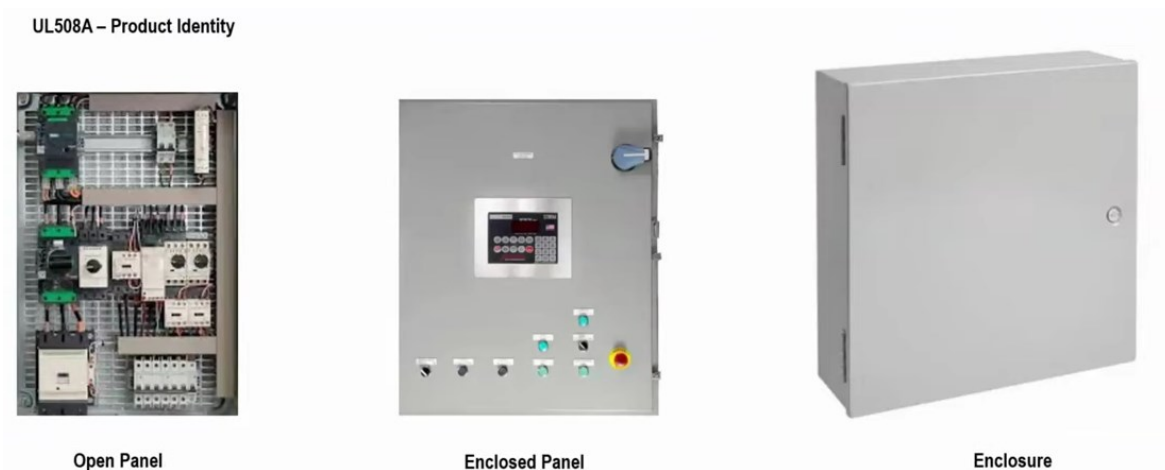
I utförandet beskrivs hur specifika delar under projektprocessen skall väljas, utföras, beräknas eller fastställas. Kapitlets huvudfokus är en sammanställning av de viktigaste aspekterna som noterades och dokumenterades efter djupläsning av standarderna: UL 508A, NFPA 79 och NEC/NFPA 70. Utöver detta finns även information som antecknats ur dokument som kompletterar standarderna om elektriska installationer medtagits. Tabeller i kapitlet har åskådliggjorts ur standarder och översatts till svenska.

3.1 Saker att notera vid planering och tillverkning av elcentraler och automationslinjer

I detta avsnitts underrubriker hittas nyttig information om planering och installation av elcentraler till automationslinjer samt om hopsättningen av alla maskiner till en helhet. Informationen som framkommer i detta kapitel bör observeras av såväl elplanerare, mekanikplanerare och montörerna.

3.1.1 Planering av elcentraler

Installation av en elcentral i USA kan utföras på två sätt: i en kapsling som utrustning av "enclosed type" eller anordnad på en monteringsplatta som utrustning av "open type". För "open type" gäller att enheten installeras i en kapsling som tillhandahålls på installationsplatsen, till exempel av kunden. Kapslingskraven beror på platsen var elcentralen skall installeras och bör följa kraven i utrymmeskraven och kapslingskraven i NEC respektive UL 50.



Figur 26: Illustrerande förklaring över elcentralstyper.

Vidare bör centralen designas att fungera inom ett område på 90 – 110 % av den nominella matningsspänningen samt 99 – 101 % av frekvensen. Avstånd mellan spänningsförande delar och avstånd till delar och väggar som krävs för böjning för inkoppling av en kabel i elcentralen bör följas enligt specifikationer i UL 508A. Avstånden för spänningsförande delar beror på vilken krets de tillhör. Böjningsutrymmet för kablar beror på tvärsnittsareorna. Detta är speciellt viktigt för matningskabeln och ledare i Power Circuit. I kapitel 3.1.5 och 3.1.6 fördjupas dessa specifikationer ytterligare och kompletteras med tabeller som belyser olika aspekter av installationen och planeringen av elcentraler. (Bray, 2021; NFPA 79, 2024; UL 508A, 2022).

3.1.2 Kapslingsklasser

Kapslingsklasskravet i TYPE beror på installationsmålet och miljön. Om kunden inte har definierat ett krav på TYPE-klass bör den bestämmas enligt UL 508A. Det räcker inte med att centralens TYPE-klassificering sätts på typskylten. En övergripande TYPE-klassificering måste bestämmas för centralen. Alla komponenter som finns monterade i centralens yttre kapsling påverkar detta, exempelvis tätningar och kabelgenomföringar. En centrals TYPE-klass definieras enligt den enhet som har lägst TYPE-klass som finns installerad i skåpets yttre hölje, även fast skåpet i sig skulle ha högre TYPE-klass. Till exempel om en komponent som installerats i skåpets hölje är utan TYPE-klassificering kommer den att göra att centralens klassificering blir TYPE 1.

För en golvmonterad central krävs ingen täckning av botten förutsatt att skåpets nedre kant är minst 152 mm (6 tum) från golvet samt att dess spänningsförande delar inuti centralen i sin tur är placerade 152 mm (6 tum) ovanför skåpets nedre kant.

Om enheter installeras i skåpets yttre hölje på installationsplatsen (till exempel kabelgenomföringar) skall det finnas instruktioner för hur dessa enheter skall installeras för att elcentralen skall behålla sin TYPE-klass som den blivit märkt på dess typskylt.

I UL 508A tabell 19.2, definieras hur en elcentralers TYPE-klass skall specificeras med beaktande av genomföringar och enheter som installerats. Tabellen har översatts och hittas i Bilaga 2. Tabellen kan användas i samspel med Tabell 3 (Instruktioner för genomföringar) för att fastställa ett elskåps slutliga TYPE-klass. Den övergripande kapslingsklassen för en UL-certifierad central skall sättas på typskylten enligt formatet "UL TYPE XX". Tabellen för UL:s TYPE-klassificeringar är en förenklad version av de fullständiga beskrivningarna som hittas i UL 50-standarderna. (UL 508A, 2022; NEMA Ratings and UL Ratings; Enclosure ratings: UL type vs NEMA What is the difference?, 2021).

Tabell 3: UL TYPE-klassificeringar.

Typ	Beskrivning
TYPE 1	Kapsling avsedd för inomhusbruk, med kontaktskydd och skydd mot nedfallande smuts.
TYPE 2	Kapsling avsedd för inomhusbruk, med kontaktskydd, skydd mot nedfallande smuts och stänkskydd.
TYPE 3R	Kapsling för inomhus- eller utomhusbruk, med kontaktskydd, skydd mot nedfallande smuts och regnvatten. Inneslutningen motstår även bildandet av extern is.
TYPE 3RX	Kapsling enligt TYPE 3R, med extra korrosionsskydd.
TYPE 3	Kapsling enligt TYPE 3R, med extra skydd mot smuts som blåser av vinden.
TYPE 3S	Kapsling enligt TYPE 3, där externt bildad is inte hindrar centralens användning var även yttre komponenter förblir funktionsdugliga.
TYPE 3X	Kapsling enligt TYPE 3S, med extra korrosionsskydd.
TYPE 3SX	Kapsling som innehåller funktionerna hos TYPE 3S och TYPE 3X.
TYPE 4	Kapsling avsedd för inomhus- eller utomhusutrymmen med kontaktskydd, skydd mot fallande och vindburen smuts samt skydd mot regnvatten, vattenstänk och direkta vattenstrålar. Tål även extern isbildning.
TYPE 4X	Kapsling enligt TYPE 4, som är korrosionsskyddad.
TYPE 5	Kapsling avsedd för inomhusbruk, med kontakt-, damm- och stänkskydd.
TYPE 6	Kapsling avsedd för inomhus- eller utomhusbruk, med kontaktskydd, skydd mot nedfallande smuts, vattentät och tål tillfälligt delvis nedsänkning i vatten. Inneslutningen motstår även bildandet av extern is.
TYPE 6P	Kapsling enligt TYPE 6, men tål en nedsänkning under vatten under en långvarig tid.
TYPE 12	Kapsling utan öppningar avsedd för inomhusutrymmen, med kontaktskydd, skydd mot fallande smuts och cirkulerande damm och lätt stänkskydd mot vatten, olja och icke-frätande vätskor.
TYPE 12K	Kapsling enligt TYPE 12, men med öppningar.
TYPE 13	Kapsling avsedd för inomhusbruk med kontaktskydd, skydd mot nedfallande smuts och cirkulerande damm samt skydd mot vatten, olja och icke-frätande vätskor.

3.1.3 Kabelgenomföringar

I UL 508A avsnitt 19 och tabell 19.1 specificeras olika typer av kabelgenomföringar (TYPE-klassificering) till elcentraler och vilka riktlinjer som bör följas. Dessa erbjuder vägledning för installationen av kabelgenomföringar i elcentraler och betonar vikten av noggrannhet under monteringen för att säkerställa att elskåpets klassificering blir korrekt och giltig. Avsnittet definierar även urvals- och placeringskriterier för kabelgenomföringar. (UL 508A, 2022).

Tabell 4: Instruktioner för genomföringar i elcentraler.

Kapslingstyp (TYPE)	Instruktioner för genomföringar
2, 3R, 3RX	a) Alla kabelgenomföringar ska vara under alla oisolerade spänningsförande delar; eller
	b) Genomföringar ovanför de lägsta oisolerade spänningsförande delarna ska vara av en tillräcklig klassificeringstyp; eller
	c) Kapslingen ska märkas enligt 53.2 med instruktioner för installatören att kabelgenomföringar som sätts bör överensstämja med (a) eller (b).
3, 3S, 3SX, 3X, 4, 4X, 5, 12, 12K	d) Alla genomföringshål ska förses med en genomföring som har en miljöklassificering som överensstämmer med tabell 19.2 eller som specificerats av kapslingstillverkaren, eller
	e) Kapslingen ska vara märkt enligt 53.3 med instruktioner till att applicera genomföringar som överensstämmer med (d).
6, 6P	f) Alla genomföringshål ska förses med en genomföring som har en miljöklassificering som överensstämmer med tabell 19.2
13	g) Alla genomföringshål ska förses med en genomföring som har en miljöklassificering som överensstämmer med tabell 19.2; eller
	h) Inga kabelgenomföringar ska finnas.
53.2 En elcentral märkt som TYPE 2, TYPE 3R eller TYPE 3RX och som inte är försedd med genomföringar enligt tabellen ska märkas för att indikera att regntäta eller vattenbeständiga genomföringar som överensstämmer med standarden UL 514B eller kabelgenomföringar med samma miljöklassificering som själva skåpet har skall användas.	

3.1.4 Komponenter

Enheter som kan installeras i elcentraler uppfyller utrustningsstandarderna som definieras i UL 508A. Dessa finns listade i standardens tillhörande bilaga, Appendix A. En översatt tabell finns bifogat i Bilaga 1. Tabellen anger den standard som enheten är listad för, kategori referensnumret och de förhållanden under vilka enheten får användas. Alla komponenter som är UL-märkta kan inte automatiskt installeras i en elcentral. Apparaterna måste vara godkända för ändamålet, förhållandet och användas till sin avsedda funktion. Detta kan åskådliggöras från kategorikodnumret (Category Code Number, CCN), som är en identifieringskod som består av fyra (4) bokstäver och eventuellt ytterligare ett nummer.

Användaren måste också ta hänsyn till yt- och luftutrymmesintervall vid planering av placeringar av komponenter. Komponenterna bör installeras i enlighet med tillverkarens instruktioner, inklusive anslutningsmetoder, kabeldragning, ventilation, erforderligt avstånd mellan komponenter och tillräckliga skyddsanordningar. Utöver det bör de hålla sig inom ramarna för elektriska och miljömässiga klassificeringarna som anges på dem. (UL 508A, 2022).

Om icke UL-märkt komponent(er) används bör specifikationer i UL 508A:s bilaga, Appendix B, följas och en varningsskylt bör också placeras i centralen som innehåller:

- 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."*
Denna märkning ska följas av en tabell över den eller de komponenter som kräver användning av jordfelsbrytare inklusive schematisk referens, typ av enhet, tillverkarens namn och tillverkarens artikelnummer.
- b) *"The ground fault circuit interrupter should be checked periodically for proper operation."*

Tabell 5: Information om icke-certifierade komponenter.

Component Designation	Component Manufacturer's Name	Catalog Designation	Number Used	Panel Identification	Ground Fault Date Testing

3.1.4.1 Tillämpning av UL Listed & UL Recognized

UL-listade komponenter är komponenter som granskats, testats och certifierats av UL. Dessa kan användas i fältinstallation (utanför ett elskåp på en automationslinje) utan separat granskning eftersom de redan är certifierade. Genom att använda endast UL Listed komponenter i en central behöver centralen inte genomgå en separat besiktning på installationsplatsen.

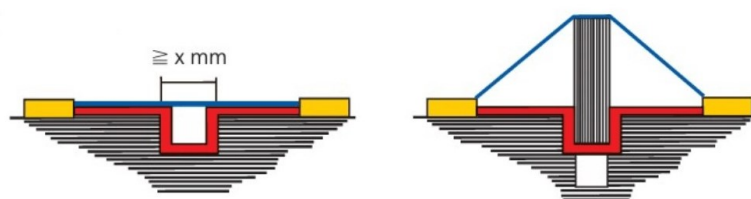
De interna komponenterna i centralen, med undantag för specifika styrciklar såsom klass 2- och LVLE-kretsar, måste som minimi vara UL-erkända (UL Recognized). Det bör noteras att UL-erkända komponenter inte kan användas ute på fältet utanför centralen utan att ha

genomgått en separat Field Evaluation. Att använda UL-erkända komponenter i centralen kan göras när ändamålet för centralen, driftmiljön, temperatur etcetera är känt. (Industrial Control Panels and Electrical Equipment of Industrial Machinery for North America, 2014).

3.1.5 Yt- och luftgap

Skyddsavstånd till spänningsförande delar som finns specificerat i tabeller i UL 508A bör följas. Kravet gäller oskyddade delar, spänningsförande delar av komponenter, jordade delar och avståndet mellan centralens ram och spänningsförda delar. Avståndet bör speciellt observeras på Feeder Circuit-sidan. Förutom att placera enheterna längre ifrån varandra kan avståndet också ökas genom att tillsätta skyddsplattor av olika material. I UL 508A finns det specificerat vilka avstånd som gäller för Feeder-, Branch- och Control Circuit. I NFPA 79 finns specificerat att komponenter i Power Circuit skall placeras separerat från komponenter anslutna till Control Circuit. (UL 508A, 2022; NFPA 79, 2024).

Med luftgap avses det kortaste uppmätta avståndet mellan två ledande delar. Ytgap betyder det kortaste avståndet mellan två ledande delar uppmätt längs ytan av ett fast isoleringsmaterial. Kraven i Nordamerika är strängare än de som följer IEC-standarderna. UL 508A specificerar krav på utrymme mellan spänningsförande delar enligt vilken krets de hör till. Standarden definierar skillnaderna mellan huvudkretsars och styrkretsars yt- och luftutrymmessintervall. (Electrical equipment of industrial machinery exported to North America, 2015).



There are additional detailed requirements to follow!

■ spacing over surface, creepage distance

■ spacing through air, clearance, air gap

■ live parts

Figur 27: Spänningsberoende krav på säkerhetsavstånd för yt- och luftavstånd förhindrar risken för elektriskt spårningsöverslag över isoleringsytor samt överslag genom luften. (Electrical equipment of industrial machinery exported to North America, 2015)

De allmänna minimikraven för luft- och ytgap för gren- och styrkretsar upp till 600 V i enlighet med UL 508A finns i tabell 10.1, minimikraven för luft- och ytgap för grenkretsar med en spänning mellan 601 V och 1000 V hittas i tabell 10.1A och minimikraven för luft- och ytgap i matarkretsar upp till 1000 V visas i UL 508A:s tabell 10.2. Nedan finns alla tre (3) tabellerna översatta.

Tabell 6: Minsta längder på luft- och ytgap för gren- och styrkretsar (upp till 600 V).

Spänning, V RMS AC eller DC		Minsta avstånd (mm)					
		A			B		C
		Allmän industriell kontrollutrustning			Enheter med begränsade klassificeringar (a)		Alla kretsar (d)
		51-150	151-300	301-600	51-300	301-600	0-50
Mellan en oisolerad strömförande del och en oisolerad strömförande del med motsatt polaritet, oisolerad jordad del annan än höljet, eller exponerad metall	Genom luft eller olja	3,2 (b)	6,4	9,5	1,6 (b)	4,8 (b)	1,6 (b)
	Längs ytan	6,4	9,5	12,7	3,2 (b)	9,5	1,6 (b)
	Kortaste avståndet	12,7	12,7	12,7	6,4	12,7	6,4
<p>ANMÄRKNINGAR:</p> <p>1. En skåra, ett spår eller liknande mellanrum som är 0,33 mm brett eller mindre i konturen av isoleringsmaterial ska bortses vid mätning av ytavstånd.</p> <p>2. Ett luftutrymme på 0,33 mm eller mindre mellan en spänningsförande del och en isolerande yta ska bortses från när det gäller att mäta över ytavstånd.</p> <p>a) Se 10.5.</p> <p>b) Avståndet mellan fältkabelterminaler med motsatt polaritet och avståndet mellan en fältkabelterminal och en jordad metall-del ska vara minst 6,4 mm när kortslutning eller jordning av sådana terminaler uppstår på grund av exponerade eller fria ledare. För kretsar som inte involverar en potential som är större än 50 V RMS växelström eller likström, kan avstånden vid fältkabelanslutningarna vara 3,2 mm genom luften och 6,4 mm över ytan.</p>							

c) För syftet med detta krav, utvärderas en metalldel eller komponent som är fäst eller monterad på i elcentralen som en del av centralen när deformation av centralen minskar avstånden mellan oisolerade spänningsförande delar eller mellan spänningsförande delar och metalldelar.

d) Avstånd gäller inte inom en LVLE-krets eller en klass 2-krets.

e) Gäller apparater med plåtkapslingar oavsett väggjocklek och gjutna metallkapslingar med en väggjocklek på mindre än 3,2 mm.

f) Dessa avstånd är också tillämpliga mellan alla oisolerade spänningsförande delar och väggarna i en gjuten metallkapsling med en väggjocklek på minst 3,2 mm för enheter med en begränsad klassificering som överensstämmer med 10.5.

g) Dessa avstånd är också tillämpliga mellan en isolerad spänningsförande del och väggen i en metallkapsling på vilken komponenten är monterad. Deformation av kapslingen ska inte minska avstånden.

10.5 Avstånden som anges i kolumn B i Tabell är tillämpliga på utrustning:

a) Nominell 1 hästkraft (746 W uteffekt) eller motsvarande FLA, eller mindre, 720 VA bryt-pilotdrift eller mindre; eller inte mer än 15 A vid 51 - 150 V, 10 A vid 151 - 300 V, eller 5 A vid 301 - 600 V.

b) Av den typ som beskrivs i (a) som styr mer än en belastning när den totala belastningen som är ansluten till ledaren samtidigt inte överstiger 2 hästkrafter (1492 W uteffekt), 1440 VA, eller har en märkström som är större än 30 A vid 51 - 150 V, 20 A vid 151–300 V eller 10 A vid 301–600 V.

Tabell 7: Minsta längder på luft- och ytgap för grenkretsar på 601–1000 V.

Spänning, V RMS AC eller DC	Minsta avstånd (mm)			
	Mellan en oisolerad strömförande del och en oisolerad strömförande del med motsatt polaritet, oisolerad jordad del annan än höljet, eller exponerad metall		Mellan alla oisolerade spänningsförande delar och väggarna i en metallkapsling inklusive geomföringar eller en armerad kabel	
	Luftgap	Ytgap	Luftgap	Ytgap
601–1000 V	14	21,6	20,3*	25,4

*Det genomgående luftgapet ska inte vara mindre än 12,7 mm mellan spänningsförande delar av en strömbrytare eller säkring och en jordad metalldel.

Tabell 8: Minsta längder på luft- och ytgap för matningskretsar upp till 1000 V.

Spänning	Minsta avstånd (mm)		
	Mellan strömförande delar med motsatt polaritet		Mellan spänningsförande delar och jordade metalldelar, genom luft och längs ytan
	Luftgap	Ytgap	
<125 V	12,7	19,1	12,7
126 - 250 V	19,1	31,8	12,7
251 - 1000 V	25,4	50,8	25,4 *
OBS - En isolerad icke-spänningsförd metall-del, såsom ett skruvhuvud eller en bricka, placerad mellan oisolerade delar med motsatt polaritet (eller en oisolerad spänningsförande del och en jordad metall-del) utvärderas som en minskning av avståndet enligt storleken på den mellanliggande delen.			
* Luftgapet ska inte vara mindre än 12,7 mm mellan spänningsförande delar av en strömbrytare eller säkring och en jordad metall-del, samt mellan metall-delen och nollan på elcentraler med spänningen 277/480 V, 3-fas, 4-ledare.			

I de fall där avstånden inte uppfylls, kan barriärer användas som isolatorer för att uppfylla de tidigare angivna luft- och ytspaltkraven i standarden. Enligt standarden måste det isolerande barriärmaterialet uppfylla de minimitjocklekar som visas i tabell 12.1 i UL 508A. Enligt standarden ska barriärens material tåla att komma i kontakt med spänningsförande delar, men isoleringsbarriären får inte användas för detta. Ifall det finns behov att fysiskt fästa eller stödja en spänningsförande del bör isoleringsmaterial för detta mål användas. Dessa finns nämnda i tabell 13.1 i standarden. I användning av dessa bör dock och kraven på luft- och ytgap bör vara uppfyllda.

Tabell 9: Material för skyddsbarriärer.

Material	Minsta tjocklek (mm)
Aramid papper	0,25
Elektriskt isoleringspapper	0,71
Epoxi	0,71
Mica	0,15
Mylar (PETP)	0,18
RTV	0,71
Silikongummi	0,71
Vulkaniserad tejp	0,71

Tabell 10: Material för direkt stöd av strömförande delar.

Material	Minsta tjocklek (mm)
Diallylftalat	0,71
Epoxi	0,71
Melamin	0,71
Melamin-fenol	0,71
Fenol	0,71
Ofylld nylon	0,71
Ofylld polykarbonat	0,71
Karbamidformaldehyd	0,71
Keramik, porslin och skiffer	ingen gräns
Berylliumoxid	ingen gräns

3.1.6 Område som krävs för böjning av ledare

Avståndet från änden av en anslutning eller kopplingsplint till skåpets hölje, ska inte vara mindre än de specificerade värdena i UL 508A:s tabell 25.1. (UL 508A, 2022).

Tabell 11: Kopplingstrådsböjningsutrymme vid fältkabelanslutningar.

Storlek på ledare		Minsta böjningsutrymme, terminal till vägg (tum och mm)							
		Ledningar per terminal (a)							
AWG eller MCM	mm ²	1		2		3		4	
14--10	2,1--5,3	Ej specificerat		a		a		a	
8--6	8,4--13,3	1--1/2	38	a		a		a	
4--3	21,2--26,7	2	51	a		a		a	
2	33,6	2--1/2	64	a		a		a	
1	42,4	3	76	a		a		a	
1/0	53,5	5	127	5	127	7	178	-	
2/0	67,4	6	152	6	152	7--1/2	191	-	
3/0	85	7	178	7	178	8	203	-	
4/0	107,2	7	178	7	178	8--1/2	216	-	
250 (MCM)	127	8	203	8	203	9	229	10	254
300	152	10	254	10	254	11	279	12	305
350	177	12	305	12	305	13	330	14	356
400	203	12	305	12	305	14	356	15	381
500	253	12	305	12	305	15	381	16	406
600	304	14	356	16	406	18	457	19	483
700	355	14	356	16	406	20	508	22	559
750--800	380--405	18	457	19	483	22	559	24	610
900	456	18	457	19	483	24	610	24	610
1000	506	20	508	-		-		-	
1250	633	22	559	-		-		-	
1500--2000	760--1013	24	610	-		-		-	

OBS: "-" indikerar att inget värde har fastställts.
a) Ledare mindre än 1/0 AWG får inte parallellkopplas.

3.1.7 Montering

Support och säkring av spänningsförande delar påpekas noggrant i UL 508A. Alla spänningsförande delar som kan vidröras och är över 50 VAC eller 60 VDC måste skyddas från kontakt. Komponenter som installeras bör fästas på en installationsskena (DIN-skena). Om detta inte är möjligt bör de skruvas direkt i monteringsplattan med minst två skruvar. Ett spänningsförande skruvhuvud eller mutter på undersidan av en isolerande bas skall förbjudas att lossna med hjälp av en stjärn- eller låsbricka och bör isoleras från monteringsytan med en isolerande barriär som överensstämmer med UL 508A:s specificerade luft- och ytavstånd. Komponenter som har skruvhuvud som kan vidröras, har ofta tilläggdelar att montera på komponenten för att isolera detta. (UL 508A, 2022).

Elektroniska styrenheter och komponenter skall inte installeras i samma box eller skåp som komponenter som hanterar olja, vätskor eller luft (såsom ventiler). Ett undantag från detta anses vara anordningar och delar som är avsedda att kyla elektriska komponenter.

Skåpets placering kräver ett visst fritt avstånd för att ge arbetsutrymme. NFPA 79 specificerar kraven för tillgängligt och arbetsutrymme runt styrsystemsskåp och fack. Avstånden ska mätas från framsidan eller öppningen av styrsystemsskåpet eller facket. (NFPA 79, 2024).

Tabell 12: Mått på arbetsutrymme som krävs runt en elcentral.

Arbetsutrymmesdjup			
Nominell spänning till jordpunkt (V)	Minimi fritt avstånd		
	Villkor 1	Villkor 2	Villkor 3
0–150	915 mm (3 fot)	915 mm (3 fot)	915 mm (3 fot)
151–600	915 mm (3 fot)	1067 mm (3 1/2 fot)	1220 mm (4 fot)
601–1000	915 mm (3 fot)	1220 mm (4 fot)	1524 mm (5 fot)
<p>Obs: Om villkoren är följande:</p> <p>Villkor 1 - Exponerade spänningsförande delar på ena sidan och inga spänningsförande eller jordade delar på andra sidan av arbetsutrymmet, eller exponerade spänningsförande delar på båda sidor effektivt skyddade av isoleringsmaterial. Isolerade ledare eller isolerade samlingskenor som arbetar vid högst 300 V till jordningspunkt ska inte betraktas som spänningsförande delar.</p> <p>Villkor 2 - Exponerade spänningsförande delar på ena sidan och en jordad yta på andra sidan. Betong-, tegel- eller kakelväggar ska anses vara jordade.</p> <p>Villkor 3 - Exponerade spänningsförande delar på båda sidor av arbetsutrymmet (ej skyddade enligt Villkor 1) med operatören mellan.</p>			

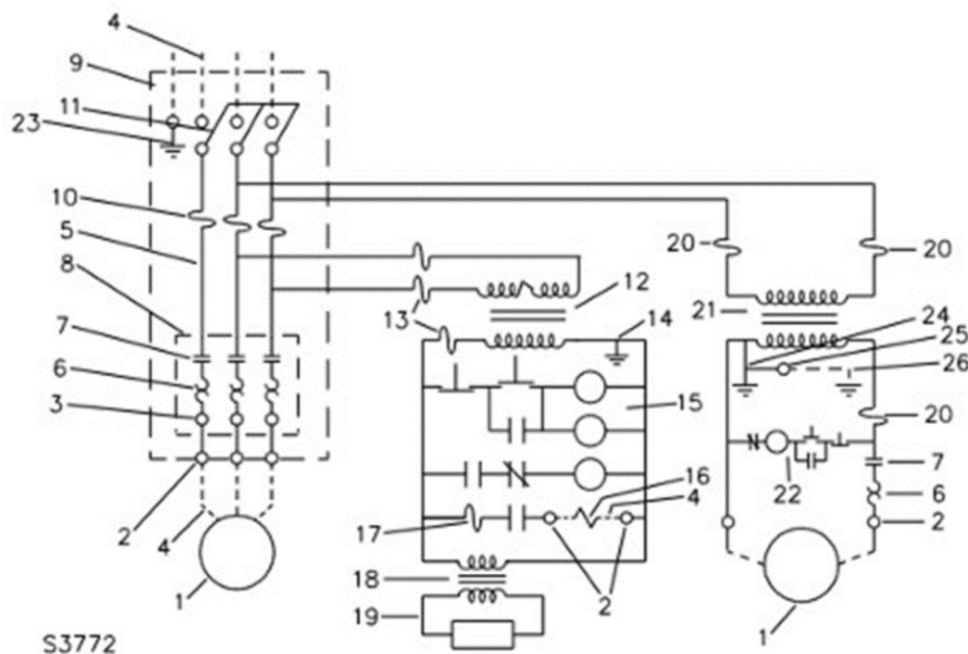
3.1.8 Kretsar i en elcentral

Sättet kretsarna definieras och benämns i UL 508A skiljer sig för hur de definieras i IEC-standarder. Dessa definitioner och kretsbenämningar är viktiga att hålla reda på under planering eftersom olika regler gäller för olika kretsar.

- **Supply Circuit (matningskrets):** Den inkommande matningen, kabeln/kretsen för på inkommande plintarna på huvudströmbrytaren i en central.
- **Power Circuit (huvudkrets/kraftkrets):** Den huvudsakliga kretsen som består av ledningar och komponenter på både på matningssidan och lastsidan om det första överströmsskyddet. Kraftkretsen kan sedan delas in i två huvudkategorier: Feeder Circuit och Branch Circuit.

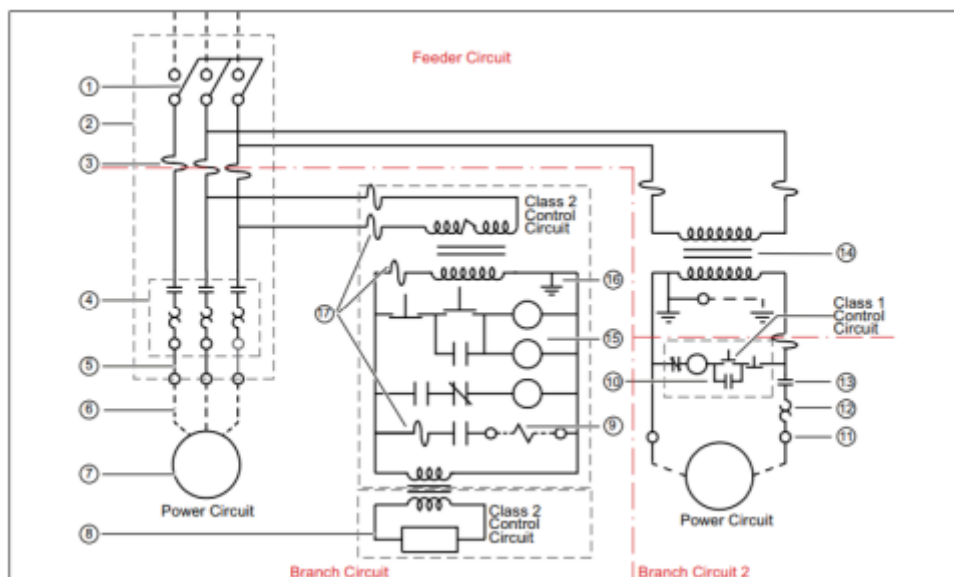
- Feeder Circuit (matarkrets): Denna krets avser den elektriska strömförsörjningen från huvudströmbrytarens lastsida till den första skyddsanordningen på en enhet.
- Branch Circuit (grenkrets): Grenkretsen består av ledningar och komponenter som ligger efter det första överströmsskyddet (på överströmsskyddets lastsida).
- Control Circuit (styrkrets/hjälpkrets): En styrkrets definieras som en elektrisk krets som uteslutande levererar signaler till en styrenhet, antingen direkt efter en strömkälla eller som en hjälpkrets till motorstyrning (till exempel PLC, relä). I praktiken innebär detta att den inte belastas med primära driftskomponenter såsom motorer eller värmare. Denna kategorisering av kretsen innefattar hela dess omfång och kan brytas ned i tre huvudsakliga delar.
 - Class 1 Circuit (klass 1-krets/standard styrkrets): Detta är en obegränsad styrkrets och när orden "styrkrets/hjälpkrets" används, hänvisas det oftast till denna. Kretsens maximala spänning tillåts vara 600 V. Kretsen har ingen specificerad strömbegränsning, men den begränsas vanligtvis till högst 15 A.
 - Class 2 Circuit (klass 2-krets): Kretsen efter en strömkälla märkt "Class 2" som finns i styrkretsen. Komponenter i denna krets kräver ingen UL-certifiering.
 - LVLE-krets: En krets med en maximal spänning på 30 VAC RMS (effektivvärde), 42,4 V-peak (toppvärde) för växelspanning eller 60 VDC.
- Motorkrets/strömkrets: En motorkrets har en motor som last och tillhör Power Circuit. Med andra ord en Branch Circuit som har en motorlast kan benämnas motorkrets/strömkrets.

Interna ledningar i en krets måste uppfylla separationskraven från olika kretsar och fältkablar enligt avsnitten 28.4, 29.5, 37.5 och 38.3 i UL 508A. (UL 508A, 2022).

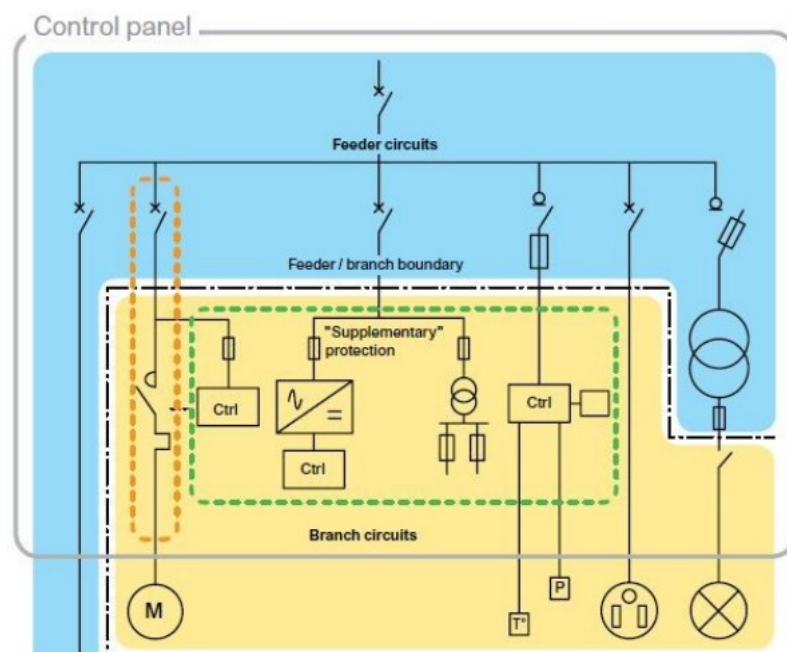


- | | |
|--|---|
| 1. Last (på fältet) | 14. Jordning för styrkretstransformator (max. 1000 VA) |
| 2. Fältanslutningar | 15. Styrkretsenheter och ledningar/klass 1-krets/isolerad sekundärkrets |
| 3. Kopplingsplintar (alternativ) | 16. Solenoid eller annan styrenhet (tillhandahålls i fältet) |
| 4. Fältkablar | 17. Kompletterande skydd |
| 5. Interna ledare i Power Circuit | 18. Klass 2 transformator (strömkälla) |
| 6. Överbelastnings- och termiskt skydd | 19. Klass 2-krets |
| 7. Kontaktor/motorstyrning | 20. Krafttransformatorsäkring/grenkretsskydd |
| 8. Motorstart | 21. Krafttransformator - för motorbelastning och styrkrets |
| 9. Kombinationsmotorbrytare | 22. Styrkrets/klass 1-krets/allmän styrkrets |
| 10. Grenkretsskydd | 23. Utrustningsjordning och jordningsterminal |
| 11. Säkringsbrytare eller strömbrytare | 24. Förbindningsledare/förbindningsbygel |
| 12. Styrkretstransformator | 25. Jordningselektroddelarterminal |
| 13. Säkring för styrkretstransformator | 26. Jordelektrodkabel (i fältet) |

Figur 28: Terminologi i UL 508A. (UL 508A, 2022).



Figur 29: Indelning av Power Circuit i Feeder-, och Branch Circuit (1). (Electrical equipment of industrial machinery exported to North America, 2015).



Figur 30: Indelning av Power Circuit i Feeder-, och Branch Circuit (2). (Electrical equipment of industrial machinery exported to North America, 2015).

3.1.9 Power Circuit (huvudkrets)

Alla komponenter i Power Circuit bör vara UL Listed. Kompaktbrytare, frånskiljare och effektbrytare måste vara UL 489-godkända komponenter. Strömställare eller säkrade brytare måste vara UL 98-godkända komponenter. I strömbrytare försedda med säkringar måste säkringarna vara UL 248-godkända.

Alla kopplingstrådar inuti elcentralen bör ha isolering dimensionerad för den maximala spänningen i elcentralen. Dessutom måste ledare i huvudkretsen vara av koppar och vara klassade för 90 °C (194 °F) och uppfylla något av följande UL-certifikat: UL 1063, UL 44, UL 83 eller UL 758.

Om inget annat specifikt nämns är fasordningen inuti centralen enligt standarden i ett trefassystem A, B och C från framsidan till baksidan av centralen, uppifrån och ned eller från vänster till höger. (UL 508A, 2022; Industrial Control Panels and Electrical Equipment of Industrial Machinery for North America, 2014).

3.1.10 Feeder Circuit (matarkrets)

Feeder Circuit är en krets i Power Circuit. Det är kretsen mellan huvudströmbrytaren och den första överströmsskyddsanordningen. Kraven för matarkretsen bör följas enligt kraven för huvudkretsar, eftersom matarkretsen tillhör den. (UL 508A, 2022; Industrial Control Panels and Electrical Equipment of Industrial Machinery for North America, 2014).

3.1.11 Branch Circuit (grenkrets)

Branch Circuit är en krets i Power Circuit. Det är kretsen mellan en last och dess överströmsskyddsanordning. Varje grenkrets bör ha en egen överströmsskyddsanordning som uppfyller krav som krävs för komponenten i kretsen.

Regler för dimensionering av skydd av grenkretsar som innehåller olika belastningar finns i UL 508A-standardens avsnitt 31.3–31.8. Exempelvis nämns i avsnitt 31.3.2 att storleken på skyddet för en grenkrets som innehåller en frekvensomvandlare till en elmotor bestäms enligt frekvensomvandlartillverkarens installationsanvisningar. (UL 508A, 2022; Industrial Control Panels and Electrical Equipment of Industrial Machinery for North America, 2014).

I övrigt gäller samma som för matarkretsen, observera föreskrifter för huvudkretsar eftersom en grenkrets tillhör den kategorin.

3.1.12 Control Circuit (styrkrets)

UL 508A klassificerar styrkretsar i tre grupper, enligt olika begränsningar: En standardstyrkrets, klass 2- och LVLE-kretsar. En standardstyrkrets kan benämnas som "Class 1", vilket den kallas i NEC. Klass 1-kretsar är placerade efter belastningssidan av ett

överströmsskydd, och deras utgångskrets härstammar vanligtvis från en strömkälla. I en standardstyrkrets finns det ingen begränsning av ström eller effekt. Spänningen kan vara antingen AC eller DC, och medan UL 508A inte definierar någon maximal spänning, specificerar NEC en maximal spänning på 600 V. I de flesta situationer begränsas dock strömmen i en styrkrets till högst 15 A. (NFPA 70, 2023; UL 508A, 2022; Industrial Control Panels and Electrical Equipment of Industrial Machinery for North America, 2014).

Enligt standarden måste styrkretsens interna ledare vara av koppar och ha isolation som är temperaturklassad till minst 60 °C (140 °F) om storleken är 16 AWG (1,3 mm²) eller mindre. För större ledare gäller 90 °C (194 °F) som i Power Circuit. I avsnitt 38.1 i UL 508A specificeras även att strömbegränsade kablar enligt UL 13 och kommunikationskablar enligt UL 444 endast gäller för användning i klass 2- eller lågspänningsbegränsade energikretsar där de är åtskilda från interna ledningar i andra kretsar. Minimistorleken på kablagen och överströmsskyddet bestäms enligt kretsens maximala ström i enlighet med tabell 28.1 och 38.1 i standarden. Enligt standarden UL 508A måste en skyddsanordning som är godkänd för grenkretsskydd installeras på varje ojordad ledare i grenkretsen som matar styrkretsen. Enligt standarden får överströmsskyddet för den krets som matar styrkretsen inte vara större än 20 A. (UL 508A, 2022).

Det finns dock två undantag:

- Undantag 1: När styrkretsen tas från en skyddsanordning för en motorkrets och kablagen inte lämnar elcentralen, till exempel när en start-stopp-knapp finns på skåpdörren, ger skyddsanordningen det erforderliga överströmsskyddet när dess klassificering inte överstiger det som anges i UL 508A:s tabell 41.1.

Tabell 13: Motorgrenkretsskydd för styrkrets med styranordningar innanför skåpet.

Styrkrets trådstorlek		Maximal kapacitet för skyddsanordningen (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

- Undantag 2: När styrkretsen kopplas från en skyddsanordning för en motorkrets och styrkretskablarna lämnar elcentralen, till exempel när en start-stopp-knapp finns ute på maskinen i en tryckknappslåda, ger skyddsanordningen nödvändigt skydd om dess klassificering inte överstiger det som anges i UL 508A:s tabell 41.2.

Tabell 14: Motorgrenkretsskydd i en styrkrets med styranordningar utanför elskåpet.

Styrkrets trådstorlek		Maximal kapacitet för skyddsanordningen (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

3.1.13 Class 2 Control Circuit (klass 2-krets)

En klass 2 styrkrets är definierad av en begränsad spänning på högst 30 V RMS. Apparater som är avsedda för användning i en klass 2-krets är försedda med märkning enligt denna klassificering. Denna typ av krets bör användas när en komponent, såsom en sensor, kräver en begränsad spänning. Det är viktigt att klass 2-kretsar är separat kopplade från andra kretsar för att upprätthålla spänningsbegränsningen. Eftersom komponenter och kablar som är helt inneslutna i en klass 2-krets inte utsätts för högre spänningar behöver de inte vara UL-märkta, och ingen särskild granskning av enheter i denna krets görs.

Kretsens interna ledningar måste uppfylla separationskraven från olika kretsar och fältkablar enligt avsnitt 29.5 i standarden. Kretsens ledare måste vara åtskilda från andra ledare med minst 2 tum (50,8 mm) och kopplingsplintarna måste vara märkta som en klass 2-krets. (UL 508A, 2022; Industrial Control Panels and Electrical Equipment of Industrial Machinery for North America, 2014).

3.1.14 LVLE Circuit (LVLEC)

En lågspännings- och energibegränsad styrkrets avser en styrkrets med en "skyddad" spänning. LVLE-kretsen har en maximal spänning på 30 VAC RMS, 42,4 V-peak (växelspänning) eller 60 VDC, en maxeffekt på 100 VA eller att dess ström är högst 5 A när spänningen är 20 V eller lägre. Utrustning och ledningar som är helt inneslutna i en

lågspänningsstyrkrets med begränsad energi behöver inte genomgå en granskning när elcentralen eller granskas. Kretsen kan med andra ord innehålla utrustning och kablar som inte är UL-märkta, förutsatt att de är helt och hållet placerade i LVLE-kretsen. Kretsen är väldigt lik en klass 2-krets men skillnaden är att klass 2-kretsen bör ha en skild spänningskälla som är märkt "Class 2".

Dimensionering av överströmsskyddet till spänningskällans sekundärsida i denna krets definieras enligt tabell 43.1 i UL 508A. Om en strömomvandlare används får strömvärdet inte överstiga 5 A. Kretsen måste följa komponentkraven enligt avsnitt 43.1.1, såsom styrtransformatorer specificerade i avsnitt 42.1 i standarden eller strömkällor som specificeras i avsnitt 42.2. (UL 508A, 2022; Industrial Control Panels and Electrical Equipment of Industrial Machinery for North America, 2014).

Tabell 15: Överströmsskydd för en lågspännings- och energibegränsad krets (LVLE).

Öppen krets sekundär spänning (V)	Maximal överströmsenhet (A)
0–20 (peak eller DC)	5
20,1–42,4 (peak eller DC)	100/V
42,5–60 DC	100/V
"V" är peak- eller likspänningen för en öppen krets sekundärspänning.	
"100/V" betyder att den maximala överströmsenheten i ampere är proportionell mot den öppna kretsens sekundärspänning (V), med andra ord: ju högre sekundärspänningen är desto lägre blir den maximala tillåtna överströmsenheten.	

3.1.15 Motorkrets/strömkrets

Motorkretsar är den del av Power Circuit, en Branch Circuit som har en motor som last. Varje krets som matar en motor måste ha ett överströmsskydd, till exempel ett termiskt relä (överbelastningsrelä) eller en motorskydds brytare, som är definierad enligt motorns maximala belastningsström. En överströmsskyddsanordning bör placeras på fasledare som är ansluten till motorlindningen. Motorkretsledare som matar en enskild motor ska ha en ampacitet (den maximala ström som en ledare kan bära kontinuerligt utan att överskrida dess temperaturklassificering) som är minst 125 procent av motorns fulla lastström, FLC. Överbelastningsreläer bör även dimensioneras så att inställning enligt detta kan göras.

Kablar till motorer ute på fältet bör vara skärmade, annars måste de dras enskilt i separata kabelvägar. Undantagsvis kan de dras i samma kabelkanaler som signalkablar till motorer och övriga enheter förutsatt att ett visst avstånd mellan dem i kanalerna tillhandahålls. Även fast skärmade kablar används kan denna separation i kabelkanaler till fördel användas för att tydligt kunna åskådliggöra skillnad mellan kretsar. (NFPA 70, 2023; UL 508A, 2022; Calculate Size of Circuit breaker | Size of Overload | Cable Sizing for Motors as per NEC Standard, 2022; NFPA 79, 2024).

Tabell 16: Separation av motorkablar (oskärmade) på kabelvägar.

Minsta ledarseparation (CC)		
Ampacitet	Separation	
	mm	in.
20 A eller mindre	100	4
Över 20 A och inte mer än 40 A	150	6
Över 40 A och inte mer än 80 A	200	8
Över 80 A	*	
*Varje dubbling av strömmen lägger till 50 mm (2 tum) mer till separationsavståndet.		

3.1.16 Strömskenor

Alla strömskenor/samlingskenor) bör vara i enlighet med UL 508A. Strömskenorna skall bland annat ha samma temperaturklassificering som ledare i Power Circuit (90 °C), vara av koppar samt ska kunna belastas med den spänning som används. Deras isolering ska dimensioneras efter centralens maximala spänning. För icke UL-testade strömskenor får dess belastning vara högst 1000 A per kvadrattum (6,45 cm²) i tvärsnitt samt att de högst får exponeras för 10 kA kortslutningsström. (UL 508A, 2022; Industrial Control Panels and Electrical Equipment of Industrial Machinery for North America, 2014).

3.1.17 Överströmsskydd/säkringar

I NFPA 70 återfinns en tabell som specificerar standardiserade amperevärden för säkringar som bör följas. Krav för undantag från användningen av smältsäkringar är:

- I kretsar där spänningen inte överstiger 125 V mellan ledare,
- eller i kretsar som matas av ett system som har en jordad nollpunkt där fas-till-neutralspänningen inte överstiger 150 V.

Cylindersäkringar och säkringshållare av 300-Volt Type får inte användas i kretsar där spänningen inte överstiger 300 V mellan faser. (NFPA 70, 2023).

Tabell 17: Standard ampere-värden för säkringar.

Standard Ampere-värden
10
15
20
25
30
35
40
45
50
60
70
80
90
100
110
125
150
175
200
225

För en motorkrets (utan frekvensomriktare) kan överströmsskyddet dimensioneras på två sätt.

- Genom att bestämma det maximala lastströmvärdet som motsvarar effektavläsningen från tabellerna 50.1 och 50.2 i UL 508A, varefter koefficienten som motsvarar den maximala lastströmmen multipliceras med lastströmvärdet som finns definierat i tabell 31.1.
- Dimensionera överströmsskyddet utifrån de begränsningar som anges för enheten.

Om det finns flera motorer bakom skyddsanordningen gäller följande begränsningar:

- Den får inte överstiga 20 A vid 125 V eller 15 A vid 240, 480 eller 600 V och maximala lastströmmen för varje motor bör vara mindre än 6 A.
- Om det även finns en annan belastning än motorn i kretsen måste den ha en egen skyddsanordning.

Vid användning av frekvensomriktare/inverter dimensioneras skyddsanordningen enligt tillverkarens anvisningar som följer med frekvensomriktaren. Om det inte finns några instruktioner ska skyddsanordningen dimensioneras enligt strömvärdet för maximal belastning och med hjälp av koefficientvärdena för den valda komponenten med hjälp av tabell 31.1. I frekvensomriktare eller kombinationsmotorskydsbrytare med inbyggda överströmsskydd behöver inget annat överströmsskydd tilläggas.

Tabell 18: Överströmsskydd för motorkrets.

Maximal klassificering av motorgrenkretsanordningens procentandel av full belastningsström		
Typ av grenkretsskyddsanordning	Ampere-märkning (A)	Nominell märkning av skyddsanordning för motorgrenkrets, procent av märkström vid full belastning (%)
Säkring utan tidsfördröjning	0–600	300
Säkring utan tidsfördröjning	Över 600	300
Dubbelements-säkring (tidsfördröjning) utom klass CC	Allt	175
Klass CC Dubbelements-säkring (tidsfördröjning)	0–30	300
Inverstidsbrytare (Inverse-time circuit breaker)	0–100	250
Inverstidsbrytare (Inverse-time circuit breaker)	Över 100	250
Omedelbar strömbrytare	Allt	800
Självskyddad kombinationsmotorstyrenhet	Allt	100
Manuell självskyddad kombinationsmotorstyrenhet	Allt	100

Regler gällande övriga nämnvärda komponenter är:

- Värmarens överströmsskydd bör inte ha ett strömvärde på mer än 60 A eller större än ledarnas maximala strömvärde.
- Lampors överströmsskydd får inte överstiga 20 A, förutom om lampan är märkt HEAVY DUTY. I det fallet kan en skyddsanordning på max 50 A användas, så länge strömvärdet på skyddsanordningen inte överstiger ledarnas maximala strömvärde.
- Ett uttags överströmsskydd med samma strömvärde som uttagets märkström bör användas, i undantagsfall kan en skyddsanordning på 20 A användas till ett uttag

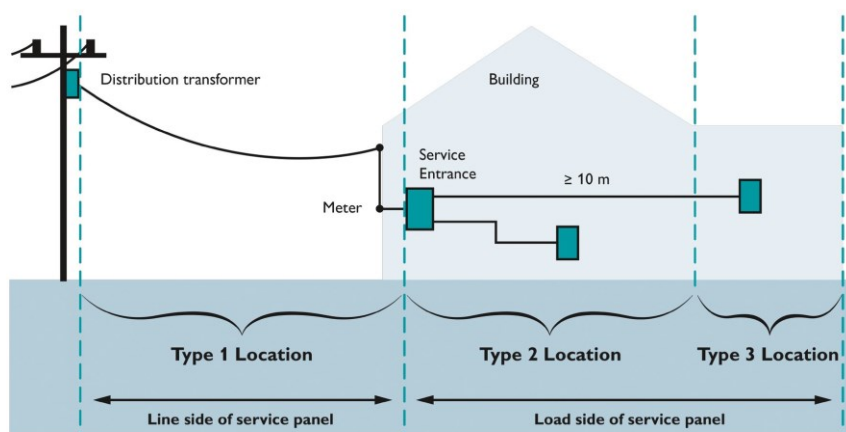
med ett strömvärde på 15 A. (UL 508A, 2022; Industrial Control Panels and Electrical Equipment of Industrial Machinery for North America, 2014; NFPA 70, 2023).

3.1.18 Överspänningsskydd (Surge-Protective Device, SPD)

Industriella system med säkerhetskretsar ska vara försedda med överspänningsskydd mot externa spänningspikar, såsom blixtnedslag. Överspänningsskyddet måste uppfylla UL 1449-kraven och måste anslutas till varje ojordad ledare i matningen. Om överspänningsskyddet levereras av slutanvändaren måste det markeras i definitionen av spänningsförsörjningen i kopplingsschemat.

Klassificeringen av överströmsskydd kan delas in i fyra (4) platsindelningar:

- Överspänningsskydd typ 1: installeras bakom transformatorn och före huvudsäkringen eller huvudfrånskiljaren.
- Överspänningsskydd typ 2: placeras efter huvudsäkringen eller huvudfrånskiljaren.
- Överspänningsskydd typ 3: krävs en ledningslängd på minst 10 meter till det föregående överströmsskyddet eller frånskiljaren.
- Överspänningsskydd typ 4: utgör en del av en anordning eller ett apparatskåp (hela anordningen måste ha kortslutningskontroll enligt UL-standarderna, typen av utrymme för anordningen beror på testresultaten för skyddsenheter typ 4 med avseende på kortslutningshållfasthet).



Figur 31: Förklaring över indelningar av Type Location för överspänningsskydd.

Tillverkaren har möjlighet att bestämma hur överspänningsskydd tillämpas. Till exempel kan nätaggregat eller andra enheter inkludera inbyggt överspänningsskydd och det kan då

tolkas som tillräckligt. En riskbedömning kan användas för att identifiera om överspänningskyddet för säkerhetskretsar är tillräckligt eller om ytterligare överspänningskydd behövs. Med andra ord kan SPD:s uteslutas i det fall där riskerna förknippade med effekterna av överspänningar mildras så att säkerhetsprestandan som fastställts genom en riskbedömning uppfylls. (UL 508A, 2022; NFPA 79, 2024; NFPA 79, u.d.).

3.1.19 Strömkälla (Power Supply, PSU)

En strömkälla måste vara godkänd enligt en UL-standard för att få installeras och belastas till dess fulla kapacitet. Om summan av märkströmmarna på komponenterna den matar överstiger strömkällans märkström eller om komponenterna som strömkällan matar finns utanför skåpet bör alla utgångar från strömkällan skyddas med separata överströmsskydd. (UL 508A, 2022; Industrial Control Panels and Electrical Equipment of Industrial Machinery for North America, 2014).

3.1.20 Elcentralsbelysning (underhållsbelysning)

Enligt UL 508A betraktas belysningskretsen som en integrerad del av huvudkretsen och förväntas därför uppfylla de tillhörande kraven. Matningsspänningen till underhållsbelysning inom elskåpet får inte överstiga 150 V och måste vara utrustad med ett överströmsskydd som inte överstiger 15 A.

Om underhållsbelysningen matas av en isolerad transformator där kretsens spänning är 120 V eller mindre, samt uppfyller kraven för en styrkrets, skall den klassificeras som en styrkrets. Servicebelysningskretsar som använder LED-lampor betraktas också som styrkretsar. Vid matning av belysning från en extern krets bör den vara separerad från de interna strömkretsarna i elskåpet.

Om det finns uttag i lamparmaturerna måste uttaget ha ett överströmsskydd och det måste begränsas till att endast användas av programmerings- och felsökningsutrustning, samt märkas enligt detta. (UL 508A, 2022).

3.1.21 Uttag

Avsnitt 31.5.1 och 31.5.2 i UL 508A anger att en grenkrets som innehåller ett enda allmänt uttag måste vara överströmsskyddad enligt uttagets märkströmvärde. I en grenkrets som innehåller flera uttag får överströmsskyddet inte överstiga det aktuella värdet för ett enskilt uttag. Undantagsvis kan enligt standarden ett uttag avsett för speciellt bruk förses med ett överströmsskydd som är något större än uttagets nominella strömvärde, men det ska vara märkt på uttaget i enlighet med standardens avsnitt 59.1, vilket anger det aktuella värdet på överströmsskyddet och den avsedda användningen av uttaget. (UL 508A, 2022).

3.1.22 Jordning inuti en central

Alla strömlösa metalledar i skåpet bör jordas och jordningstillbehör (såsom jordningsplintar) måste vara UL 467-godkända. Jordningar bör säkras, till exempel med låsbrickor. Jordningsanslutningarna bör ha en kontinuerlig anslutning till alla delar i centralen. Alla jordningspunkter bör märkas med en jordningsdekal. Jordningsterminaler bör vara av gröngul färg eller vara tydligt markerade som jordningsterminaler. Både UL 508A och NFPA 79 specificerar vidare att jordningsledare och länkar (jordflätor) ska vara gjorda av koppar. (UL 508A, 2022; NFPA 79, 2024).

Varje huvudkretskabel måste ha en egen jordkontakt, som är placerad nära anslutningen av fasledarna. Tvärsnittsarean på hur jordningsledare ska dimensioneras finns specificerat i tabell 15.1 i UL 508A samt i NFPA 79:s tabell 8.2.2.4. Storleken på jordningskablar till enheter bör väljas med beaktande av enhetens överströmsskydd.

Dimensionering av jordningskablar för elcentralens dörrar, skyddsplåtar och ram bör följa tabellen 15.1, i enlighet med ampere-märkningen för matningens överströmsskydd.

Tabell 19: Storlek för en utrustnings jordledare.

Den maximala strömmen för överströmsskyddet som matar fältkablarna	Minimum storlek på utrustningens jordningsledare			
	Koppar		Aluminium	
	AWG	mm ²	AWG	mm ²
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
60	10	5,3	8	8,4
100	8	8,4	6	13,3
200	6	13,3	4	21,2
3000	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
1000	2/0	67,4	4/0	107,2

Kontinuiteten bör endast säkerställas med kopplingsplintar. Utrustningsdelar, strukturer eller kabelvägar bör inte användas som en del av jordningskretsen. Om normala underhållsarbeten eller justeringar kräver att rörliga delar av maskinen borttas tillfälligt, måste det vara möjligt att göra detta utan att jordningskretsens kontinuitet bryts.

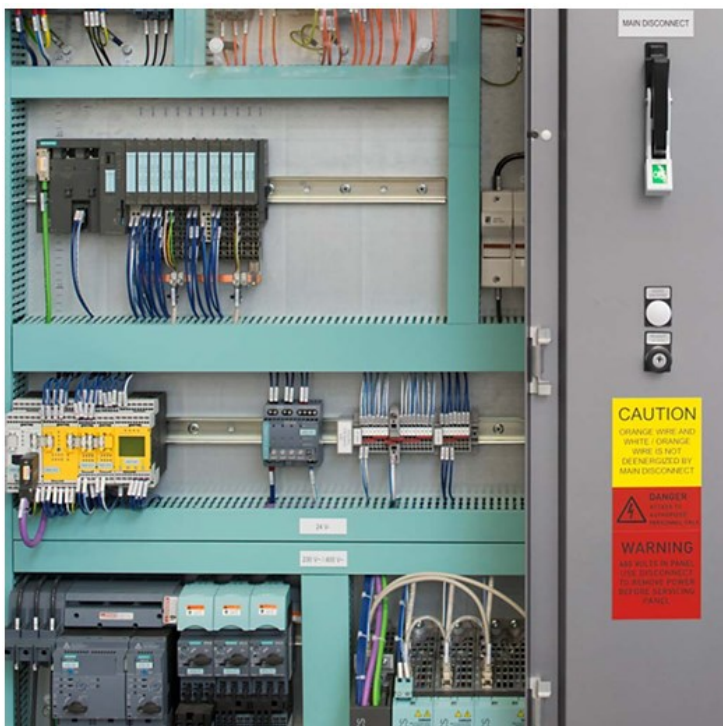
3.1.23 Skåpets kortslutningsström (SCCR)

SCCR-klassificeringen avser det maximala strömvärdet under en kortslutning som en enhet, maskin eller komponent kan motstå. En elcentrals kortslutningsström måste alltid vara minst lika stor eller större än den maximala kortslutningsström som matningskretsen till elskåpet har. I och med denna dimensionering kan allvarliga skador och fel undgåas. (UL 508A, 2022; Industrial Control Panels and Electrical Equipment of Industrial Machinery for North America, 2014).

I UL 508A :s tillägg, Supplement SB, finns specificerat hur SCCR-värdet definieras för olika komponenter och komponentkombinationer. Komponenten eller komponentkombinationen med det minst SCCR-värdet bestämmer skåpets totala SCCR.

3.1.24 Centralmärkningar

Alla komponenter i skåpet bör märkas enligt elritningen. Om det inte kan ses utifrån att skåpet innehåller elkomponenter, bör detta också märkas på skåpet. Därtill behöver en varningsetikett med texten "CAUTION" tillsättas om huvudbrytaren inte bryter alla kretsar i skåpet.



Figur 32: Exempel på varningsinformation på elcentralen. (Industrial Control Panels and Electrical Equipment of Industrial Machinery for North America, 2014).

I övrigt kan följande noteras gällande centralmärkningar:

- Typskyltar ska vara tryckta eller graverade.
- Det ska finnas en säkringslista inne i centralen.
- Varningsskyltar ska placeras på platser så att de inte enkelt kan tas bort under användning.
 - Varnings- eller instruktionsetiketter som instruerar användaren ska finnas på väl synliga platser.
- Huvudströmbrytaren ska vara märkt så att manöverläget syns.
- Om en central innehåller en UPS-enhet, bör en varningsmarkering för detta sättas utanpå skåpdörren.

Den som designar skåpet bör ha förberett en lista på alla märkningar som skall sättas på centralen och var de skall sättas. Det är sedan upp till centralens inspektör att sätta märkningar på centralen såsom:

- Lista över anslutningar för fältkablar.
- Säkringslista.
- Varningsskyltar.

En allmän beskrivning av de erforderliga märkningarna och standardens krav på märkningens placering, till exempel utanpå eller inuti skåpet, sammanfattas i UL 508A:s tabell 52.1 och i avsnitt 16.4.1 i NFPA 79. (UL 508A, 2022; NFPA 79, 2024).

Tabell 20: Plats för märkningar på elcentraler för industriella ändamål.

Typ av märkning	Placering (enclosed ICP)
Allmänna märkningar	
Typskylt som anger: tillverkare, maximal spänning, Full-Load Current rating (FLC), största motor FLC-klassificering, fas, frekvens, fältkopplingschema, miljötypklassificering, kortslutningsströmklassificering	a
Externa belastningsklasser	a, b eller e
Kapslingsmärkningar	
Miljötyp	a eller b
Genomföringar för typ 2, 3R eller 3RX kapslingar	a, b eller e
Genomföringar för typ 3, 35, 35X, 3X, 4, 4X, 5 eller 12 kapslingar	a, b eller e
Modulär kapslingsmärkning, som specificerar sammankopplingar	a eller b
En genomföring, endast icke-metalliskt hölje	a, b eller e
Placering av genomföring	a eller b
Instruktioner för fältinstallerade bindningsmedel	a, b eller e
Instruktioner för fältinstallerad utrustning för att upprätthålla Type-klasser	a, b eller e
Fältkabelanslutningsmarkeringar	
Identifiering av fältkabelanslutningar	c
Typ av fältledningar, fältledningstemperaturklassificering (endast för Power Circuit), åtdragningsmoment för terminaler	b, c eller e
Identifiering av utrustningens jordningsterminal	c
Klass 1-märkningar	b, c eller e
Klass 2-märkningar	b, c eller e
Kabeldragning av klass 1 och klass 2 ledare	b, c eller e
Styrkrets trådstorlek [mindre än 14 AWG (2,1 mm ²)]	b, c eller e
Anslutning av sekundär neutralledare till jordningselektroledaren	b, c eller e
Spänningsklassificering (slash voltage rating)	a, b eller e
Varningsmarkeringar	
Märkning ifall det finns flera fränkopplingsanordningar	a
Polymerhölje med flera genomföringar	b

Momentan utlösningbrytare (instantaneous trip) används som grenkretsskydd för en kombinationsmotorstyrenhet	a, b eller c
Självskyddad kombinationsmotorskydds brytare, inklusive manuell typ	a, b eller c
UPS-utrustningens utgångar förblir strömförande med huvudfrånkoppling i avstängt läge	a
Säkringshållare	
Märkning för säkringsbyte	b eller c
Brytare	
Strömbrytarens "på" och "av" märkning för handtaget	c
Manuell strömbrytare som inte manövreras under belastning	c
Omvänd matad (reverse fed) frånkopplingsanordning	a
Överbelastningsrelävarmaretabeller	
Tabell för överbelastningsrelä värmeelement	b eller c
Uttag	
Uttag för allmänt bruk i huvudkretsen	c
Flerstiftsuttag, identifiering av lastanslutning	c
Uttag för allmänt bruk i styrkretsen	c
Uttag, icke-fungerande under belastning	c
Fältinstallerad utrustning	
Frånskiljare, grenkretsskydd och/eller överbelastningsrelä som tillhandahålls av installatören	e
Andra enheter som tillhandahålls av installatören	e
Tryckanslutningar, kabelskor eller anslutningssats för anslutning till samlingsckenor som tillhandahålls av installatören	e
Schematiska kopplingsscheman	
Komplett schema	e
FÖRKLARING PÅ PLACERINGAR	
a) Märkning ska vara synlig utan att öppna dörren eller locket till kapslingen.	
b) Märkningen kan placeras på dörren eller locket till skåpet eller på insidan av skåpet.	
c) Märkning ska finnas på eller i anslutning till den aktuella komponenten. Säkringsbytesmarkeringar kan finnas på ett diagram som visas enligt (b) när varje säkringshållare är märkt med en distinkt beteckning, såsom F1. För öppna paneler kan diagrammet levereras enligt beskrivning i (d).	
d) Märkning ska skickas separat på en självhäftande etikett med enheten (denna är avsedd att placeras på eller i Ultimate-höljet).	
e) Märkning ska finnas på kopplingsschemat, utskriften eller instruktioner som hänvisas till på panelens namnskytt och ska levereras med panelen (antingen löst, i "tryckfickan" eller fäst på insidan av kapslingen).	
f) Märkning ska finnas på underpanelens komponentmonteringsplatta.	

3.1.24.1 Centralens typskylt/märkskylt

Märkskylten ska placeras så att den kan ses utan att centralens dörr eller lock öppnas (med andra ord på utsidan av skåpet). Det är en fördel att fästa typskylten utan att borra eller ta hål i elcentralens ram eftersom detta påverkar centralens TYPE-klassificering.

Märkskylten på en central skall innehålla informationen som finns i tabellen nedan.

Tabell 21: Typskyltsinnehåll för en elcentral till en industrimaskin.

Listning	Beskrivning
1	Tillverkarens namn (företaget) eller en beteckning
2	Identifiering (produkt- eller serienummer)
3	Tillverkningsplats (platsen för tillverkarens produktionsanläggning)
4	Detaljerade elektriska egenskaper för varje inkommande matning (märkspänning, faser, frekvens, typ av system (t.ex. wye), maximala belastningsström (Full-Load Current, FLC), tolerance rated voltage)
5	Elcentralens kortslutningsströmvärde (Short-Circuit Current Rating, SCCR): kan anges enligt följande: SCCR: ____ kA RMS symmetrical, ____ V max (eller motsvarande)
6	Maximalt märkströmvärde för grenkrets-kortslutnings- och jordfels-skyddsanordning, där sådan finns (krävs för att bestämma värdet överströmsskyddsanordningen för kretsen som försörjer maskinen, m.a.o. supply fuse)
7	Strömvärdet för den största motorn eller lasten (FLC för den maximala motorbelastningen eller annan last)
8	Numret på den elektriska dokumentationen (diagramnummer/kretsschemanumret)
9	Elcentralens kapslingstypklassificering för att specificera tillåtna miljöförhållanden (TYPE-klassificeringen)
10	Omgivningstemperaturklassificering, om elcentralen är klassad för andra förhållanden än 5 °C till 40 °C
11	Elcentraler för industriella maskiner och automationslinjer bör även ha märkningen "Industrial control panel for Industrial Machinery."
12	När huvudöverströmsskyddet i centralen är avsett att ge skydd både för matningsledarna och maskinen, ska typskylten ha märkningen "Supply conductor and machine overcurrent protection provided at main supply terminals."

Den fulla lastströmmen för elcentralen (Full-Load Current, FLC) som visas på märkskylten ska inte vara mindre än fulla lastströmmarna för alla motorer och annan utrustning som kan vara i drift samtidigt under normala användningsförhållanden. Om ovanliga belastningar eller arbetscykler kan förekomma som kräver överdimensionerade ledare, ska

den erforderliga kapaciteten inkluderas i fulla lastströmmen som anges på märkskylten. (NFPA 79, 2024).

SIEMENS	
OPEN INDUSTRIAL CONTROL PANEL	
Designation:	PANEL HMI2015
Serial number:	F2F3019310
Diagram number:	400005481
Voltage, Phase, Freq.:	3ph 480 Y /277 V AC, 60Hz For use on a solidly grounded wye source only
Tolerance rated voltage:	-10/ +10%
Nominal current:	80 A
Max. short circuit current:	5 kA RMS symmetrical
Power largest motor:	27 A
Supply fuse (field provided):	100A Class J
Enclosure type rating:	Open type
Made in Germany	
SD number WKC:	200230981
Year of manufacture:	2015

Figur 33: Exempel på typskylt.

Utöver centralens typskylt som skall placeras på utsidan av skåpet är det möjligt att placera dessa markeringar utanpå skåpet:

- Effekt av fältanslutningar, styrström, jordning (grounding conductor) och nolledare (grounded conductor).
- Säkringstabell samt säkringsklasser och storlekar.
- Info om alla enheter som inte ingår i centralen, men som är anslutna till centralen på installationsplatsen.

Ytterligare varningsmarkeringar bör sättas synligt på skåpet om:

- centralen har flera än en brytare som bör slås av för att skåpets kretsar skall bli spänningslösa

- eller om vissa kretsar/kablar förblir spänningsförda även fast huvudströmbrytaren slås till OFF-läget. (UL 508A, 2022; Industrial Control Panels and Electrical Equipment of Industrial Machinery for North America, 2014; NFPA 70, 2023).

3.1.25 Andra märkningar

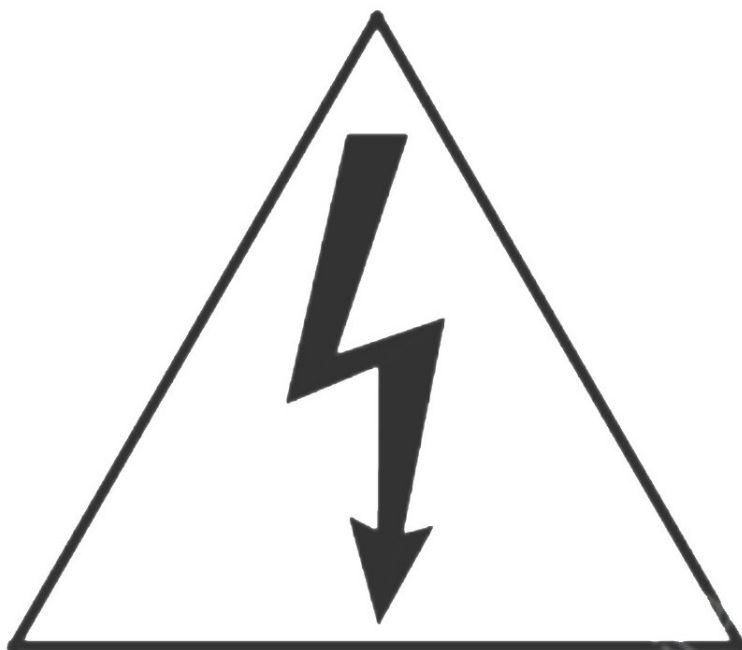
Utöver elcentraler skall även varje maskin och utrustning ha en egen märkskylt som visar:

- tillverkarens namn
- enhetens produkt eller serienummer eller annat identifieringsmärke
- matningsspänning
- antalet faser
- frekvens
- maximal belastningsström (FLC)
- kortslutningsströmmen
- märkströmmen för största motor eller last
- och numret på den elektriska dokumentationen.

Typ- och varningsskyltar för maskiner och utrustning ska vara väl synliga när de är installerade och utrustningen är under användning. Om motorns eller annan anordnings märkskylt döljs under installationen måste en extra skylt monteras på en plats där den lätt kan avläsas. Om utrustningen endast har en motor och styrenhet räcker det med motorns egen märkskylt som utrustningens märkskylt.

NFPA 79 definierar ytterligare att varningsskyltar måste placeras på elektrisk utrustning om möjliga elektriska- eller ljusbågsrisker kan uppkomma.

Utseendet av varningsmarkeringar, inklusive färgkoder, på industriella maskiner och utrustning definieras i ANSI Z535-serien som finns specificerat under rubrik 3.1.30.3 Säkerhetsfärgkarta. (UL 508A, 2022; Industrial Control Panels and Electrical Equipment of Industrial Machinery for North America, 2014; NFPA 70, 2023; NFPA 79, 2024).



Figur 34: Varningssymbol 5036 "Dangerous Voltage" (IEC 417).

3.1.26 Elskåpsdörrar och lås

Dörrar bör ha fästen som kan manövreras för hand eller med ett enkelt verktyg (skruvmejsel). En dörr som är mer än 1,2 m (48 tum) bred, bör ha två eller flera fästen som håller dörren på plats vid två eller flera punkter. Varje dörr måste kunna öppnas minst 90 grader från stängt läge. Elskåp som innehåller kretsar och komponenter som arbetar med en spänning på över 50 VAC eller 60 VDC bör förses med låsning så att de endast kan öppnas när matningsspänningen till dem är frånkopplad. Elskåpsdörrar kan förses med låsning på tre (3) olika sätt: mekaniskt, elektriskt eller en kombination av båda. Samma villkor gäller för ett elektroniskt lås som för ett mekaniskt, men installationerna skiljer sig. (UL 508A, 2022).

Minimikraven vid installation av ett elektroniskt lås är:

- En (1) nyckelmanövrerad knapp som aktiverar avvisningsmekanismen.
- Ett (1) tidsrelä (justerbar tid ca. 0 – 10 s), under denna tid är avvisningsmekanismen aktiv.
- Underspänningsutlösning för varje huvudströmbrytare.
- Flera ytterligare reläer.
- Positions brytare för varje dörr.

Industriskåpets dörrar måste låsas med huvudströmbrytaren i läge "ON" så att ingen av dörrarna kan öppnas. Låset skall slås på automatiskt när dörrarna stängs. Låsningen bör kunna förbigås så att skåpet kan öppnas för service och underhållsarbete när huvudströmbrytaren är i läge "ON". Denna funktion måste fungera med ett verktyg, till exempel en skruvmejsel.

När huvudströmbrytaren är öppen, OFF, ska skåpdörrarna kunna öppnas helt utan att behöva ta bort något hänglås. När skåpsdörren är öppen ska ett mekaniskt lås, exempelvis ett hänglås, användas för att förhindra att huvudströmbrytaren slås på. Låset måste också tas bort innan dörrarna kan stängas igen. (UL 508A, 2022).

3.1.27 Enheter monterade i dörrar

Ledningar som är benägna att röra sig ska skyddas (till exempel i ett tvinnat hölje), dras och säkras så att ledningen inte kan skadas. Alla kopplingstrådar som går till enheter som är monterade i dörrar bör installeras i skyddsrör så att de inte skaver eller tar skada när en dörr öppnas och stängs. (UL 508A, 2022; NFPA 79, 2024).

3.1.28 Öppningar i elskåpet

Det får finnas öppningar i elcentralen för exempelvis fläktar och luftfilter, men det finns begräsningar specificerat i UL 508A. Bland annat får det inte finnas några manöverelement intill en öppning, såsom manöverhandtag, tryckknappar eller indikeringslampor. Horisontellt behöver en enhet, exempelvis en tryckknapp, ha 762 mm (30 tum) ledigt utrymme. Med andra ord minst 381 mm (15 tum) från enhetens mittpunkt till ena sidan av en öppning. Vertikalt sträcker sig området över hela höjden av elcentralen om den är monterad på en vägg och upptill 201 cm (6,6 fot) om den är monterad på golvet. Dessa mått avser operatörens område och där skall inga öppningar placeras.

I tabell 20.1 i UL 508A hittas specifikationer på öppningar i elcentralen och avstånd till en del som kan medföra risk för elektriska stötar eller personskador.

Tabell 22: Minsta avstånd från en öppning till en del som medför risk för elektrisk stöt eller personskada.

Mindre dimension av öppning (mm) (a)	Minsta avstånd från öppning till oisolerad spänningsförande del eller rörlig del (mm)
<3,18	12,7
12,7	101,6
25,4 (b)	165 (b)
38,1 (b)	212,7 (b)
50,8 (b)	295,3 (b)
> 50,8 och <76,2 (b)	762 (b)
a) Den mindre dimensionen av en öppning är diametern på den största cylinderformade sonden som kan föras in genom öppningen. Öppningen utvärderas utan avtagbara filter.	
b) Interpolation används för att bestämma ett mellanliggande värde för avståndet mellan tabellkravet och det tidigare angivna värdet i tabellen. Formeln för beräkningen av det mellanliggande avståndet är enligt följande: Mellanliggande avstånd = (Avstånd för föregående post) + (Skillnaden mellan mellanliggande mindre dimension och mindre dimension för tidigare post) × (Skillnaden mellan önskat avstånd och avståndet för tidigare post) / (Skillnaden mellan obligatorisk mindre dimension och mindre dimension för tidigare post).	
Exempel: För att hitta det nödvändiga avståndet för 3/4 tums öppning (mellan 1/2 tum (12,7 mm) och 1 tum (25,4 mm)) från tabellvärdena: Erforderligt avstånd = 4 tum + (3/4–1/2) × (6–1/2–4) / (1–1/2) = 5,25 tum.	

Metall- eller plastnätspaneler till ventilationsluckor får inte vara mer än 305 mm (12 tum) långa och storleken på området de tar upp får inte överstiga 0,129 m² (200 kvadrattum).

Observationsfönster ska vara godkänt som typ 1-komponenter. Beroende på glasets tjockhet finns två specifikationer:

- Glaset som täcker observationshålet får inte överstiga 102 mm (4 tum) i någon riktning (inklusive diagonalt) och måste vara minst 1,40 mm (0,055 tum) tjockt.
- Glaset inte överstiga 305 mm (12 tum) i någon riktning (inklusive diagonalt) och måste vara minst 2,92 mm (0,115 tum) tjockt.

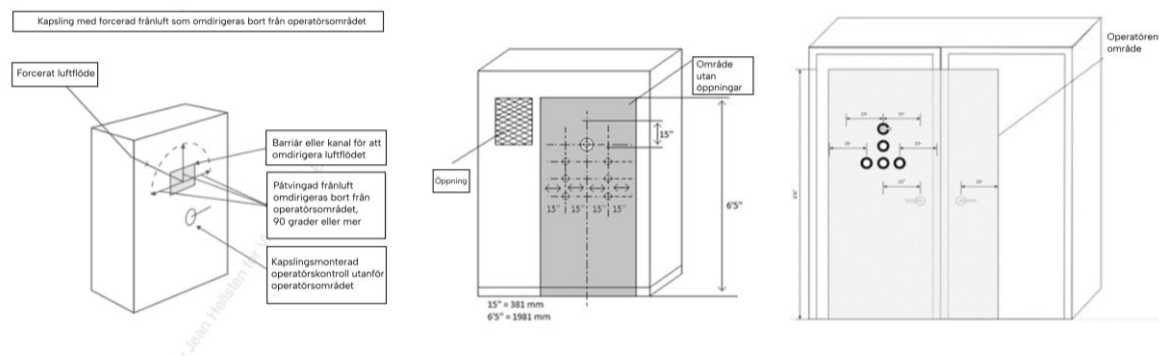
Om observationshålet är täckt med plast måste det vara minst 3,2 mm (1/8 tum) tjockt och ha en brännbarhetsklass på 5VA, storleken får inte överstiga 2452 mm² (380 kvadrattum). Brännbarhetsklassificeringar finns specificerade i UL 94 och det finns sex specificerade

flamklassificeringar som gäller för plastkapslingar som används för att inrymma elektronik (5VA, 5VB, V-0, V-1, V-2, HB).

Enligt standarden UL 508A ska en öppning som används för ventilation som är placerad på lågspänningscentralens tak skyddas med en skyddsskärm om det finns oskyddade spänningsförande delar under öppningen. Fläktar, luftkonditioneringsapparater och värmare bör uppfylla de komponentspecifika UL-utrustningsstandarder som krävs för varje komponent. Till exempel måste fläktar uppfylla kraven i UL 507, UL 508 eller UL 1004.1 beroende på modell. För luftkonditioneringsapparater och värmare gäller standarderna UL 484 respektive UL 499.

Valet av fläktens överströmsskydd påverkas av fläktmodellen och dess motor. Överströmsskyddet på fläkten bör vara märkt "Thermal protected" och vara UL 1004–3-godkänt. Om fläktmotorn är "Impedance Protected" kräver den en UL 1004–2-godkänd skyddsanordning.

Luftfilter måste installeras i samband med ventilationsöppningar om skåpet har en fläkt och om skåpet innehåller PLC:n, strömkällor, IT-utrustning, frekvensomriktare eller övriga enheter som innehar en fläkt. Luftflödet i ventilationsutloppskanalerna bör inte riktas rakt mot det område maskinoperatören kommer att röra sig kring. Om luftflödet i utloppskanalerna dock är på ett sådant ställe där maskinoperatörens rör sig bör de riktas av separata luftreglage i en vinkel på minst 90° från operatörens område. (UL 508A, 2022; Industrial Control Panels and Electrical Equipment of Industrial Machinery for North America, 2014).



Figur 35: Operatörens område.

3.1.29 Huvudströmbrytare

Huvudströmbrytare är ett måste i en central som skall certifieras av UL. Vanligtvis används effektbrytare som huvudströmbrytare och de bör vara godkända enligt UL 489. Huvudströmbrytaren bör dock inte vara inkopplad när en granskning görs, ifall att den först skall kopplas in på platsen där skåpet skall vara installerat. I ett mindre skåp, om till exempel en säkring fungerar som huvudströmbrytare ska den vara godkänd enligt UL 98. (UL 508A, 2022; Industrial Control Panels and Electrical Equipment of Industrial Machinery for North America, 2014).

Vanligtvis skall matningsledningarna till huvudströmbrytaren kopplas till den övre sidan av huvudströmbrytaren. Ifall huvudbrytaren har märkning "line" och "load", inkommande och utgående matning, är det ett måste att matningen skall kopplas på sidan märkt "line". Om den däremot inte är markerad med ovanstående benämningar ska den tillåtas att koppla in matning från bägge sidor, förutsatt att det sätts en markering på eller intill brytaren som identifierar var inkommande och utgående ledare skall kopplas. Matningskabeln och ledarna till huvudströmbrytaren bör också vara separerade från andra kretsar. Placeringen av huvudströmbrytaren bör prioriteras att förläggas så högt upp i centralen som möjligt. Utrymmet som krävs för att böja ledarna på kabeln samt att höjden på handtaget inte överskrider 201 cm bör tas i beaktan. (NFPA 79, 2024).

I avsnitt 30.2 i UL 508A och 5.1.11 i NFPA 79 definieras hur en huvudströmbrytare bör dimensioneras. Beroende på vilken typ av huvudströmbrytare som tillämpas och vilka enheter som finns i elskåpet bör den dimensioneras på olika sätt. En huvudströmbrytare för ett elskåp med flera motorer och andra laster bör dimensioneras enligt följande:

- Om huvudströmbrytaren innehar en trip-funktion, OCPD-strömbrytare (Overcurrent Protection Device), får den inte belastas med en Full-Load Current på mer än 80 % av dess nominella märkström. Det finns dock typer som är märkt för kontinuerlig användning upp till 100 % av dess märkström och dessa kan belastas enligt det.
 - För att beräkna belastningen för en standard OCPD bör FLC av de icke-kontinuerliga belastningarna och 125 % av FLC de kontinuerliga belastningarna summeras.

- För OCPD listade för drift vid 100 % kan beräkningen för minimiklassificeringen göras genom att summera FLC icke-kontinuerliga belastningarna och FLC av de kontinuerliga belastningarna.
- Om huvudströmbrytaren är av en molded case-typ (eller switch unit, innehar särkingar, pullout switch, open switch, enclosed switch) skall den ha en ampere-märkning på minst 115 % av summan av FLC för all utrustning som är i drift samtidigt under normala användningsförhållanden, konstruktionsbelastning (den maximala belastningen systemet är designat för) och arbetscykler.
 - Om motorer styrs av frekvensomvandlare kan märkströmmen för deras ingångsström summeras med FLC för alla andra laster.
- Om huvudströmbrytaren är märkt i hästkrafter bör den dimensioneras med en märkeffekt enligt det som definieras från tabell 430.251(B) i NFPA 70 eller tabell 50.3 i UL 508A för låsta rotorströmar. Huvudströmbrytaren får inte vara märkt mindre än de låsta rotorströmmarna för alla motorer som kan startas samtidigt summerat med FLC från alla andra laster.

I UL 508A finns ytterligare definierat hur huvudströmbrytare kan dimensioneras om lasten motsvarar icke motorbelastningar eller endast en motorbelastning.

Detaljerade specifikationer angående vilka kretsar som tillåts vara anslutna förbi huvudströmbrytaren specificeras i UL 508A. Kablar och ledare i dessa kretsar bör separeras från andra kretsar. Därtill bör kretsen ha en egen separat brytare, överströmsskydd och en isolerad transformator. Följande kretsar gäller som undantag:

- Belysningskretsar för underhåll eller reparation.
- Uttag avsedda uteslutande för anslutning av reparations- eller underhållsverktyg och utrustning.
- Underspänningsskyddskretsar (används endast för automatisk fränkoppling i händelse av ett fel i matningskretsen).
- Kretsar som förser utrustning som måste förbli spänningssatt för att fungera tillfredsställande.

Om det finns flera olika matningar till centralen som har en egen huvudströmbrytare (till exempel en för huvudkretsen, en för styrkretsen och en för en likströmskrets) måste varje

strömbrytare märkas separat. Märkningen ska visa att den aktuella strömbrytaren endast bryter den specifika kretsen.

Om skåpet förses med en eller flera matningar förblir spänningsförd oavsett huvudströmbrytarens läge, bör detta märkas i skåpet. En varningsskylt måste placeras på centralen som innehåller info om dessa undantagskretsar bredvid huvudströmbrytarens manöverhandtag. Märkningen bör indikera att dessa elektriska kretsar måste kopplas bort separat.

Det måste finnas en separat, isolerad anslutning för nolledaren (grounded conductor). Den behöver dock inte gå via huvudströmbrytaren. I NEC specificeras det att strömbrytare endast får koppla bort N-ledaren (grounded conductor) i en krets i de fall där alla kretsledare kopplas bort samtidigt, eller där anordningen ser till att N-ledaren inte kan kopplas bort förrän kretsens alla ojordade ledare har kopplats bort. Användningen av nolledaren måste tydligt markeras i enhetens tekniska dokumentation, såsom installationsschemat och kopplingsschemat. (NFPA 70, 2023; NFPA 79, 2024).

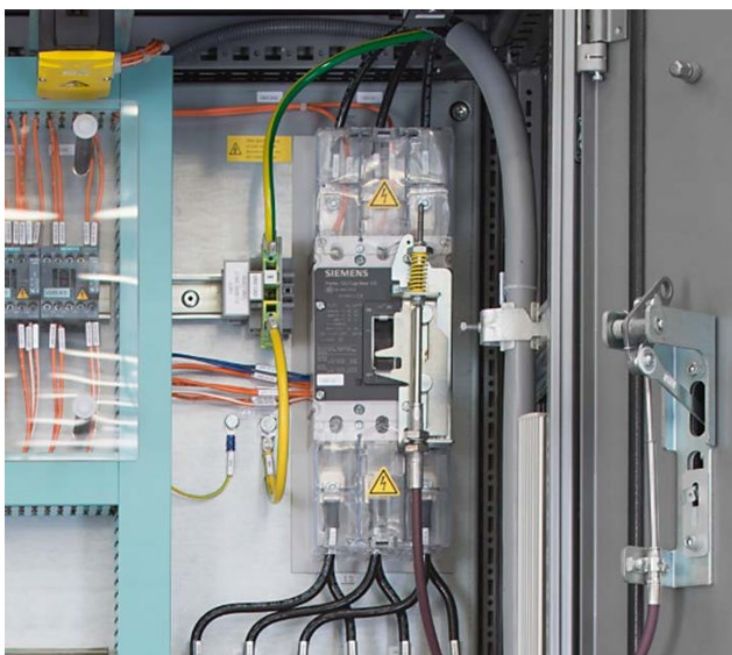
Om huvudströmbrytaren används som nödstoppsbrytare gäller att:

- De ska vara synliga och lättillgängliga.
- Manöverhandtaget ska vara rött och bakgrunden runt handtaget ska vara gul.
- Strömbrytaren måste antingen vara en godkänd kombinationsbrytare, motorskydd (UL typ E eller F), en godkänd strömbrytare (med omvänd timer-enhet) eller en godkänd strömbrytare utan utlösningseenhet (kompaktbrytare).

Huvudströmbrytaren får inte placeras högre på elskåpet än 201 cm från golvytan. När huvudströmbrytarens manöverhandtag används vertikalt betyder manöverhandtagets "upp" läge "ON", det vill säga stängt läge. Strömbrytaren måste ha en markering som anger om den är i öppet "OFF" eller stängt "ON" läge. En sammankoppling av huvudströmbrytaren med centralens luckor/dörrar bör finnas. En huvudströmbrytare skall kunna manövreras för hand, utan verktyg, oavsett om dörren är stängd eller öppen. Med andra ord både inifrån och utifrån. Huvudströmbrytaren kan behöva kompletteras med en tilläggsdel som monteras på den, inuti i elskåpet, för att uppfylla detta krav. Manöverhandtaget ska kunna låsas i "OFF"-läget, även när dörren eller dörrarna är öppna.

En huvudströmbrytare för en maskins matningskrets ska vara märkt som "Machine Supply Circuit Disconnecting Means" på eller intill enheten och ange vilken utrustning den kopplar från. Om huvudströmbrytaren därtill fungerar som överströmsskydd för hela maskinen skall detta finnas med på skåpets märkskylt.

En maskins huvudströmbrytare bör vara märkt med "Machine Supply Circuit Disconnect" om det finns flera strömbrytare som matas från matningskretsens strömbrytare. Inuti skåpet bör den även ha tydliga märkningar på dess kopplingsterminaler som identifierar L1, L2 och L3. Varje brytare eller annan typ av frånkopplingsanordning som används för att stänga av strömmen till maskiner eller utrustning bör monteras i samma central som enheten den styr. Detta för att ge en tydlig och enkel åtkomstpunkt för att bryta strömmen till den maskin eller utrustning som behöver underhåll eller service. (NFPA 79, 2024).



Figur 36: Exempel på inkoppling av huvudströmbrytare (med mekanisk låsmekanism för dörrar). (Industrial Control Panels and Electrical Equipment of Industrial Machinery for North America, 2014)

3.1.30 Styr- och signalanordningar


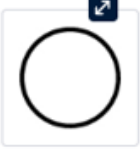


Färgkoder för styrenheter, till exempel vilken färg en stopp-knapp skall vara, finns specificerat i UL 508A och NFPA 79 avsnitt 10.2.2.

Tabell 23: Färgschema för kontrollidon.

Funktion	Färgkod
Start/på	GRÖN (men SVART, VIT eller GRÅ tillåts även)
Stopp/av	RÖD (men SVART, VIT eller GRÅ tillåts även)
Nödstopp	RÖD
Alternativ åtgärd: Tryckknappar som, när de trycks ned, fungerar växelvis som start och stopp (eller på och av)	SVART, VIT eller GRÅ
Onormala förhållanden	GUL
Håll ned för att använda: Tryckknappar som orsakar rörelse när de trycks in och stoppar rörelse när de släpps (t.ex. jogging)	SVART (men VIT, GRÅ eller BLÅ tillåts även)
Återställning (reset)	BLÅ, SVART, VIT eller GRÅ (förutom när de också fungerar som en stopp- eller avstängningsknapp, i de fallen ska de vara RÖDA)

Färgkoderna för tryckknappar kan övervägas att ersättas med IEC-symboler enligt överenskommelse mellan användaren och leverantören av utrustningen.

Tabell 24: Ikoner för kontrollidon.

Funktion	IEC-symbol
Start/på	
Stopp/av	
Alternativ åtgärd: Tryckknappar som, när de trycks ned, fungerar växelvis som start och stopp (eller på och av)	
Håll ned för att använda: Tryckknappar som orsakar rörelse när de trycks in och stoppar rörelse när de släpps (t.ex. jogging)	

I NFPA 79 specificeras maskiners indikatorlampor och vilken färg som indikerar olika betydelser.

Tabell 25: Maskinens indikatorlampor.

Färg	Betydelse	Förklaring	Åtgärd av operatören
RÖD	Nödsituation	Farligt tillstånd	Omedelbar åtgärd för att hantera farligt tillstånd (till exempel stänga av maskinförsörjningen, vara uppmärksam på det farliga tillståndet och hålla sig borta från maskinen)
GUL	Onormalt	Onormalt tillstånd/Överhängande kritiskt tillstånd	Övervakning och/eller ingripande (till exempel genom att återupprätta den avsedda funktionen)
BLÅ	Obligatorisk	Indikation på ett tillstånd som kräver åtgärd från operatören	Obligatorisk åtgärd
GRÖN	Normal	Normala förhållanden	Valfri
VIT	Neutral	Övriga förhållanden; kan användas närhelst det råder tvivel om tillämpningen av RÖD, GUL, GRÖN, BLÅ	Övervakning

En förklaring eller symbol för varje manöverdon på användargränssnittet bör placeras för att förklara dess funktion. För upplysta tryckknappar är lampans funktioner åtskilda från knappens funktioner med ett snedstreck (/). (NFPA 79, 2024).

3.1.30.1 Start-, stopp- och nödstoppsknappar

Startfunktionen måste placeras ovanför eller till vänster om tillhörande stoppknapp. Skåp med funktionskontroller (kontrollpanel/tryckknappar) ska även ha en nödstoppsknapp. Nödstoppsknappen måste vara svampformad eller handflatsformad och självlåsand. Nödstoppsknappen ska vara röd på gul bakgrund. (UL 508A, 2022; NFPA 79, 2024).

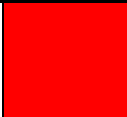
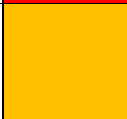



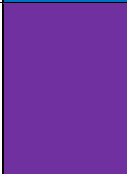
3.1.30.2 Ljustorn/ljusfyrrar

Ljustorn på maskiner bör ha de tillämpliga färgerna i följande ordning uppifrån och ned; RÖD, GUL, BLÅ, GRÖN och VIT. (NFPA 79, 2024).

3.1.30.3 Säkerhetsfärgkarta

ANSI Z535-serien är en samling standarder som reglerar säkerhetsskyltar, faroidentifiering och förebyggande av olyckor. Den omfattar sex standarder som behandlar symboler, formatering, färger och texter för säkerhetsskyltar. En separat publikation, ANSI Z535 Safety Color Chart, specificerar säkerhetsfärger. De sex färgerna som identifieras i ANSI Safety Color Chart och deras motsvarande betydelser/användningar finns beskrivet nedan i Tabell 26. (ANSI Z535, 2024; ANSI Safety Colors, u.d.).

Tabell 26: Säkerhetsfärgkarta (ANSI Z535).

Funktion	Färgkod	
Faroskyltar, brandfarliga vätskor, nödstoppknappar för brandskyddsutrustning etc.	Röd	
Varningsskyltar och en indikation på strömförande maskiner eller utrustning.	Orange	
Varningstecken och varningar om fysiska faror.	Gul	
Indikerar första hjälpen-utrustning och säkerhetsinformation.	Grön	
Fastighetspolicier, anläggningsstandarder och all annan information som inte är direkt säkerhetsrelaterad.	Blå	
Användardefinierad - en chef kan tilldela den här färgen som de tycker passar i sin anläggning.	Lila	

Varningssymboler innehåller, enligt ANSI Z535.4, fyra (4) saker:

1. Konsekvens av fara.
2. Risksymbol, indikera typ av fara.
3. Varningssignalord.
4. Åtgärder att vidta för att minska det farliga tillståndet.



Figur 37: Exempel på varningssymbol enligt definitioner i ANSI Z535.4. (Industrial Control Panels and Electrical Equipment of Industrial Machinery for North America, 2014).

3.1.31 Pneumatikdelar

En pneumatisk styrkrets ska fungera på tryckluft. För pneumatiska kopplingsanordningar specificerar UL 508A att en pneumatisk styrkrets brytare som arbetar vid tryck över 300 psi (2,07 MPa) bör uppfylla kraven för tryckmanövrerade strömbrytare enligt standarden UL 508, Standard for Industrial Control Equipment. (UL 508A, 2022).

3.1.32 Motstånd/bromsmotstånd (resistanser)

Ett motstånd ska uppfylla standarden för industriell kontrollutrustning, UL 508, och användas inom dess effektvärde. Ledarnas ampacitet till ett motstånd som inte är avsett för kontinuerlig drift ska dimensioneras i enlighet med UL 508A:s tabell 28.1, baserat på motorns FLC multiplicerad med nedstämplingsfaktorn (procentandel) från standardens tabell 36.1. Kretsar med på- och av-tider som skiljer sig från UL 508A:s tabell 36.1 ska dimensioneras med procentandelen på-tid enligt tabellen nedan, som motsvarar UL 508A:s tabell 36.1. För motstånd som finns inbyggda i andra komponenter bör dock dessa krav inte tillämpas. (UL 508A, 2022).

Tabell 27: Värdesfaktor för ledare för effektmotstånd.

Tid, sekunder		På-tid, procent	Ledarnas ampacitet i procent av motorns fulllastström
På	Av		
5	75	6,25	35
10	70	12,5	45
15	75	16,67	55
15	45	25	65
15	30	33,33	75
15	15	50	85

3.1.33 Kablar och ledare (kopplingstrådar)

Inuti en elcentral måste konstruktionen säkerställa att en fältkabel som är kopplad till en given krets separeras av en barriär från en fältkabel kopplad till en annan krets. Det finns dock undantag från detta krav om båda kretsarna är klassificerade som klass 2-kretsar eller om ledarna i båda kretsarna är isolerade för den maximala spänningen för de aktuella kretsarna. I sådana fall är ingen separering erforderlig.

Installationsinstruktioner som beskriver hur installationer av fältkablar och hurudan procedur som ska följas för att installera utrustningen för att uppnå erforderlig separation

enligt avsnitt 54.8 i UL 508A kan uppgöras för att undvika separationsbarriärer. Detta kan ordnas genom att placeringen av öppningar i centralen, läs kabelgenomföring, ger ett minimum på 6,4 mm (1/4 tum) mellan fältkablarna. För fältkablar i en klass 2-krets bör avståndet vara något större. De ska vara åtskilda från andra fältkablar och oisolerade spänningsförande delar av andra kretsar. Ett minsta permanent avstånd på 50,8 mm (2 tum) bör upprätthållas om det inte finns några barriärer mellan de olika kretsarnas terminaler.

Tvärsnittsareor på kablar och kopplingstrådar bör överensstämma med standarderna. I USA mäts tvärsnittsarean i AWG (American Wire Gauge) och kcmil (kilo circular mils) eller MCM (tusen circular mils). För AWG gäller att när tvärsnittsarean ökar, blir AWG-siffran lägre. För att definiera trådstorlekar större än 4/0 AWG (0000 AWG) används kcmil eller MCM. Dessa benämningar används synonymt. MCM- och kcmil-dimensionering börjar på 250 kcmil – vilket är något större än en 4/0 AWG-tråd. I Power Circuit (huvudkretsen) är minsta tvärsnittsarean som får användas AWG 14 (2,1 mm²) och bör vara temperaturklassad till 90 °C. Samma krav gäller styrkretsar, om överströmsskyddet och ampaciteten är mera än 10 A. Om strömmen är 10 A eller mindre i en ledare bör specifikationer i tabell 37.1 i UL 508A beaktas samt att dess isolation bör klara temperaturer upp till 60 °C. (UL 508A, 2022; Industrial Control Panels and Electrical Equipment of Industrial Machinery for North America, 2014).

Tabell 28: Konverteringstabell från AWG till mm².

AWG	mm ²	Metrisk motsvarighet (mm ²)
20	0,52	0,75
18	0,82	1
16	1,3	1,5
14	2,08	2,5
12	3,31	4
10	5,26	6
8	8,4	10
6	13,3	16
4	21,2	25
2	33,6	35
1	42,4	50
1 / 0	53,5	-
2 / 0	67,4	70
3 / 0	85	95
4 / 0	107	120

Tabell 29: Konverteringstabell från kcmil till mm².

kcmil	mm ²
250	126
300	152
350	177
400	203
500	253
600	304
800	405
1000	507
1500	760
2000	1010

UL 508A specificerar att 18 AWG (0,82 mm²) är den minsta tvärsnittsarean på ledare i Control Circuit som får användas. Dock specificeras att styrkretsledare med storleken 20–30 AWG (0,52–0,05 mm²) är tillåtna i för ingångs- och utgångssignaler samt att 28–30 AWG (0,08–0,05 mm²) bör vara i mantlade flerledarkablar eller som länkar. I NFPA 79:s kapitel 12 specificeras ytterligare att ledare installerade i kabelkanaler inte får vara mindre än 24 AWG om de inte tillhör en del av en mantlad flerledarkabel.

I UL508A:s tabell 28.1 visas hur storleken på ledarsnittarean på kopplingstrådar skall väljas utifrån vilken ström de är märkta för. Dimensioneringen görs genom att addera ihop totala lastströmvärdet, FLC, för alla laster i kretsen. Motorbelastningars FLC kan erhållas från tabellerna 50.1 och 50.2, om de är märkta i hästkrafter (hp). Om det endast finns en last i kretsen bör tvärsnittsarean dimensioneras till 125 % av den maximala belastningsströmmen. Om det finns flera laster, till exempel motorer, lampor eller värmare, bör ledaren dimensioneras till 125 % av strömmen för den största belastningen summerat med 100 % av övriga belastningar. I standarderna används både termerna FLA, Full-Load Ampere och FLC, Full-Load Current. FLA är det nominella strömvärdet för motorn som anges på en motors märkskylt. Detta värde används för att bestämma överbelastningsskyddet för motorn som högst skall vara inställt på 115 % av FLA. FLC är en standardiserad ström för motorer som anges i de nämnda tabellerna (50.1 och 50.2) relaterat till motorns effekt. FLC-värdet används för att bestämma kortslutningsskydd, kabelstorlek och huvudströmbrytare. FLC-värdet är det värde utav dessa två som sätts på elcentralens typskylt. Detta betyder att en motors FLA värde och FLC-värde kan vara olika. (Differences between FLA and FLC, 2023).

Efter att strömvärdena har beräknats, jämförs de med tabell 28.1, från vilken den erforderliga ledarstorleken kan erhållas. (UL 508A, 2022; Industrial Control Panels and Electrical Equipment of Industrial Machinery for North America, 2014).

Tabell 30: Ampaciteter för kraftkretsledare.

Ledarstorlek		Strömtålighet (A)			
		60°C (140°F)		75°C (167°F)	
AWG	mm ²	Koppar	Aluminium	Koppar	Aluminium
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	135
3/0	85	-	-	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
750	380	-	-	475	385
800	405	-	-	490	395
900	456	-	-	520	425
1000	506	-	-	545	445
1250	633	-	-	590	485
1500	760	-	-	625	520
1750	887	-	-	650	545
2000	1013	-	-	665	560

ANMÄRKNINGAR:

1. För flera ledare av samma storlek (1/0 AWG eller större) vid en terminal är ampaciteten lika med värdet i denna tabell för den ledaren multiplicerat med antalet ledare som kan anslutas till terminalen.

2. Ampacitetsvärdena i tabellen gäller endast när högst tre ledare är avsedda att installeras i samma kabelhölje. När fyra eller fler ledare, andra än en nolleddare som har växelström, är i samma kabel, i samma genomföring eller i samma kabelskydd är ampaciteten för var och en av ledarna 80 % av dessa värden om 4-6 ledare är inblandade, 70 % av dessa värden om det gäller 7-24 ledare, 60 % av dessa värden om det är 25-42 ledare och 50 % av dessa värden om det gäller 43 eller fler ledare.

Tabell 31: Ampaciteter för styrkretsledare.

Ledarstorlek		Ampacitet (A)
AWG	mm ²	
16	1,3	10
18	0,82	7
20 (b)	0,52	5
22 (b)	0,32	3
24 (b)	0,2	2
26 (b)	0,13	1
28 (a) (b)	0,05	0,8
30 (a) (b)	0,05	0,5

a) Där dessa ledare ingår i en mantlad flerledarkabelenhet eller för byglar eller speciella ledningstillämpningar.

b) Dessa ledarstorlekar är endast avsedda för anslutning av elektronisk styringång/utgång och styrenheter.

Tabell 32: Omvandling från hästkrafter till VA lastkapaciteter.

Effektkapacitet (hk)	Skenbar effektkapacitet (VA)
1/10'	144
1/8'	182
1/6'	211
1/4'	278
1/3'	345
1/2'	470
3/4'	662
1	768

Enligt UL 508A skall alla ledare i centralens Power Circuit märkas enligt elritningen medan NFPA 79 specificeras att alla kopplingstrådar i en central skall vara märkta. En vanlig metod för hur trådarna märks upp är att märka numret på anslutningspunkten dit den skall kopplas, samt trådens löpnummer. Om andra trådfärger än de som finns specificerat i NFPA 79, används bör detta märkas i skåpet så det kan avgöras vilka kretsar det är frågan om. (NFPA 79, 2024).

Alla kopplingstrådar och kablar som används i centralen måste vara spårbara. Därför bör ID:n för alla kopplingstrådsförpackningar samt kabelrullar som används sparas eller dokumenteras. Speciellt viktigt blir detta om en kopplingstråd inte har UL-märket på

skyddshöljet, förpackningen med UL-märket bör då sparas för att kunna visa upp till granskare. Om inga specifikationer blivit angivna till installatören kan personen med fördel anteckna ett eget dokument för alla kopplingstrådar och kablar som används under monteringen. I dokumentet bör det finnas en identifikation på kopplingstrådsrullen, alltså den nummer som det står på rullen. (UL Traceability Requirements, 2016).

3.1.34 Fältkabelanslutningar och anslutningsplintar (kopplingsplintar)

Alla inkommande och utgående anslutningspunkter för kablar bör märkas för att indikera om det är frågan om av matnings-, last- eller styrkretsar. Märkningarna bör motsvara beteckningar på elritningen. Inkommande matning skall märkas med "line terminal" och laster med "load terminal". Även det erforderliga åtdragningsmomentet för plintskruven och ledarens temperaturklassificering skall finnas med. Åtdragningsmomentet bestäms antingen från det värde som anges på komponenten eller kopplingsplinten. Om inget värde finns specificerat kan tabellerna 54.1, 54.2 och 54.3 från avsnitt 54 i UL 508A tillämpas. Temperaturmärkning krävs för fältanslutningsterminaler för anslutning av motorbelastningar samt andra laster som är märkt med mer än 15 A (Power Circuit). Temperaturen bestäms enligt vilken typ av plint som används och dess specifikationer: 60°C (140°F) för terminaler som är märkta med mindre än 100 A; 75 °C (167 °F) för terminaler som är märkta mindre än 100 A (men inte accepterar en 60 °C-ledare); eller 75 °C (167 °F) för terminaler märkta på 100 A eller mer. (UL 508A, 2022).

Standarden specificerar också att en fältkabelanslutning måste vara avsedd för koppar, aluminium eller båda dessa material. Anslutningsplintarna måste också märkas i enlighet med det, exempelvis med: "Use copper conductors only", "Use aluminum conductors only", "Use Copper or Aluminum Conductors" eller "Use Copper or Copper-Clad Aluminum Conductors".

Märkningen kan se ut enligt följande:

- LINE TERMINALS.
- AWG # 6 – AWG # 3/0.
- Use 75 °C Copper wire only.
- Terminal Torque: 100 Lb.-in.

Den tillåtna tvärsnittsarean kan även sättas med. Åtdragningsmomentet kan variera beroende på vilken storlek på kopplingstrådar som används. (Industrial Control Panels and Electrical Equipment of Industrial Machinery for North America, 2014).

Enligt UL 508A bör kablarna som ansluts gå att ansluta och kopplas loss i skåpet utan att behöva skruva bort någon komponent, strömskena eller lossa andra kablar eller kopplingstrådar inuti skåpet. UL 508A accepterar anslutning av flera ledningar till en anslutningspunkt, förutsatt att de är anslutna säkert.

Alla anslutningsterminaler skall vara märkta och i enlighet med elschemat, till exempel L1, L2, L3. Anslutningen till en nolledare skall kopplas skall vara vit- eller silverfärgad. För andra ledare gäller det att plinten bör vara av en särskiljbar färg. Radklämmor eller kopplingsplintar bör enligt standarden vara godkänd enligt UL 1059. Minimivståndet mellan luft- och ytgap i lågspänningscentraler måste också uppfyllas vid montering av kopplingsplintarna. Storleken på kopplingsplinten bestäms enligt den storlek på fältkabel eller kopplingstråd som används. (NFPA 79, 2024; NFPA 70, 2023).

Storlekskraven för fältkabelanslutningar för hjälpkretsar klassade för en ström på mindre än 10 A finns presenterat i UL 508A:s tabell 37.1. Märkningskravet i standardens avsnitt 54.9 innebär att märkningen av en fältanslutningsterminal för en styrkretsledare som är mindre än 14 AWG, enligt specifikationen i undantaget till 37.2.1, måste märkas med ledningsstorlekar som kan användas, beroende på specifikationerna för plinten.

Tabell 33: Fältkabelanslutningar för ledare mindre än 14 AWG (2,1 mm²).

Maximal ström på styrkretsens kopplingsplint (A)	Terminalens storlek		Krävs märkning på terminalen (för att påvisa storleken på en fältkabel som får inkopplas)?
	AWG	mm ²	
10	16	1,3	Ja
10	16-14	1,3-2,1	Nej
7	18	0,82	Ja
7	18-14	0,82-2,1	Nej
5	20-18	0,52-0,82	Ja
5	20-14	0,52-2,1	Nej
3	22-18	0,32-0,82	Ja
3	22-14	0,32-2,1	Nej
2	24-18	0,20-0,82	Ja
2	24-14	0,20-2,1	Nej
1	26-18	0,13-0,82	Ja
1	26-14	0,13-2,1	Nej
0,8	28-18	0,08-0,82	Ja
0,8	28-14	0,08-2,1	Nej
0,5	30-18	0,05-0,82	Ja
0,5	30-14	0,05-2,1	Nej

Märkningen kan se ut enligt följande:

- LOAD TERMINALS.
- AWG # 16.
- Use 60 °C Copper wire only.
- Terminal Torque: 25 – 30 Lb.-in.

Om det gäller en komponent i Control Circuit där åtdragningsmomentet 0,8 Nm eller mindre, behöver åtdragningsmomentet inte finnas med i märkningen.

Anslutningsplintar i lågspänningsbegränsade energikretsar eller styrkretsar med en spänning ≤ 30 V RMS ska märkas med något av följande: "Class 1 control circuit", "Use Class 1 conductors", "For connection to a Class 1 remote Control Circuit". Plintar i klass 2 styrkretsar ska märkas med något av följande: "Class 2 control circuit", "Use Class 2 conductors", "For connection to a Class 2 remote control circuit". Orsaken till att lågspänningsbegränsade energikretsar skall märkas enligt klass 1 är eftersom LVLE-kretsar inte finns definierade i vare sig NEC eller NFPA 79. Därför betraktas detta som en klass 1 styrkrets när den lämnar elcentralen.

Märkningen kan se ut enligt följande:

- Class 2 control circuit.
- AWG # 16 – AWG # 18.
- Use 60 °C Copper wire only.

Jordningsplinten bör identifieras enligt någon av följande metoder:

- med en grön terminalskruv med sexkantigt huvud (som inte är lätt att avlägsna)
- med en grön sexkantig ändmutter (som inte är lätt att avlägsna)
- med texten "Ground" eller "Grounding"
- med bokstäverna "G", "GR", "GRD", "GND" eller "GRND"
- eller med IEC-symbolen 5019.

NFPA 79 specificerar även att användningen av "PE"-beteckningen tillåts. En tabell i UL 508A specificerar hur tvärsnittsarean för jordledaren ska bestämmas. Inom industriella elskåp tillåts PE-ledare seriekopplas, men detta kräver att kontinuiteten i jordningen inte störs vid avlägsnande av en enhet. Kontinuiteten får inte brytas.



Figur 38: Jordningsterminaler (med temperaturmärkning, typ av ledare och cage clamp). (Industrial Control Panels and Electrical Equipment of Industrial Machinery for North America, 2014).



Figur 39: Jordningssymbolen (IEC-symbol 5019).

Om skåpet förses med en märkspänning av typen mittpunktsjordat stjärnsystem, ska ingångsterminalerna vara märkta, "For use on a solidly grounded wye source only".










3.1.35 Färgkoder för ledare (kopplingstrådar) och anslutningspunkter

I UL 508A finns följande bestämmelser om färgkoder gällande Power Circuit:

- Alla fasledare ska vara svarta oavsett spänning.
- N-ledare (isolerade nolledare, grounded conductor) identifieras med vit eller grå isolering. Alternativt kan någon annan färg (förutom grön, blå, orange eller gul) användas, men då ska kabeln märkas med tre vita eller gråa ränder längs hela sin längd.
- PE-ledare (grounding conductor) ska vara gröna med inga eller en eller flera gula ränder. Endast jordledare har denna färg och det gula elementet bör inte täcka mer än 50 % av ledaren.

Hurudant färgschema som bör användas skall först kollas med kunden. I vissa fall kan de ha ett specifikt färgschema för kopplingstrådars. Kunden kan även ha krav på markeringar eller endast krav på vissa kretsars trådfärger. Om kunden inte har några specifika krav kan specifikationerna i kapitel 66.9 i UL 508A för styrkretsar eller trådfärger för industriella maskinsystem i NFPA 79:s kapitel 13 tillämpas. (UL 508A, 2022; NFPA 79, 2024).

Tabell 34: Färgschema för kopplingstrådar.

Trådfärg	Användningsändamål	
Svart	AC- eller DC-ledare med matningsspänning	
Röd	AC-ledare i styrkretsar (lägre spänning än matningsspänningen)	
Vit, grå eller annan färg med tre vita ränder (förutom grön, blå, eller orange)	AC-nolledare (oavsett spänning)	
Grön med eller utan en eller flera gula ränder	PE-ledare (jordledare)	
Blå	DC-ledare + (med positiv spänning) i styrkretsar	
Vit med en blå rand	DC-ledare - (med negativ spänning, jordad)	
Orange	AC-ledare som förblir strömförande även när huvudströmbrytaren är i läge "AV".	
Orange med en blå rand	DC-ledare som förblir strömförande även när huvudströmbrytaren är i läge "AV".	
Vit med en orange rand (i kontrollkretsen)	AC- eller DC-nolledare om den förblir strömförande när huvudströmbrytaren är på i läge "AV".	

3.1.36 Kabeltyper

UL-listade kablar är ett krav på alla installationer utanför maskinen och dess kringutrustningar, i den industriella fastigheten eller publika byggnader. Det vill säga om kabeln sitter på ett fästelement som är skruvat i vägg, tak eller golv i fabriken, tillhör den byggnaden och måste då vara UL-listad. (UL- OCH UR-GODKÄNDA KABLAR TILL USA OCH KANADA).

För fältinstallation mellan maskiner, exempelvis på en kabelstege som sitter fixerad på väggen, säger standarderna att de UL-listade kablarna skall förläggas skyddsrör (conduits). Detta för att förhindra att kablarna skadas mekaniskt och brand uppstår. Det finns dock ett sätt att undgå detta - UL-listade kablar som är märkta TC-ER (Tray Cable -Exposed run). Dessa kablar innehar en förstärkt design som eliminerar behovet av skyddsrör och tillåter en öppen förläggning. (Lapp Mexico).

Med TC-ER-klassade kablar kan kabeldragningen göras utan att behöva ha ett skyddsrör som kabeln går i. Kabeln kan dras på kabelhyllor och även utanför kabelhyllor på maskiner, så länge som kabeln är säkrad varje 1,8 m (6 fot). TC-ER-kablar eliminerar ledningskrav, vilket minskar installationskostnaderna genom att spara tid och material. Detta ger en flexibilitet vid installation i en industriell miljö. I industrianläggningar utgör användning av TC-ER-märkta kablar ypperliga fördelar eftersom de kan installeras mellan en kabelränna

och användningsutrustningen. National Electrical Code Artikel 336 går genom reglement om TC-kablar, där specificeras även användningsavgränsningar vad gäller TC-ER-kablar. (NFPA 70, 2023).

Kablar som tillhör klass 2-kretsar, exempelvis givarkablar, som dras utanför skåpet kräver inte att någon speciell isolationsklass eller vara TC-ER-märkt, de kan förläggas öppet utan att dras i rör. Däremot bör de vara separerade från Power Circuit-kretsar och Class 1-kretsar, detta kan göras genom att planera olika kabelstegar. I NEC:s artikel 725.136 finns mer specificerad information om tillåtna och icke-tillåtna kabeldragning för klass 2-kretsar. (NEC CLASS 2 FAQs, u.d.; Dimensioning and protection of control circuits according to UL, 2017).

3.1.37 Kabeldragning, kabelhyllor och installationer

Kablar som används måste vara lämpliga för användningsplatsen och syftet. Fältkablar ska skyddas från mekanisk påfrestning hela vägen med brandtålig skyddsränna, kabelväg eller i skyddsror. Ifall skyddsror används kräver det även användning av lämpliga bussningar för dem.

Kabelhyllor och kabelkanaler skall inte vara över 50 % fyllda. Alla ledare som upptar samma kabelkanal bör ha en isoleringsklass (spänningsisolation) i enlighet med den maximala spänningen som någon ledare inom samma kabelkanal har. En indelning för kablar ute på fältet kan uppgöras enligt att definiera två grupper ute på automationslinjen. Den ena gruppen bestående av Power Circuit-kablar och Control Circuit-kablar (Class 1), varav dessa bör vara UL Listed och märkt TC-ER. Den andra gruppen skulle utgöra klass 2-krets kablar och kommunikationskablar. Respektive grupp skulle ha en egen kabelkanal. Vid platser där pneumatik finns bör det även beaktas, exempelvis med en tredje kanal för separering av luftslangar från kablar.

Rör och slangar som hanterar vätskor, gaser eller luft får inte placeras i kabelkanaler tillsammans med elkablar. Kabeldragning från rörliga delar av en maskin måste uppfylla kraven i avsnitt 12.7 i NFPA 79, de måste bland annat installeras med stöd så att de inte når rörliga delar av maskinen. (NFPA 79, 2024; Electrical equipment of industrial machinery exported to North America, 2015).

3.1.38 Elektriska tester

Tester av automationslinjen ska utföras i enlighet med referenserna i NFPA 79:

1. Verifiering av att den elektriska utrustningen överensstämmer med den tekniska dokumentationen.
2. Kontinuitetstest.
3. Isolationsresistanstest.
4. Spänningstest.
5. Skydd mot restspänningstest.
6. Funktionstest.

Kontinuitetstest bör utföras på jordningskretsen. Testet används för att kontrollera att kretsen inte är bruten någonstans. Detta görs genom att mäta resistansen mellan två punkter i jordningskretsen, för att bekräfta att det finns en kontinuerlig förbindelse. Resultatet av ett kontinuitetstest bör vara nära noll. Det uppmätta resistansvärdet får inte vara högre än 0,1 ohm (0,1 Ω). Ett annat alternativ till detta test är att applicera en ström på minst 10 A, 50 Hz - 60 Hz, mellan två punkter i jordningskretsen. Den uppmätta spänningen mellan utrustningens jordningsterminal och testpunkterna får inte överstiga värdena i tabellen nedan.

Tabell 35: Säkerställning av kontinuiteten i jordningskretsen, värden ges för en testström på 10 A.

Minimi tvärsnittsarea på jordledning (AWG)	Maximalt tillåtet spänningsfall (V)
18	3,3
16	2,6
14	1,9
12	1,7
10	1,4
>8	1

Tester av isolationsmotstånd bör utföras för att mäta hur väl isoleringen mellan två ledare eller mellan en ledare och en jordningspunkt håller emot elektrisk ström. Målet är att säkerställa att det inte finns några kortslutningar eller läckage genom isoleringen. Isolationsresistansen mätt vid 500 VDC mellan strömkretsens ledare och jordningskretsen ska inte vara mindre än en megaohm (1 M Ω). Testet ska också kunna utföras på enskilda jordade delar av maskinen.

Spänningstester ska göras för att bedöma isolationsnivån och den elektriska säkerheten hos en elektrisk krets eller en apparat. Målet är att kontrollera att kretsen och maskinen kan hantera den förväntade driftspänningen utan att uppvisa oönskade reaktioner såsom genombrott eller isolationsfel (läckströmmar eller kortslutningar). Maskinen måste kunna stå emot en kontinuerlig testspänning som successivt ökas från 0 V till antingen 1500 VAC eller 2121 VDC. Den maximala spänningen ska sedan upprätthållas under minst 1 sekund mellan alla primärkretsar och jordningskretsen. Testspänningen ska levereras från en isolerad strömkälla med en märkeffekt på minst 500 VA. Komponenter som inte är klassade för att motstå testspänningen ska kopplas bort under provningen.

NFPA 79 fastställer också att funktionstester för maskinen bör utföras. Speciellt funktionerna hos elektriska utrustningar, särskilt de som rör säkerhet och skydd, ska testas och dokumenteras. (NFPA 79, 2024).

3.1.39 Ibruktagningsbesiktning

En granskningsrapport för en UL-certifiering skiljer sig från IEC-godkännande som används i Europa och Finland eftersom olika standarder används. IEC-godkännande följer SFS-EN 61439-standarderna och rekommendationerna i SFS640-manualen (en handbok som baserar sig på texter ur SFS-EN 61439-standardserien) i Finland. Som specificerat i teoridelen kan en person som installerat en elcentral som skall överensstämmas med USA-standarder inte utföra en besiktning utan att vara en UL-certifierad lågspänningstillverkare. Vanligtvis görs detta av en extern tredjepartsorganisation.

3.1.40 Dokumentation som bör tillhandahållas till kunden

Alla dokument ska anges med dokumentnummer och titlar i en ritning eller dokumentlista. Dokumentationen kan levereras som elektronisk eller fysisk utskrift. Det finns ingen bestämmelse i standarderna hur det bör vara, utan måste överenskommas mellan slutanvändaren och tillverkaren. Systemets dokumentation ska överensstämma med kraven i avsnitt 17 i NFPA 79. (NFPA 79, 2024).

Eldokumentationen ska ha en tydlig beskrivning av systemet och utrustningen samt en hänvisning till elförsörjningskraven. Generellt förutsätts att kopplingsschema, komponentlista, reservdelslista och att en bruksanvisning för de installerade enheterna

levereras med centralen, till exempel i dörrfickan. I NFPA 79 finns specificerat att en uppsättning i form av följande dokument måste tillhandahållas:

- testdokument
- installationsinstruktioner
- funktionsbeskrivning (blockscheman, systemdiagram)
- kopplingsscheman (kretsscheman, kretsegenskaper)
- användarmanual (driftinstruktioner, bruksanvisning)
- underhållsinstruktioner (underhållsmanual)
- och en lista på delar (reservdelslista).

Om det krävs samtliga dokument beror på omfattningen av det aktuella systemet. Valet av vilka dokument som behövs, liksom hur dokumentationen ska tillhandahållas, fastställs genom en överenskommelse mellan tillverkaren och användaren.

Den tekniska dokumentationen ska antingen vara ett individuellt dokument eller som en del av installations- eller driftdokumentationen. Den tekniska dokumentationen bör innehålla åtminstone denna information:

- Normala driftsförhållanden för den elektriska utrustningen, inklusive matningen (och omgivningsmiljön där det är relevant).
- Hantering, transport och lagring.
- Olämplig användning av utrustningen.

Tabell 36: Information som skall tillhandahållas enligt dokumentationskrav i NFPA 79.

Listning	Information/dokument
1	Tydlig, omfattande beskrivning av utrustningen; installation och montering och anslutningen till elförsörjningen
2	Krav på elförsörjningskretsar
3	Översiktsdiagram (blockdiagram) i de fall det anses lämpligt
4	Schematiska diagram
5	Information (i de fall det anses lämpligt) om följande: (a) Programmering (b) Operationssekvens(er) (c) Inspektionsfrekvens (d) Frekvens och metod för funktionstestning (e) Justering, underhåll och reparation (f) Sammankopplingschema (g) Panellayouter (h) Instruktions- och servicemanualer (i) Fysisk miljö (t.ex. belysning, vibrationer, bullernivåer, atmosfäriska föroreningar)
6	En beskrivning (inklusive sammankopplingsdiagram) av skyddsanordningar, samverkande funktioner och förregling av skydd med potentiellt farliga rörelser
7	En beskrivning av de skyddsanordningar och metoder som tillhandahålls där de primära skyddsåtgärderna åsidosätts (t.ex. manuell programmering, programverifiering)
8	Medel för kontroll av farlig energi
9	Förklaring av unika termer
10	Reservdelslista och rekommenderade reservdelar
11	Underhållsinstruktioner och justeringsprocedurer
12	Referensinformation (i förekommande fall) om följande: (a) Smörjschema (b) Pneumatiskt diagram (c) Hydraulschema (d) Diverse systemdiagram (t.ex. kylvätska, kylmedel)













3.1.41 Elritning/elschema

Kretsscheman och layoutbilder bör tydligt ange information om kablage och deras anslutningspunkter. Detta omfattar även jordningsledare och deras anslutningar. Om matningsspänningen till skåpet är stjärnkopplad (med jordad mittpunkt) bör det vara märkt i ritningen "For use on solidly grounded wye source only." Utöver detta måste centralens matningsterminaler vara tydligt märkta för användning endast i stjärnkopplad matning.

Elektriska symboler i elritningar skall följas i enlighet med IEEE 315. Om symboler som inte finns där används bör det finnas en separat beskrivning i elschemat för dem. (NFPA 79, 2024).

3.2 Sammanfattning från standardanalyseringen

Följande lista presenterar de tolv (12) vanligaste felen som kan leda till att en maskinlinje förses med en "Red Tag". Denna information har hämtats från dokumentet "Electrical Equipment of Industrial Machinery Exported to North America: Learning from the Good and Bad Experiences of Others", författat av diplomingenjören Wolfgang Esser och publicerat av Eaton år 2015. Dokumentet omfattar 28 sidor och ger en översikt av elektroteknisk utrustning för industriella maskiner. I detta arbetes utförandedel har även relevant information ur denna dokumentation använts som komplement till jämförelser och slutsatser med fakta hämtat ur de elektriska standarderna. Denna information har även varit av central betydelse för utformningen av instruktionsmanualer och inspektionsprotokoll som presenteras i resultatdelen av detta arbete. (Electrical equipment of industrial machinery exported to North America, 2015).

12 Red Flags. Errors that are most commonly caught by inspectors from European based NRTLs.	
	1. Designing to the wrong standards
	2. Improperly sized electrical clearances in the feeder circuit
	3. Improper selection and sizing of components
	4. Use of UL 1077 type supplementary protectors instead of proper branch circuit protective devices
	5. Use of UL 508 type manual motor controllers instead of proper branch circuit protective devices
	6. Environmental rating issues with enclosures
	7. Power supplies (Recognized Components instead of Listed Components, industrial devices rather than Class 2 certified equipment)
	8. Errors in nameplates, wiring diagrams and warning markings
	9. Traceability of certification not possible (e.g. for wiring materials)
	10. Improper selection of protective devices for adjustable speed drives
	11. Transformer protection not meeting code requirements
	12. Grounding/Earthing issues

Source: UL Deutschland, ETL Intertek Deutschland

Figur 40: De 12 vanligaste felen som kan leda till Red Flags för maskinen. Om en elcentral inte först utvärderas av en NRTL, kommer en stor del av de ovan nämnda felen sannolikt att flaggas av AHJ:n. (Electrical equipment of industrial machinery exported to North America, 2015).

3.3 Tillverkningsprocess och tillämpning av planering

När informationen ur de elektriska standarderna hade sammanställts var det dags att ta reda på projektspecifika detaljerna för tillverkningsprocessen.

3.3.1 AHJ och IAS Accredited FEB i Indiana

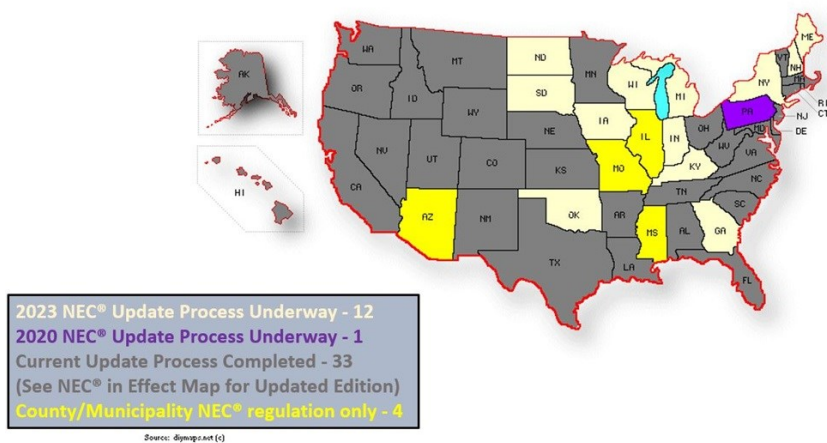
I inledningen av examensarbetet var det oklart om automationslinjerna skulle levereras till Ohio eller Indiana, vilket gjorde att ingen utredning om vem eller vilka som är AHJ och FEB gjordes. När det senare blev klart att automationslinjerna var avsedda för Indiana, befann sig examensarbetet redan långt fram i processen varav uppgiften förpassades vidare för att verifieras för ett senare skede.

Ett ytterligare hinder var att fabriken i USA, som ägs av Mirka och är relativt nyanskaffad, ännu inte hade en utnämnd fabrikschef. Detta ledde till svårigheter med att identifiera den lämpliga kontaktpersonen för att få svar på specifika frågor. Trots sökningar på IAS webbsida kunde ingen specifik FEB i Indiana identifieras. (Search Accredited Organizations, u.d.).

3.3.2 Standardversioner som används i Indiana

Den enda standarden som hade klargjorts vilken version som användes var NEC. Detta kunde klargöras från en karta som fanns publicerat på NFPA:s hemsida. Indiana var den delstaten som använde den äldsta versionen av alla delstater, utgåvan från 2008. Men de hade gått med i processen att uppdatera till den nyaste, vilket gjorde att den versionen tillämpades i detta arbete. Versionerna av NFPA 79 och UL 508A hade inte klargjorts. Därför valdes de nyaste versionerna att tillämpas i detta arbete. Generellt sett innebär fördelen med detta att ju senare version av standarden som tillämpas, desto striktare eller mer omfattande krav finns infört. Att följa dessa vid designfasen är fördelaktigt och innebär ingen skada.

**NEC® Update Process In Progress
3/1/2024**



Figur 41: Uppdateringsprocess av NEC-standard (1). (NEC ENFORCEMENT, u.d.).

<p><u>Indiana</u></p>	<p>2008 Commercial with IN amendments (8/26/2009)</p> <p>2017 (2018 IRC) One- and two-family dwellings with IN amendments (12/26/2019)</p>	<p>2023 Update process underway (Effective date not established)</p>	
-----------------------	--	--	--

Figur 42: Uppdateringsprocess av NEC-standard (2). (NEC ENFORCEMENT, u.d.).

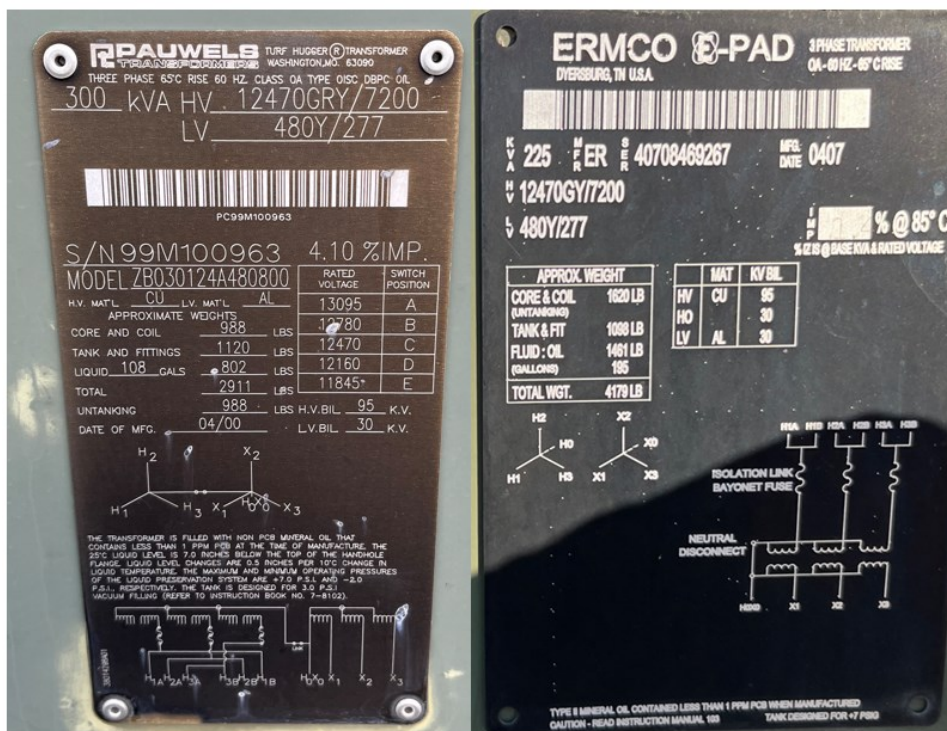
3.3.3 Fabriken strömförsörjning

Det framkom att transformatorn i den aktuella fabriksfastigheten, där automationslinjerna skulle installeras, hade en spänning på 480Y/277 V och var konfigurerad som ett mittpunktsjordat 3-fas-system (wye-system).

3.3.4 Bestämmande av elcentralers SCCR

Transformatorn som fanns installerat i fastigheten i Indiana skulle bytas ut mot en större. Den exakta modellen var inte vald och beställd ännu vilket gjorde att uppskattade värden med säkerställande av en marginal används för att beräkna vilket SCCR matningskabeln till elcentralerna skulle vara försedd med. En approximativ beräkning på kortslutningsströmmen vid installationsplatsen kunde göras med hjälp av formeln i Figur 44 om värden på den närmaste tranformatorn är kända. Först gjordes en beräkning genom att kolla upp vad transformatorn (Figur 43) till installationsplatsen hade för effekt, S (kVA); sekundärspänning, Un (V) och impedansprocent, Z_k (%IMP). De flesta transformatorer anses ha en impedansprocent på ca 4–6 %. Värdena tillämpades sedan i formeln och

beräknades i Excel. Olika värden testades vartefter för att estimeras och se hur mycket olika effekt-märkningar (storlek på transformatorn) ändrade på det slutliga SCCR-värdet.



Figur 43: Transformatorns typskylt i fabriksfastigheten i USA.

$$I_k := \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot Z_k}$$

Figur 44: Formel för beräkning av transformatorns kortslutningsström.

Värden på transformatorn	
Effekt (skenbar), S_n (kVA):	300
Sekundärspänning (huvudspänning), U_n (V):	480
Impedansprocent, Z_k :	0,041
Kortslutningsström:	8,801071

Figur 45: Beräkning av kortslutningsströmmen för nuvarande transformatorn.

En estimering gjordes med att beräkna värden för en transformator med en märkeffekt på 2000 kVA och med låg impedansprocent för att uppnå ett högt kortslutningsströmvärde för att vara på den säkra sidan när komponent val gjordes.

Värden på transformatorn	
Effekt (skenbar), Sn (kVA):	2000
Sekundärspänning (huvudspänning), Un (V):	480
Impedansprocent, Z _k :	0,04
Kortslutningsström:	60,14065

Figur 46: Beräkning av kortslutningsströmvärde för en transformator med märkeffekt 2000 kVA.

Denna aspekt beaktades genom att kontrollera komponenters datablad att deras SCCR var minst 65 kA (närmaste standardvärde). Till hjälpmedel användes också Siemens program TIA Selection Tool för att bygga upp kretsar. Ifall en komponent inte hade tillräckligt hög kortslutningsström, kunde den eventuellt kombineras med en annan komponent för att uppnå värdet som strävades efter. Programmet gav då automatiskt förslag till komponent som kunde tillämpas i och med att det i inställningarna i programmet gick att specificera det SCCR-värde skåpet skulle ha. Dokumentation för detta behövde sparas eftersom vissa AHJ kan kräva att denna information om komponenter och beräkningsmetoder presenteras för att bevisa hur skåpets totala SCCR bestämts. (How to calculate fault current using percent impedance, 2019; Kock, 2022; USING CURRENT-LIMITING FUSES TO INCREASE SCCR, 2009; TIA Selection Tool – quick, easy, smart configuration).

3.3.5 Val av delar och kablar

Valet av delar och kablar till projekten gjordes med beaktande av informationen som hade hämtats från standarderna som behandlats i utförandedelen. UL-listade komponenter och kablar valdes alltid om det var möjligt, detta prioriterades högst, därefter UL Recognized och som allra sista komponenter som hade vilkendera märkning. För respektive projekt gjordes följande listor och mapp:

- Control Cabinet Components (lista över komponenter i elskåpen).
- Control Cabinet Wire List (lista över kopplingstrådar i elskåpen; modell och dess märkning).
- Field Cable List (lista över kablar som far ut från elcentraler till automationslinjen).
- Field Components (lista över komponenter utanför elskåpen på automationslinjen).
- UL Document Folder (en mapp med alla UL-dokument som samlats in för delar till projektet).

3.3.5.1 Elcentraler

På Mirka används elcentraler av fabriktören Rittal i stor utsträckning, vilket också gällde för de aktuella projekten. Rittal är känt för sitt breda sortiment av modeller och är ett etablerat varumärke internationellt. För de flesta av Rittal:s elskåp finns det möjlighet att ladda ner UL-certifikat från deras hemsida, vilket var en avgörande faktor för dessa specifika projekt. (Rittals hemsida, u.d.).

3.3.5.2 Lås till elcentraler

Som lås till skåpen användes mekaniska modeller som fanns som tillbehör på Rittal:s sida för elskåpen som användes. Dessa kopplades samman genom en mekanism för huvudströmbrytarens handtag på elskåpsdörrarna. Denna funktion gjorde så att huvudströmbrytaren behövde vara i OFF-läge för att kunna öppna dörrarna till kapslingen. För de mindre skåpen ute på fältet (som får sin matning från automationslinjens huvudcentral) tillämpades elektroniska lås som var sammankopplade med huvudcentralens huvudströmbrytare. Detta innebar att luckorna till de mindre kapslingarna var låsta och inte möjliga att öppna förrän huvudströmbrytaren på automationslinjens huvudcentral var avstängd.

3.3.5.3 Komponenter

Komponenterna valdes med hänsyn till tidigare konstruktioner av dessa typer av automationslinjer. Genom en noggrann granskning av komponentlistorna utreddes om de tidigare använda komponenterna var tillämpbara för projekten med USA som driftsplats, och därmed i enlighet med UL-certifieringar. Ändringar och uppdateringar beaktades också för komponentvalen. Detta gjordes för att säkerställa att de valda komponenterna uppfyllde gällande krav och funktionsprinciper för produktionslinjerna.

3.3.5.3.1 Huvudströmbrytare

Valet av huvudströmbrytare följde standarden UL 489 och typmodellen kompaktströmbrytare (molded case circuit breaker) med trip-funktion. Eftersom UL 508A specificerade olika krav för molded-case-brytare och brytare med trip-funktion, tillämpades det striktare kravet när den dimensionerades. Huvudströmbrytaren dimensionerades för att ha en strömkapacitet enligt 125 % av FLC för alla motorer och övriga laster som kan vara i gång samtidigt under normala driftförhållanden, summerat med 100 % för alla övriga laster. Eftersom alla motorer i elcentralerna går via

frekvensomriktare togs märkströmmen för deras ingångsström, i stället för motorernas märkström, när beräkningar gjordes. I Bilaga 4 hittas beräkningar på hur huvudströmbrytaren dimensionerats för respektive projekt. Huvudströmbrytarens amperevärde valdes till det närmaste övre värdet som beräkningarna påvisade.

3.3.5.3.2 Överströmsskydd/säkringar

Valet av säkringar var viktigt att se till så att de var UL Listed enligt UL 489 eller UL 98 eftersom felaktig tillämpningen av dvärgbrytare i IEC-stil är ett välkänt problem för de flesta NRTL- och AHJ-inspektörer. Därför valdes kombinationsmotorbrytare (Siemens, modell: 3RV2011-1GA10) i Power Circuit och dvärgbrytare i Control Circuit (Siemens, modell: 5SJ4210-7HG41) som uppfyllde detta. (3RV2011-1GA10; 5SJ4210-7HG41).

3.3.5.3.3 Belysning och uttag

För belysning inuti elcentralen valdes Rittal:s egna LED-lampor med en spänning på 24 V. Systemet utformades så att dessa lampor endast aktiveras när skåpdörrarna är öppna och huvudbrytaren är påslagen inifrån. Vid underhållsarbete, när huvudbrytaren är avstängd, är det inte möjligt att tända lamporna. Denna utformning valdes för att undvika behovet av separata spänningskällor och kretsar, vilket förenklar installationen och minskar på krav som bör upprätthållas.

Inga uttag för underhållsbruk sattes heller i centralen för att slippa eventuella separationskrav samt användning av ytterligare transformatorer.

3.3.5.4 Kablar och kopplingstrådar

För Power Circuit och Control Circuit valdes kablar märkta TC-ER. För givarkablar och övriga klass 2-kablar tillämpades samma typer som tidigare blivit använt i projekten. För valet av kopplingstrådar inuti skåpet gjordes det upp en lista utifrån färgspecifikationer och elritningen. En lista för varje elcentral gjordes där märkning, AWG-storlek och färg framkom. Trådarna inuti elcentralerna valdes att märkas med samma sak i bägge ändar. Detta för att minimera arbetet med märkandet.

3.3.5.5 Kabelvägar

Inuti i elskåpen valdes kabelkanaler tillverkade av ABB som var UL Recognized, UL Listed kabelkanaler finns inte eftersom det inte är en elkomponent som har kunnat testas.

Kabelkanalerna är gjorda av plast och är designade enligt standarden UL 94, Standard for Safety of Flammability of Plastic Materials, därav UL Recognized. (Johdotuskourut).

Till kabelhyllor utanför elskåpen valdes modeller tillverkade av OBO Betterman. Dessa valdes på grund av att de hade UL-certifikat och att utbudet inkluderade tillräckligt många modeller av storlekar. Vid valet eftersträvades även att kunna förse kabelhyllorna med lock på alla ställen där det var möjligt enligt ritningen. (LEVYHYLLYT RUUVILIITOS, u.d.).

3.3.6 Elcentralstillverkning

Ett utomstående företag, anlätades för att bygga elskåpen. Detta gjordes för att spara tid och resurser från arbetsstyrkan på Project Office. Den externa elskåpstillverkaren hade tidigare erfarenhet av att bygga skåp till USA, vilket också ansågs vara en fördel.

Från Project Office-sida förseddes företaget i fråga med ritningar till alla skåp samt delarna. Utöver det hade olika installationsmanualer uppgjorts som sändes även samtidigt med ritningarna. En ständig kommunikation skulle hållas under tiden installationsarbetet utfördes för att säkerställa att alla installationer skulle bli korrekta enligt US-standarderna. I Bilaga 3 hittas en layout för en elcentral till ett av projekten.

3.3.7 Ihopsättningen av automationslinjerna

Enligt en tidsplan kommer byggandet av automationslinjerna ske olika etapper. Den första etappen som inkluderar ett antal sektioner av respektive automationslinjer påbörjas i maj 2024. De första tillverkningsetapperna av de automatiserade linjerna kommer att ske inom företagets väggar och med hjälp av resurserna från Project Office.

3.3.8 Godkännande och driftsättning av automationslinjerna

Som hjälp med introduceringen för automationslinjerna till USA har ett tredjepartsföretag kontaktats. Företaget är auktoriserade av OSHA som NRTL-organ och utför certifieringar, inklusive Field Labeling. Företaget har dotterbolag i Finland vilket ansågs vara nödvändigt för att kunna upprätthålla en nära kontakt under projektets gång.

4 Resultat

I kapitel 3 som utgjort arbetets utförandedel har fokus legat på att analysera standarder och regleringar för att möjliggöra design och tillverkning av automationslinjer för den amerikanska marknaden. Genom att noggrant granska och sammanställa information från standarder såsom UL 508A, NFPA 79 och NEC/NFPA70 har viktiga riktlinjer och krav identifierats för utformningen av automationslinjer i enlighet med USA:s regelverk. Det har framkommit att en förståelse för dessa standarder är av yttersta vikt för att säkerställa att maskinerna uppfyller de krav som ställs för att kunna tas i drift på den amerikanska marknaden.

Resultatet av genomfört arbete utmynnade i utvecklingen av en instruktionsmanual för elplanerare av automationslinjer för USA-marknaden, samt arbetsförklaringsformulär för elskåpstillverkare. Instruktionsmanualen sammanställer informationen från standarderna och ger en komprimerad, lättläst guide för att underlätta elplaneringen enligt US-standarder. Arbetsförklaringsformulären ger anvisningar för montören av elcentralerna om vilka saker som bör uppmärksammas när elskåpet byggs, inklusive krav på vilka märkningar skall sättas och dess placering.

4.1 Översikt över resultatet

Målet med arbetet har varit att materialet som blir sammanställt skall kunna tillämpas i planeringen av automationslinjerna och vid tillverkningen av elskåp. En ytterligare målsättning har varit att skapa en resurs som kan användas som hjälpmedel när framtida projekt skall tillverkas för internationella territorium. Störst nytta ges dock i samband med projekt riktat till den amerikanska marknaden. Sett till innehållet som finns bearbetat och producerat i teorin och utförande delen besvaras frågeställningarna som ställts i inledningen. Resultatet uppnår förväntningarna.

I en sammanfattning av de viktigaste resultaten och observationerna från studien kan sägas:

- Hierarkin av myndigheter och organisationer för standarder och certifieringar har förklarats grundligt.
- Skillnad på certifieringsmärkningar har sammanställts.

- Krav som gäller industriautomation i USA har tagits reda på utifrån relevanta standarder i form av UL 508A, NFPA 79 och NEC/NFPA 70.
- Elplaneringen för projekten har utformats med hjälp av anvisningarna som sammanställts utifrån standarderna.
- Val av delar och komponenter har gjorts enligt specifikationer som examensarbetet upplyser.

4.2 Instruktionsmanual

I samband med att informationen från standarderna blivit sammanställt gjordes en instruktionsmanual för elplanerare av automationslinjer till USA. Innehållet i informationsmanualen är sammanställt i rubriker enligt examensarbetets teori- och utförande del. Innehållet under rubrikerna i examensarbetets utförandedel har i instruktionsmanualen sammanställts i en till två punkter för att beskriva hur något bör utföras, med andra ord en komprimerad lättläst version av detta examensarbete. Tillgång till instruktionsmanualen kommer arbetets uppdragsgivare Mirka Ab ha för intern användning inom företaget. Dokument som producerats kan användas som ett hjälpmedel när personalen utför elplanering för automationslinjer enligt US-standarder.

Planering av elcentraler och automationslinjer

EN MANUAL MED DE MEST RELEVANTA ASPEKTERNA
ATT BEAKTA NÄR MAN DESIGNAR SYSTEM TILL USA.

JEAN HELLSTEN

Figur 47: Bild på pärmsidan till instruktionsmanualen.

4.3 Arbetsförklaringsformulär

Till respektive projekt gjordes ett arbetsförklaringsformulär innehållande instruktioner åt elskåpstillverkaren. Dokumentet indelades i ett antal olika huvudrubriker där väsentliga saker förklarades. De huvudsakliga delarna i arbetsförklaringsformulären utgjorde:

- Anvisningar för typskyltsinnehåll.
- Anvisningar för dokumentation av kopplingstrådas ID:n som används i elskåpen.
- Anvisningar för övriga skyltar och märkningar inuti och utanpå elcentralerna.

För att ytterligare bistå med assistans innehöll anvisningarna för typskyltsinnehållet även vilka värden som skulle sättas för respektive central, exempelvis TYPE-klass och beräknat FLC-värde. Bestämmande av den slutliga TYPE-klassen gjordes med beaktande av tabeller i UL 508A samt vilka komponentval, såsom knappar samt kabelgenomföringar, som placerats i skåphöljen.

MIRKA	Arbetsförklaringsformulär				Sidantal 57
					Utgåva A
	Författare JEAN HELLSTEN	Datum 24.4.2024	Granskad ANDREAS STRAND	Datum 24.4.2024	
Projekt namn !	Projektansvarig -	Elskåpstillsverkare !	Projekt nummer !	Elritningsnummer EL1053	

Innehållsförteckning

1	Förklaringar på kretsar enligt US-standarder.....	1
2	Specifikationer för montering och kabeldragning.....	2
3	Märkningar och skyltar.....	3
3.1	+1MCC1.....	4
3.2	+8FB1.1.....	20
3.3	+8FB1.2.....	27
3.4	+10FB1.....	34
3.5	+3FB1.....	42
3.6	+5FB1.....	44
3.7	+6FB1.....	48
3.8	+9OP1.....	52
4	Tester och dokumentation.....	55

Figur 48: Första sidan på arbetsförklaringsformulär till ett av projekten.

5 Diskussion och analys

Jag påbörjade detta arbete i början på september 2023 och nu sju månader senare är det färdigställt. När jag ser tillbaka på inledningen och hur mycket information jag samlat på mig och lärdomar jag berikats med, hade jag inte föreställt mig denna omfattning som arbetet faktiskt blev till slut.

Som bakgrund tror jag det har varit till fördel att jag är utbildad el- och automationsmontör och är bekant med hur man installerar elskåp och automationslinjer i Finland, vilket gjort prioriteringen av innehållet enklare. Saker som man utför likadant här har kunnat prioriteras bort till större grad. Däremot bör jag understryka att jag inte har läst igenom hela standarden som används här, SFS-EN IEC 61439, utan samlat på mig kunskap genom praktiskt studerande och erfarenhet. Baserat på det har jag kunnat plocka ut info från US-standarderna då jag noterat saker jag märkt varit annorlunda, mera strikt eller mera specifikt. Alltså skillnader jämfört med hur jag monterat och vad jag sett här i Finland.

Även fast arbetet innefattar genomgång av de väsentliga elstandarderna som bör implementeras i USA är det ändå inte 100 % heltäckande. Jag kan inte garantera att om alla saker som nämns här tillämpas under designen samt byggandet av en elcentral och automationslinje gör att det får ett godkännande av AHJ:n eftersom det finns detaljer som bör kontrolleras i standarderna, exempelvis olika mått och avstånd. Skulle jag ha tagit med exakt allt i standarderna UL 508A, NFPA 79 och NEC skulle arbetet ha blivit över 1000 sidor långt vilket inte vore vettigt. Arbetet är omfattande men innehållet är ändå utvalt, prioriterat och sorterat.

Under arbetets gång blev jag intresserad av hur många företag i Finland som egentligen har stenkoll på den amerikanska marknaden. Jag hittade 5–6 examensarbeten som behandlade amerikanska standarder, så visst finns det företag som har koll, men jag tror ändå kunskapen inom detta område kan ge goda förutsättningar för Mirka, men även för mig personligen. Bland annat läste jag i något dokument att under mässor där maskiner visas upp är elskåpen ofta stängda och det kan bero på att tillverkare inte vill visa sina lösningar, exempelvis för maskiner som transporteras till USA. Detta kunde jag även bekräfta när jag var på en mässa i Valencia där de visade upp tyg-maskiner. De ville inte visa layouten och innehållet i elcentralerna. Jag försökte mig ändå på att intervjua flera maskintillverkare, och enligt dem skulle standarderna i EU och US vara nästan helt identiska. De påstod att

mekaniskt skilde inget och elektriskt var det bara kablarna som var skillnad. Detta är något jag tänkt tillbaka på och konstaterat så här i efterhand att försäljare som befinner sig på mässor inte alla gånger har så bra koll på detaljer av denna natur. Hur som helst, eftersom företag som har kunskap inom tillverkning enligt US-standarder är något de verkar vilja hålla hemligt så tror jag att denna kunskap jag samlat på mig och till företaget faktiskt är värt något. Jag tror att många företag är tvungna att ta konsulthjälp inom detta ämne eftersom kunskapen inte verkar växa på träd.

5.1 Lärdomar från projektet

Arbetet har gjort mig än mera bekant med såväl standarderna som vi använder här i Finland, för att inte tala om standarderna i USA. Saker jag noterat är att US-standarder är mera specifika och har bestämda mått på hur något skall monteras. Det är något jag tycker skiljt sig från standarder vi använder i Finland.

En skillnad jag noterade när jag läste UL 508A och sedan NFPA 79 var att i UL 508A hänvisades det nästan enbart till andra UL-standarder (och NEC och NFPA 79), medan i NFPA 79 hänvisades det till betydligt många fler olika standarder, även internationella ISO- och IEC-standarder. I övrigt var det också enklare att läsa NFPA-standarderna eftersom man kunde aktivera en licens för 14 dagar och läsa dem på deras webbsida. Kapitelindelningen var enkel, det var smidigare att navigera och texten var skriven på ett mer lättförståeligt sätt jämfört med UL 508A.

Gällande specifika komponenter och delar blev jag lite överraskad att det har stått väldigt lite om säkerhetsbrytare, som används för motorer, vad jag läst. För våra projekt beslutades också att användning av säkerhetsbrytare för motorer skippas. En nackdel att använda dem är att de kan vara svårt att hitta modeller som är UL Listed och att SCCR minskar. Det verkar heller inte vara något krav att de behövs, så länge avståndet till elskåpet dit en elmotor är kopplad inte är för långt. Samtidigt har jag också förstått att det är ovanligt att använda dem. Man vill helst inte ha ett avbrott på motorkabeln från skåpet till motorn. Något som jag även fick erfara för två år sedan när jag var inblandad i ett projekt som hade beställts från Tyskland, där användes inga säkerhetsbrytare för motorerna. Det var även en detalj jag lade märke till under mässan i Valencia, inga motorer på maskinerna hade säkerhetsbrytare där heller. På Mirka har det dock varit kutym att använda dem för

att underlätta motorbyten genom att montören enkelt kan slå av säkerhetsbrytaren och låsa den när motorbytet utförs, vilket gör att inblandningen av elmontörer kan elimineras.

I navigeringen kring USA:s beslutande organ fann jag det intressant att det inte fanns någon Wikipedia sida om AHJ:s. Dessutom tyckte jag att webbsidorna och artiklarna man hittat om AHJ:s är relativt nya. Det kan jag tolka som att detta är något som inte så värst många har en kunskap om.

En annan sak jag forskade rätt länge innan jag fick på klart var att förstå Class 2-circuit om det fanns enbart inom skåpet eller om det också finns ut på automationslinjen. När jag fick fram att det även fanns ute på automationslinjen och att kablarna inom den kretsen inte behövde ha några strikta certifieringar var det en lättnad samtidigt som en jag kände ett litet heureka-moment.

För att nämna en sista sak tyckte jag det var intressant när väldigt snarlika betydelser för liknande saker ändå betydde olika. Exempelvis skillnaden mellan FLC och FLA samt Grounding Conductor och Grounded Conductor. Grounding Conductor är vad vi skulle kalla PE-ledare och Grounded Conductor N-ledare. Dessa benämningar var dock så gott som obefintliga i standarderna.

5.1.1 Framgångsfaktorer

Under arbetet noterade jag vikten av teamwork mellan alla berörda parter och avdelningar, speciellt inom tillverkningsföretaget, när ett projekt av denna omfattning ska utföras. Teamwork är en nyckelfaktor för att göra ett lyckat exportarbete. Om det dessutom är första gången ett sådant omfattande projekt som en automationslinje ska tillverkas och tas i bruk i USA är det särskilt viktigt.

5.1.2 Utmaningar

Under läsning av standarderna var det svårt att plocka ut vad man skulle ta med som var relevant. Jag som installerat elskåp tidigare så hade ju kunskap om hur jag skulle installera något här, och sakerna ur texten som kändes självklara med bakgrundskunskapen i beaktande lämnade jag bort. Det engelska språket som användes i standarderna kunde många gånger kännas svårläst och vissa saker behövda man läsa om och om igen flera gånger för att begripa, vilket kunde ta upp mycket tid. Därtill eftersom Mirka inte hade köpt

standarderna utan jag läste endast online i read-only mode och under begränsad gratisperiod. Språkmässigt var det också knepigt att översätta och skriva det lite annorlunda än hur det står för att det skall flyta bättre på svenska, men man har behövt vara uppmärksam så att man ändå inte skrivit om det för mycket så att det kan tolkas på ett annat sätt än det bör tolkas.

Det som varit svårt har varit att tolka standarder på grund av dess lite speciella utformning av skrivning. Till exempel kan det hända att en standard anger att "klass 1-kretsar inte får dras i samma kabelkanaler som power circuit-kablar", men sedan i ett stycke under följer en undantagsregel som säger "undantag: klass 1-kablar får dras i samma kabelkanaler som andra kretsar om type ac-kabel används". Med andra ord tillåts kabeldragningen i samma kanal som andra kablar under vissa förutsättningar. För att navigera genom dessa situationer har jag försökt anpassa min text i arbetet för att tydligt ange när något är tillåtet och under vilka omständigheter det är så.

Det har varit knepigt när standarderna överlappar varandra mycket men ändå specificerar saker lite olika, bland annat olika benämningar på kretsar. Jag har försökt plocka ut tabeller ur standarderna som varit mest relevanta, jag har inte kunnat ta med exakt alla, därav behöver man vara beredd på att öppna standarderna också och inte bara förlita sig på detta arbete.

Jag vill ändå påstå att standarderna betonade även många saker som jag tror alla med någon utbildning inom el anser vara självklara. Vissa saker har jag också ansett vara totalt onödigt att ha med även i standarderna. Ett exempel var när jag läste genom terminologin i UL 508A så fanns där en beskrivning på vad en dörr är.

Det hade varit till fördel att ha på klart basfrågorna som: vem som är AHJ och FEB i delstaten, samt en fabrikschef man kunnat kontakt och ha att fylla i ett formulär om hurdana specifikationer eller krav automationslinjerna bör uppfylla. Men som sagt delvis har en orsak varför detta inte klargjorts varit för att det inte känts till från början i vilken delstat industrimaskinerna faktiskt skall vara i bruk, samtidigt som att det i princip är Mirka som är kunden själv.

5.1.3 Reflektioner av resultatet

Jag är personligen väldigt tillfredsställd över resultat med examensarbetet och det jag uppnått. Detta är definitivt det största arbetet jag sammanställt hittills i min karriär och något jag känner mig stolt över. Både stolt att ha lyckats med och stolt över att kunna ha på CV och presentera.

Resultatet bevisar att det faktiskt behöver göras ändringar på en automationslinje i Finland för att den skall bli godkänd för användning på amerikansk mark. Det anser jag vara ytterligare en faktor som bevisar nyttan med detta examensarbete.

5.2 Förbättringsförslag

I teoridelen hade jag inledningsvis tänkt ha med fallstudier om funktionsbeskrivning på bägge automationslinjerna. Men när jag märkte att arbetet kommer bli väldigt omfattande oavsett så beslöt jag att inte ta med det. Med tanke på att det ändå inte skulle ge någon ny kunskap åt Project Office kändes det som en logisk sak att lämna bort.

Det kunde ha gått att skriva mera om valet av delar och komponenter som vi gjort till projekten. Exempelvis kunde man även nämnt om övriga delar såsom:

- frekvensomriktare
- motorer
- robotar
- fläktar
- linjereaktorer
- och pneumatik.

För pneumatiken kunde man även ha kontrollerat standarderna och läst sig in på dem lite mer. Däremot var arbetet redan så pass långt att jag kände att det inte skulle ha tillfört så mycket eftersom komponentlistorna finns sparat på Mirka och motiveringarna till gjorda valen följer påpekanden som framkommer i utförande delen.

Därtill återstår det några aspekter som jag ännu inte är helt säker på, men som jag ser fram emot att lära mig mer om när NRTL-organet utför en Field Labeling. Dessa inkluderar:

- Innehåller skåpens design tillräckligt med utrymme för alla komponenter? Jag har läst att ett USA-skåp bör innehålla mera "luftutrymme" än skåp i Europa.
- Uppfyller vi nu kraven hur man separerar olika kretsar från varandra, speciellt Power Circuit från andra kretsar? Behöver man dela av kabelkanalerna i skåpet?
- Är det ok att trådar från olika kretsar korsar varandra? Eller borde man ta håll i bottenplåten och dra vissa trådar där så de inte korsar andra kretsar?
- Det har varit svårt att kunna säkerställa i planeringen att kabelrännor både inuti och utanför skåp kommer ha minst 50 % ledigt utrymme. Det blir intressant att se hur den aspekten utspelar sig.
- Kablar som placeras i rännor bör ha tillräcklig isolation för maxspänningen som finns i rännan. Jag tror speciellt att nätverkablar/Profinet är något vi bör lägga märke till så att vi lyckas dra dem korrekt i kabelkanaler inuti skåpen. I värsta fall kan det också hända att vi behöver separerar kabelkanaler ytterligare för att separationen av kretsar skall lyckas, det återstår att se.
- Användning av icke UL Listed eller Recognized komponent i Power Circuit. Komponenten som används före den största invertern i det ena projektets elskåp är varken Listed eller Recognized. Detta gör åtminstone att skåpet inte kan få en UL Listed märkning (enligt anmärkningar i UL 508A), men frågan är om det ändå kan få Field Labeling eller om vi blir tvungna att byta ut den.
- Användning av Harting kontakter som inte är UL Listed och eventuella problem med att uppnå tillräcklig hög SCCR. Hur kommer detta tolkas? Kan vi behöva hitta en annan lösning för detta?

Det jag saknar ännu är kanske att jag skulle vilja veta mera om vad det står i de finska standarderna, och hur mycket likheter och skillnader det finns. En tydlig jämförelse av regelverk och standarder i Finland och USA skulle vara intressant att få fixat, men då hade även de finska standarderna behövt djupläsas. Då skulle man se svart på vitt tänker jag vad som är annorlunda, jag vet att många saker skiljer sig åt, men hur mycket? Handlar det om olika mått eller handlar det om krav som ena standarden har och som andra standarden saknar helt och hållet?

5.3 Arbetsprocess

Jag märkte att när jag jobbade på examensarbetet att det oftast bara kom mer och mer saker jag gjorde en djupdykning i, det blev för intressant. Sedan har det också varit svårt att få det avgränsat för att det känns som att allt är viktigt, speciellt eftersom det spelar ingen roll vad som gjorts fel, är det fel bör det korrigeras innan skåpet kan godkännas enligt standarden det designats enligt.

Ibland var det dock betungande när det bara dök upp mer och mer saker och man visste inte i vilken ände man skulle börja. Jag vill ha mitt arbete strukturerat och ville inte gå vidare till nästa sak innan jag hade den ena saken noggrant genomfört. Om jag skulle göra arbetet igen kanske jag skulle ha funderat med handledarna hur vi kunde avgränsat det bättre. Att behandla UL 508A, NFPA 79 och NEC så noggrant som jag gjort gjorde att materialet blev långt.

Det som däremot stärkt arbetets framgång och att uppnå målen är att jag under projektets gång har jag haft tydligt uppstrukturerade mappar med olika dokument. Den viktigaste mapp jag haft hade jag döpt till Projektplanering, i den mappen har jag haft följande dokument:

- Arbetsplan.
- Projektplan.
- Projektdagbok.
- Projektanteckningar och to-do list.

Därtill har jag även haft en Excel-fil för bokföring av projektets tidsåtgång samt en Excel-fil där jag antecknat frågor till min handledare. Utöver detta har ett eget Word-dokument för varje längre rubrik/kapitel i examensarbetet tillämpats. Arbetet har först jobbat med i det ämnesspecifika Word-dokumentet innan det blivit tillsatt i examensarbets dokumentet. Detta är något jag tror varit till en fördel och som utformat den tydliga struktur jag anser arbetet innehar.

Sedan jag satte i gång med projektet i början av september och har jobbat i 86 dagar och det totala timantalet uppgår till 576,5 timmar. I Bilaga 5 hittas en tabell jag fyllt i under projektets gång för att bokföra tiden som jag lagt ner på projektet.

Sett till förbättringsåtgärder jag skulle vidta om jag skulle gör om projektet vore det att ändra lite på strategin hur jag lade upp arbetet i inledningen. Jag började med att söka reda på komponenter och kablar utan att ha någon riktig koll på vilka kravspecifikationer alla delar behövde. Jag visste ingen skillnad på UL Listed och UL Recognized och inte att kablarna behövde ha TC-ER-märkning. Detta gjorde att arbetet på hösten med detta gjordes lite i onödan eftersom jag behövde uppdatera detta i februari och mars.

5.4 Interaktion med handledare och avdelningen

Vägledningen av mina handledare har varit en starkt bidragande orsak till projektets framgång. Jag har varit nöjd med feedbacken jag fått av Nylund på arbetsplatsen i form av den information jag tagit fram. Matts Nickull har gett mig tydlig feedback och detaljerade påpekanden varje gång jag lämnat in ett utkast av arbetet. Jag har uppskattat att han tagit sig tid att läsa igenom arbetet så noggrant som han faktiskt gjort. Det har bidragit till att arbetet i min syn är synnerligen precist till punkt och pricka.

Personligen skulle jag gärna velat vara klar tidigare med arbetet, eller hunnit jobba mera med det på hösten. Men ett projekt jag jobbat med under min utbytesperiod blev mera krävande än jag hade räknat med vilket gjorde att jag kunde först fokusera 100 % på examensarbetet från och med januari. I början hade det därför kanske varit viktigt att få mera feedback om att hur bör jag sätta upp arbetet och när borde vi ha olika delar av arbetet på klart. Jag har känt en press att få fram information nu eftersom tillverkningen av automationslinjerna påbörjats i april. Därav har jag känt att det hade varit till fördel att jag hade blivit klar tidigare, men samtidigt vet jag inte om det hade varit möjligt eftersom jag satte min energi på det andra projektet jag jobbade med på hösten, som i sig tog upp alla min tid. Samtidigt har feedbacken jag fått ändå påvisat att det varit lugnt med att arbetet inte färdigställts tidigare, även om jag själv skapat mig den uppfattningen.

Mera feedback i början av arbetet hade kanske varit till hjälp för att avgränsa arbetet, men å andra sidan har jag känt att handledarna har haft tillit till mig när jag har fått jobbat i egen takt. Det känns som de har litat på mig att jag får saker gjort och att jag vet vad jag håller på med.

Under tiden jag jobbade med projektet på arbetsplatsen påpekade jag mitt missnöje över att jag inte fått vara med på möten gällande arbetet jag skriver. Det var frågan om ett

inledande möte med en organisation som eventuellt skulle anlitas att utföra Field Labeling. Jag känner att jag hade kunnat bidra med relevanta frågor och inlägg under mötet och därför hade jag velat delta. Det visade sig ändå inte bli något ytterligare samarbete med det företaget. Nu har jag dock blivit inbjuden till att vara med på mötet som vi kommer att ha med tredjepartsföretaget som skall utföra Field Labeling, vilket jag ser framemot.

I övrigt fanns inga utmaningar eller konflikter i samarbetet som krävdes att hanteras. I slutändan fungerade samarbetet med handledare och avdelningen mycket väl och det påverkade projektets framsteg och resultat.

6 Slutsatser

Resultaten av arbetet och studierna som genomförts uppfyller syftet och målen med arbetet. Målet med examensarbetet var att samla in den nödvändiga informationen och dokumentera godkända lösningar och delar för att kunna bygga upp samt ta i bruk de industriella automationslinjerna på andra ställen i världen än i Finland. Kunskapsmålen uppfyller de förväntningar som sattes i inledningen med att efter slutfört arbete skall en tydlig insikt i olika standarder, tekniska specifikationer, komponentblad, språkkunskaper, specifika dataprogram för testutföranden, kalkyleringar och certifieringar. Resultaten har organiserats och presenterats enligt de frågeställningar och hypoteser som formulerades i inledningen. Resultatet påvisar en djup förståelse för ämnet och genom läsning av detta arbete skall det vara möjligt att kunna dra relevanta slutsatser för tillverkning av automationslinjer till USA.

Examensarbetet som sammanställts kommer att sparas så att företaget har tillgång för användning av detta för pågående och framtida projekt. Examensarbetets innehåll anser jag vara av stor betydelse och potential. Resultatet uppnår de förväntningar som ställts. Informationen som sammanställts anses vara av hög användningsgrad. Innehållet i arbetet återspeglar de i inledningen angivna övergripande målen. Genom att analysera innehållet kan slutsatser dras som bidrar till kunskapsutvecklingen inom området.

6.1 Framtida perspektiv och utvecklingsmöjligheter

Av de tre huvudstandarderna som jag fokuserat mest på (UL 508A, NFPA 79 och NEC) är det NEC jag har minst koll på. Den standarden är också den mest omfattande, men den inriktar sig på mycket annat än industriautomation också. Det som ändå är positivt är att jag har möjlighet att läsa in mig mera på den när jag börjar jobba och innan skåpen blivit färdiginstallerade så har jag möjlighet att läsa på och anteckna info inför hopsättningen av hela produktionslinjerna som jag kommer att vara med på. Så prioritetmässigt anser jag att jag ändå gjort rätt i att om jag behövde fokusera mera på två av dem nu i början, så var det nog rätt att göra det för UL 508A och NFPA 79.

Fastän examensarbetet är färdigställt fortsätter projekten. Tillämpningar baserat på resultaten och lärdomarna från projektet kommer att bana väg för det fortsatta arbetet och utvecklingen. På min att-göra-lista i arbetets kommer jag närmast att:

- Sammanställa info från utförandedelen till flera instruktionsmanualer, protokoll och formulär.
 - Eventuellt inspektionsprotokoll eller besiktningsformulär till företaget som skall bygga elskåpen beroende på om deras protokoll innehåller tillräcklig info eller ej.
 - En manual åt den som monterar el till en automationslinje som skall skickas till USA.
 - Ett formulär till fabrikschefen i USA, slutkunden, som skall kunna tillämpas för framtida projekt.
 - Formulär till organisationen som skall göra Field Labeling, med relevanta frågor.
- Slutdokumentation: All dokumentation som bör tillhandahållas till kunden/slutanvändaren.
- Översättningsdiagram mellan elsymboler i ritningarna kan också behöva uppgöras.

När tillverkning sätts i gång är det viktigt att spara all dokumentation och tydligt strukturera upp datablad av beställda delar, vilket jag kommer att se till att bli gjort genom att utveckla anvisningar. När projekten sedan börjar färdigställas och det är dags för riskanalyser ser jag det som en fördel att CEDOC-programmet sedan tidigare används på Mirka. Detta eftersom via CEDOC-programmet genomgås de viktiga aspekter som finns i ANSI:s B11 standard som krävs för att få Field Label.

Med detta examensarbete är jag ännu ett projekt rikare. För framtida projekt tar jag med mig erfarenheter ur arbetsprocessen. Jag har lärt känna mig själv och mitt arbetssätt bättre än någonsin tidigare. I min verktygslåda har jag dessutom samlat på mig erfarenheter av mina handledare och om projektledning som jag kommer ta med mig för att tillämpa i framtida projekt för att ge positiva effekter.

6.2 Sammanfattning av projektet

Jag hoppas att mitt arbete gjort att vi sparat pengar för företaget och att vi kommer att spara pengar tack vare fakta jag tagit fram. Samtidigt vet jag i och med att vi har kunnat göra ändringar i planeringen för att anpassa projekten, enligt anvisningar i standarderna, kommer göra att vi spara pengar framöver.

Personligen känner jag även nu i efterhand att arbetet var som gjort för mig. Eftersom jag också är väldigt samhällsintresserad så känns det nödvändigt att känna till standarders betydelse. För i grund och botten är samhället och alla system uppbyggda med hjälp av standarder.

Jag vill tacka min handledare Tom Nylund för stödet och samarbetet vi haft under arbetets gång. För mig har det varit en låg tröskel att ställa frågor och jag är tacksam över den feedback jag fått. Jag vill också rikta ett tack till samarbetet jag haft med övriga personalen på Project Office och speciellt Andreas Strand som gjort elritningarna och layouter på elcentralerna. Diskussionerna vi haft under arbetets gång har varit givande. Jag tror vi alla inblandade kan skriv under att vi lärt oss massor när vi jobbat med dessa projekt så här långt och jag är säker på att vi kommer att lära oss minst lika mycket till när projekten framskrider.

Sammanfattningsvis erbjuder denna tekniska specifikation för industriella automationslinjer en omfattande vägledning som banar väg för en framgångsrik och effektiv implementering av automatiserade processer i modern industri. Precis som Mirkas slogan lyder, så anser jag att detta arbete är ett bevis på vad som menas med att vara *Dedicated to the finish.*

7 Källförteckning

3-Phase Power: Delta vs Wye Explained. (u.d.). Hämtat från Astrodyne TDI:

<https://www.astrodynetdi.com/blog/3-phase-delta-vs-wye>

3RV2011-1GA10. (u.d.). Hämtat från Siemens Industry Mall:

<https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Product/3RV2011-1GA10>

5SJ4210-7HG41. (u.d.). Hämtat från Siemens Industry Mall:

<https://mall.industry.siemens.com/mall/en/ww/Catalog/Product/?mlfb=5SJ4210-7HG41>

Alarm management. (2024). Hämtat från Wikipedia:

https://en.wikipedia.org/wiki/Alarm_management

Allmän Elektronik. (2013). Hämtat från Svenska Elektronikforumet:

<https://elektronikforumet.com/forum/viewtopic.php?t=69641>

AMERICAN NATIONAL STANDARDS (ANS) INTRODUCTION. (u.d.). Hämtat från ANSI:

<https://www.ansi.org/american-national-standards/ans-introduction/overview>

American National Standards Institute. (2023). Hämtat från Wikipedia:

https://en.wikipedia.org/wiki/American_National_Standards_Institute

American Petroleum Institute. (2023). Hämtat från Wikipedia:

https://sv.wikipedia.org/wiki/American_Petroleum_Institute

American Society of Mechanical Engineers. (2024). Hämtat från Wikipedia:

https://en.wikipedia.org/wiki/American_Society_of_Mechanical_Engineers

ANSI ACCREDITED STANDARDS DEVELOPERS (ASD). (u.d.). Hämtat från ANSI:

<https://www.ansi.org/american-national-standards/info-for-standards-developers/accredited-standards-developers#q=IEEE&sort=%40titlecomputed%20ascending>

ANSI Safety Colors. (u.d.). Hämtat från Creative Safety Supply:

<https://www.creativesafetysupply.com/glossary/ansi-safety-colors/>

ANSI Z535. (2024). Hämtat från Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/ANSI_Z535

ANSI/ISA-18.2-2016, Management of Alarm Systems for the Process Industries. (u.d.).

Hämtat från International Society of Automation:

<https://www.isa.org/products/ansi-isa-18-2-2016-management-of-alarm-systems-for>

API:s hemsida. (u.d.). Hämtat från API: <https://www.api.org/>

ASME:s hemsida. (u.d.). Hämtat från ASME: <https://www.asme.org/>

ASTM International. (2024). Hämtat från Wikipedia:

https://sv.wikipedia.org/wiki/ASTM_International

ASTM:s hemsida. (u.d.). Hämtat från ASTM: <https://www.astm.org/>

- Authorities Having Jurisdiction (AHJ)*. (u.d.). Hämtat från Intertek:
<https://www.intertek.com/life-safety-security/authorities-having-jurisdiction/>
- Benefits of automated production lines*. (u.d.). Hämtat från RNA Automation:
<https://www.rnaautomation.com/insight/benefits-of-automated-production-lines/>
- Bray, M. (2021). *UL CERTIFICATIONS*. Hämtat från Northwind Technical Services:
<https://www.northwindts.com/ul-certified/>
- Calculate Size of Circuit breaker | Size of Overload | Cable Sizing for Motors as per NEC Standard*. (2022). Hämtat från YouTube:
<https://www.youtube.com/watch?v=STKJFqU4Q2s>
- CB Marking*. (u.d.). Hämtat från Certification Experts: <https://certification-experts.com/cb-marking/>
- CB Scheme*. (u.d.). Hämtat från IECCE: <https://www.iecee.org/who-we-are/cb-scheme>
- CE-märkning*. (u.d.). Hämtat från Svenska institutet för standarder:
<https://www.sis.se/standarder/ce-markning/>
- CEN-CENELEC:s hemsida*. (u.d.). Hämtat från CEN-CENELEC: <https://www.cencenelec.eu/>
- Certification*. (u.d.). Hämtat från UL Solutions: <https://www.ul.com/services/certification>
- ChatGPT. (2023). *ChatGPT - Hjälpmiddel för examensarbete*. Hämtat från OpenAI:
<https://www.openai.com/>
- China Compulsory Certificate*. (2023). Hämtat från Wikipedia:
https://en.wikipedia.org/wiki/China_Compulsory_Certificate
- Coache, C. (2020). *A Better Understanding of NFPA 70E: What Makes Someone an Authority Having Jurisdiction*. Hämtat från National Fire Protection Association (NFPA): <https://www.nfpa.org/news-blogs-and-articles/blogs/2020/10/16/a-better-understanding-of-nfpa-70e-what-makes-someone-an-authority-having-jurisdiction>
- Coastal, & Highrise. (2019). *The Differences between UL, CE, EMC, CSA, RoHS Certifications*. Hämtat från Medium: https://medium.com/@info_3754/the-differences-between-ul-ce-emc-csa-rohs-certifications-ad1214e72980
- Comité Européen de Normalisation*. (2023). Hämtat från Wikipedia:
https://sv.wikipedia.org/wiki/Comit%C3%A9_Europ%C3%A9en_de_Normalisation
- Comité Européen de Normalisation Électrotechnique*. (2023). Hämtat från Wikipedia:
https://sv.wikipedia.org/wiki/Comit%C3%A9_Europ%C3%A9en_de_Normalisation_%C3%89lectrotechnique
- Corner-Grounded Delta Circuits*. (u.d.). Hämtat från Continental Control Systems, LLC.:
https://ctlsys.com/support/corner-grounded_delta_circuits/
- CSA Group*. (2024). Hämtat från Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/CSA_Group

- Differences between FLA and FLC.* (2023). Hämtat från GT Engineering: <https://www.gt-engineering.it/en/insights/ul-and-csa-conformity/differences-between-fla-and-flc/>
- Dimensioning and protection of control circuits according to UL.* (2017). Hämtat från Siemens: https://www.all-electronics.de/wp-content/uploads/2017/11/WhitePaper_EN.pdf
- EAC-märket och dess användning.* (u.d.). Hämtat från GOST R: <https://www.gost-r.fi/eac-merkki/?lang=se>
- Electrical equipment of industrial machinery exported to North America.* (2015). Hämtat från Eaton: https://www.eaton.com/content/dam/eaton/markets/machinebuilding/protect-personnel-assets-and-machine-reliability/documents/documents-english-language/WP027007en_final_mar2015.pdf
- Elektriska standarder i världen.* (2022). Hämtat från Wikipedia: https://sv.wikipedia.org/wiki/Elektriska_standarder_i_v%C3%A4rlden
- Elsäkerhet – LVD.* (u.d.). Hämtat från Säkerhets- och kemikalieverket (Tukes): <https://tukes.fi/sv/produkter-och-tjanster/elektriska-produkter/elsakerhet-lvd>
- Eluttag och vägguttag i världen.* (u.d.). Hämtat från Eluttag: <https://www.eluttag.se/Alla-eluttag>
- Enclosure ratings: UL type vs NEMA What is the difference?* (2021). Hämtat från ABB: https://library.e.abb.com/public/de77c7d173b840549bf684af347b4cc6/Technical_Note_025_Enclosure_ratings_UL_type_vs_NEMA.pdf
- ETL Certification - Agreement.* (u.d.). Hämtat från Intertek: <https://www.intertek.com/product-certification-marks/etl/guide/agreement/>
- ETSI:s hemsida.* (u.d.). Hämtat från ETSI: <https://www.etsi.org/>
- Ett elnät med spänningar i USA.* (2023). Hämtat från The Agility Effect: <https://www.theagilityeffect.com/sv/article/ett-elnat-med-spanningar-i-usa/>
- EU-OSHA:s hemsida.* (u.d.). Hämtat från EU-OSHA: <https://osha.europa.eu/sv>
- European Standards.* (u.d.). Hämtat från CEN-CENELEC: <https://www.cencenelec.eu/european-standardization/european-standards/>
- European Telecommunications Standards Institute.* (2016). Hämtat från Wikipedia: https://sv.wikipedia.org/wiki/European_Telecommunications_Standards_Institute
- Europeiska arbetsmiljöbyrån.* (2022). Hämtat från Wikipedia: https://sv.wikipedia.org/wiki/Europeiska_arbetsmilj%C3%B6byr%C3%A5n
- EU-standarder.* (u.d.). Hämtat från Europeiska arbetsmiljöbyrån: <https://osha.europa.eu/sv/european-standards>

- EVERYTHING TO KNOW ABOUT UL LISTED VS. UL CERTIFIED PRODUCTS.* (u.d.). Hämtat från AEROSUSA: <https://aerosusa.com/everything-to-know-about-becoming-ul-listed-or-certified/>
- Federal Agencies and Commissions.* (u.d.). Hämtat från <https://georgewbush-whitehouse.archives.gov/government/independent-agencies.html>
- Felinski, D., Main, B., & Soranno, C. (u.d.). *ANSI B11 MACHINERY SAFETY STANDARDS PUBLISHED.* Hämtat från https://www.assp.org/docs/default-source/psj-articles/sifelinski_1220.pdf
- Field Evaluation: Dealing with "Red Tagged" Equipment in the Field.* (2021). Hämtat från Nemko: <https://www.nemko.com/blog/field-evaluation-dealing-with-red-tagged-equipment-in-the-field>
- Field Evaluations.* (u.d.). Hämtat från UL Solutions: <https://www.ul.com/services/field-evaluations>
- Field Evaluations — New Standards NFPA 790 and 791.* (2011). Hämtat från UL Solutions: <https://code-authorities.ul.com/wp-content/uploads/sites/40/2015/02/Electrical-Connections-Issue-4-2011.pdf>
- Field Labeling Process.* (u.d.). Hämtat från Intertek: <https://www.intertek.com/field-labeling/process/>
- Guide To North American Product Testing & Certification.* (2020). Hämtat från Intertek: <https://www.intertek.com/resources/white-papers/2020/north-american-product-testing-certification-guide/>
- Har du koll på eluttagen inför utlandssemestern?* (2022). Hämtat från Fortum: <https://www.fortum.se/om-oss/nyheter/blogg/har-du-koll-pa-eluttagen>
- Harmonizing Standards.* (u.d.). Hämtat från UL Standards & Engagement: <https://ulstandards.ul.com/about/harmonizing-standards/>
- HAZARDOUS ENVIRONMENT CLASSIFICATIONS: NEC VS IEC.* (2019). Hämtat från SPRINGER CONTROLS COMPANY: HAZARDOUS ENVIRONMENT CLASSIFICATIONS: NEC VS IEC
- Hazardous Locations: Classes, Divisions and Groups.* (2020). Hämtat från W.W. Grainger, Inc.: <https://www.grainger.com/know-how/safety-health/quick-tips/kh-hazardous-locations-124-qt>
- Hill, R. (2022). *ETL Listed vs UL Listed: A Guide to Understanding Safety Certifications.* Hämtat från OnLogic: <https://www.onlogic.com/company/io-hub/etl-listed-vs-ul-listed-a-guide-to-understanding-safety-certifications/>
- Holding the Future to a Higher Standard.* (u.d.). Hämtat från Canadian Standards Association: <https://www.csagroup.org/standards/>
- How to calculate fault current using percent impedance.* (2019). Hämtat från YouTube: <https://www.youtube.com/watch?v=teOOct9G2amU>

- IAS Field Evaluation Body Accreditation Program.* (u.d.). Hämtat från IAS: https://cdn-v2.iasonline.org/wp-content/uploads/2019/12/Guide-to-Field-Evaluation-Body-Accreditation-Fact_Sheet-_lores_single_pgs.pdf
- IEC 60204.* (2020). Hämtat från Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/IEC_60204
- IEC 60364.* (2023). Hämtat från Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/IEC_60364
- IEC 60364.* (2023). Hämtat från Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/IEC_60364
- IEC/EN 61010-1; Elektrisk utrustning för mätning, styrning och laboratorieändamål.* (u.d.). Hämtat från Intertek Sverige: <https://www.intertek.se/utbildning/iec-en-61010-1/>
- IEC:s hemsida.* (u.d.). Hämtat från International Electrotechnical Commission: <https://www.iec.ch/homepage>
- IEEE 1584.* (2022). Hämtat från Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_1584
- IEEE 1584.* (2022). Hämtat från Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_1584
- IEEE Guide for Performing Arc-Flash Hazard Calculations.* (2018). Hämtat från IEEE SA: <https://standards.ieee.org/ieee/1584/5802/>
- IEEE:s hemsida.* (u.d.). Hämtat från IEEE: <https://www.ieee.org/>
- Industrial Control Panels and Electrical Equipment of Industrial Machinery for North America.* (2014). Hämtat från Siemens: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:292ff8d1305f1852a53c9c1f0714ddd4de9fdabf/us-df-industrial-control-panels-na-en.pdf>
- Industrial Control Panels and the Panel Shop Program.* (u.d.). Hämtat från UL: <https://www.ul.com/services/industrial-control-panels-and-panel-shop-program>
- Institute of Electrical and Electronics Engineers.* (2024). Hämtat från Wikipedia: https://sv.wikipedia.org/wiki/Institute_of_Electrical_and_Electronics_Engineers
- International Electrical Testing Association.* (2023). Hämtat från Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/International_Electrical_Testing_Association
- International Electrotechnical Commission.* (2023). Hämtat från Wikipedia: https://sv.wikipedia.org/wiki/International_Electrotechnical_Commission
- Internationella arbetsorganisationen.* (2022). Hämtat från Wikipedia: https://sv.wikipedia.org/wiki/Internationella_arbetsorganisationen
- Internationella arbetsorganisationen ILO.* (u.d.). Hämtat från TYÖ- JA ELINKEINOMINISTERIÖ: <https://tem.fi/sv/internationella-arbetsorganisationen-ilo1>
- Internationella standardiseringsorganisationen.* (2024). Hämtat från Wikipedia: https://sv.wikipedia.org/wiki/Internationella_standardiseringsorganisationen
- Internationella teleunionen.* (2023). Hämtat från Wikipedia: https://sv.wikipedia.org/wiki/Internationella_teleunionen

- INTERTEK SUOMI.* (u.d.). Hämtat från Intertek: <https://www.intertek.fi/intertek-suomi/>
- ISO 13849.* (2024). Hämtat från Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/ISO_13849
- ISO:s hemsida.* (u.d.). Hämtat från International Organization for Standardization: <https://www.iso.org/home.html>
- ITU:s hemsida.* (u.d.). Hämtat från ITU: <https://www.itu.int/en/Pages/default.aspx>
- Johdotuskourut.* (u.d.). Hämtat från ABB: <https://new.abb.com/low-voltage/fi/tuotteet/johdinsiteet-ja-kaapelointitarvikkeet/johdotuskourut>
- Kock, I. (2022). *Kortslutningstålighet enligt EN 60204-1*. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/752369/Kock_Isac.pdf?sequence=2&isAllowed=y.
- Kopplingsutrustningar för högst 1000 V växelspänning eller 1500 V likspänning - Del 1: Allmänt.* (u.d.). Hämtat från Svenska institutet för standarder: <https://www.sis.se/produkter/elektroteknik-24c2329a/kopplingsapparater-och-kopplingsutrustning/kopplingsutrustningar-och-elkopplare-for-lagspanning/ssen614391ac1/>
- KWH Group:s hemsida.* (2024). Hämtat från <https://www.kwhgroup.com/sv/kwh-koncernen/>
- Lagstiftning och standarder i Nordamerika.* (u.d.). Hämtat från PILZ: <https://www.pilz.com/sv-SE/support/law-standards-norms/international-standards/north-america>
- Lapp Mexico.* (u.d.). Hämtat från TC-ER RATED CABLES: <https://e.lapp.com/mx/tc-er-rated-cables>
- LBIES_Staff. (2021). *What is an Authority Having Jurisdiction (AHJ) and why should you care?* Hämtat från LBIES: <https://lewisbass.com/what-is-an-authority-having-jurisdiction-ahj-and-why-should-you-care/>
- LEVYHYLLYT RUUVILIITOS.* (u.d.). Hämtat från OBO Betterman: <https://www.obo.fi/tuotteet/teollisuusasennukset/kaapelihyllyt/levyhyllyt-rksm-sks-dks/levyhyllyt-ruuviliitos/>
- Lista Över 3 Faspolymer Och Frekvenser (Hz) Runt Om I Världen.* (2018). Hämtat från DS New Energy: <https://se.dsnsolar.com/info/list-of-3-phase-voltages-and-frequencies-hz-31088649.html>
- Lohrey, H. (u.d.). *Tips och tricks.* Hämtat från RITTAL AB: https://www.rittal.com/se-sv/products/tips_och_tricks
- Loshin, P. (u.d.). *ANSI (American National Standards Institute).* Hämtat från TechTarget: <https://www.techtarget.com/searchdatacenter/definition/ANSI>
- Low voltage.* (2024). Hämtat från Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Low_voltage

Low Voltage Directive (LVD). (u.d.). Hämtat från European Commission: https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/electrical-and-electronic-engineering-industries-eei/low-voltage-directive-lvd_en

Major U.S. Federal Regulatory Agencies. (u.d.). Hämtat från http://academics.smcvt.edu/cbauer-ramazani/BU113/fed_agencies.htm

Make Your Brand Stand Above the Competition. (u.d.). Hämtat från UL Solutions: <https://verify.ul.com/why-get-verified>

Marks and Label Hub. (u.d.). Hämtat från UL Solutions: <https://marks.ul.com/about/>

MARKS FOR THE UL SOLUTIONS LISTING SERVICE. (u.d.). Hämtat från UL Solutions: <https://marks.ul.com/about/ul-listing-and-classification-marks/appearance-and-significance/marks-for-north-america/>

Mirkas huvudsida. (2023). Hämtat från Mirkas hemsida: <https://www.mirka.com/sv/fi/>

National certification bodies (NCBs). (u.d.). Hämtat från IECEE: <https://www.iecee.org/members/national-certification-bodies>

National Electrical Code (NEC) Division and Zone Classification Systems. (u.d.). Hämtat från AVSLD International Pte: <https://avslid.com.sg/national-electrical-code-nec-division-and-zone-classification-systems-2/>

National Electrical Code. (2024). Hämtat från Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/National_Electrical_Code

National Electrical Manufacturers Association. (2016). Hämtat från Wikipedia: https://sv.wikipedia.org/wiki/National_Electrical_Manufacturers_Association

National Fire Protection Association. (2023). Hämtat från Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/National_Fire_Protection_Association

Nationally Recognized Testing Laboratory. (2023). Hämtat från Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Nationally_Recognized_Testing_Laboratory

NEC CLASS 2 FAQs. (u.d.). Hämtat från Alpha Technologies: <https://www.alpha.ca/index.php/nec-class-2-faqs>

NEC ENFORCEMENT. (u.d.). Hämtat från National Fire Protection Association (NFPA): <https://www.nfpa.org/education-and-research/electrical/nec-enforcement-maps?l=574>

NEMA Ratings and UL Ratings. (u.d.). Hämtat från NJ Sullivan: <https://njsullivan.com/nema-ratings-and-ul-ratings/>

NEMA:s hemsida. (u.d.). Hämtat från NEMA: <https://www.nema.org/>

NETA:s hemsida. (u.d.). Hämtat från NETA: <https://www.netaworld.org/home>

New UL Certification Marks, Same Molex Safety. (u.d.). Hämtat från Molex: <https://experience.molex.com/new-ul-certification-marks-same-molex-safety/>

- NFPA 70.* (u.d.). Hämtat från NFPA: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/7/0/nfpa-70>
- NFPA 70.* (2023). Hämtat från National Fire Protection Association (NFPA): <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/7/0/nfpa-70>
- NFPA 70.* (2023). Hämtat från NFPA LiNK: <https://link.nfpa.org/publications/70/2023>
- NFPA 70E.* (u.d.). Hämtat från National Fire Protection Association (NFPA): <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/7/0/e/nfpa-70e>
- NFPA 70E.* (2024). Hämtat från Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/NFPA_70E
- NFPA 79.* (u.d.). Hämtat från National Fire Protection Association (NFPA): <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/7/9/nfpa-79>
- NFPA 79.* (u.d.). Hämtat från PHOENIX CONTACT: <https://www.phoenixcontact.com/sv-se/teknik/overspanningsskyddsteknik/nfpa-79>
- NFPA 79 – Changes in Edition 2018.* (2018). Hämtat från Siemens: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:98dd9d14-76e5-4a4e-81c3-a843ffdf2f4f/nfpa79-whitepaper-icp-us.pdf>
- NFPA 79.* (2024). Hämtat från NFPA LiNK: <https://link.nfpa.org/publications/79/2024>
- NFPA 79 FÖR USA-EXPORT.* (u.d.). Hämtat från LAPP Sweden: <https://se.lappgroup.com/service/nfpa-79-foer-usa-export.html>
- NFPA:s hemsida.* (u.d.). Hämtat från NFPA: <https://www.nfpa.org/>
- Niggel, J. (2016). 5 CHALLENGES OF THE FOURTH INDUSTRIAL REVOLUTION. *MANUFACTURING AND QUALITY CONTROL BLOG*, s. Asia Quality Focus. Hämtat från <https://www.intouch-quality.com/blog/5-challenges-of-the-fourth-industrial-revolution>
- Occupational Safety and Health Administration.* (2024). Hämtat från Wikipedia: https://sv.wikipedia.org/wiki/Occupational_Safety_and_Health_Administration
- Olofsson, M., & Bildt, C. (2007). *Standardiseringens betydelse i en globaliserad värld.* Sveriges Regering. Hämtat från https://www.riksdagen.se/sv/dokument-och-lagar/dokument/skrivelse/standardiseringens-betydelse-i-en-globaliserad_GV03140/html/
- Organizations Developing Standards.* (u.d.). Hämtat från Standards Coordinating Body: <https://www.standardscoordinatingbody.org/sdos>
- OSHA:s hemsida.* (u.d.). Hämtat från Occupational Safety and Health Administration: <https://www.osha.gov/>
- PK_Safety_Team. (2019). *Importance of UL Classification in Safety Products.* Hämtat från PK Safety: <https://pksafety.com/blog/importance-of-ul-classification-in-safety-products/>
- Product certification.* (2024). Hämtat från Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Product_certification

- Product Sourcing and Certifications Database.* (u.d.). Hämtat från UL Solutions:
<https://www.ul.com/software/product-sourcing-and-certifications-database>
- Programvaran för en maskinsäker arbetsplats.* (u.d.). Hämtat från Cedoc:
<https://cedoc.se/>
- Q&A: UL's Enhanced Certification Mark.* (2019). Hämtat från UL Solutions:
<https://www.ul.com/news/qa-uls-enhanced-certification-mark>
- Ramdirektivet om arbetsmiljö.* (2021). Hämtat från EU-OSHA:
<https://osha.europa.eu/sv/legislation/directives/the-osh-framework-directive/the-osh-framework-directive-introduction>
- Rittals hemsida.* (u.d.). Hämtat från Rittal: <https://www.rittal.com/se-sv/>
- Safety Requirements for Powder/Metal Compacting Presses.* (2014). Hämtat från Machine Safety Sensors: <https://www.machinesafetysensors.com/resources/risk-assessment>
- SCC:s hemsida.* (u.d.). Hämtat från Standards Council of Canada: <https://www.scc.ca/en>
- Schirn, A. (2023). *NFPA 790/791 Field Evaluation Body Program.* Hämtat från <https://blog.ansi.org/anab/nfpa-790-791-field-evaluation-body-program/>
- Search Accredited Organizations.* (u.d.). Hämtat från International Accreditation Service (IAS):
https://www.iasonline.org/?post_type=ias_certificate&orderby=org&order=ASC&s=&global=1&service=0&keyword=&number=&org=&city=&state=IN&country=&zip=&status=
- SESKO RF.* (u.d.). Hämtat från Sesko: <https://sesko.fi/sv/sesko-rf/>
- SFS 6000-1:2022.* (u.d.). Hämtat från SFS Suomen Standardit ry:
<https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFSsahko/SFS/ID2/6/1141256.html.stx>
- SFS 6001:2018.* (u.d.). Hämtat från SFS Suomen Standardit ry:
<https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFSsahko/SFS/ID2/6/679252.html.stx>
- SFS 6002:2015 + A1:2018:en.* (u.d.). Hämtat från SFS Suomen Standardit ry:
<https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFSsahko/SFS/ID2/6/772843.html.stx>
- SFS:n organisaatio.* (2024). Hämtat från SFS SUOMEN STANDARDIT: <https://sfs.fi/sfs-ry/meista/sfsn-organisaatio/>
- SFS-EN IEC 61000-6-2:2019:en.* (u.d.). Hämtat från SFS Suomen Standardit ry:
<https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFSsahko/CENELEC/ID2/6/749536.html.stx>
- SFS-EN IEC 61439-1:2021/AC:2022:en.* (u.d.). Hämtat från SFS Suomen Standardit ry:
<https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFSsahko/CENELEC/ID2/6/1093631.html.stx>
- SFS-EN IEC 61439-1:2022:en.* (u.d.). Hämtat från SFS Suomen Standardit ry:
<https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFSsahko/CENELEC/ID2/6/1121735.html.stx>

- Short circuit current of 3-phase open delta transformer.* (2019). Hämtat från Stack Exchange Inc.: <https://electronics.stackexchange.com/questions/426595/short-circuit-current-of-3-phase-open-delta-transformer>
- Smart UL Certification Labels – UL Smart Marks.* (u.d.). Hämtat från <https://barcode-labels.com/blog/smart-ul-certification-labels-ul-smart-marks/>
- Split-phase electric power.* (2024). Hämtat från Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Split-phase_electric_power
- Standarder förenklar, kvalitetssäkrar.* (u.d.). Hämtat från SEK Svensk Elstandard: <https://elstandard.se/standard/2037401>
- Standarder i Europa.* (u.d.). Hämtat från Europeiska unionen: https://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/standards/standards-in-europe/index_sv.htm
- Standardernas ställning i påvisandet av överenskommelse med kraven.* (u.d.). Hämtat från Säkerhets- och kemikalieverket (Tukes): <https://tukes.fi/sv/produkter-och-tjanster/produkternas-overensstammelse-med-kraven/standardernas-stallning-i-pavisandet-av-overenskommelse-med-kraven>
- Standardisering i Europeiska unionen.* (2023). Hämtat från <https://eur-lex.europa.eu/SV/legal-content/summary/european-union-standardisation.html>
- Standardiseringsorgan.* (2023). Hämtat från Wikipedia: <https://sv.wikipedia.org/wiki/Standardiseringsorgan>
- STANDARDS DEVELOPERS & THE ANS PROCESS.* (u.d.). Hämtat från ANSI: <https://www.ansi.org/american-national-standards/info-for-standards-developers/standards-developers>
- Sundholm, S. (2006). *Standarder får världen att fungera.* STOCKHOLMS UNIVERSITET. Hämtat från https://www.su.se/polopoly_fs/1.29583.1338192572!/sundholm_sofie_exarb_ht06.pdf
- Tekniska krav för elinstallationer.* (u.d.). Hämtat från Säkerhets- och kemikalieverket (Tukes): <https://tukes.fi/sv/elektricitet/elarbeten-och-elentreprenader/tekniska-krav-for-elinstallationer>
- The Secrets of UL.* (2011). Hämtat från Siemens: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:a686815a-81f2-4419-bbea-2c2fb5e4b0ab/segredos-da-ul.pdf>
- The UL Mark – Enhanced for the Future.* (u.d.). Hämtat från UL Solutions: <https://www.ul.com/ul-mark-enhanced-future>
- TIA Selection Tool – quick, easy, smart configuration.* (u.d.). Hämtat från Siemens: <https://www.siemens.com/global/en/products/automation/topic-areas/tia/tia-selection-tool.html>
- Tukes hemsida.* (u.d.). Hämtat från Säkerhets- och kemikalieverket (Tukes): <https://tukes.fi/sv/framsida>

- UL (safety organization)*. (2024). Hämtat från Wikipedia:
[https://en.wikipedia.org/wiki/UL_\(safety_organization\)](https://en.wikipedia.org/wiki/UL_(safety_organization))
- UL 50*. (2024). Hämtat från ULSE In.c:
<https://www.shopulstandards.com/ProductDetail.aspx?productId=UL50>
- UL 508A*. (2022). Hämtat från ULSE Inc.:
https://www.shopulstandards.com/ProductDetail.aspx?productId=UL508A_3_S_2_0180424&ShowFreeviewModal=1
- UL 508A Third Edition Summary of Requirements*. (u.d.). Hämtat från UL Solutions:
<https://www.ul.com/resources/ul-508a-third-edition-summary-requirements>
- UL 50E*. (2020). Hämtat från ULSE Inc.:
<https://www.shopulstandards.com/ProductDetail.aspx?productId=UL50E>
- UL 94*. (2024). Hämtat från ULSE Inc.:
<https://www.shopulstandards.com/ProductDetail.aspx?productId=UL94>
- UL Launches Enhanced Certification Mark and Badge System*. (2013). Hämtat från PR Newswire: <https://www.prnewswire.com/news-releases/ul-launches-enhanced-certification-mark-and-badge-system-207694071.html>
- UL Listed vs CE Marked*. (2022). Hämtat från YouTube:
<https://www.youtube.com/watch?v=qdNvbgLWhB8>
- UL Listed vs. UL Certified: Understanding the Difference*. (2022). Hämtat från Polycase:
<https://www.polycase.com/techtalk/electronics-tips/ul-listed-vs-ul-certified.html>
- UL Listed vs. UL Classified vs. UL Recognized*. (u.d.). Hämtat från Provo Ltd:
<https://www.provowire.com/ul-listed-vs-ul-classified-vs-ul-recognized>
- UL Listing and CE Marking: What's the Difference?* (u.d.). Hämtat från Anixter:
https://www.anixter.com/en_us/resources/videos/technical-video-library/ul-listing-and-ce-marking-difference.html
- UL- OCH UR-GODKÄNDA KABLAR TILL USA OCH KANADA*. (u.d.). Hämtat från Lapp Group:
<https://se.lappgroup.com/produkter/produktval-utifraan-egenskaper/ul-godkaend-kabel-awm.html>
- UL Product IQ*. (u.d.). Hämtat från <https://productiq.ulprospector.com/en>
- UL Traceability Requirements*. (2016). Hämtat från UL: https://code-authorities.ul.com/wp-content/uploads/2014/04/ul_traceability_requirements.pdf
- UL vs ETL certifications: What's the difference?* (2020). Hämtat från Rack Solutions:
<https://www.racksolutions.com/news/blog/ul-vs-etl-certifications-whats-the-difference/>
- UL vs ETL, Understanding Safety Certifications*. (2021). Hämtat från YouTube:
<https://www.youtube.com/watch?v=NasHm-6astI>
- UL:s hemsida*. (u.d.). Hämtat från UL: <https://www.ul.com/>

UL-certifiering. (u.d.). Hämtat från Eurolab: <https://www.eurolab.net/sv/testler/urunguvenlik-testleri/ul-sertifikasyonu/>

Understanding Class, Divisions, Groups and Zones in NEC and the CEC Hazardous Locations. (2018). Hämtat från Larson Electronics: <https://www.larsonelectronics.com/blog/2018/10/29/miscellaneous/understanding-class-divisions-groups-and-zones-in-nec-and-the-cec-hazardous-locations>

Understanding the relationship between NFPA and UL 508A. (2023). Hämtat från PP Control & Automation: <https://www.ppcanda.com/understanding-the-relationship-between-nfpa-and-ul-508a/>

Understanding UL 94 Certifications and Limitations. (u.d.). Hämtat från UL: https://code-authorities.ul.com/wp-content/uploads/2014/04/ul_UL94CertificationsAndLimitations.pdf

USING CURRENT-LIMITING FUSES TO INCREASE SCCR. (2009). Hämtat från Littelfuse: https://www.tti.com/content/dam/ttiinc/manufacturers/littelfuse/PDF/wp_littelfuse_using_fuses_increase_sccr_white_paper.pdf

Vad är en standard? (u.d.). Hämtat från Svenska institutet för standarder: <https://www.sis.se/standarder/vad-ar-en-standard/>

What Does 'UL Listed' Mean and Is It Important? (2022). Hämtat från Polycase: <https://www.polycase.com/techtalk/electronics-tips/what-does-ul-listed-mean.html>

WHAT IS ASSEMBLY LINE AUTOMATION? (u.d.). Hämtat från JR Automation: <https://www.jrautomation.com/resources/what-is-assembly-line-automation>

What is the difference between NFPA 79 and UL508A? (u.d.). Hämtat från HK LEE HING INDUSTRY CO., LIMITED: <http://www.china-gauges.com/news/What-is-the-difference-between-NFPA-79-and-UL508A.html>

What is the difference between UL listed and UL Classified? (2017). Hämtat från Kingspan: <https://www.kingspan.com/sa/en/knowledge-articles/what-is-the-difference-between-UL-listed-and-UL-classified/>

WHAT IS UL CERTIFICATION? THE DIFFERENCE BETWEEN UL RECOGNIZED AND UL LISTED. (u.d.). Hämtat från c3controls: <https://www.c3controls.com/white-paper/difference-between-ul-recognized-ul-listed/>

What is your ETL. (2019). Hämtat från YouTube: <https://www.youtube.com/watch?v=RdvGr9YD6Xk>

World Standards Cooperation. (2024). Hämtat från Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/World_Standards_Cooperation

WSC:s hemsida. (u.d.). Hämtat från World Standards Cooperation: <https://www.worldstandardscooperation.org/>

Bilaga 1: Utrustningsstandarder i UL 508A

Standard	Beskrivning
UL 61800-5-1	Adjustable Speed Electrical Power Drive Systems – Part 5-1: Safety Requirements – Electrical, Thermal and Energy
UL 498	Attachment Plugs and Receptacles
UL 464	Audible Signaling Devices for Fire Alarm and Signaling Systems, Including Accessories
UL 372	Automatic Electrical Controls for Household and Similar Use – Part 2: Particular Requirements for Burner Ignition Systems and Components
UL 1642	Batteries, Lithium
UL 1989	Batteries, Standby
UL 444	Cables, Communications
UL 13	Cables, Power-Limited Circuit
UL 810	Capacitors
UL 60384-14	Capacitors for Use in Electronic Equipment – Part 14: Sectional Specification: Fixed Capacitors for Electromagnetic Interference Suppression and Connection to the Supply Mains
UL 489	Circuit Breakers, Molded-Case, Molded-Case Switches, and Circuit-Breaker Enclosures
UL 1310	Class 2 Power Units
UL 1441	Coated Electrical Sleeving
UL 61131-2	Controllers, Programmable – Part 2: Equipment Requirements and Tests
UL 60730-1	Controls – Part 1: General Requirements, Automatic Electrical
UL 1561	Dry-Type General Purpose and Power Transformers
UL 507	Electric Fans
UL 499	Electric Heating Appliances
UL 1004-1	Electrical Machines, Rotating – General Requirements
UL 1557	Electrically Isolated Semiconductor Devices
UL 429	Electrically Operated Valves
UL 1283	Electromagnetic Interference Filters
UL 50E	Enclosures for Electrical Equipment, Environmental Considerations
UL 50	Enclosures for Electrical Equipment, Non-Environmental Considerations
UL 486E	Equipment Wiring Terminals for Use with Aluminum and/or Copper Conductors
UL 224	Extruded Insulating Tubing
UL 514B	Fittings, Conduit, Tubing, and Cable
UL 62	Flexible Cords and Cables
UL 814	Gas-Tube-Sign Cable
UL 943	Ground-Fault Circuit-Interrupters
UL 467	Grounding and Bonding Equipment
UL 508	Industrial Control Equipment
UL 60950-1	Information Technology Equipment – Safety – Part 1: General Requirements
UL 510	Insulating Tape, Polyvinyl Chloride, Polyethylene, and Rubber
UL 496	Lampholders
UL 248-1	Low-Voltage Fuses – Part 1: General Requirements
UL 248-2	Low-Voltage Fuses – Part 2: Class C Fuses

UL 248-3	Low-Voltage Fuses – Part 3: Class CA and CB Fuses
UL 248-4	Low-Voltage Fuses – Part 4: Class CC Fuses
UL 248-5	Low-Voltage Fuses – Part 5: Class G Fuses
UL 248-6	Low-Voltage Fuses – Part 6: Class H Non-Renewable Fuses
UL 248-7	Low-Voltage Fuses – Part 7: Class H Renewable Fuses
UL 248-8	Low-Voltage Fuses – Part 8: Class J Fuses
UL 248-9	Low-Voltage Fuses – Part 9: Class K Fuses
UL 248-10	Low-Voltage Fuses – Part 10: Class L Fuses
UL 248-11	Low-Voltage Fuses – Part 11: Plug Fuses
UL 248-12	Low-Voltage Fuses – Part 12: Class R Fuses
UL 248-13	Low-Voltage Fuses – Part 13: Semiconductor Fuses
UL 248-14	Low-Voltage Fuses – Part 14: Supplemental Fuses
UL 248-15	Low-Voltage Fuses – Part 15: Class T Fuses
UL 248-16	Low-Voltage Fuses – Part 16: Test Limiters
UL 248-17	Low-Voltage Fuses – Part 17: Class CF Fuses
UL 1598	Luminaires
UL 845	Motor Control Centers
UL 2111	Overheating Protection for Motors
UL 67	Panelboards
UL 94	Plastic Materials for Parts in Devices and Appliances, Tests for Flammability of
UL 746C	Polymeric Materials – Use in Electrical Equipment Evaluations
UL 1012	Power Units Other Than Class 2
UL 1077	Protectors, Supplementary, for Use in Electrical Equipment
UL 484	Room Air Conditioners
UL 486D	Sealed Wire Connector Systems
UL 486C	Splicing Wire Connectors
UL 1449	Surge Protective Devices
UL 917	Switches, Clock-Operated
UL 98	Switches, Enclosed and Dead-Front
UL 61058-1	Switches for Appliances – Part 1: General Requirements
UL 60947-1	Switchgear and Controlgear, Low-Voltage – Part 1: General Rules
UL 60947-4-1	Switchgear and Controlgear, Low-Voltage – Part 4-1: Contactors and MotorStarters – Electromechanical Contactors and Motor-Starters
UL 60947-5-2	Switchgear and Controlgear, Low-Voltage – Part 5-2: Control Circuit Devices and Switching Elements – Proximity Switches
UL 873	Temperature-Indicating and -Regulating Equipment
UL 1059	Terminal Blocks
UL 863	Time-Indicating and -Recording Appliances
UL 5085-1	Transformers, Low Voltage – Part 1: General Requirements
UL 5085-2	Transformers, Low Voltage – Part 2: General Purpose Transformers
UL 5085-3	Transformers, Low Voltage – Part 3: Class 2 and Class 3 Transformers
UL 506	Transformers, Specialty
UL 1778	Uninterruptible Power Systems
UL 486A-B	Wire Connectors
UL 1063	Wires and Cables, Machine-Tool
UL 44	Wires and Cables, Thermoset-Insulated
UL 870	Wireways, Auxiliary Gutters, and Associated Fittings

Bilaga 2: Kapslingsklassstabell för elcentraler (för installerade enheter i skåpets yttre hölje)

Elcentralens kapslingsklass (TYPE)	Komponent kapslingsklass										
	1	2	3R	Wet Loc		Rain Tight	Rain Proof	Weather Proof	3R X	3	3S
1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1
2	2 eller 1 (a)	2	2	2		2	1	1	2	2	2
3R	1	2	3R	3R		3R	3R (b)	3R (b)	3R	3R	3R
3RX	1	2	3R	3R		3R	3R (b)	3R (b)	3R X	3R	3R
3	1	2	3R (e)	3R (e)		3R (e)	3R (b) (e)	3R (b) (e)	3R	3	3
3S	1	2	3R (e)	3R (e)		3R (e)	3R (b) (e)	3R (b) (e)	3R	3 (f)	3S
3Sx	1	2	3R (e)	3R (e)		3R (e)	3R (b) (e)	3R (b) (e)	3R X	3	3S
3X	1	2	3R (e)	3R (e)		3R (e)	3R (b) (e)	3R (b) (e)	3R X	3	3S (c)
4	1	2	3R (e)	3R (e)		3R (e)	3R (b) (e)	3R (b) (e)	3R	3	3
4X	1	2	3R (e)	3R (e)		3R (e)	3R (b) (e)	3R (b) (e)	3R X	3	3
4X Indoor Use Only	1	2	5 (f)	5 (f)		5 (f)	1	1	5 (f)	5 (f)	5 (f)
5	1	2	5	5		5	1	1	5	5	5
6	1	2	3R (e)	3R (e)		3R (e)	3R (e)	3R (e)	3R (e)	3	3
6P	1	2	3R (e)	3R (e)		3R (e)	3R (e)	3R (e)	3R X (e)	3	3
12	1	2	5 (f)	5 (f)		5 (f)	1	1	5 (f)	5 (f)	5 (f)
12K	1	1	1	5 (f)		5 (f)	1	1	1	5 (f)	5 (f)

13	1	1	1	5 (f)		5 (f)	1	1	1	5 (f)	5 (f)
	3SX	3X	4	4X	4X Indoor Use Only	5	6	6P	12	12 K	13
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3R	3R	3R	3R	3R	1	1	3R	3R	1	1	1
3RX	3RX	3R X	3R	3RX	1	1	3R	3RX	1	1	1
3	3	3	3	3	5 (f)	5 (f)	3	3	1	1	1
3S	3S	3S (c)	3S (c)	3S (c)	5 (f)	5 (f)	3	3S (c)	1	1	1
3Sx	3SX	3S X (d)	3 (d)	3SX (d)	5 (d) (f)	5 (d) (f)	3SX (c) (d)	3SX (c) (d)	1	1	1
3X	3X	3X	3	3X	5 (f)	5 (f)	3	3X	1	1	1
4	3	3	4	4	5 (f)	5 (f)	4	4	1	1	1
4X	3RX	3R X	4	4X	4X Indoor Use Only	5 (f)	4	4X	1	1	1
4X Indoor Use Only	5 (f)	5 (f)	5 (f)	4X Indoor Use Only	4X Indoor Use Only	5 (f)	4	4X Indoor Use Only	1	1	1
5	5	5	5	5	5	5 (f)	5	5	5	5	5
6	3	3	4	4	5 (f)	5 (f)	6	6	1	1	1
6P	3X	3X	4	4X	4X Indoor Use Only	5 (f)	6	6P	1	1	1
12	5 (f)	5 (f)	5 (f)	5 (f)	5 (f)	5 (f)	5 (f)	5 (f)	12	12	12
12K	1	1	5 (f)	5 (f)	5 (f)	5 (f)	5 (f)	5 (f)	12 K	12 K	12 K
13	1	1	5 (f)	5 (f)	5 (f)	5 (f)	5 (f)	5 (f)	12	12	13

(a) TYPE 1-komponenter, ventilationsöppningar eller fönster under ett droppskydd får användas som TYPE 2.

(b) Komponenter märkta "Weatherproof" eller "Rainproof" får installeras under alla andra spänningsförande delar i kapslingen.

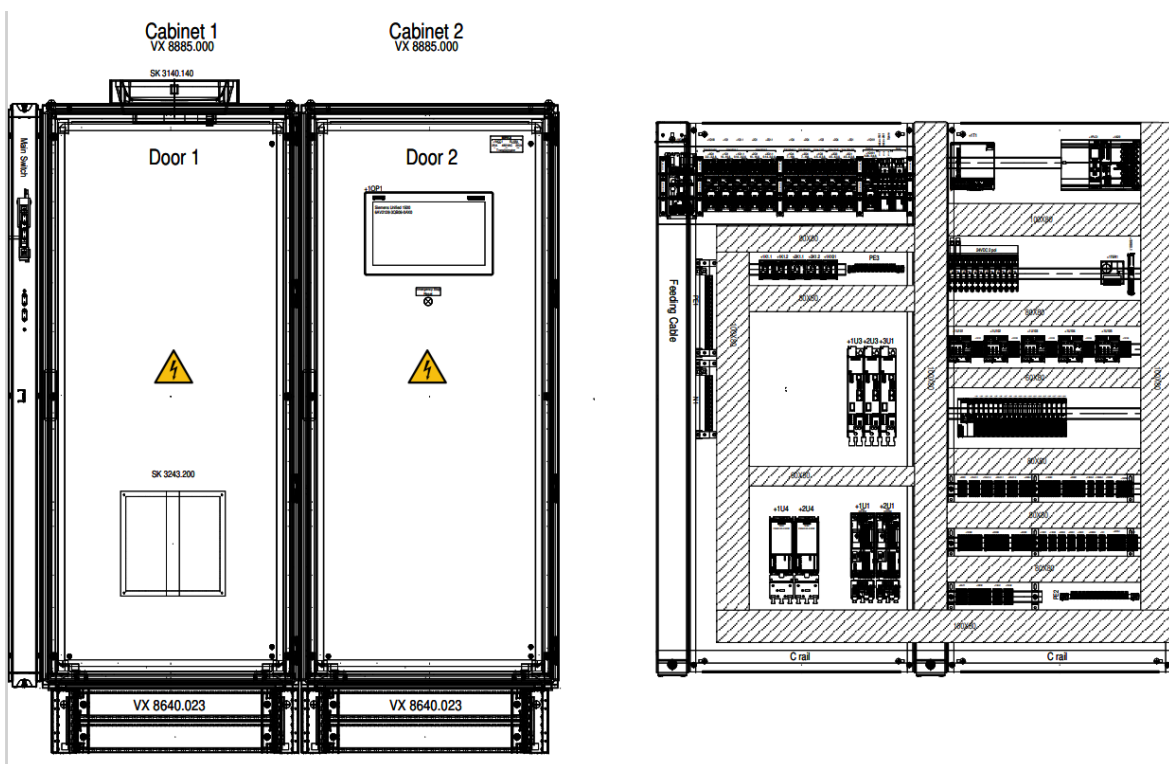
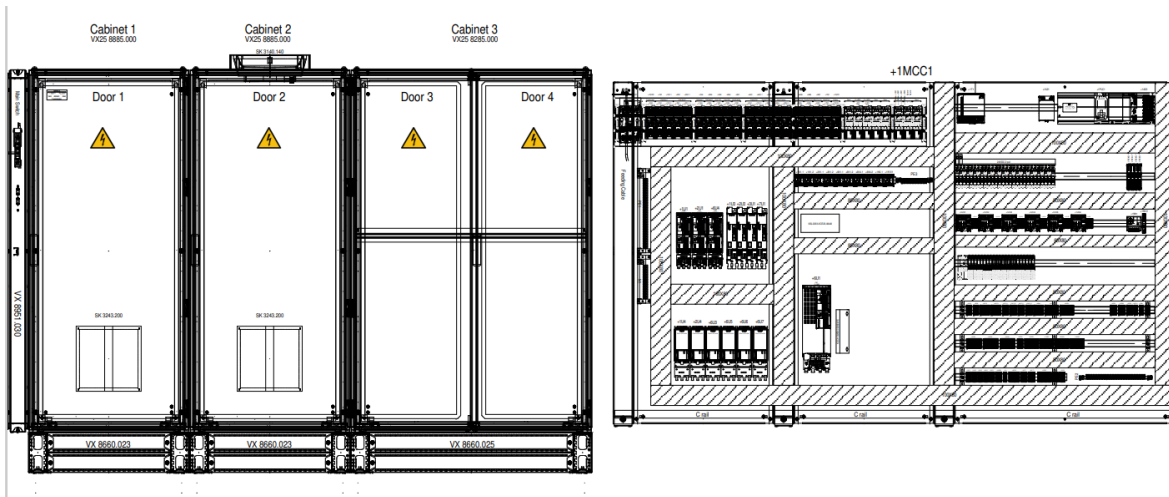
(c) Komponenter med externa manövermekanismer måste vara TYPE 3S eller 3SX för användning på centraler märkta 3S, annars blir klassificeringen TYPE 3.

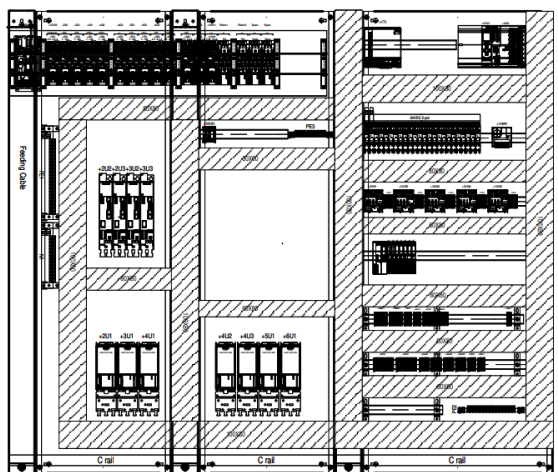
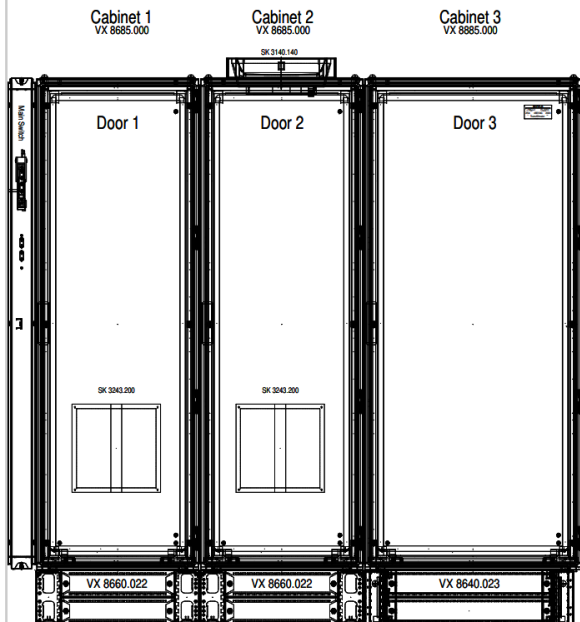
(d) Komponenter med externa manövermekanismer måste vara av TYPE 3SX för användning på centraler märkta 3SX, annars blir klassificeringen TYPE 3.

(e) Avlopp och låsmekanism måste tilläggas eller kräva verktygsingång.

(f) Låsmekanism måste tilläggas eller kräva verktygsinmatning.

Bilaga 3: Layout på elcentraler





Bilaga 4: Dimensionering av huvudströmbrytare

Elskåp	Lasttyp	Kod i ritning	Produktkod	Nominell belastning/märkström/FLC (A)	I drift under normala driftsförhållanden/kontinuerlig belastning?	Total belastning (A) (1)	Total belastning (A) (2)
+MCC1	Spänningskälla	+1Q100	6EP3437-8S800-0AY0	1,7 JA		2,125	1,7
+MCC1	Frekvensomriktare (till motor)	+1Q1	6SL3210-1PE18-0AL1	10,1 JA		12,625	10,1
+MCC1	Frekvensomriktare (till motor)	+2Q1	6SL3210-1PE18-0AL1	10,1 NEJ		10,1	0
+MCC1	Frekvensomriktare (till motor)	+6Q4	6SL3210-1PE18-0AL1	10,1 JA		12,625	10,1
+MCC1	Frekvensomriktare (till motor)	+1Q4	6SL3210-1KE11-8AF2	2,3 JA		2,875	2,3
+MCC1	Frekvensomriktare (till motor)	+2Q4	6SL3210-1KE11-8AF2	2,3 NEJ		2,3	0
+MCC1	Frekvensomriktare (till motor)	+6Q3	6SL3210-1KE11-8AF2	2,3 JA		2,875	2,3
+MCC1	Frekvensomriktare (till motor)	+1Q3	6SL3210-SHE10-8UF0	4,3 JA		5,375	4,3
+MCC1	Frekvensomriktare (till motor)	+2Q3	6SL3210-SHE10-8UF0	4,3 NEJ		4,3	0
+MCC1	Frekvensomriktare (till motor)	+3Q1	6SL3210-SHE10-8UF0	4,3 JA		5,375	4,3
+MCC1	Frekvensomriktare (till motor)	+7Q1	6SL3210-SHE10-8UF0	4,3 JA		5,375	4,3
+MCC1	Frekvensomriktare (till motor)	+6Q1	6SL3210-1PE22-7AL0	32,6 JA		40,75	32,6
+MCC1	Frekvensomriktare (till motor)	+6Q5	6SL3210-1KE13-2AF2	4,1 JA		5,125	4,1
+MCC1	Frekvensomriktare (till motor)	+6G6	6SL3210-1KE13-2AF2	4,1 NEJ		4,1	0
+MCC1	Frekvensomriktare (till motor)	+6Q7	6SL3210-1KE13-2AF2	4,1 NEJ		4,1	0
+MCC1	Övrig last	+1Q1.1	3RT2015-1BB41	0,2 JA		0,25	0,2
+MCC1	Övrig last	+2Q1.1	3RT2015-1BB41	0,2 NEJ		0,2	0
+MCC1	Övrig last	+6Q1.1	3RT2015-1BB41	0,2 JA		0,25	0,2
+MCC1	Övrig last	+6Q4.1	3RT2015-1BB41	0,2 JA		0,25	0,2
+MCC1	Skäpfläkt	+1Q101	SK 3140.140	0,2 JA		0,25	0,2
+MCC1	Övrig last	+1M1	3RT2015-1BB41	2 JA		2,5	2
+MCC1	Övrig last	+2M1	3RT2015-1BB41	2 JA		2,5	2
+MCC1	Övrig last	+6M1	3RT2015-1BB41	2 JA		2,5	2
+MCC1	Övrig last	+6M4	3RT2015-1BB41	2 JA		2,5	2
+8FB1 (5/6)	Frekvensomriktare (till motor)	+8Q1	6SL3210-SHE10-8UF0	4,3 JA		5,375	4,3
+8FB1 (5/6)	Frekvensomriktare (till motor)	+8Q2	6SL3210-SHE10-8UF0	4,3 JA		5,375	4,3
+8FB1 (5/6)	Frekvensomriktare (till motor)	+8Q3	6SL3210-SHE10-8UF0	4,3 JA		5,375	4,3
+8FB1 (5/6)	Frekvensomriktare (till motor)	+8Q4	6SL3210-1KE11-8AF2	2,3 JA		2,875	2,3
+10FB1	Frekvensomriktare (till motor)	+10Q1	6SL3210-1KE11-8AF2	2,3 JA		2,875	2,3
+10FB1	Frekvensomriktare (till motor)	+10Q2	6SL3210-1KE11-8AF2	2,3 JA		2,875	2,3
+10FB1	Frekvensomriktare (till motor)	+10Q3	6SL3210-1KE11-8AF2	2,3 JA		2,875	2,3
+10FB1	Frekvensomriktare (till motor)	+10Q4	6SL3210-1KE11-8AF2	2,3 JA		2,875	2,3
+10FB1	Frekvensomriktare (till motor)	+10Q5	6SL3210-1KE11-8AF2	2,3 JA		2,875	2,3
	Summa					164,6	109,9
1) Dimensionering enligt en standard inverte-time/instantaneous-trip circuit breaker	Märkström (A) som krävs för huvudströmbrytare (125 % av alla kontinuerliga laster och 100 % av alla icke-kontinuerliga laster).	164,6					
2) Dimensionering enligt en MCCB	Märkström (A) som krävs för huvudströmbrytare (115 % av totala märkströmen för alla laster).	126,385					

Elskåp	Lasttyp	Kod i ritning	Produktkod	Nominell belastning/märkström/FLC (A)	I drift under normala driftsförhållanden/kontinuerlig belastning?	Total belastning (A) (1)	Total belastning (A) (2)
+MCC1	Spänningskälla	+1Q100	6EP3437-8S800-0AY0	1,7 JA		2,125	1,7
+MCC1	Frekvensomriktare (till motor)	+1Q1	6SL3210-1PE18-0AL1	10,1 JA		12,625	10,1
+MCC1	Frekvensomriktare (till motor)	+1Q4	6SL3210-1KE11-8AF2	2,3 JA		2,875	2,3
+MCC1	Frekvensomriktare (till motor)	+2Q4	6SL3210-1KE11-8AF2	2,3 JA		2,875	2,3
+MCC1	Frekvensomriktare (till motor)	+1Q3	6SL3210-SHE10-8UF0	4,3 JA		5,375	4,3
+MCC1	Frekvensomriktare (till motor)	+2Q3	6SL3210-SHE10-8UF0	4,3 JA		5,375	4,3
+MCC1	Frekvensomriktare (till motor)	+3Q1	6SL3210-SHE10-8UF0	4,3 JA		5,375	4,3
+MCC1	Skäpfläkt	+1Q101	SK 3140.140	0,2 JA		0,25	0,2
+MCC1	Övrig last	+1M1	3RT2015-1BB41	2 JA		2,5	2
+MCC1	Övrig last	+2M1	3RT2015-1BB41	2 JA		2,5	2
	Summa					54,5	43,6
1) Dimensionering enligt en standard inverte-time/instantaneous-trip circuit breaker	Märkström (A) som krävs för huvudströmbrytare (125 % av alla kontinuerliga laster och 100 % av alla icke-kontinuerliga laster).	54,5					
2) Dimensionering enligt en MCCB	Märkström (A) som krävs för huvudströmbrytare (115 % av totala märkströmen för alla laster).	50,44					

Elskåp	Lasttyp	Kod i ritning	Produktkod	Nominell belastning/märkström/FLC (A)	I drift under normala driftsförhållanden/kontinuerlig belastning?	Total belastning (A) (1)	Total belastning (A) (2)
+MCC1	Spänningskälla	+1Q100	6EP3437-8S800-0AY0	1,7 JA		2,125	1,7
+MCC1	Frekvensomriktare (till motor)	+2Q1	6SL3210-1KE11-8AF2	2,3 JA		2,875	2,3
+MCC1	Frekvensomriktare (till motor)	+3Q1	6SL3210-1KE11-8AF2	2,3 JA		2,875	2,3
+MCC1	Frekvensomriktare (till motor)	+4Q1	6SL3210-1KE11-8AF2	2,3 JA		2,875	2,3
+MCC1	Frekvensomriktare (till motor)	+4Q3	6SL3210-1KE11-8AF2	2,3 JA		2,875	2,3
+MCC1	Frekvensomriktare (till motor)	+5Q1	6SL3210-1KE11-8AF2	2,3 JA		2,875	2,3
+MCC1	Frekvensomriktare (till motor)	+6Q1	6SL3210-1KE11-8AF2	2,3 JA		2,875	2,3
+MCC1	Frekvensomriktare (till motor)	+3Q2	6SL3210-SHE10-4UF0	1,6 JA		2	1,6
+MCC1	Frekvensomriktare (till motor)	+2Q2	6SL3210-SHE10-4UF0	1,6 JA		2	1,6
+MCC1	Frekvensomriktare (till motor)	+3Q3	6SL3210-SHE10-4UF0	1,6 JA		2	1,6
+MCC1	Skäpfläkt	+1Q101	SK 3140.140	0,2 JA		0,25	0,2
+MCC1	Robot 1 (uppskattat värde, inte beställt ännu)			10 JA		12,5	10
+MCC1	Robot 2 (uppskattat värde, inte beställt ännu)			10 JA		12,5	10
	Summa					55,5	42,7
1) Dimensionering enligt en standard inverte-time/instantaneous-trip circuit breaker	Märkström (A) som krävs för huvudströmbrytare (125 % av alla kontinuerliga laster och 100 % av alla icke-kontinuerliga laster).	55,5					
2) Dimensionering enligt en MCCB	Märkström (A) som krävs för huvudströmbrytare (115 % av totala märkströmen för alla laster).	49,105					

Bilaga 5: Projektets tidsåtgång

Totala dagar		Total tidsåtgång
86		576,5
Datum	Tidsåtgång (timmar)	Kommentar
25.8		4 Diskussioner på Mirka med Tom.
31.8		4 Underskrift av sekretessavtal på Mirka och exkursion
5.9		2 Introduktion till slutarbete av utbildningshandledare.
16.9		2 Skrivande av arbetsplan.
18.9		2 Planering av arbete och uppgörande av projektdokument.
23.9		1 Skrivande av dagbok, ögnat igenom vilka filer som tillkommit i OneDrive-mappen.
29.9		6 Kollat igenom och fyllt i Excel-filer.
4.10		1,5 Skrivande av mail och sammanställning av to-do list och frågor.
6.10		4 Fortsatt ifyllandet av Excel-filer samt möte med Matts.
8.10		4 Forskning om elnätet i USA.
12.10		9 Fortsatt ifyllande av Excel-komponentlista för [redacted] och forskning om kabeltyper i USA.
13.10		9 Fortsatt ifyllande av Excel-komponentlista för [redacted] och kabeltabeller för bägge linjerna.
15.10		3 Sammanställt en ny Excel-fil med listor över komponenter som inte är UL-godkända.
23.10		2 Uppdaterat kablar i Excel-listorna eftersom de första jag hade hittat hade inte TC-ER-märkning.
12.11		2 Börjat läsa på lite dokument som jag fick i ANSI-mappen.
3.1		7 Börjat läsa på gjorda examensarbeten.
4.1		7 Anteckningar om standarder, fokus på UL 508A.
5.1		7 Rubrikskrivande om standarder
8.1		7 Rubrikskrivande om standarder
9.1		7 Rubrikskrivande om standarder
29.1		7 Rubrikskrivande om standarder
30.1		7 Rubrikskrivande om standarder
31.1		7 Rubrikskrivande om standarder, inlämnande av utkast 1 till handledare
2.2		4 Forskning om SCCR
4.2		3 Skrivande av inledning, redigering av rubriker och uppställning
5.2		7 Anteckningar från PDF-fil "Learning from the good and the bad"
6.2		7 Anteckningar från PDF-fil "Learning from the good and the bad", påbörjande av anteckningar från tidigare slutarbeten
7.2		7 Läsande av tidigare slutarbeten + anteckningar
8.2		7 Läsande av tidigare slutarbeten + anteckningar
9.2		7 Läsande av tidigare slutarbeten + anteckningar
11.2		5 Läsande av tidigare slutarbeten + anteckningar
12.2		10 Läsande av tidigare slutarbeten + anteckningar, påbörjande av renskrivning av anteckningar och elnätet i USA
13.2		5 Renskrivning av anteckningar från slutarbetsläsning och elnätet i USA
14.2		10 Elnätet i USA
15.2		10 Elnätet i USA
16.2		8 Renskrivning av anteckningar från slutarbetsläsning
19.2		9 Renskrivning av anteckningar från slutarbetsläsning
20.2		3 Renskrivning av anteckningar från slutarbetsläsning och tillsättning av info från NFPA 70 och NFPA 79
21.2		10 Renskrivning och överflyttande av anteckningar till examensarbete
22.2		8 Renskrivning av anteckningar till metodologin
23.2		9 Översättning av tabeller
26.2		7 Översättning av tabeller
27.2		7 Översättning av tabeller
28.2		5 Översättning av tabeller
29.2		7 Översättning av tabeller och läsning av NFPA 79
1.3		8 Översättning av tabeller och läsning av NFPA 79
1.3		4 Översättning av tabeller och läsning av NFPA 79
4.3		8 Inhämtande av UL-dokument för komponenter till s
5.3		8 Dimensionering av huvudströmbrytare
6.3		6 Kalkyleringar av överströmsskydd, inhämtande av UL-dokument
8.3		6 Inhämtande av UL-dokument, specifikationer för märkningar, val av kablar
9.3		6 Korrigeringar i text till metoddelen, fixande av tabeller
10.3		8 Kapslingsklasser, SCCR
11.3		8 Redigerat text om kablar och kopplingstrådar, möte med [redacted] (diskussion om kapslingsklasser)
12.3		8 Instruktionsmanualer
13.3		8 Instruktionsmanualer
14.3		8 Instruktionsmanualer
15.3		8 Fixat klart allt för utkast 2 och lämnat in till handledare
18.3		8 Instruktionsmanualer
19.3		8 Instruktionsmanualer
20.3		8 Lista på trådfärger
21.3		9 Lista på trådfärger
25.3		8 Lista på trådfärger
26.3		8 UL dokument inhämtande
27.3		8 UL dokument inhämtande
28.3		6 UL dokument inhämtande
2.4		8 Utredning av kablar
4.4		7 Ritningar, korrigeringar
5.4		13 Korrigeringar i ritningar ([redacted], planering av kabelhyllor; skrivande i examensarbetsdokumentet (5 h)
6.4		2 Skrivande i examensarbetsdokumentet
7.4		8 Skrivande i examensarbetsdokumentet
8.4		8 Arbetsförklaringsformulär
9.4		8 Arbetsförklaringsformulär
10.4		8 Arbetsförklaringsformulär
11.4		8 Arbetsförklaringsformulär
12.4		8 Skrivande i examensarbetsdokumentet, korrigeringar som handledare påpekat
14.4		8 Skrivande i examensarbetsdokumentet, korrigeringar som handledare påpekat
15.4		12 Skrivande i examensarbetsdokumentet, korrigeringar som handledare påpekat
16.4		4 Slutliga korrigeringar i examensarbetsdokumentet och färdigställande av abstrakt.
17.4		8 Fixande av presentation
18.4		8 Arbetsförklaringsformulär
19.4		8 Arbetsförklaringsformulär
22.4		8 Fixande av presentation
23.4		3 Presentation och opponentskap
24.4		8 Arbetsförklaringsformulär
29.4		8 Besök till [redacted], korrigerar i examensarbetsdokumentet + abstrakten