

Bescherming tegen vlamboog gevaar



De Europese aanpak



Inleiding

Met de informatie in dit document wordt getracht inzicht te geven in de mogelijkheden en keuzes die er zijn als het gevaar van een elektrische vlamboog in een installatie inzichtelijk moet worden gemaakt.

Als met de resultaten van een onderzoek naar vlamboog gevaar ook een keuze moet worden gemaakt in geschikte beschermende kleding en PBM-en worden de mogelijkheden beperkt door de eisen van de Europese verordening (EU) 2016/425 (warenwet besluit PBM). PBM-en, hier vallen ook beschermende kleding onder, die in Europa worden gebruikt moeten zijn voorzien van een CE-certificaat. De informatie in deze brochure is erop gericht dat een selectie van geschikte PBM-en met CE-certificaat mogelijk is.

De informatie is zo opgesteld dat het voor mensen met een relevante middelbare beroepsopleiding begrijpelijk moet zijn. Hier en daar zijn details wegegelaten om de leesbaarheid van het document te vergroten.

Elektrische risico's

Werknemers die aan industriële elektrische installaties werken hebben te maken met twee belangrijke gevaren van elektriciteit:

- Elektrische schok door contact met delen die onder spanning staan;
- Ernstige brandwonden bij een elektrische vlamboog als gevolg van een fout.

Het gevaar van een elektrische schok kan overal in de installatie even groot zijn omdat het spanningsniveau ten opzichte van aarde op elke plek gelijk is. De weerstand naar aarde speelt hierbij wel een grote rol omdat de stroom door het lichaam het werkelijke gevaar is.



Goede afscherming van spanning voerende delen en geschikte PBM worden al vele jaren toegepast om werknemers te beschermen tegen het gevaar van een elektrische schok.

Het gevaar van een elektrische vlamboog is van meer factoren afhankelijk en kan niet op eenvoudige wijze inzichtelijk worden gemaakt.

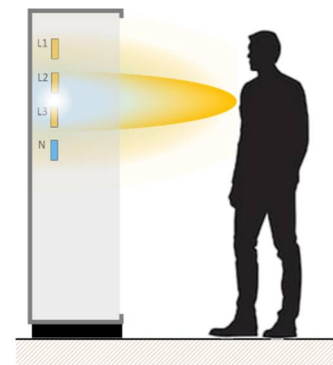
Wat is vlamboog gevaar

Een vlamboog ontstaat door een fout in de installatie. De fout kan een technische oorzaak hebben maar ook onjuist handelen van een werknemer kan een vlamboog veroorzaken.

Een vlamboog ontstaat tussen spanning voerende geleiders met potentiaal verschil. Als door een onbedoelde gebeurtenis een geleiding ontstaat tussen geleiders die normaal van elkaar gescheiden zijn. Er ontstaat een geleidend pad door geïoniseerde lucht waarbij het geleidende pad een zeer hoge stroom voert. Hierbij ontstaat een plasma met zeer hoge temperaturen en een flinke drukstijging.

De kenmerken van een vlamboog zijn:

- Drukstijging met explosieve krachten;
- Geluidsdruk >140dB;
- Plasma met temperatuur >10 000°C;
- Uv-straling / IR-straling;
- Gesmolten metaaldeeltjes;
- Giftige koperdamp.



Deze kenmerken hebben tot gevolg dat betrokken werknemers zeer zwaar letsel kunnen oplopen en daarnaast kan er onherstelbare schade aan installaties en gebouwen ontstaan.

Organisatorische maatregelen om vlambogen te voorkomen

De installatieverantwoordelijke moet een preventief veiligheidsbeleid voeren dat er mede op gericht is vlambogen te voorkomen. De volgende onderdelen maken deel uit van het beleid dat de installatieverantwoordelijke voert.

- Constructieve maatregelen in het installatie ontwerp;
- Vervangen of vernieuwen van componenten en toestellen (retrofitting);
- Materialen en toestellen gebruiken, geschikt voor de belasting;
- Materialen en toestellen gebruiken van een betere kwaliteit;
- Voorkomen van foutief handelen;
- Maatregelen in de bedrijfsvoering;
- Goed onderhoud aan apparatuur;
- Regelmatig inspecties uitvoeren.



Technische maatregelen om de gevolgen te beperken

De wet gaat er van uit dat het gevaar bij de bron wordt aangepakt, dat is mogelijk door spanningsloos te werken. Dit is echter niet altijd mogelijk of haalbaar waarbij werkzaamheden onder spanning worden uitgevoerd. Verwijderen en plaatsten van zekeringen, meten en bedieningshandelingen zijn voorbeelden van werkzaamheden die onder spanning worden uitgevoerd. Met technische maatregelen kan niet altijd een vlamboog worden voorkomen maar kunnen wel de gevolgen worden beperkt. Hiervoor zijn verschillende technieken beschikbaar.

Beperking van de boogtijd

De energie van een vlamboog wordt bepaald door de factoren stroom en tijd. Door de tijdsduur van de vlamboog te beperken kan het energieniveau aanzienlijk afnemen.

- **Vlamboog detectie:**

Een meetcircuit bewaakt (di/dt) i.c.m. een lichtflits of Δp . Bij overschrijding, van een ingestelde waarde, wordt een kortsluiter geactiveerd die de fasen kort sluit. De tijdsduur van de kortsluitstroom wordt beperkt tot $<2ms$.

- **Afschakeltijd zekeringen:**

Een zekering kan de kortsluitstroom onderbreken voordat de maximale waarde van de kortsluitstroom wordt bereikt. Als in het ontwerp van de installatie rekening wordt gehouden met de stroombegrenzing van de boogstroom zal de zekering direct aanspreken en de tijd van de vlamboog wordt beperkt tot $<15ms$.

- **Afschakeltijd vermogensschakelaars**

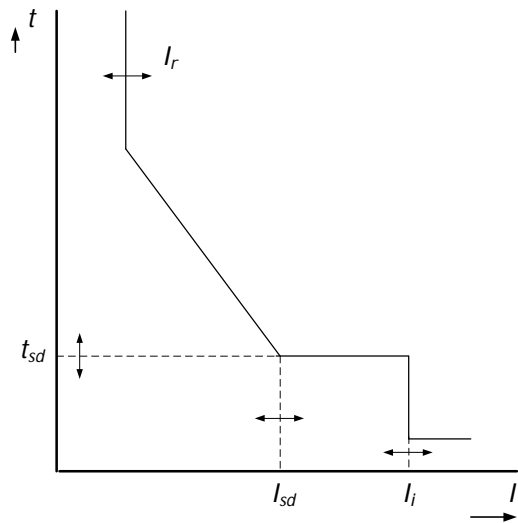
Een vermogensschakelaar bestaat uit een schakelaar en een beveiligingsrelais. Afhankelijk van het type beveiligingsrelais kunnen verschillende instellingen worden gemaakt. Belangrijke gegevens zijn:

Instelling	Omschrijving
I_N	De nominale stroom van de vermogensschakelaar
I_r	De toegekende waarde van de schakelaar. (I-rated)
I_{sd}	De stroom waarbij de vermogensschakelaar met een korte vertraging uitschakelt. (I-short time delay)
t_{sd}	De vertragingstijd waarbij de vermogensschakelaar bij I_{sd} uitschakelt (t-short time delay)
I_i	De stroom waarbij de vermogensschakelaar direct uitschakelt (I-instantaneous)

Belangrijk is dat de vermogensschakelaar direct aanspreekt als in de installatie een boogstroom ontstaat. Moderne vermogensschakelaars hebben een afschakeltijd van ongeveer 35ms. I_1

Schakelt de vermogensschakelaar uit met een korte vertraging dan is vaak het energieniveau zo hoog dat zwaar letsel ontstaat met onherstelbare schade aan installaties tot gevolg.

Er zijn vermogensschakelaars met een ingebouwde onderhoudsstand. Wordt deze geactiveerd gaan de instellingen omlaag waardoor de schakelaar direct reageert bij een vlamboog.



Ruimtelijke beperking

Verdelers die worden bediend door deskundig personeel, goed worden onderhouden en zijn ontworpen volgens de IEC 61439 reeks is de kans op een interne vlamboog minimaal. Als de stromen en daarmee ook het energieniveau toeneemt kunnen de gevolgen van een fout zeer ernstig zijn.

Er zijn verdelers die de gebruiker beschermen in geval van een interne vlamboog. De verdelers worden getest volgens IEC/TR 61641 en kent 4 beschermingsniveaus. Alle niveaus beschermen de gebruiker en afhankelijk van het beschermingsniveau wordt ook de verdeler beschermd. De bescherming die de verdeler biedt geldt alleen in gesloten toestand.

Voor verdelers in de middenspanning geldt IEC 62271-200 waarbij de bescherming van de gebruiker op verschillende wijze kan worden uitgevoerd.



Verdeler met beperkt energieniveau

Als de verdeler een beperkt energieniveau bezit kan een vlamboog niet veel letsel en schade veroorzaken. Als het energieniveau in de verdeler 100kJ of kleiner is dan zal de schade aan de installatie beperkt zijn. Na het verwijderen van de fout en de aanslag, kan de installatie meestal weer in bedrijf worden genomen.

Als de vlamboogenergie niet hoger is dan 250kJ zullen de effecten van de vlamboog alleen schade aanrichten binnen de verdeler. Hierdoor zullen de effecten van de vlamboog de gebruiker niet bereiken, voorwaarde hierbij is wel dat de verdeler correct gesloten is.

De meeste kleinere verdelers en besturingskasten hebben een beperkt energieniveau. Bij het starten van een RI&E naar vlamboog gevaar wordt een keuze gemaakt voor welke installatiedelen een onderzoek zinvol is.

Bediening op afstand

Om de gebruiker van de installatie te beschermen kan de bediening op afstand plaats vinden. Bij moderne installatie kan dit bij de aanleg van de installatie op elektronische wijze worden aangebracht.

Voor bestaande installaties zijn producten in de handel waarbij de bediening op afstand door de gebruiker wordt uitgevoerd. De fysiek handeling wordt dan door een toestel, dat elektrisch of door perslucht wordt aangedreven.

Deze methodes bieden alleen bescherming aan de gebruiker en niet aan de installatie.



Wettelijk kader voor gebruik PBM

Arbobesluit hoofdstuk 8 gaat over persoonlijke beschermingsmiddelen. Hierin wordt gesteld:

- PBM-en moet voldoen aan het warenwetbesluit persoonlijke beschermingsmiddelen (verordening (EU) 2016/425),
- Uitvoeren van een risico-inventarisatie en –evaluatie van de gevaren die niet met andere middelen vermeden kunnen worden,
- De PBM-en moeten geschikt zijn om het heersende gevaar af te wenden.

Er is een gedeelde verantwoordelijkheid, de fabrikanten en importeurs die PBM-en op de markt brengen en de werkgever die de middelen beschikbaar stelt aan zijn werknemers.

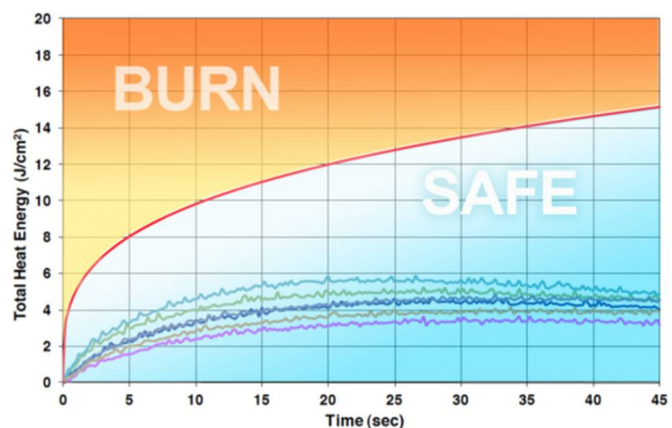
Per 21 april 2018 is de nieuwe Verordening (EU) 2016/425 persoonlijke beschermingsmiddelen van kracht. In de verordening zijn PBM-en ingedeeld in 3 categorieën:

- categorie I : minimale risico's;
- categorie II : andere risico's dan die worden vermeld in categorie I en III;
- categorie III : risico's die fatale of onomkeerbare gevolgen kunnen hebben

PBM-en en kleding die in de elektrotechniek worden gebruikt zijn ingedeeld in categorie III. Dit betekent dat de PBM-en moeten worden getest op hun beschermende eigenschappen en worden gecertificeerd door een instantie (notified-body). Er zijn twee testmethodes beschikbaar voor het testen van middelen op het gevaar van een vlamboog.

Stoll-curve

Alice Stol en Maria Chianta hebben in de late jaren vijftig onderzoek gedaan naar het ontstaan van een tweedegraads brandwond. Hieruit is de Stoll-curve ontstaan die weer geeft de benodigde hoeveelheid thermische energie voor het veroorzaken van een tweedegraads brandwond. Wordt de curve overschreden dan ontstaat een tweedegraads brandwond.



Testmethode 1

Testmethode 1 is beter bekend als de 'Open Arc Test' en wordt beschreven in NEN EN IEC 6142-1-1. De testopstelling bestaat uit 3 elektroden die 30cm uit elkaar staan onder een hoek van 120 graden ten opzichte van elkaar.

In het midden van de elektroden wordt het testmateriaal geplaatst. Met hoogspanning wordt er tussen twee elektroden een vlamboog opgewekt met een variërende intensiteit. Met sensoren worden de thermische bescherming van het materiaal bepaald. Het testmateriaal heeft voornamelijk met stralingswarmte te maken omdat de vlamboog het materiaal niet raakt.

Het resultaat van de test is een arc-rating uitgedrukt in Calorieën/cm². Een hoger arc-rating waarde betekent dat de middelen meer bescherming bieden.

De arc-rating kan met 3 verschillende test parameters worden weergegeven:

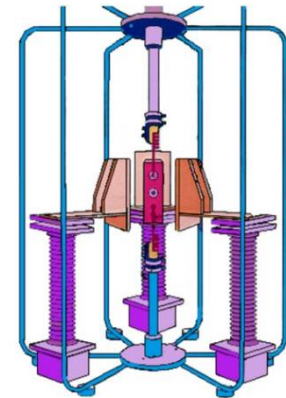
- APTV, Arc Thermal Performance Value,
- E_{BT}50, Energy Break-open Threshold,
- ELIM, Energy Limit.

De testparameters ATPV en E_{BT}50 hebben een waarschijnlijkheid van 50% dat de Stoll-curve wordt overschreden, waardoor kans bestaat op een tweedegraads brandwond. De Europese regelgeving gaat uit van 100% beschermingen daarom zijn deze arc-ratings niet geschikt voor de Europese markt.



De tets parameter ELIM is in de PBM-norm van 2018 geïntroduceerd en zo gedefinieerd dat deze de Stoll-curve niet zal overschrijden. Momenteel zijn er nog geen fabrikanten die producten met de arc-rating, ELIM op de markt brengen.

De test parameters, ATPV en E_{BT}50 worden in Amerika en in een aantal andere landen gebruikt. De Amerikaanse norm NFPA 70E verwijst naar de testmethode ASTM-F 1959 en is vergelijkbaar met de open-arc-test maar op detailniveau zijn er verschillen.



Testmethode 2

Testmethode 2 is beter bekend als de 'Box-Test' en staat beschreven in NEN EN IEC 61482-1-2.

De testopstelling bestaat uit een omsloten kast met aan de binnenzijde een gepleisterd parabool. Aan de boven en onderzijde zijn elektrodes aangebracht die op een spanning van 400V worden aangesloten. De test produceert een gerichte vlamboog op het te testen materiaal dat op 30cm afstand is geplaatst. Met sensoren wordt de thermische bescherming van het materiaal bepaald.

Er zijn twee testwaarden, klasse 1 en klasse 2:

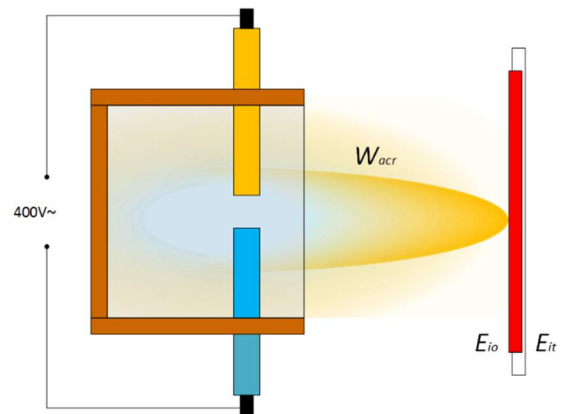
- Klasse 1, 4kA gedurende 0,5 sec,
- Klasse 2, 7kA gedurende 0,5 sec.

Het resultaat van de test is slagen of falen.

Klasse 1 (APC 1)* biedt 158kJ bescherming en klasse 2 (APC 2) biedt 318kJ bescherming.

*APC (**A**rc **P**rotection **C**lass)

Momenteel vindt CE-certificering van producten plaats op basis van de box-test. Er zijn ook fabrikanten die hun producten volgens de beide methodes laten testen maar de certificering vindt plaats op basis van de box-test.



IEC 61482-2

Naast de twee testmethodes is er ook een norm voor de kledingseisen, IEC 61482-2. De norm is in 2018 herzien waarbij het pictogram die de aard van bescherming aangeeft is gewijzigd. In het verleden werd hiervoor de bekende dubbele driehoek gebruikt maar omdat dit ook wordt gebruikt voor elektrisch isolerend wekt dit verwarring.

Onder het pictogram moeten één van de volgende waarde worden vermeld:

- ATPV xxCal/cm² (CE niet mogelijk)
- E_{BT50} xxCal/cm² (CE niet mogelijk)
- ELIM xxCal/cm² (CE onduidelijk)
- APC Class 1 of 2 (CE mogelijk)



De nieuwe Europese PBM verordening is aangescherpt ten opzichte van zijn voorganger waarbij een wijziging in het ontwerp direct tot gevolg heeft dat de CE-certificering vervalt. Het aanbrengen van logo's of naamtags zijn aan strikte voorwaarde verbonden en moet door de fabrikant worden aangebracht. Ook herstel en verstelwerk zijn aan strikte voorwaarde verbonden. Wordt zelf een combinatie van broek en jas gekozen, is de eindgebruiker verantwoordelijk of de combinatie voldoende bescherming biedt.

De kledinglijn

Uitgaande van kleding met CE-certificering wordt klasse 1 gezien als standaard kleding. Het draagcomfort van de kleding maakt het mogelijk dat de kleding de gehele dag kan worden gedragen. Moeten er (bediening) werkzaamheden worden uitgevoerd dan is het van belang dat de kleding gesloten wordt gedragen.

Op plaatsen waar klasse 1 onvoldoende bescherming biedt wordt klasse 2 kleding ingezet. Dit wordt, aanvullende kleding genoemd en bestaat uit twee lagen stof. Wordt een klasse 1 shirt gedragen met daarover een klasse 1 jas, kan dit worden beschouwd als klasse 2. Of de combinatie voldoende bescherming biedt blijkt uit de taak risico analyse.

Als een industriële installatie goed is ontworpen en onderhouden biedt de kleding een goede bescherming aan de werknemers. Er is een ruim aanbod van kleding in zowel klasse 1 als klasse 2.



Overall APC 1

Gelaatschermen

Een gelaatscherm bestaat uit een vizier en een drager. De drager kan een helm zijn maar ook een constructie van textiel is mogelijk. Gelaatschermen vallen nu nog onder de norm EN 166 maar binnenkort komt daar verandering want er komt een specifieke Europese norm voor gelaatschermen in de elektrotechniek. Ook deze norm gaat uit van klasse 1 en klasse 2 (GS-ET-29) en zijn CE-gecertificeerd.



APC 1 gelaatschermen kenmerken zich door een heldervizier en APC 2 schermen hebben een getint scherm om extra bescherming te bieden. De gelaatschermen met een groen/geel vizier werken op basis van absorptie en verouderen onder invloed van licht. Schermen met een grijze tint werken op basis van reflectie en hebben een veel langere levensduur. APC 2 schermen die op een helm worden gemonteerd zijn voorzien van een kin bescherming.

Omdat de getinte viziers niet al het zichtbare licht doorlaten kan extra licht noodzakelijk zijn. De gebruiker moet achter het scherm minimaal een verlichtingssterkte hebben van 30lux. Fabrikanten van gelaatschermen leveren ledverlichting die op het scherm kan worden gemonteerd.

Naast het markeren van het vizier in overeenstemming met EN 166, staat op het vizier de code voor bescherming tegen vlambogen (8) en moet worden gevolgd door de klasse van de vlamboog (APC 1 of 2) en de transmissie voor zichtbaar licht (VLT klasse 0, 1 of 2).

VLT	Visible Light Transmittance
Klasse 0	Visible light transmittance $\geq 75\%$
Klasse 1	Visible light transmittance $50\% \leq \text{VLT} < 75\%$
Klasse 2	Visible light transmittance $< 50\%$

Voorbeeld markering: 8-1-0



COB led met magneetbevestiging

Handschoenen

Bij een vlamboog ongeval worden vaak de handen het zwaarst getroffen. Dit komt omdat de handen zich meestal dicht bij de bron van het gevaar bevinden. Het energieniveau neemt kwadratisch toe met het verkleinen van de afstand tot de bron.

Normontwikkeling met betrekking tot handschoenen, die beschermen tegen vlambooggevaar, is in ontwikkeling. Vooruit lopend op de norm zijn er handschoenen op de markt die getest zijn en een goede bescherming bieden.



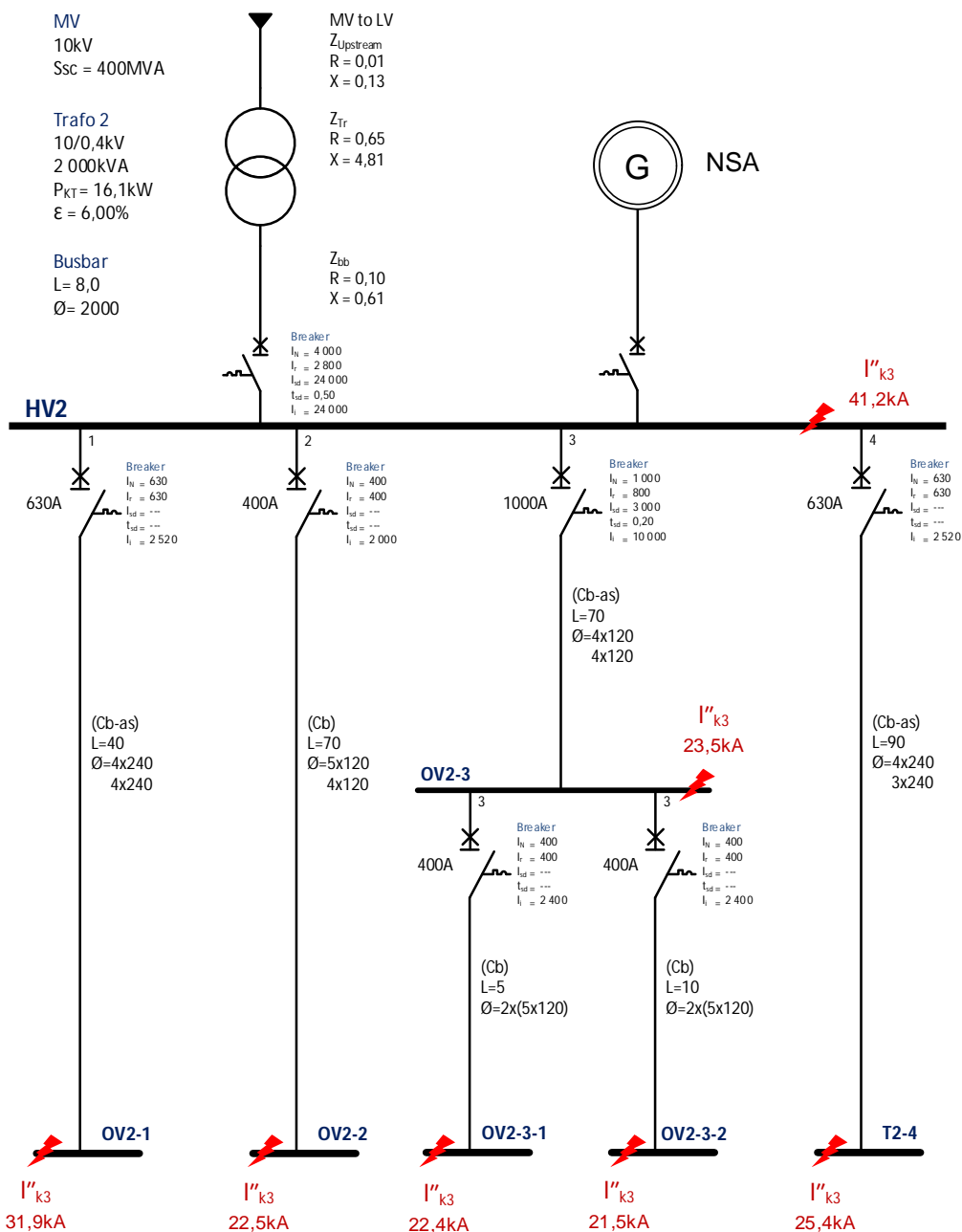
Isolerende mat

In situaties waar werknemers mogelijk in aanraking komen met de plasma van de vlamboog is bescherming tegen elektrische schok noodzakelijk. De plasma van de vlamboog is namelijk spanningsvoerend. Om te voorkomen dat de werknemer geëlectrocuteerd wordt kan een isolerende mat worden ingezet. In de laagspanning kan dit een 1 000V mat zijn maar in de middenspanning is die ontoereikend en moet een mat worden gekozen die past bij het spanningsniveau.



Onderzoek naar het vlambooggevaar

Bij het uitvoeren van een RI&E naar vlamboog gevaar in de installatie zal eerst worden bepaald welke installatiedelen onderzocht moeten worden en daarna wordt alle informatie over de installatie verzameld. Transformator gegevens, waarde en instellingen van beveiligingen en lengte en doorsnede van leidingen zijn gegevens die nodig zijn. Ook moeten de verschillende werkplekken worden beoordeeld, meestal zijn dit verdelers. In een éénlijnsschema wordt de samenhang tussen de verschillende installatiedelen duidelijk en kunnen kortsluitberekeningen worden gemaakt.



éénlijnsschema met kortsluistromen

Berekenen van de vlamboogenergie

Er zijn twee manieren om de vlamboogenergie te berekenen. Er is een methode die een resultaat geeft in Cal/cm² (methode 1). De resultaten van de berekeningen worden gekoppeld aan testmethode 1 de open arc test. Deze test is in Amerika ontwikkeld en is meer gericht op gevaren die er zijn bij werkzaamheden aan bovengrondse leidingen.

De andere methode geeft een resultaat in kJ (methode 2) en wordt gekoppeld aan de box tests. Deze methode is in Duitsland ontwikkeld en is meer gericht op de gevaren bij werkzaamheden aan een laagspanningsverdeler.

Wordt in de praktijk een andere werkaafstand gehanteerd dan bij de testopstelling wordt dit bij methode 1 verrekend in de vlamboogenergie en bij methode 2 wordt dit verrekend in het beschermingsniveau van de PBM-en.

Er is geen verband tussen de twee methodes en er bestaat geen relatie tussen de verschillende uitkomsten van de berekeningen. Dit betekent dat met een uitkomst in Cal/cm² kan geen selectie kan worden gemaakt in kJ en vice versa.

PBM-en in de elektrotechniek bestemd voor de Europese interne markt, moeten zijn voorzien van een CE-certificaat. Maakt aankoop van geschikte PBM-en onderdeel uit van de RI&E dan is methode 2 de aangewezen route. Deze methode dwingt ook meer te kijken naar de installatieveiligheid iets wat de Europese richtlijn 89/656/EEC verplicht stelt.

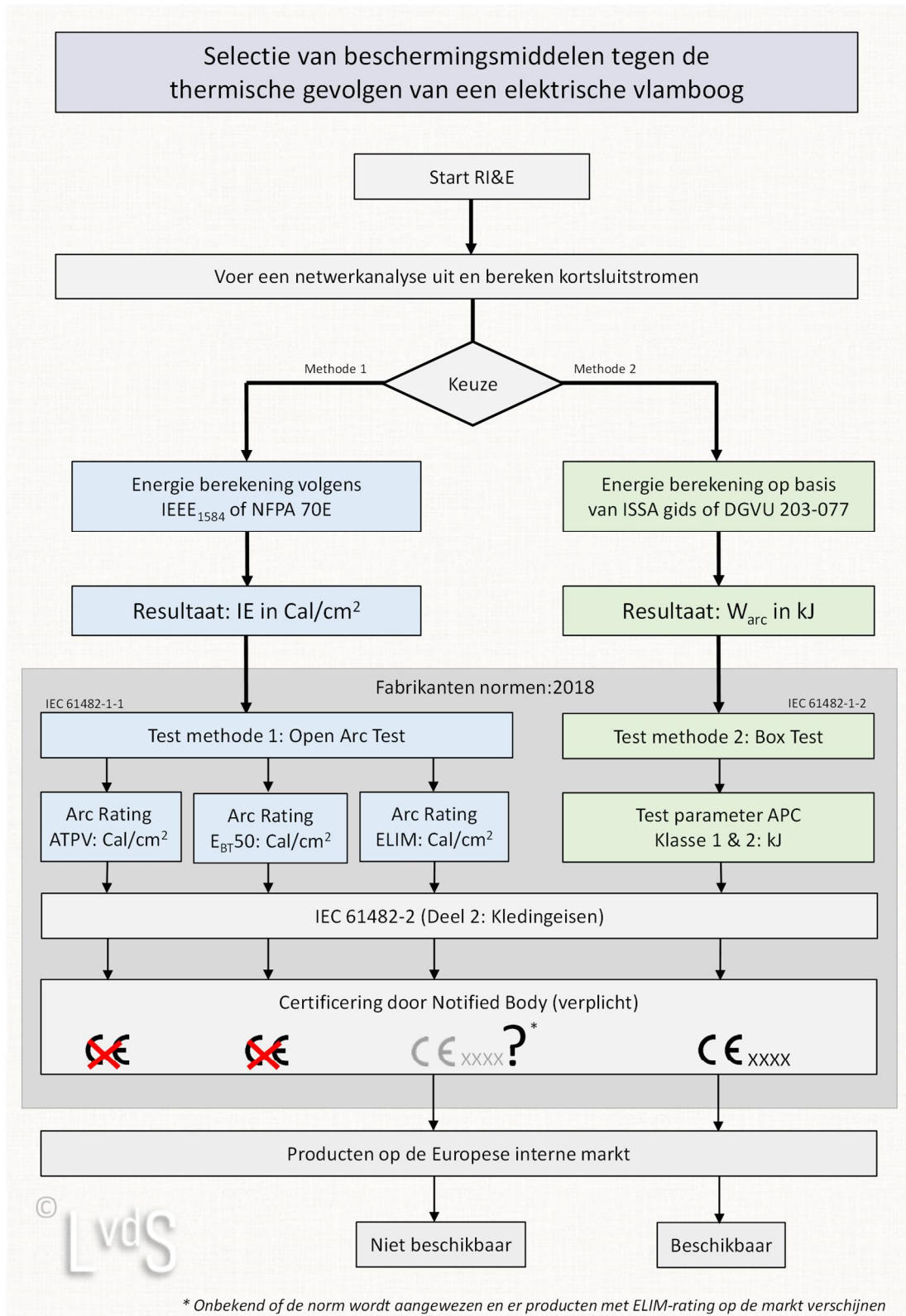
De verschillen in beide methodes kunnen groot zijn zeker bij grotere installaties. Dit komt omdat beide methodes verschillend omgaan met de prognose van de boogstroom. Het verschil neemt toe als de kortsluitstroom groter worden. In de bijlage A zijn rekenvoorbeelden opgenomen waarbij het verschil duidelijk wordt.

Heeft de RI&E als doelstelling om te komen tot een selectie van geschikte PBM-en dan is alleen methode 2 geschikt omdat hiervoor producten op de Europese markt beschikbaar zijn met de benodigde CE-certificering.

De flow-chart op de volgende pagina laat zien hoe de selectie van geschikte PBM-en verloopt. Deze werkwijze staat ook beschreven in IEC 61482-2:2018.



Schema selectie van geschikte PBM-en



ELIM

De arc-rating ATPV en E_{BT50} vertegenwoordigen waarden die in strijd zijn met de PBM verordening, waarbij CE-certificering niet mogelijk is. Om testmethode 1 voor de Europese markt mogelijk te maken is in versie IEC 61482-2:2018 een nieuwe arc-rating geïntroduceerd genaamd ELIM. De nieuwe norm is nog niet aangewezen als geharmoniseerde norm waardoor het niet duidelijk is of de nieuwe norm voldoet aan de Europese eisen.

Berekenen van de vlamboogenergie (vervolg)

Nadat de kortsluitstromen zijn berekend en de keuze is gemaakt om de vlamboogenergie uit te drukken in kilojoule kan besloten worden hoe de nauwkeurigheid van de berekeningen moeten zijn. Wordt gekozen voor de Duitse instructie DGUV 203-077 worden een aantal gegevens niet in de berekeningen mee genomen waardoor men uit gaat van een worstcase-scenario. Dit betekent dat veel vaker BPM-en moeten worden ingezet dan strikt noodzakelijk is. Dit zien we ook als de regels van NEN 3140 worden gehanteerd. Worden gedetailleerde berekeningen uitgevoerd, zoals in de ISSA gids wordt aangegeven, worden PBM-en alleen ingezet daar waar het ook echt noodzakelijk is.



Bij een gedetailleerde berekening worden vervolgens de minimale boogstromen berekend die ontstaan in de verdelers die bij de inventarisatie zijn opgenomen. Aan de hand van de boogstromen worden de uitschakeltijden van de beveiligingen bepaald.

Hierna volgt het belangrijkste onderdeel van het onderzoek, waarbij de vraag wordt gesteld of de installatie veilig is te gebruiken. Dit kan betekenen dat er aanpassingen moeten plaatsvinden, meestal zijn dit instellingen van de beveiligingen. Bij oudere installaties kunnen ingrijpendere aanpassingen noodzakelijk zijn.

Pas als blijkt dat het energieniveau niet verder omlaag kan worden gebracht en dat met de beschikbare PBM-en de installatie veilig kan worden gebruikt kan worden over gegaan tot het kiezen van de juiste PBM-en.

De verdeler kan worden voorzien van een waarschuwingslabel waarop vermeld staat welke PBM-en moet worden gebruikt. Hierbij wordt onderscheid gemaakt bij werkzaamheden aan een gesloten verdeler en geopende verdeler. In bijlage B staat een voorbeeld van een waarschuwingslabel.

Selectie van PBM-en

Om een juiste keuze te maken van geschikte PBM-en moeten de resultaten van de RI&E gekoppeld worden aan de beschikbare PBM-en. Dit betekent dat rekenresultaten uitgedrukt in kJ vergeleken worden met APC 1 en APC 2. Waarbij geldt; $W_{arcP} \geq W_{arc}$.

- W_{arcP} = is beschermingsniveau van de PBM-en,
- W_{arc} = vlamboogenergie op de werkplek.

De box-test heeft een gerichte vlamboog op het testmateriaal dat op 30cm afstand is geplaatst. Als in de praktijk de werkafstand groter is en de vlamboog zich in meerderde richtingen kan verspreiden dan worden deze parameters verrekend in het beschermingsniveau van de PBM-en.

In de praktijk kunnen de beschermingsmiddelen dus een aanzienlijk hoger beschermingsniveau hebben dan de box-test opgave van 158kJ en 318kJ (zie ook bijlage C).

Op de volgende bladzijde wordt schematisch weergegeven hoe het bereken van de vlamboogenergie en de selectie van PBM-en volgens methode 2 plaats vindt.

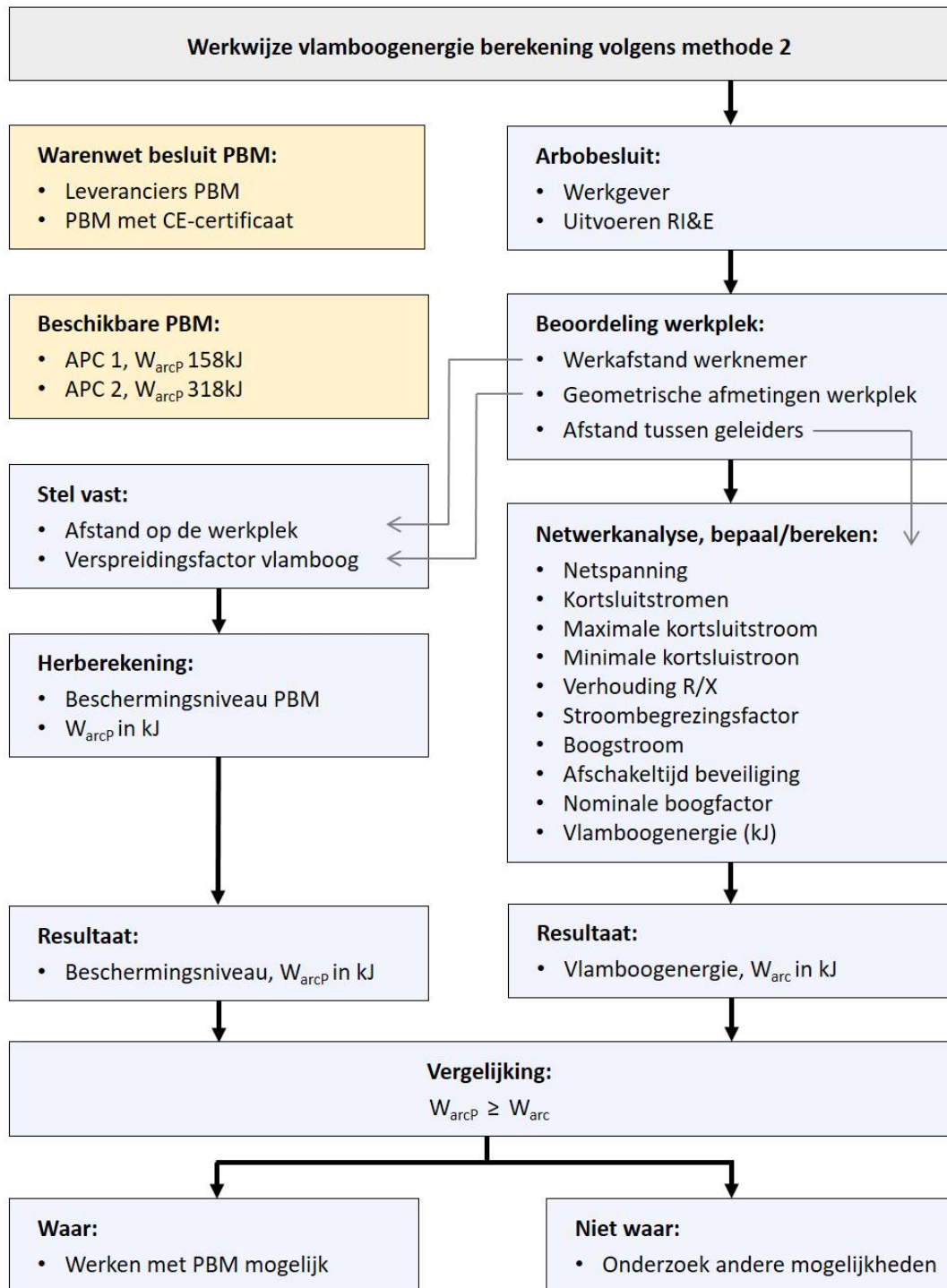
Wanneer moeten PBM-en worden ingezet

Bij werkzaamheden moeten maatregelen worden genomen om de veiligheid van werknemers te garanderen maar de kans bestaat dat er een restrisico over blijft. In principe heeft een installatie die onder spanning staat altijd een restrisico in zich. We gaan er echter vanuit (IEC 61482-2:2018) dat wanneer de installatie goed is ontworpen en geïnstalleerd, door deskundig personeel wordt bediend en goed wordt onderhouden onder normale bedrijfsomstandigheden de kans op een vlamboog verwaarloosbaar klein is.

Moeten er aan de installatie werkzaamheden worden verricht waarbij handelingen aan de installatie worden verricht, bestaat de kans op een vlamboog. Dit geldt ook bij bedieningshandelingen aan een gesloten of geopende verdeler. Welke middelen moet worden ingezet bij de werkzaamheden blijkt uit de RI&E.



Een uitzondering kan worden gemaakt als de verdelers voldoen aan IEC/TR 61641. Door een interne fout in de verdeler kan een vlamboog ontstaan maar de constructie van de verdeler garandeert de veiligheid van de gebruiker.

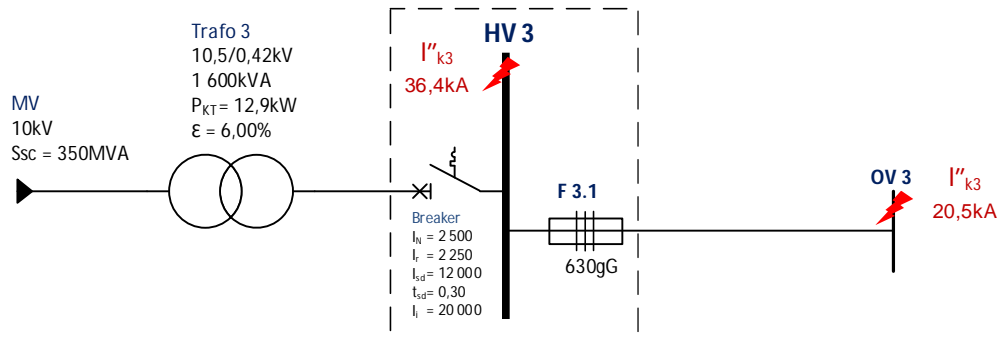


Foutieve selectiemethode

Er zijn fabrikanten die hun producten voorzien van de APC waarde en de ATPV arc-rating maar het CE-certificaat wordt afgegeven op de APC waarde. Met de uitkomsten van de RI&E in Cal/cm² is geen juiste keuze te maken in geschikte PBM-en kan zelfs leiden tot gevaarlijke situaties.

Bijlage A

In onderstaande installatie moeten de NH zekeringen van 630A worden verwijderd. Als er een fout ontstaat is er kans dat op de rail van HV 3 een vlamboog ontstaat, hierop moet de voorgeschakelde vermogensschakelaar afschakelen.



Onderstaande tabel geeft de resultaten weer van een berekening volgens IEEE₁₅₈₄ en een gedetailleerde berekening volgens de ISSA gids.

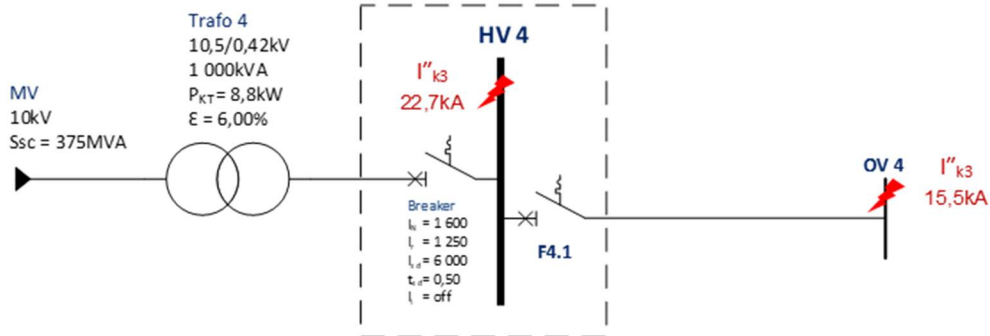
Berekeningen	Symbol	Methode 1 (IEEE ₁₅₈₄)	Methode 2 (ISSA)
Netspanning	U	400V	400V
Geleider afstand	d	30mm	30mm
3 fase kortsluitstroom	I'' _{k3}	36,4kA	36,4kA
R/X verhouding	R/X	---	0,21
Niet geaard/geaard	---	GND	---
Prognose boogstroom	I _{arc}	15,76kA	28,8kA
Afschakeltijd	t _k	0,30sec	0,05sec
Werkafstand	a	450mm	450mm
Verspreidingsfactor	K _T	---	1,5
Vlamboogenergie	IE / W _{arc}	17Cal/cm ²	410kJ
Hazard categorie	HC	3	APC 1*

In de berekeningen is er een groot verschil tussen de prognose van de boogstroom waarbij de prognose volgens IEEE₁₅₈₄ de automaat niet direct uitschakelt, dit gebeurt pas na 0,3s. De prognose volgens de gedetailleerde berekening van methode 2 geeft een resultaat die de automaat uitschakelt binnen 0,05s. De verschillen in uitschakeltijd leiden tot de grote verschillen in de prognose van het energieniveau.

* APC 1 heeft in dit rekenvoorbeeld biedt een beschermingsniveau van 553kJ en APC 2 een beschermingsniveau van 1073kJ.

Het verschil in uitschakeltijd kan ook op treden als er gebruik wordt gemaakt van zekeringen met dat verschil dat de uitschakeltijd van de vermogensschakelaar te beïnvloeden is.

In onderstaande installatie, moet na werkzaamheden, beveiliging F4.1 worden ingeschakeld. Als er een fout ontstaat is er kans dat op de rail van HV 4 een vlamboog ontstaat, hierop moet voorgeschakelde vermogensschakelaar afschakelen.



Onderstaande tabel geeft de resultaten weer van een berekening volgens methode 1 en een gedetailleerde berekening volgens methode 2.

Berekeningen	Symbol	Methode 1 (IEEE ₁₅₈₄)	Methode 2 (ISSA)
Netspanning	U	400V	400V
Geleider afstand	d	35mm	35mm
3 fase kortsluitstroom	I''_{k3}	22,7kA	22,7kA
R/X verhouding	R/X	---	0,20
Niet geaard/geaard	---	GND	---
Prognose boogstroom	I_{arc}	10,39kA	17,5kA
Afschakeltijd	t_k	0,50sec	0,50sec
Werkafstand	a	400mm	400mm
Verspreidingsfactor	K_T	---	1,5
Vlamboogenergie	IE / W_{arc}	22,2Cal/cm ²	2808kJ
Hazard categorie	HC	3	

Volgens methode 1 kan er worden gewerkt als een uitrusting die bescherming biedt $\geq 22,2\text{Cal/cm}^2$. In de praktijk wordt dit een uitrusting van 25Cal/cm^2 . In de Amerikaanse norm NFPA 70E wordt gesproken over een grens van 40Cal/cm^2 waarbij werkzaamheden kunnen worden uitgevoerd. Vanuit de Amerikaanse norm is er geen noodzaak om de installatie aan te passen.


Methode 2 geeft aan dat het energieniveau zo hoog is dat niet veilig kan worden gewerkt en dat de installatie moet worden aangepast. Door de directe uitschakeling (I_i) van de automaat in te stellen op van de prognose van de boogstroom vindt directe uitschakeling plaats en daalt het energieniveau naar 281kJ. De werkzaamheden kunnen dan worden uitgevoerd met APC 1 PBM-en.


Bijlage B

Voorbeeld van een waarschuwingslabel dat op de werkplek kan worden aangebracht.



Trafo: 18
OVD 18-2-3

 **Elektrische schok**
Netspanning : 400V

 **Vlamboog**
Kortsluitstroom : 22,7kA
Vlamboog energie : 521kJ

Gebruik PBM verplicht!

Verdeler gesloten	Verdeler geopend
▪ Werkkleding Kl. 1	▪ Schakelmantel Kl. 2
▪ Handschoenen Kl. 2	▪ Gelaatscherm Kl.2
	▪ Handschoenen Kl. 2
	▪ Isolerende mat 1 000V

Waarschuwing elektrische schok : ISO W012

Waarschuwing vlamboog : ISO W042

Bijlage C

Voorbeeld van een gedetailleerde rapportage van de resultaten van een RI&E.

Resultaten RI&E transformator 18		
Installatie	Symbool	Waarde
Transformator vermogen	S_{rT}	800 kVA
3 fase Kortsluitstroom	I''_{k3}	24,56 kA
% kortsluitspanning	U_k	4,70 %
Kortsluit koperverlies	P_{krT}	6,80 kW
Vastgestelde parameters	Symbool	Waarde
Afstand tussen de geleiders	d	30 mm
Werkafstand	a	400 mm
Verspreidingsfactor	k_T	1,70
Berekeningen	Symbool	Waarde
3 fase kortsluitstroom	I''_{k3}	22,70 kA
Maximale kortsluitstroom	$I''_{k3p \text{ max}}$	23,04 kA
Minimale kortsluitstroom	$I''_{k3p \text{ min}}$	21,57 kA
Piekstroom	i_p	43,75 kA
Minimale boogstroom	I_{arc}	17,58 kA
Afschakeltijd van de beveiliging	t_k	0,00 s
Verhouding R/X	R/X	0,350
Stroombegrenzingsfactor	k_B	0,815
Nominale boogfactor	k_P	0,297
Berekend niveau PBM	a	400 mm
Klasse 1 (158kJ)	W_{arcP}	477 kJ
Klasse 2 (318kJ)	W_{arcP}	961 kJ
Klasse 2 (395kJ)	W_{arcP}	1193 kJ
Klasse 2 (630kJ)	W_{arcP}	1904 kJ
Prognose vlamboog energie	W_{arc}	521 kJ
Resultaat:		

Handelen volgens werkmethode 2

Nog vragen?

Mocht u na het lezen van dit document nog vragen hebben kunt u de website van vlambooggevaar bezoeken waar u via het contactformulier uw vragen kunt stellen. We zullen uw vragen dan zo snel als mogelijk is in behandeling nemen.



www.vlambooggevaar.nl

oktober 2018

Team vlambooggevaar