

Vlaanderen
is veilig onderweg

Vlaamse Tunnelrichtlijn

C100 Energievoorzieningen

AGENTSCHAP
WEGEN & VERKEER

COLOFON

Titel	Vlaamse Tunnelrichtlijn: C100 Energievoorzieningen
Opgesteld door	Peter Sliwa, teamverantwoordelijke instandhouding tunnels, AWV Kjell Apers, projectingenieur tunnels, AWV Stephane Peeters, projectingenieur tunnels, AWV Wim Casteels, projectingenieur tunnels, AWV Victor Verbeure, projectingenieur tunnels, AWV
Gereviseerd door	Commissie Tunnels, Projectgroep Tunnelrichtlijnen
Goedgekeurd door	Directieraad AWV
Goedgekeurd op	9 juli 2026
Versie	1.1

DOCUMENTGESCHIEDENIS

Versie	Datum	Auteur	Beschrijving
0.3	23.04.2025	Peter Sliwa	Concepttekst voor interne review (tot en met hoofdstuk 7)
0.5	13.10.2025	Peter Sliwa	Opmerkingen interne review verwerkt (tot en met hoofdstuk 7)
0.7	24.11.2025	Peter Sliwa	Openstaande punten aangevuld (tot en met hoofdstuk 7)
0.8	09.12.2025	Peter Sliwa	Versie ingediend bij Projectgroep Tunnelrichtlijnen
0.9	13.05.2026	Peter Sliwa	Opmerkingen review Projectgroep Tunnelrichtlijnen verwerkt
1.0	09.07.2026	Peter Sliwa	Goedgekeurd door Directieraad AWV
1.1	16.10.2026	Peter Sliwa	Nummering juist gezet, tabel 2-1 geüpdatet met tunnelboomstructuur, lay-out

INHOUDSOPGAVE

Colofon 2
Documentgeschiedenis 3
Inhoudsopgave 4
Afkortingen 5
0 Inleiding 6
1 Wettelijk kader 7
1.1 AREI 7
1.2 KB van 6 november 2007 7
2 Energievoorzieningen (C100) 8
2.1 Omschrijving 8
2.2 Beschikbaarheidscategorieën 8
2.3 Voedingsconcept 9
2.3.1 Werking bij kortstondige uitval primaire voeding 10
2.3.2 Werking bij langdurige uitval primaire voeding 11
2.4 Vermogensbalans 11
2.5 Algemene risicoanalyse 12
3 Netaansluitingen (C101) 17
3.1 Type netaansluiting 17
3.1.1 Enkelvoudige netaansluiting 17
3.1.2 Meervoudige netaansluiting 17
3.2 Algemene eisen 19
3.3 Opstelling 20
4 Hoogspanningsverdelingen (C106) 21
4.1 Algemene eisen 21
4.2 Specifieke eisen transformatoren 25
5 Laagspanningsverdelingen (C103) 27
5.1 Naamgeving laagspanningsborden 30
5.2 Algemene eisen 30
5.3 Specifieke eisen algemeen laagspanningsbord (ALSB) 31
5.4 Specifieke eisen lokaal laagspanningsbord (LLSB) 33
6 Noodstroomaggregaten (C104) 35
6.1 Algemene eisen 35
6.2 Opstelling 36
6.3 Brandstof 36
6.4 Emissie en geluid 37
7 UPS (C105) 39
7.1 Algemene eisen 40
7.2 Batterijen en opstelling 41
8 Kabeltracés (C107) 43
9 Raakvlakken 'Besturing, bewaking en bediening' (C800) 43
10 Alternatieve energievoorzieningen (C108) 43
11 Aardingen/Bliskembeveiligingen (C102) 43

AFKORTINGEN

AFKORTING	VERDUIDELIJKING
NSA	Noodstroomaggregaat
UPS	Uninterruptible power supply
LLSB	Lokaal laagspanningsbord
ALSB	Algemeen laagspanningsbord
HMI	Human Machine Interface

0 INLEIDING

De Vlaamse Tunnelrichtlijn is een verzameling documenten die ontwerpregels en richtlijnen voor tunnels beschrijven. De samenstelling van de Vlaamse Tunnelrichtlijn is nog in ontwikkeling. Stelselmatig worden documenten en hoofdstukken toegevoegd en bijgewerkt.

Het wordt aanbevolen om de hoofdstukken 'Omkadering' en 'Tunnelveiligheidsconcept' van de Vlaamse Tunnelrichtlijn door te nemen. Deze bieden inzicht in de gebruikte definities en geven een algemeen overzicht van een tunnelsysteem en de daarbij gedefinieerde rollen. Het hoofdstuk 'Standaarduitrustingen' van de Vlaamse Tunnelrichtlijn geeft een overzicht van welke tunnelvoorzieningen tot standaarduitrusting A, B en C behoren.

In het hoofdstuk 'C100 Energievoorziening' wordt nader ingegaan op de functionele eisen die gesteld worden bij het ontwerpen van energievoorzieningen voor tunnels. De opbouw van dit hoofdstuk start bij de netaansluiting, om uiteindelijk stroomafwaarts te eindigen bij een verbruiker.

Waar relevant is extra toelichting opgenomen over de reden voor bepaalde eisen en worden voorbeelden gegeven van manieren waarop eraan kan worden voldaan.

Hoofdstuk 1 geeft het **wettelijk kader** voor de energievoorziening.

Hoofdstuk 2 geeft een omschrijving van:

- de **verschillende componenten die tot de energievoorziening** behoren;
- de **beschikbaarheidscategorieën** die gedefinieerd worden;
- het **voedingsconcept;**
- een overzicht van de **kritische installaties en veiligheidsinstallaties**.

Hoofdstuk 3 geeft een overzicht van de functionele eisen die gesteld worden aan de **netaansluiting (C101)**.

Hoofdstuk 4 geeft een overzicht van de functionele eisen die gesteld worden aan de **hoogspanning (C106)**.

Hoofdstuk 5 geeft een overzicht van de functionele eisen die gesteld worden aan de **laagspanning (C103)**.

Hoofdstuk 6 geeft een overzicht van de functionele eisen die gesteld worden aan een **noodstroomaggregaat (C104).**

Hoofdstuk 7 geeft een overzicht van de functionele eisen die gesteld worden aan een **UPS (C105)**.

In de huidige versie van het document zijn de hierna volgende hoofdstukken nog leeg, deze zullen bij een volgende versie vervolledigd worden:

Hoofdstuk 8 geeft een overzicht van de functionele eisen die gesteld worden aan een **kabeltracé (C107)**.

Hoofdstuk 9 geeft een overzicht van de functionele eisen die gesteld worden aan **besturing, bewaking en bediening (C800)** van de energievoorziening. Dit wordt ook besproken in het hoofdstuk 'C800 – Besturing, Bewaking en Bediening' van de Vlaamse Tunnelrichtlijn.

Hoofdstuk 10 geeft een overzicht van de functionele eisen die gesteld worden bij het koppelen van **alternatieve energievoorzieningen (C108)** aan de energievoorziening.

Hoofdstuk 11 geeft een overzicht van de functionele eisen die gesteld worden aan **aardings- en bliksembeveiliging (C102)**.

1 WETTELIJK KADER

1.1 AREI

De wettelijke voorschriften voor elektrische installaties zijn vastgelegd in het *Algemeen Reglement op de elektrische installaties* (hierna: 'AREI').

1.2 KB VAN 6 NOVEMBER 2007

Artikelen 20 en 21 van het koninklijk besluit van 6 november 2007 betreffende de minimale technische veiligheidsnormen voor tunnels in het trans-Europese wegennet (hierna: 'KB van 6 november 2007') bevatten minimale technische veiligheidsnormen die betrekking hebben op energievoorzieningen:

- Art. 20. Alle tunnels beschikken over een noodstroomvoorziening om de werking van voor evacuatie essentiële veiligheidsvoorzieningen te verzekeren totdat alle gebruikers de tunnel hebben verlaten.

  Elektrische, meet- en regelcircuits zijn zodanig ontworpen dat plaatselijk falen, vanwege bijvoorbeeld brand, geen invloed heeft op de overige circuits.

- Art. 21. Het brandbestendigheidsniveau van de tunnelvoorzieningen weerspiegelt de technologische mogelijkheden en dient erop berekend te zijn bij brand de noodzakelijke veiligheidsfuncties in stand te houden.

2 ENERGIEVOORZIENINGEN (C100)

2.1 OMSCHRIJVING

De primaire functies van de energievoorziening zijn:

- het beschikbaar stellen van voldoende energie (elektriciteit, brandstof) om de verkeers- en tunneltechnische installaties te voeden;
- bij het falen van (een deel van) de installatie veilig gedrag vertonen en de juiste acties opstarten, bijvoorbeeld automatische omschakeling naar *Uninterruptible Power Supply* (UPS) en noodstroomaggregaat (NSA);
- het geven van de nodige input aan de besturings-, bedienings- en bewakingssystemen (C800) om eventuele problemen te signaleren;
- onderhoud en herstellingen faciliteren met minimale verstoring van het normale gebruik van de tunnel;
- veilig gedrag vertonen bij onderbreking van het bovenliggende elektriciteitsnet, naast het falen van de eigen installatie.

De energievoorziening bestaat uit de volgende componenten:

- een netaansluiting (C101);
- een hoogspanningsinstallatie (C106);
- een laagspanningsinstallatie (C103);
- een intern noodstroomaggregaat (C104);
- een UPS-installatie (C105).

Daarnaast zijn er raakvlakken met:

- kabeltracé (C107);
- bliksembeveiliging (C102);
- alternatieve energievoorzieningen (C108);
- de besturing, bewaking en bediening (C800).

FE. C100-001	De energievoorziening van een tunnel bestaat uit: - een netaansluiting (C101); - een hoogspanningsinstallatie (C106); - een laagspanningsinstallatie (C103); - een interne NSA (C104); - een UPS-installatie (C105).

2.2 BESCHIKBAARHEIDSCATEGORIEËN

De vereiste beschikbaarheid en betrouwbaarheid worden bepaald aan de hand van het belang van de verbinding binnen het wegennetwerk waarvan de tunnel deel uitmaakt (kritikaliteit). Zo is een tunnel op een Europese of Vlaamse hoofdweg belangrijker voor het netwerk dan andere tunnels. De impact van een tunnelsluiting is bovendien kleiner wanneer een realistische omleiding beschikbaar is. Niet elke tunnel in Vlaanderen heeft dus dezelfde behoefte aan redundantie.

Voor de beschikbaarheid van een tunnel bij uitval van de netvoeding worden twee categorieën onderscheiden:

Beschikbaarheidscategorie 1: Tunnels die bij uitval van de primaire voeding gedurende lange tijd of altijd geopend moeten kunnen blijven. Hun energievoorziening is volledig redundant door het plaatsen van grote

noodstroomaggregaten. Bij het wegvallen van de primaire voeding nemen die automatisch de volledige elektrische voeding van de tunnel over.

FE. C100-002	Tunnels met beschikbaarheidscategorie 1 moeten bij uitval van de primaire voeding open kunnen blijven voor het verkeer. Hun energievoorziening is volledig redundant door het plaatsen van noodstroomaggregaten. Bij het wegvallen van de primaire voeding nemen die automatisch de volledige elektrische voeding van de tunnel over.

Beschikbaarheidscategorie 2: Tunnels die bij uitval van de primaire voeding onmiddellijk worden afgesloten. Bij deze tunnels is de energievoorziening niet volledig redundant. Bij het wegvallen van de primaire voeding neemt een beperkt noodstroomaggregaat automatisch de elektrische voeding van de hoogstnoodzakelijke systemen over.

Het doel van dit noodstroomaggregaat is niet om de tunnel open te houden voor verkeer, maar om bij uitval van de primaire voeding monitoring te garanderen, de tunnel veilig voor verkeer af te sluiten en indien nodig schadebeperkende maatregelen te nemen, bijvoorbeeld het inschakelen van een pomp bij regenval om te voorkomen dat de tunnel onder water loopt. Hierdoor kan de tunnel, zodra de primaire voeding opnieuw beschikbaar is, zo snel mogelijk opnieuw worden opengesteld. Daarnaast is het noodstroomaggregaat noodzakelijk om onderhoud aan de hoogspanningsinstallatie in goede werkomstandigheden te kunnen uitvoeren.

FE. C100-003	Tunnels met beschikbaarheidscategorie 2 moeten bij uitval van de primaire voeding onmiddellijk en automatisch afgesloten kunnen worden voor het verkeer. Bij deze tunnels wordt een beperkt noodstroomaggregaat voorzien per dienstgebouw.

Standaard worden tunnels uitgevoerd met beschikbaarheidscategorie 2. Gezien het betrouwbare voedingsnet in Vlaanderen is het omwille van duurzaamheid en economische efficiëntie niet te verantwoorden elke tunnel volgens beschikbaarheidscategorie 1 uit te rusten.

2.3 VOEDINGSCONCEPT

De energievoorziening van een tunnel is als volgt opgebouwd:

De netaansluiting zorgt voor de primaire voeding van alle tunneltechnische installaties. Een deel van deze installaties moet beschermd worden tegen uitval van de primaire voeding: de zogenaamde veiligheidsinstallaties en kritische installaties zoals bepaald in het AREI. Dit gebeurt door het plaatsen van een redundante voeding in de vorm van een NSA en UPS.

Om steeds duidelijk te hebben hoe een installatie gevoed wordt, zijn binnen een tunnel verschillende netten gedefinieerd:

- het normaal-net: dit voorziet de primaire voeding aan alle tunneltechnische installaties;
- het NSA-net: dit voorziet de redundante voeding aan alle relatief grote verbruikers, waarbij een korte uitval acceptabel is. Deze korte uitval is beperkt tot de tijd nodig om het interne NSA op te starten;
- het UPS-net: dit voorziet de redundante voeding aan alle verbruikers waarbij geen enkele onderbreking toegelaten is.

De bepaling welke installaties op welk net geplaatst worden, gebeurt aan de hand van de risicoanalyse (zie verder in dit hoofdstuk).

FE. C100-004	De energievoorziening wordt opgedeeld in volgende netten:

	- het normaal-net: dit voorziet de primaire voeding aan alle tunneltechnische installaties; - het NSA-net: dit voorziet de redundante voeding aan alle relatief grote verbruikers, waarbij een korte uitval acceptabel is. Deze korte uitval is beperkt tot de tijd nodig om het interne NSA op te starten; - het UPS-net: dit voorziet de redundante voeding aan alle verbruikers waarbij geen enkele onderbreking toegelaten is.

De architectuur van de energievoorziening vanaf het transformatorniveau is zo ontworpen dat één voertuigkoker volledig uit dienst kan worden genomen. Dit maakt onderhoud en vernieuwingswerken mogelijk zonder beide voertuigkokers af te sluiten en beperkt bovendien de impact wanneer een onderdeel van de energievoorziening faalt.

Op hoogspanningsniveau zijn beide voertuigkokers wel als één geheel te beschouwen. Daarom moet bij het uitvoeren van een onderhoud op de hoogspanning de tunnel volledig worden afgesloten.

2.3.1 WERKING BIJ KORTSTONDIGE UITVAL PRIMAIRE VOEDING

Bij uitval van de primaire voeding zal de UPS via het UPS-net automatisch overnemen. Het NSA krijgt een startbevel en neemt daarna via het NSA-net de voeding over. Installaties die enkel door het normaal-net gevoed worden, vallen uit.

FE. C100-005	De energievoorziening moet bij het falen van de primaire voeding automatisch overschakelen op UPS en NSA. Als de primaire voeding opnieuw beschikbaar is, schakelt het interne NSA automatisch uit.

De primaire voeding kan uitvallen door twee oorzaken:

- het hoogspanningsnet waarop de tunnel is aangesloten kan een storing ondervinden;
- een onderdeel van de energievoorziening van de tunnel zelf kan falen.

Beide situaties worden beschouwd als uitval van de primaire voeding. Bij storingen door de eerste oorzaak is de tunnelbeheerder afhankelijk van de distributienetbeheerder. Daarom is het belangrijk de distributienetbeheerder zo vroeg mogelijk bij het ontwerp van de netaansluiting te betrekken, zodat ook dit deel zo robuust mogelijk kan worden ontworpen. Het oplossen van storingen door de tweede oorzaak neemt al snel meerdere uren in beslag, onder meer door aanrijtijd en probleemanalyse. Hiermee moet bij het ontwerp van de energievoorziening rekening worden gehouden.

Volgende aandachtspunten worden meegegeven:

- Om bij uitval van de primaire voeding een efficiënte en veilige interventie van technisch personeel te kunnen garanderen, is het belangrijk dat de verlichting in de dienstgebouwen en dienstkoker(s) blijft werken. Dit is strenger dan de wettelijke verplichting om enkel evacuatieverlichting te voorzien.
- Voor de veilige en snelle openstelling van de tunnel na het defect is bewaking, en eventueel bediening, nodig. Zo kan voorkomen worden dat bij hevige regenval de tunnel onder water loopt en kan via camerabeelden gedetecteerd worden of er na het afsluiten alsnog personen in de tunnel aanwezig zijn.
- De netaansluiting moet uitgeschakeld kunnen worden voor jaarlijks preventief onderhoud of een herstelling. Een interne NSA zorgt ervoor dat dit kan uitgevoerd worden tijdens een tunnelsluiting, zonder tijdsdruk, risico's van uitvallende batterijen van de UPS of de logistiek van het voorzien en aansluiten van een externe generator.

- Bij uitval van de primaire voeding mag pas opnieuw worden overgeschakeld op de primaire voeding als N van de N+1 transformatoren beschikbaar zijn.

FE. C100-006	De energievoorziening moet bij het falen van de primaire voeding een efficiënte en veilige interventie garanderen. Daarvoor wordt de verlichting in de dienstgebouwen en dienstkoker(s) aangesloten op het UPS-net.

2.3.2 WERKING BIJ LANGDURIGE UITVAL PRIMAIRE VOEDING

Bij langdurige afwezigheid van de primaire voeding moet het mogelijk zijn om met een externe generator, in samenwerking met het interne NSA, de tunnel veilig open te stellen voor het verkeer. Alle borden worden gevoed en er is voldoende vermogen om operationeel te blijven onder alle mogelijke uitbatingsscenario's. Indien mogelijk wordt het aansluitvermogen van de externe generator beperkt tot 1000 kVA per dienstgebouw.

Dit heeft te maken met de beschikbaarheid op de markt en de logistieke uitdaging om zulke grote generatoren ter plaatse te brengen. Aangezien het ter plaatse krijgen van een externe generator enige tijd vergt, kan dit enkel gebruikt worden bij een netuitval waarvan wordt ingeschat dat die relatief lang zal duren.

2.4 VERMOGENSBALANS

Afhankelijk van de bedrijfstoestand van de kokers is er meer of minder vraag naar energie. Meer informatie hierover is terug te vinden in het hoofdstuk *'C800 - Besturing, Bewaking en Bediening'* van de Vlaamse Tunnelrichtlijn. Sterk vereenvoudigd gaat het om de volgende toestanden:

- normaal verbruik (tunnel open voor verkeer);
- calamiteit richting XY;
- calamiteit richting YX;
- afgesloten tunnel (tunnel afgesloten voor verkeer wegens onderhoud, brand in een dienstgebouw enz.).

Met volgende uitbatingsscenario's wordt rekening gehouden (bij alle scenario's wordt rekening gehouden met de maximale toegestane belasting en piekstromen bij opstart installaties):

- scenario '**netvoeding**':
  Dit scenario gaat uit van een tunnel met een volledig functionerende energievoorziening, maar zonder de N + 1 transformator. Er wordt daarbij rekening gehouden met de maximale gelijktijdigheid van de tunneltechnische installaties op basis van de functionele analyses. Dit scenario omvat alle toestanden ('normaal verbruik', 'calamiteit richting XY', 'calamiteit richting YX', 'gesloten tunnel').
- scenario **'werking op UPS'**:
  Dit scenario bepaalt het benodigde vermogen dat de tunnel nodig heeft bij uitval van de primaire voeding, waarbij de UPS het UPS-net moet voeden. Dit scenario omvat alle toestanden ('normaal verbruik', 'calamiteit richting XY', 'calamiteit richting YX', 'gesloten tunnel').
- scenario **'werking op interne NSA'**:
  Dit scenario bepaalt het benodigde vermogen dat de tunnel nodig heeft bij een uitval van de primaire voeding, waarbij het interne NSA het NSA-net moet voeden. Dit scenario omvat de toestand 'gesloten tunnel'. Bij tunnels met beschikbaarheidscategorie 1 omvat dit scenario ook de scenario's 'calamiteit richting XY' en 'calamiteit richting YX'.
- scenario **'interne NSA + externe generator'**:
  Dit scenario bepaalt het benodigde vermogen dat de tunnel nodig heeft bij een langdurige niet-beschikbaarheid van de primaire voeding (door netproblemen bij de distributienetbeheerder of werken aan de netaansluiting/hoogspanning).

Dit scenario bepaalt de benodigde grootte van de externe generator. [1] Om die grootte te beperken, wordt ook gebruikgemaakt van het interne NSA. Samen moeten beide voldoende vermogen leveren om de tunnel voor verkeer open te stellen. Dit scenario omvat alle toestanden ('normaal verbruik', 'calamiteit richting XY', 'calamiteit richting YX', 'gesloten tunnel').

FE. C100-007	De energievoorziening moet voldoende vermogen beschikbaar stellen om de tunneltechnische installaties van voeding te voorzien en dit in alle mogelijke uitbatingsscenario's. Het bepalen van dit vermogen gebeurt in een vermogensbalans. De vermogensbalans houdt rekening met de functionele analyses van de verschillende tunneltechnische installaties om het maximaal gelijktijdige vermogen te bepalen. Dit maximaal gelijktijdige vermogen is het maatgevende scenario waarop de energievoorziening wordt ontworpen en waarop vervolgens ook het contractuele aansluitvermogen van de tunnel wordt bepaald.

FE. C100-008	De vermogensbalans wordt opgesteld voor de verschillende bedrijfstoestanden en onderstaande uitbatingsscenario's: - netvoeding; - werking op UPS; - werking op interne NSA; - werking op interne + externe generator.

Het is steeds de bedoeling dat alle verbruikers die gelijktijdig voeding kunnen vragen, ook gelijktijdig gevoed kunnen worden. Bij alle scenario's wordt daarom van het slechtst mogelijke geval uitgegaan. Installaties die gelijktijdig kunnen werken, worden in deze scenario's dus ook geacht gelijktijdig te werken.

Voor zwaardere verbruikers, zoals ventilatie, zal steeds een gefaseerde opstart voorzien worden. Hierdoor hoeft geen rekening gehouden te worden met de gelijktijdigheid van startstromen. De verbruiker met de grootste startstroom moet daarbij ook als laatste kunnen opstarten.

In het scenario 'werking op interne NSA' moet ook rekening gehouden worden met laadstromen voor de UPS'en.

2.5 ALGEMENE RISICOANALYSE

Het hoofdstuk 'Standaarduitrustingen' van de Vlaamse Tunnelrichtlijn bepaalt welke uitrusting moet voorzien worden.

Voor deze standaarduitrustingen wordt aan de hand van een risicoanalyse[2] bepaald welke uitrusting tot de veiligheidsinstallaties en kritische installaties behoort.

Deze risicoanalyse legt vast welke veiligheidsvoorzieningen essentieel zijn voor evacuatie, zoals bedoeld in artikelen 20 en 21 van het koninklijk besluit van 6 november 2007 betreffende de minimale technische veiligheidsnormen voor tunnels in het trans-Europese wegennet, en welke maatregelen nodig zijn voor voeding en brandbescherming.

[1] De externe generator kan ook bestaan uit meerdere kleine generatoren die samen het benodigde vermogen kunnen leveren.
[2] Het betreft hier **niet** de risicoanalysemethodiek 'QRA-tunnels 2.0', maar de risicoanalyse die moet gebeuren zoals voorgeschreven in het AREI.

FE. C100-009	De veiligheidsinstallaties en kritische installaties worden bepaald op basis van een risicoanalyse. De resultaten worden gebruikt als input voor het opstellen van de vermogensbalans.

De resultaten van de risicoanalyse kunnen verschillen van tunnel tot tunnel, maar dit zal naar verwachting beperkt zijn.

Omwille van de grote meerwaarde om in een vroege ontwerpfase te beschikken over deze risicoanalyse en aldus de indeling van de installaties, wordt hieronder op basis van een algemene risicoanalyse reeds aangegeven op welk net deze typisch aangesloten worden en welk functiebehoud voorzien moet worden. De tijd van functiebehoud is voornamelijk gefocust op functiebehoud bij brand, aangezien de NSA voor een langere periode dient voorzien te worden (zie C104). De risicoanalyse voor een specifieke tunnel kan deze algemene risicoanalyse overnemen of projectspecifieke aanpassingen doorvoeren.

Tabel 2-1 en Tabel 2-2 geven per component weer op welk bord deze moet worden aangesloten voor een tunnel met beschikbaarheidscategorie 2. Bij tunnels met beschikbaarheidscategorie 1 is de energievoorziening volledig redundant door het plaatsen van grote noodstroomaggregaten. Bij het wegvallen van de netvoeding nemen die automatisch de volledige elektrische voeding van de tunnel over. Of een component aanwezig moet zijn, wordt bepaald in het hoofdstuk 'Standaarduitrustingen'. Als alleen de hoofdcode (bijvoorbeeld C600) is opgenomen, moeten alle onderliggende installaties (bijvoorbeeld C601, C602 enz.) op dezelfde manier worden uitgevoerd.

Legende bij Tabel 2-1 en Tabel 2-2:

- : niet te voorzien;
✓: te voorzien;
(✓): mogelijk te voorzien;
60 = duur van functiebehoud bij brand.

Tabel 2-1: Algemene risicoanalyse voor een tunnel met beschikbaarheidscategorie 2

Component	Code	Veiligheidsinstallatie	Kritische installatie	Net			Functiebehoud [minuten]
				Normaal	NSA[3]	UPS	
Verlichting	C200						
Tunnelverlichting	C201						
Basisverlichting	C201a	✓	-	✓	✓	✓	60
Versterkingsverlichting	C201b	-	-	✓	-	-	-
Vluchtwegverlichting	C202	✓	-	✓	✓	✓	60
Hulppostverlichting	C204	-	✓	✓	✓	✓	60
Evacuatieverlichting	C205	✓	-	✓	✓	✓	60
Dynamische Vluchtwegaanduiding	C205c	✓	-	✓	✓	✓	60
Geleidingsverlichting	C205d	-	✓	✓	✓	✓	60
Ventilatie	C300						
Tunnelventilatie	C301	✓	-	✓	-	-	60
Luchtkwaliteitssensors	C302	-	✓	✓	✓	✓	60
Overdrukventilatie	C303						
Overdrukventilatie vluchtwegen	C303a	✓	-	✓	✓	-	60
Overdrukventilatie grensruimte	C303b	✓	-	✓	✓	-	60
Vloeistofafvoer	C350	-	✓	✓	(✓[4])	-	60
Verkeer	C400						
Rijstrooksignalisaties in tunnel	C401	-	✓	✓	✓	✓	60
Verkeersregelinstallaties	C402						

[3] Dit betreft enkel het interne NSA.

[4] Om de impact op de vermogensbalans te beperken kan het aantal beschikbare pompen, die voeding krijgen tijdens werking op het interne NSA, beperkt worden.

Component	Code	Veiligheidsinstallatie	Kritische installatie	Net			Functiebehoud [minuten]
				Normaal	NSA[3]	UPS	
Slagbomen	C402a	✓	-	✓	✓	✓	60
Verkeerslichten	C402b	✓	✓	✓	✓	✓	60
Verkeersdetectiesystemen	C403						
AID	C403a	-	✓	✓	✓	✓	60
Meetlussen/Verkeertelsystemen	C403b	-	✓	✓	✓	✓	60
Hoogtedetectiesystemen	C404	-	-	✓	-	-	-
Snelheidshandhavingssystemen	C405	-	-	✓	-	-	-
Cado-installaties	C406	-	✓	✓	✓	-	60
Variabele tekstuele borden (VMS)	C407	-	✓	✓	✓	✓	60
Toeritdoseringssystemen	C408	-	-	✓	-	-	-
Filemanagementsysteem	C409	-	-	✓	-	-	-
Detectiesysteem Verloren lading	C410	-	✓	✓	✓	✓	60
Detectiesysteem Onbevoegden	C411	-	✓	✓	✓	✓	60
Brandbestrijding	C500						
Brandblusinstallaties	C501	✓	-	✓	✓	-	60
Brandmeldinstallaties	C502	✓	-	✓	✓	✓	60
Hulpposten	C503	-	✓	✓	✓	✓	60
Communicatie	C600	-	✓	✓	✓	✓	60
Besturing, bewaking en bediening	C800	✓	✓	✓	✓	✓	60

Tabel 2-2: Overzicht van voorzieningen in het kader van exploitatie en onderhoud voor een tunnel met beschikbaarheidscategorie 2

Component	Code	Veiligheidsinstallatie	Kritische installatie	Net			Functiebehoud [minuten]
				Normaal	NSA	UPS	
Gebouwinstallaties	C700						
klimaatinstallaties	C701	-	✓	✓	-	-	-
toegangscontrolesysteem	C702	-	✓	✓	✓	✓	60
dienstgebouwverlichting	C703	✓	✓	✓	✓	✓	60
brandmeldsysteem	C704	✓	-	✓	✓	✓	60
brandblusvoorzieningen	C705	-	✓	✓	✓	-	60
liftinstallaties	C706	-	-	✓	-	-	-
hijs & hefwerktuigen	C707	-	-	✓	-	-	-
nutsvoorzieningen	C708	-	-	✓	-	-	-
poortbedieningen	C709	-	-	✓	✓	(✓)	-
sanitaire installaties	C710	-	-	✓	✓	(✓)	-

3 NETAANSLUITINGEN (C101)

In dit hoofdstuk worden de eisen behandeld die gesteld worden aan de netaansluiting. Onder netaansluiting wordt de aansluiting op het hoogspanningsnet van de distributienetbeheerder verstaan. Die aansluiting verloopt via de kopcabine van de distributienetgebruiker en is dus via een hoogspanningskabel op het net aangesloten.

3.1 TYPE NETAANSLUITING

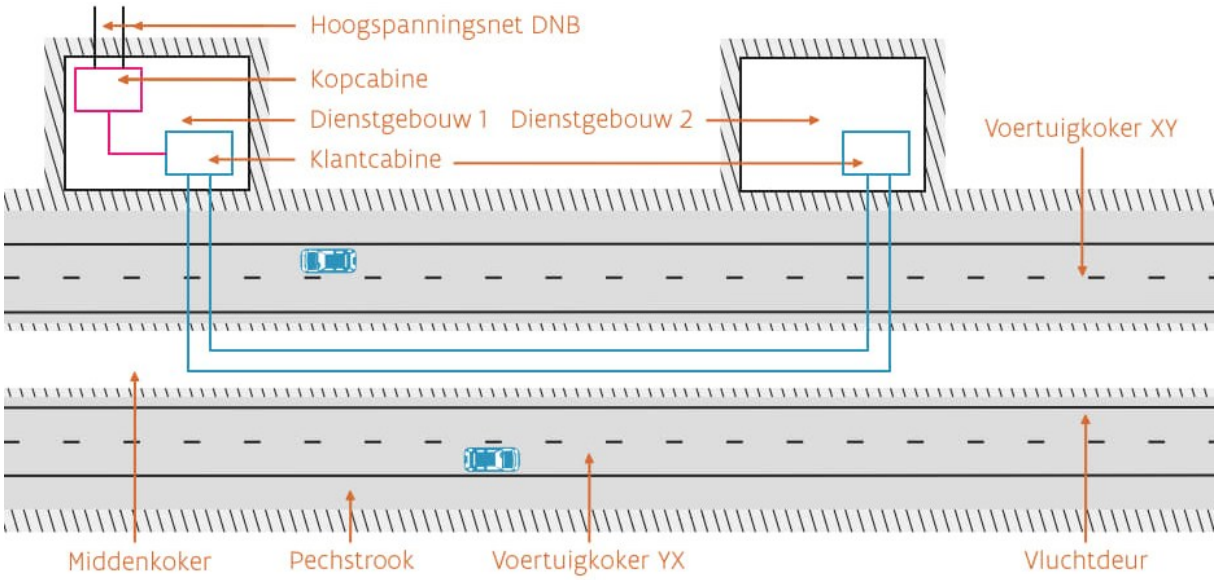
3.1.1 ENKELVOUDIGE NETAANSLUITING

Een enkelvoudige netaansluiting houdt in dat de energievoorziening van een tunnel vanuit één kopcabine gebeurt. De aansluiting in de kopcabine kan uitgevoerd worden in lus of in antenne.

Een hoogspanningsaansluiting 'in lus' wordt als standaard beschouwd. Hierbij komen twee hoogspanningskabels binnen in de kopcabine (aankomst en vertrek van de lus). De kopcabine maakt dan integraal deel uit van de hoogspanningslus van de distributienetbeheerder, wat de distributienetgebruiker een bevoorrading garandeert die van twee verschillende kabels kan komen, afhankelijk van de configuratie van de lus.

Een andere mogelijkheid is een aansluiting 'in antenne'. Daarbij komt er maar één kabel binnen in de kopcabine. Als de kabel door een netprobleem uitvalt, heeft de kopcabine geen bevoorrading meer. Deze vorm van aansluiting valt absoluut te vermijden.

FE. C101-001	De standaard netaansluiting bestaat uit één kopcabine. Deze wordt aangesloten "in lus" zodat de kopcabine integraal deel uitmaakt van de hoogspanningslus van de distributienetbeheerder, wat de distributienetgebruiker een bevoorrading garandeert die van twee verschillende kabels kan komen, afhankelijk van de configuratie van de lus.



Figuur 3-1: Principeschema van een enkelvoudige netaansluiting (lus)

3.1.2 MEERVOUDIGE NETAANSLUITING

Bij tunnels met beschikbaarheidscategorie 1 kan overwogen worden om in overleg met de distributienetbeheerder een tweede netaansluiting te voorzien. De schakelbevoegdheid tussen de verschillende

netaansluitingen zal steeds bij de distributienetbeheerder liggen. Daarbij zullen bijkomende eisen gesteld worden om ervoor te zorgen dat het onmogelijk is om beide aansluitingen parallel te schakelen.[5]

Indien meerdere netaansluitingen toegestaan worden door de distributienetbeheerder, heeft een aansluiting 'in lus' voor beide netaansluitingen nog steeds de voorkeur. Als tweede netaansluiting is een aansluiting 'in antenne' wel aanvaardbaar, omdat dit de betrouwbaarheid van de netaansluiting verhoogt. Een tweede netaansluiting gebeurt steeds op een ander net dan de eerste netaansluiting.

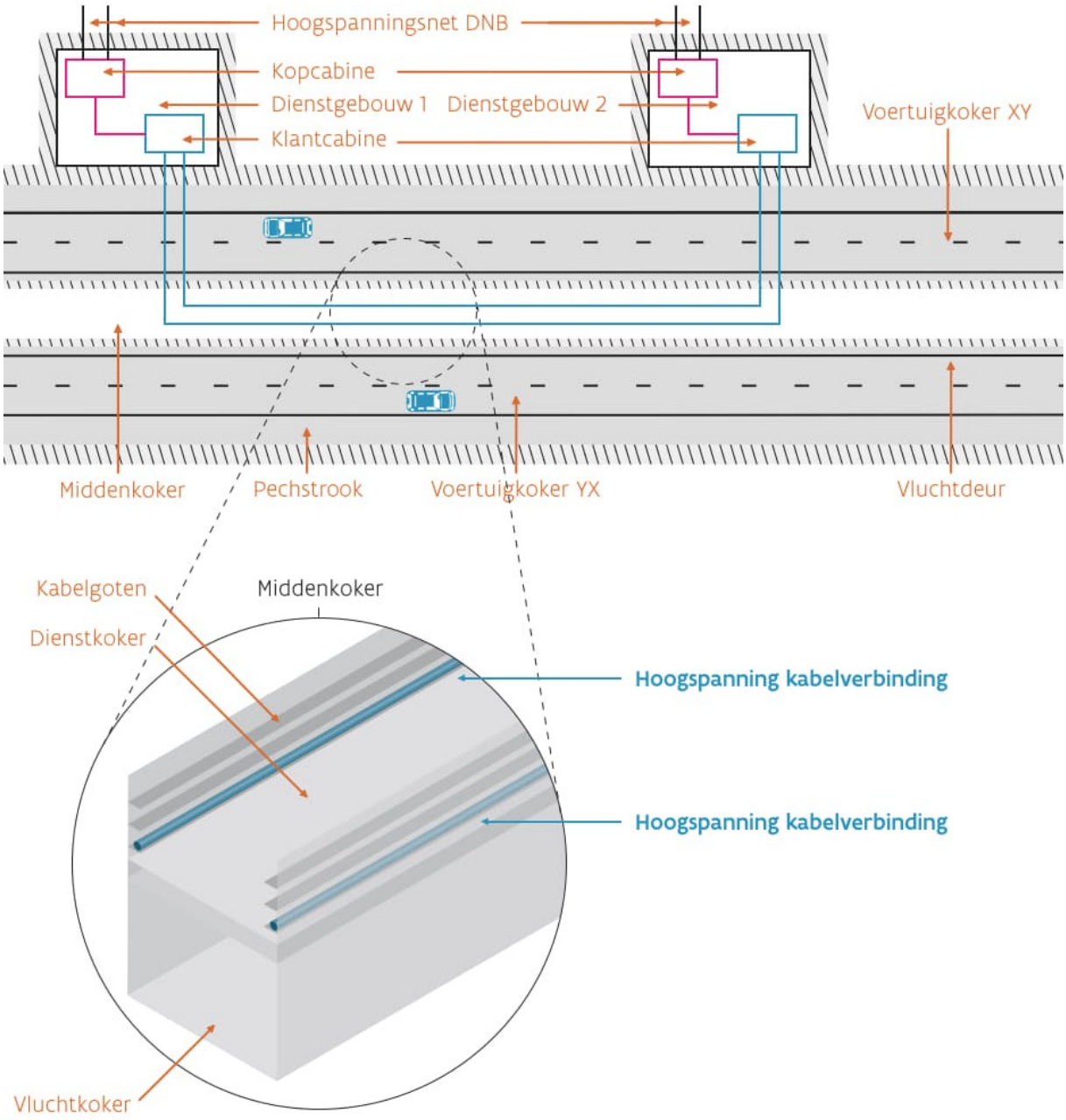
FE. C101-002	Bij het ontwerp voor de energievoorziening wordt reeds in een vroeg stadium de distributienetbeheerder betrokken. Dit om het geprefereerde inkooppunt van de tunnel en een eventueel noodzakelijke netuitbreiding reeds in de beginfase mee te kunnen nemen in de ontwerpen.

FE. C101-003	In afwijking van FE. *C101-001* kan worden gekozen voor een installatie die wordt opgebouwd uit twee kopcabines, één per dienstgebouw, met elk een aansluiting op een verschillend net van de distributienetbeheerder.

FE. C101-004	De elektrische installaties moeten zo ontworpen zijn dat er nooit een parallelschakeling van twee netaansluitingen op het openbare distributienet kan plaatsvinden.

Dit kan aan de hand van een sleutelbeveiliging en de nodige interlocks. De beveiliging tegen parallelschakeling is conform de meest recente overeenkomst met de distributienetbeheerder. De schakelbevoegdheid om te wisselen van netaansluiting ligt enkel bij de distributienetbeheerder.

[5] Het gebruik van een tweede netaansluiting als redundante voeding voor veiligheidsinstallaties en kritische installaties is niet toegelaten (AREI).



Figuur 3-2: Principeschema van een meervoudige netaansluiting (lus)

3.2 ALGEMENE EISEN

FE. C101-005	De netaansluiting dient bij een hoogspanningsdistributienetaansluiting conform de geldende regelgeving van de distributienetbeheerder en Synergrid te zijn.

Het contractueel aansluitvermogen wordt bepaald aan de hand van de vermogensbalans (zie eerder in dit document deel “vermogensbalans”).

FE. C101-006	Het contractueel aansluitvermogen moet volgen uit de vermogensbalans.

De hoogspanningscellen waarop de hoogspanningskabels van de distributienetbeheerder aangesloten worden, moeten de volgende functionaliteit hebben:

- De detectie van de aanwezigheid van netspanning (komende van het distributienet) dient mogelijk te zijn bij zowel open als gesloten schakeltoestand van de vermogensschakelaar in deze hoogspanningsschakelcellen.
- Dit signaal moet het mogelijk maken dat de bedienaar op elk ogenblik kan vaststellen of er spanning aanwezig is op het distributienet.

FE. C106-001	De hoogspanningscellen moeten de aanwezigheid van netspanning kunnen detecteren.

3.3 OPSTELLING

De kop- en klantcabine zijn steeds afzonderlijk van elkaar opgesteld in aparte ruimtes. Voor meer informatie over de klantcabine, zie verder in dit document bij hoogspanning (C106).

De ruimte van de kopcabine moet toegankelijk zijn zonder het dienstgebouw van de tunnel te betreden. Dit kan door ofwel de kopcabine in een betonnen prefab cabine te plaatsen, ofwel door een deur te voorzien in de buitengevel van het dienstgebouw die rechtstreeks toegang verleent tot de ruimte waarin de kopcabine opgesteld staat. Het doel daarbij is om te vermijden dat de distributienetbeheerder toegang moet krijgen tot de dienstgebouwen van de tunnel.

De kopcabine wordt bovengronds geplaatst om een eenvoudige toegang mogelijk te maken enerzijds en het risico op vochtproblemen te verkleinen anderzijds.

Voor verdere details over de eisen aan het lokaal, zie hoofdstuk “Gebouwen (B300)”.

FE. C101-007	De netaansluiting/kopcabine wordt in een bovengrondse aparte ruimte geplaatst.

FE. C101-008	De ruimte van de kopcabine moet toegankelijk zijn zonder het dienstgebouw van de tunnel te betreden.

4 HOOGSPANNINGSVERDELINGEN (C106)

Onder 'hoogspanningsverdelingen' wordt het interne hoogspanningsnet en alle bijbehorende componenten ter verdeling van de hoogspanning verstaan. Dit net vormt de verbinding van de netaansluiting/kopcabine naar de klantcabine(s) en transformatoren.

Per dienstgebouw wordt een klantcabine voorzien. Tussen de klantcabines onderling wordt een hoogspanningsverbinding in lus aangelegd. De kabels die deze lus vormen, mogen fysiek niet naast elkaar liggen, om bij een fout op de ene kabel de andere niet te beïnvloeden. Bij voorkeur wordt één kabelverbinding langs elke zijde van de dienstkoker gelegd.

De hoogspanningsinstallatie eindigt aan de transformatoren, inclusief de secundaire zijde van de transformatoren zelf.

4.1 ALGEMENE EISEN

De klantcabine is steeds in een aparte ruimte, afzonderlijk van de kopcabine, opgesteld. Elke hoogspanningsverdeelinrichting dient modulair te zijn opgebouwd waarbij individuele cellen en hun onderdelen eenvoudig te monteren en demonteren zijn. Elke hoogspanningsinstallatie wordt opgebouwd uit N + 1 transformatoren en hun schakelmateriaal, waarbij al het materiaal onderling uitwisselbaar moet zijn.

De transformatoren worden parallel geschakeld. De bedoeling is dat de transformatoren continu in gebruik zijn, doch alle tunneltechnische installaties kunnen werken op N transformatoren. De N + 1 transformator dient als reserve.

Deze keuze is gemaakt vanuit het oogpunt van:

- eenvoudig onderhoud of herstelling van een transformator of zijn schakelmateriaal;
- een maximale beschikbaarheid bij eventueel falen van een component.

Het hoogspanningsverdeelbord moet:

- conform zijn met een Synergrid-classificatie AA3x - 17,5kV - 20kA;
- voorzien zijn van een synoptisch schema.

Het synoptisch schema staat in voor het signaleren van netuitval, schakelaarstanden, storingen en het bedienen van de vermogensschakelaars en aardingschakelaars.

FE. C106-002	Elke hoogspanningsinstallatie wordt opgebouwd uit N + 1 transformatoren en hun schakelmateriaal, waarbij al het materiaal onderling uitwisselbaar moet zijn. De transformatoren worden parallel geschakeld.

FE. C106-003	De hoogspanningsinstallatie moet modulair opgebouwd zijn en conform zijn met Synergrid-classificatie AA3x - 17,5 kV – 20 kA.

FE. C106-004	Elk hoogspanningsverdeelbord dient voorzien te zijn van een synoptisch schema.

De informatie betreffende de instellingen van de beveiligingen die door de distributienetbeheerder worden opgelegd, wordt bij de distributienetbeheerder opgevraagd.

Mogelijke uitbatingsvormen: afhankelijk van het door de opdrachtnemer ontworpen opstartscenario kunnen de kortsluitvermogens variëren. Er wordt rekening gehouden met het worst-case opstartscenario.

FE. C106-005	De selectiviteit van de hoogspanningsinstallatie dient te allen tijde en bij alle mogelijke uitbatingsscenario's gegarandeerd te zijn.

Principe van uitbating: elke hoogspanningslus moet als een gesloten lus uitgebaat worden zolang er geen elektrische fout in de hoogspanningslus optreedt of schakelingen ten gevolge van onderhoud of herstelling moeten worden uitgevoerd. Dit garandeert dat er steeds voeding is, zelfs bij een enkelvoudige fout of onderbreking.

FE. C106-006	Elke hoogspanningslus moet als een gesloten lus uitgebaat worden.

Hoogspanningsschakelaars die vermogen moeten kunnen schakelen, dienen steeds als vermogensschakelaar uitgevoerd te worden en moeten handmatig in- en uitgeschakeld kunnen worden op de desbetreffende hoogspanningsschakelcel.

Daarnaast dienen deze hardwarematig door middel van een hangslot vergrendelbaar te zijn om op een veilige manier werkzaamheden, onder meer voor onderhoud, te kunnen uitvoeren.

FE. C106-007	Hoogspanningsschakelaars die vermogen moeten kunnen schakelen, dienen steeds als vermogensschakelaar uitgevoerd te worden.

De hoogspanningsverdeelborden dienen in een brandgecompartimenteerd hoogspanningsschakellokaal geplaatst te worden. Bij redundante borden dienen deze ieder in een eigen brandwerend lokaal geplaatst te worden.

Bijkomend moeten er voldoende hoogspanningsschakellokalen voorzien worden in de dienstgebouwen, conform klasse BB50 zoals gedefinieerd door Synergrid.

FE. C106-008	De hoogspanningsverdeelborden dienen in een brandgecompartimenteerd hoogspanningsschakellokaal geplaatst te worden.

FE. C106-009	Aardingsschakelaars moeten uitgevoerd worden als scheider met onderbrekingsvermogen.

Aardingsschakelaars mogen enkel vanop de desbetreffende hoogspanningsschakelcel bediend kunnen worden.

FE. C106-010	Aardingsschakelaars zijn enkel bedienbaar vanaf de hoogspanningsschakelcel.

Bij het optreden van een fout in een deel van de hoogspanningslus moeten de elektrische beveiligingen zodanig reageren dat enkel dit deel van de hoogspanningslus uitgeschakeld wordt. Een fout in de hoogspanningslus mag niet tot gevolg hebben dat een volledige hoogspanningsschakelinstallatie van de hoogspanningslus wordt onttrokken.

Na het schakelen van de elektrische beveiliging bij een fout in de hoogspanningslus is er dus tijdelijk (tot na herstel van de elektrische fout) geen gesloten uitbating mogelijk.

FE. C106-011	Bij het optreden van een fout in een deel van de hoogspanningslus, mag enkel het betrokken deel van de hoogspanningslus uitgeschakeld worden.

De besturing, bewaking en bediening (zie deel C800) moet in staat zijn om de vermelde functionaliteiten te realiseren. Deze informatie dient steeds raadpleegbaar te zijn en moet gevisualiseerd kunnen worden, ook in de op dat moment van toepassing zijnde monitoringsoftware.

FE. C106-012	De besturing en monitoring van de hoogspanningsinstallatie moeten een aantal vooraf bepaalde functionaliteiten realiseren en de informatie moet gevisualiseerd worden: - meting van spanning, stroom en het vermogen per hoogspanningsvermogensschakelaar; - standen van hoogspanningsvermogenschakelaars; - status beveiligingsrelais inclusief alarmen en storingen; - status energietransformatoren (individuele storing/alarm vanuit DMCR - beschermingsrelais voor transformatoren); - status hulpvoedingen; - historiek betreffende schakelingen, storingen en alarmen per hoogspanningscel; - status van het ontkoppelingsrelais.

Vermogensschakelaars dienen uitgerust te worden met een beveiligingsrelais. De beveiligingsrelais voor vermogensschakelaars dienen te zijn opgenomen in de lijst van erkende overstroomrelais van de geldende reglementering van Synergrid. Het toevoegen van functies aan deze relais is toegelaten in het kader van het realiseren van andere eisen. Het betreft steeds een indirect beveiligingsrelais.

FE. C106-013	Vermogensschakelaars dienen uitgerust te worden met een beveiligingsrelais.

De status en foutcurves (inclusief de instellingen) van de beveiligingsrelais dienen per hoogspanningsvermogensschakelaar uitgelezen te kunnen worden. Alle gelogde gegevens dienen 1 jaar plaatselijk raadpleegbaar te zijn door middel van uitleesapparatuur. De uitleesapparatuur moet het mogelijk maken de beschikbare informatie over te maken aan een courante datadrager (bijvoorbeeld een USB stick).

FE. C106-014	De status en foutcurves van de beveiligingsrelais dienen per hoogspanningsvermogensschakelaar uitgelezen te kunnen worden.

Het beveiligingsrelais moet bedienbaar zijn door een persoon die zich voor het gesloten hoogspanningsverdeelbord bevindt en dus recht voor het desbetreffend relais staat.

FE. C106-015	Het beveiligingsrelais moet bedienbaar zijn door een persoon die zich voor het gesloten hoogspanningsverdeelbord bevindt.

De beveiligingsrelais van de vermogensschakelaars die deel uitmaken van de hoogspanningslus, dienen bijkomend aan bovenstaande functies differentieelbeveiliging mogelijk te maken conform de voorschriften van de distributienetbeheerder.

FE. C106-016	Het beveiligingsrelais van de vermogensschakelaars moet minimaal een aantal vooraf bepaalde functies bezitten. Volgende specifieke functies dienen minimaal aanwezig te zijn op het beveiligingsrelais van vermogensschakelaars: - Herkennen van inrush-stroom van transformatoren en voorkomen dat hierop uitgeschakeld wordt. - Informatie uitwisselen met de interne besturing betreffende mogelijke storingen.

	- Manuele bediening van de vermogensschakelaar mogelijk maken. - Falen van de vermogensschakelaar kunnen detecteren (breaker-failure-melding). - Spanning, stroom en vermogensmeting.

De beveiligingsrelais die zijn opgenomen in de hoogspanningslussen moeten een fase-aardsluiting kunnen detecteren en moeten kunnen afschakelen in elke mogelijke uitbatingswijze. Bij uitbating vanuit de netaansluiting dienen de instellingen van de beveiligingsrelais voor het aanspreken van de beveiliging bij fase-aardsluiting afgestemd te worden met de voorwaarden opgelegd vanuit de distributienetbeheerder.

FE. C106-017	De beveiligingsrelais moeten een fase-aardsluiting kunnen detecteren en moeten kunnen afschakelen in elke mogelijke uitbatingswijze.

Het aarden van het barenstel dient onmogelijk te zijn als er nog andere vermogensschakelaars, behalve koppelschakelaars, in het desbetreffende hoogspanningsverdeelbord ingeschakeld zijn waarlangs energie naar het barenstel kan vloeien. Omgekeerd kunnen vermogensschakelaars niet ingeschakeld worden als het barenstel geaard is.

Een interlock die minimaal aanwezig dient te zijn, is om te verhinderen dat onder spanning staande barenstellen worden geaard.

Andere interlocks die noodzakelijk zijn vanuit het verdere ontwerp van de hoogspanningsinstallatie moeten geïntegreerd worden in het ontwerp.

FE. C106-018	Er zullen interlocks van de schakelaars worden voorzien. Barenstellen van hoogspanningsverdeelborden dienen geaard te kunnen worden.

FE. C106-019	De instellingen van de beveiligingsrelais zijn conform de uitbatingsvoorwaarden, uitbatingsscenario's en totale selectiviteit te bepalen.

FE. C106-020	Een hulpvoedingssysteem voor de componenten in het hoogspanningsverdeelbord dient opgesteld te worden in elk hoogspanningsschakellokaal.

De controle- en bedieningskringen van het hulpvoedingssysteem moeten zodanig opgedeeld worden opdat elke hoogspanningscel over een eigen schakelaar beschikt en afzonderlijk buiten dienst gesteld kan worden.

De storingsmeldingen van de hulpvoeding en de bijbehorende vertrekken dienen opgenomen te worden in de besturing, bediening en bewaking (C800).

FE. C106-021	De controle- en bedieningskringen van het hulpvoedingssysteem moeten zodanig opgedeeld worden opdat elke hoogspanningscel over een eigen schakelaar beschikt en afzonderlijk buiten dienst gesteld kan worden.

FE. C106-022	De communicatie tussen de verschillende hoogspanningsposten en de besturing, bediening en bewaking (C800), dient gerealiseerd te worden via het lokaal transmissienetwerk.

FE. C106-023	De hoogspanningskabels, die deel uitmaken van de lus, moeten gedimensioneerd worden uitgaande van de gedefinieerde uitbatingsscenario's.

De sectie moet aangetoond worden door middel van een berekeningsrapport waarbij de verschillende criteria en parameters (waaronder uitbatingsscenario's, evaluatie van de kortsluitstromen en plaatsingswijzen) worden vermeld.
Verder voldoet de kabel qua constructie en samenstelling aan de van toepassing zijnde bepalingen van het AREI. In ieder geval is elke kabel halogeenvrij.

De wapening van de hoogspanningskabels dient met de aarde verbonden te worden. Het principe van bonding dat toegepast wordt (single point, double point of cross bonding) dient door opdrachtnemer bepaald en gestaafd te worden.

4.2 SPECIFIEKE EISEN TRANSFORMATOREN

Bij oplevering dient een thermografisch onderzoek te gebeuren van de kabels tussen de secundaire zijde van de transformatoren en het ALSB bij het maatgevend uitbatingsscenario.

FE. C106-024	De verbinding tussen de transformatoren en het ALSB wordt uitgevoerd met kabels (geen busbar). De kabels tussen de secundaire zijde van de transformatoren en het ALSB moeten even lang zijn. Dit is een aandachtspunt bij parallelle opstelling van de transformatoren. Bij oplevering dient een thermografisch onderzoek te gebeuren.

Het thermografisch onderzoek moet bevestigen dat de kabelverbinding tussen de transformatoren en het ALSB correct werd uitgevoerd. Dit zowel van de bekabeling als van de aansluitingen. Langere kabels betekenen immers ook een verhoogde weerstand. Het thermografisch onderzoek zal deze verhoogde weerstand zichtbaar maken. Voor het thermografisch onderzoek moet er wel een significante belasting aanwezig zijn.

FE. C106-025	De secundaire zijde van de transformatoren heeft een spanning van 400 Vac. De primaire zijde hangt af van de bevoorrading door de distributienetbeheerder.

De transformatoren worden beveiligd met een DMCR (Detection, Measurement & Control Relay). Deze beveiliging tegen gasvorming, overdruk en te hoge temperatuur moet zowel de hoogspannings- als laagspanningsbeveiligingen van de desbetreffende transformator uitschakelen. De uitschakelbevelen dienen met bekabeling (niet draadloos) uitgevoerd te worden.

FE. C106-026	Elke transformator dient beveiligd te worden met een DMCR (Detection, Measurement & Control Relay).

De transformatoren worden elk in een eigen lokaal voorzien. Hoogspanningsverdeelborden en algemene laagspanningsverdeelborden worden in andere lokalen voorzien.

FE. C106-027	De transformatoren worden elk in een eigen brandgecompartimenteerd transformatorlokaal geplaatst.

De transformatoren worden zo gedimensioneerd dat zij bij maximale vermogensopname maximaal 80% belast zijn. De maximale vermogensopname volgt uit de vermogensbalans. Bij deze 80% moet geen rekening gehouden worden met piekstromen, zolang dit onder 100% van het nominale vermogen van de transformator blijft.

FE. C106-028	De transformatoren worden gedimensioneerd op maximaal 80% belasting.

FE. C106-029	De transformatoren zijn oliegekoeld van het type ONAN en voorzien van een lekbak.

Giethars-isolatie en/of geforceerde koeling is niet toegelaten.

FE. C106-030	Het toegekende vermogen van de transformator wordt gekozen uit de standaardreeks van 160 kVA – 250 kVA – 400 kVA – 630 kVA – 800 kVA en 1 000 kVA

Het leveren en installeren van transformatoren met een toegekend vermogen van 1 250 kVA of hoger kan slechts als uitzondering worden toegelaten. Binnen een hoogspanningsinstallatie zijn de transformatoren identiek en 100% onderling uitwisselbaar (hetzelfde klokgetal enz.).

FE. C106-031	Transformatoren worden aanraakveilig geleverd en geïnstalleerd.

5 LAAGSPANNINGSVERDELINGEN (C103)

Onder laagspanningsverdelingen wordt het interne laagspanningsnet en alle bijbehorende componenten ter verdeling van de laagspanning verstaan en dit stroomafwaarts vanaf de secundaire zijde van de transformatoren. Ook de aansluiting van de externe generator wordt hier voorzien.

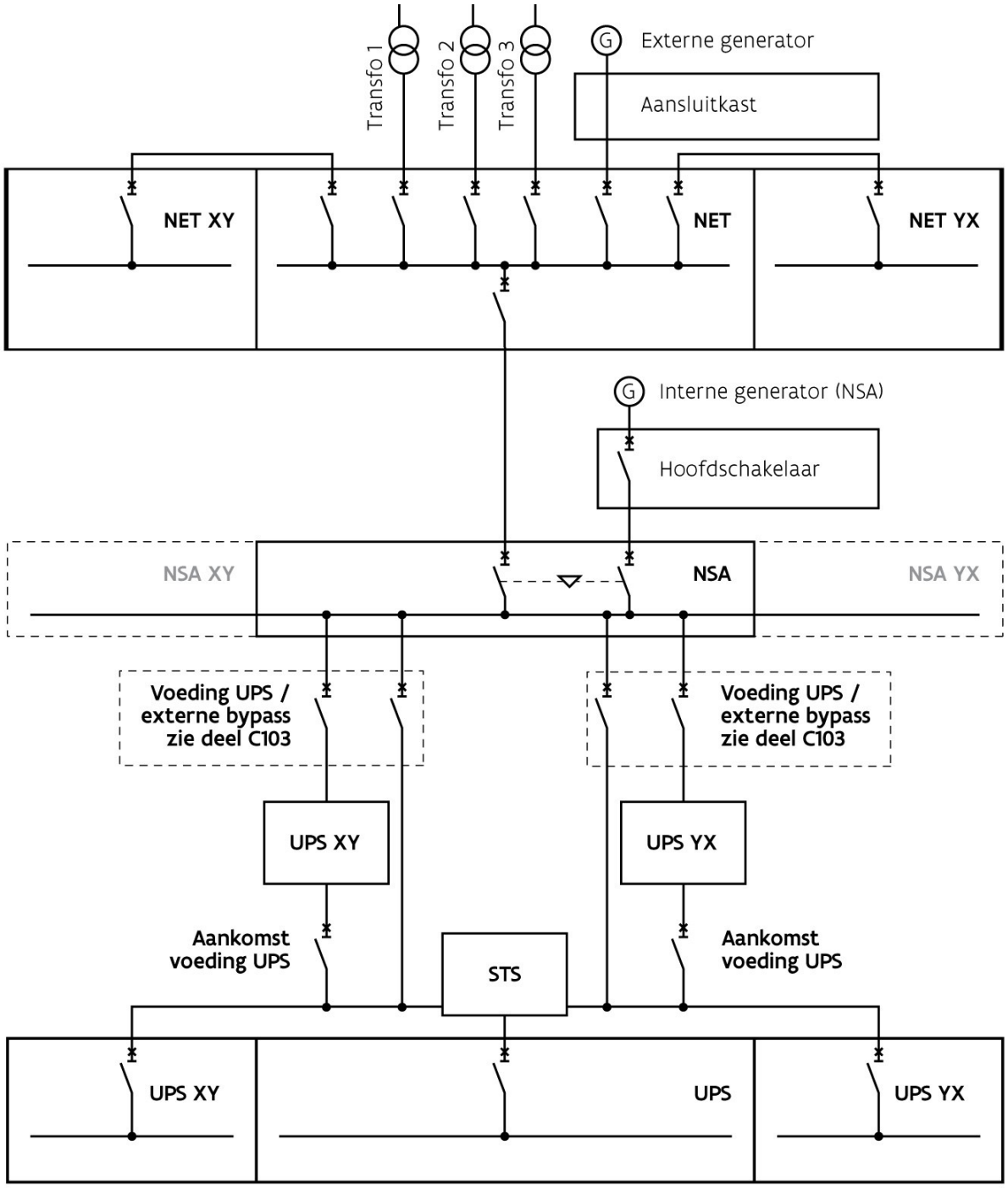
Per dienstgebouw worden twee lokalen voorzien om de algemene laagspanningsborden (ALSB) in te plaatsen: één lokaal voor de veiligheidsinstallaties en kritische installaties, die een redundante voeding krijgen van het **NSA-net en UPS-net**, en één lokaal voor de andere installaties, die enkel voeding krijgen van het **Normaal-net.** De tunnelventilatie vormt hierop een uitzondering: dit is een veiligheidsinstallatie die voeding krijgt van het **Normaal-net**.

Figuur 5-1 visualiseert het principeschema voor de laagspanningsverdeling (ALSB). Per net worden de ALSB opgesplitst in drie delen, een bord per voertuigkoker (= 2 stuks) en een bord voor de kokeroverschrijdende installaties.

Het NSA-net vormt hierop een uitzondering. Nagenoeg alle, tot zelfs alle verbruikers op dit bord zijn kokeroverschrijdend. De borden NSA-XY en NSA-YX worden daarom niet apart voorzien. Indien er verbruikers zijn voor deze kokers, dan moeten deze in een aparte kolom (één per koker) aan de buitenzijde van het NSA-netbord geplaatst worden. Dit wordt duidelijk gemaakt op figuur 5-1 door NSA-XY en NSA-YX in stippellijn te tekenen.

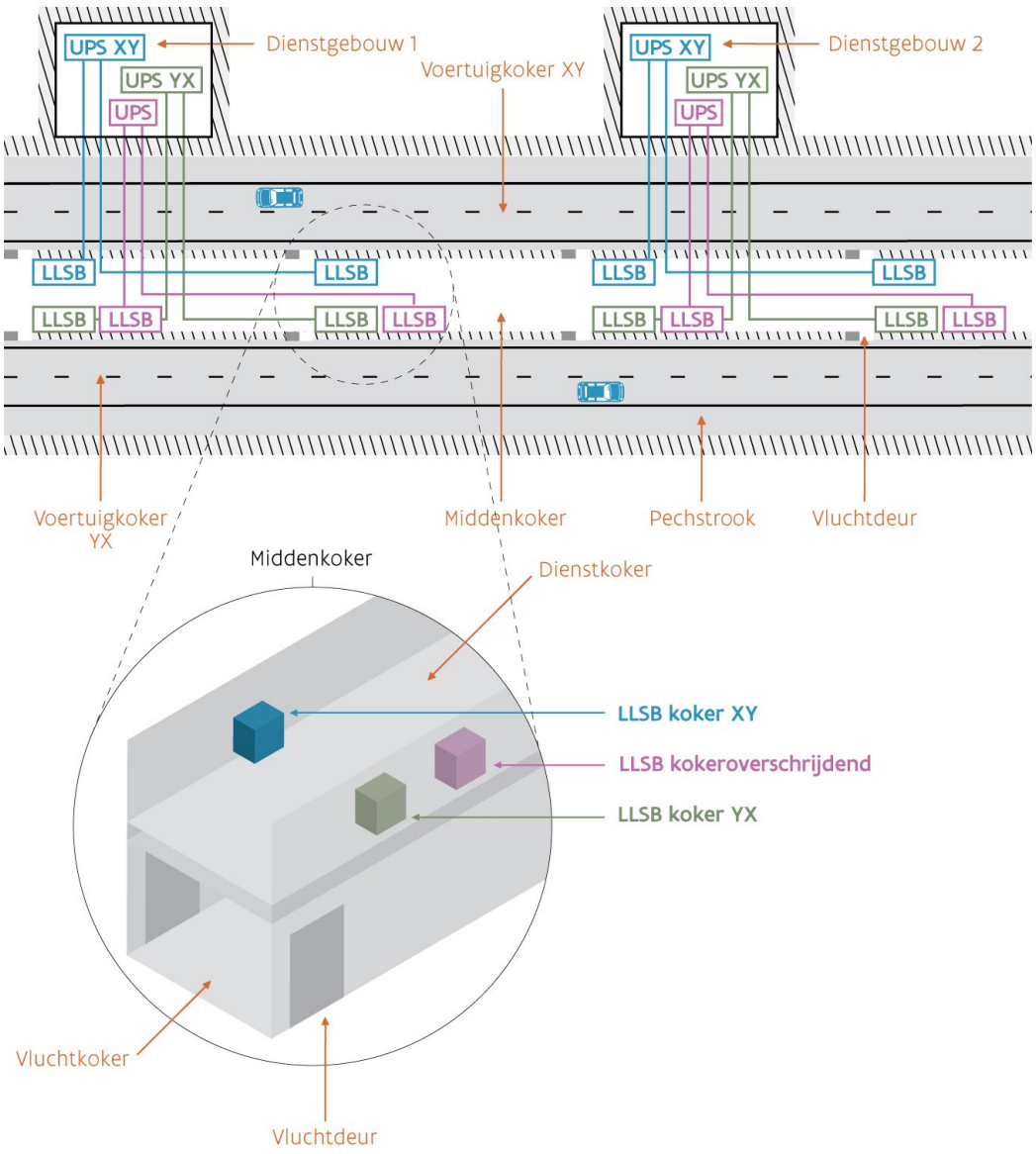
De vermogenschakelaars die de aankomst vormen tussen de transformatoren en de ALSB, worden in de ALSB geïntegreerd. Via het barenstel worden alle schuiven van voeding voorzien. Vanaf de schuiven vertrekken de voedingskabels dan rechtstreeks richting de verbruikers of naar een automatenbord.

De eerste keuze hierbij is rechtstreeks voeden vanaf de schuif. Grote individuele verbruikers, zoals bijvoorbeeld ventilatoren, worden daarbij gevoed vanuit een individuele schuif. Groepen van kleinere verbruikers worden steeds opgesplitst in kleinere groepen die minstens vanuit twee schuiven gevoed worden. De opeenvolgende verbruikers worden daarbij alternerend verdeeld over deze schuiven. De basisverlichting van een tunnelkoker is hier een goed voorbeeld. Om het aantal schuiven te beperken kunnen individuele verbruikers met een logische samenhang, hetzelfde C-nummer en/of dezelfde LLSB, met een beperkt vermogen ook vanuit een automatenbord gevoed worden. Het betreft hierbij uitsluitend verbruikers die zich achter de UPS bevinden. Dit automatenbord moet geïntegreerd zijn met het ALSB en heeft, in tegenstelling tot het ALSB, bouwvorm 2b.



Figuur 5-1: Principeschema voor de laagspanningsverdeling (ALSB)

De LLSB voor de voeding van verbruikers in een voertuigkoker worden opgesteld in de dienstkoker. Ter hoogte van elke vluchtdeur worden daarvoor drie LLSB voorzien: één per koker en één voor de kokeroverschrijdende installaties. De keuze om aan elke vluchtdeur een LLSB te voorzien, is gemaakt om een wildgroei aan kleine kastjes te vermijden. De tussenafstand wordt op deze manier ook beperkt gehouden om lokale netwerkaansluitingen mogelijk te houden. De opstelling wordt gevisualiseerd in figuur 5-2 voor een tunnel met twee dienstgebouwen en een middenkoker.



Figuur 5-2: Standaard opstelling van de LLSB in een tunnel met een middenkoker

Aandachtspunten

- Er is slechts een beperkte afstand toegelaten tussen de transformatoren en de vermogenschakelaars in het ALSB. Indien de kabels langer dan 5 meter zijn, moet aangetoond worden dat de beveiliging aan de hoogspanningszijde voldoende snel reageert;
- De transformatoren worden in het dienstgebouw geplaatst. Indien dit niet mogelijk is en deze in een betonnen cabine geplaatst worden, waarbij de bekabeling tussen de transformatoren en de vermogenschakelaars in volle grond tot in het dienstgebouw gebracht wordt, moet bij het binnenkomen in het dienstgebouw zo snel mogelijk overgegaan worden naar een ander kabeltype en een andere sectie. Bekabeling in volle grond kan immers minder warmte dissiperen; dit heeft tot gevolg dat de kabelsectie aanzienlijk groter wordt. Praktisch worden de vermogenschakelaars dan het best in de onmiddellijke omgeving van het binnenkomen van de kabels geplaatst, maar niet recht voor de doorvoeren in verband met waterindringing. In het ALSB dienen dan lastscheiders voorzien te worden in plaats van vermogenschakelaars;
- Bij het wegvallen van de netvoeding moeten alle beveiligingen in dienst blijven; er wordt dus niet gewerkt met minimaspoelen bij de laagspanning. Voorafgaand aan het herinschakelen van de

hoogspanning moet de belasting dus manueel afgeschakeld worden, om de hoogspanning onbelast te kunnen inschakelen. Daarna wordt de belasting gefaseerd opnieuw ingeschakeld;

- In het LLSB voor kokeroverschrijdende installaties zit ook steeds een netwerkswitch die aangesloten is op het glasvezelnet. De maximale lengte voor UTP-bekabeling is 100 meter. Hiermee moet rekening gehouden worden bij de inplanting van installaties die een netwerkverbinding nodig hebben en gevoed worden vanuit het LLSB dat bij deze vluchtdeur hoort.
- Bij een grote afstand tussen de UPS en de verbruiker moet extra aandacht besteed worden aan de beveiliging tegen kortsluiting. De kortsluitstroom kan dan immers onvoldoende zijn om de beveiliging te doen reageren. Dit dient meegenomen te worden in de kabelberekeningen en de karakteristieken van de beveiliging dienen meegenomen te worden in het ontwerp van de LLSB.

5.1 NAAMGEVING LAAGSPANNINGSBORDEN

De naamgeving van de ALSB volgt het principe van de opdeling in netten (Normaal - NSA - UPS). Op deze manier kan men uit de bordnaam, zowel op plan als ter plaatse voor het bord, meteen afleiden of er een redundante voeding gegarandeerd is en vanuit welke vervangingsbron.

Rijrichtingen: XY en YX

Normaal-net:

- kokeroverschrijdend: **NET**
- koker 1: **NET XY**
- koker 2: **NET YX**

NSA-net:

- kokeroverschrijdend: **NSA**

UPS-net

- kokeroverschrijdend: **UPS**
- koker 1: **UPS XY**
- koker 2: **UPS YX**

5.2 ALGEMENE EISEN

FE. C103-001	Alle beveiligingen in zowel ALSB als LLSB moeten voorzien zijn van terugmeldingscontacten.

FE. C103-002	Het moet mogelijk zijn om op elke laagspanningsschakel- en verdeelinrichting 20% extra vermogensvraag aan te sluiten zonder dat hiervoor aanpassingen aan het bord betreffende thermische huishouding of capaciteitsuitbreidingen van de barenstellen vereist zijn.

De berekening hiervoor moet gebeuren op de opgestelde vermogensbalans. De reserves van stroomafwaarts gelegen kasten worden niet mee doorgerekend bij de stroomopwaarts gelegen kasten.

FE. C103-003	De componenten die instaan voor de statusmonitoring van de laagspanning (C103) dienen zodanig gevoed te worden dat de tunnelbesturing (C805) de status kan bepalen bij verlies van voeding. Indien de voeding van een component wegvalt is het voldoende om de status van deze component te kennen, statusmonitoring van stroomafwaartse kringen is op dat moment niet van belang.

Wanneer een verdeelbord spanningsloos is, dient de tunnelbesturing (C805) dit waar te kunnen nemen vanuit de status van de voedende kring. De status van de beveiligingen van de stroomafwaartse kringen is bij uitval van de voeding niet van belang. Opdrachtnemer dient in een analyse te bepalen welke componenten daartoe door middel van de UPS gevoed dienen te worden.

5.3 SPECIFIEKE EISEN ALGEMEEN LAAGSPANNINGSBORD (ALSB)

FE. C103-004	De ALSB moeten opgebouwd zijn volgens NBN-EN-IEC 61439-2 bouwvorm 4b.

Het is evenwel toegestaan om in het UPS-net een verdeelbord met bouwvorm 2b (volgens NBN 61439) in het ALSB te integreren. Dit geldt voor verbruikers met beperkt vermogen die logischerwijs vanuit hetzelfde vertrek gevoed worden, maar omwille van selectiviteit een eigen automaat nodig hebben. Alle automaten in dit type verdeelbord moeten worden voorzien van een terugmeldcontact.

FE. C103-005	Voor elk vertrek van het ALSB wordt een energiemeting voorzien. Alle voorziene energiemetingen moeten gelogd worden.

De gelogde metingen moeten raadpleegbaar en exporteerbaar zijn.

FE. C103-006	Per ALSB dient bij aanleg: - 20% reserveruimte te worden voorzien, waarvan 10% geïnstalleerde reserve. - Van elk type schuif dient ten minste één reserve te worden geïnstalleerd, aan te vullen met de meest courante type schuiven tot de 10% bereikt is.

De benodigde reserve-aansluitingen op de barenstellen dienen voorzien te worden. Uitbreidingen op het barenstel moeten kunnen gebeuren zonder het uitvoeren van pons- of boorwerken op het barenstel.

FE. C103-007	Per voertuigkoker dient elke deelinstallatie afzonderlijk geschakeld te kunnen worden. Een uitschakeling van een kring mag geen invloed hebben op andere deelinstallaties die aangesloten zijn op hetzelfde barenstel.

FE. C103-008	Elke voertuigkoker krijgt een eigen UPS-installatie en een eigen UPS-net.

In het hoofdstuk van de UPS (C105) wordt dit verder toegelicht.

FE. C103-009	Elke UPS wordt voorzien van een externe bypass. De externe bypass dient beveiligd te worden via een interlockschakelaar ter beveiliging tegen parallelwerking met de netvoeding.

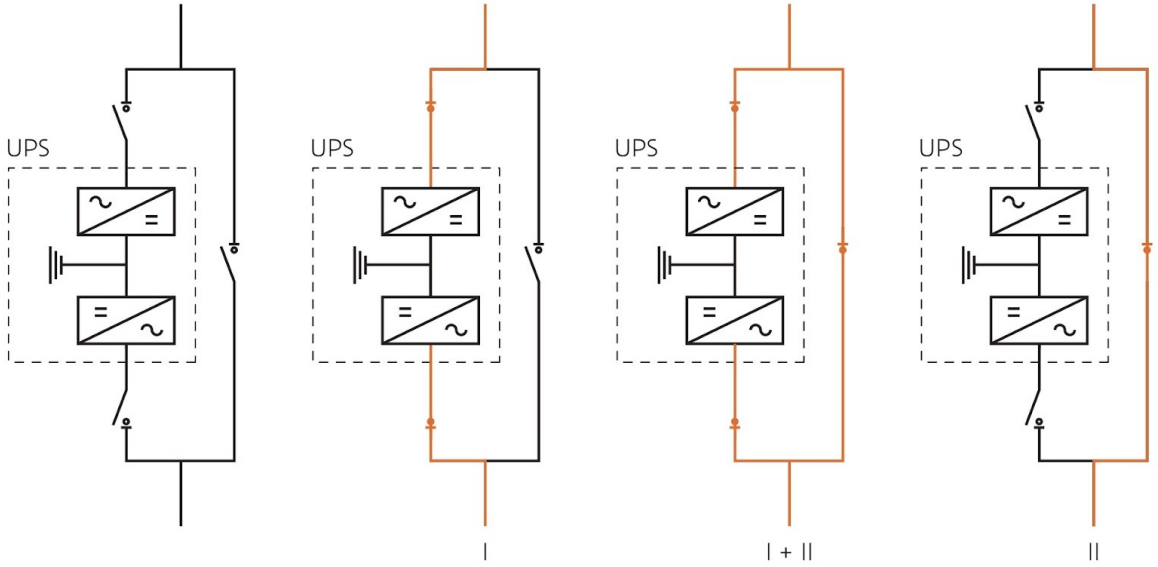
Met deze externe bypass kan de UPS spanningsloos geschakeld worden voor onderhoud of bij problemen met de UPS, terwijl het UPS-net ondertussen rechtstreeks gevoed kan worden vanuit het NSA-net.

De schakelaar voor de externe bypass moet van het type ‘make before break’ zijn. Bij het bedienen van deze schakelaar mag er geen onderbreking zijn in de voeding van de verbruikers op het UPS-net (overlapping contact switching, I; I+II; II).

De combinatie van 3 lastschakelaars met interlock vormt de bypass van de UPS zonder onderbreking van de voeding van de verbruikers op het UPS-net. Hiervoor moeten beide elektrische bronnen (NSA-net en UPS) gesynchroniseerd zijn en de UPS in zijn interne 'onderhoudsbypass' staan.

FE. C103-010	De schakelaar voor de externe bypass is van het type 'make before break'. Bij het bedienen van de schakelaar mag er geen onderbreking zijn in de voeding van de verbruikers op het UPS-net.

In Figuur 5-3 wordt het principe gevisualiseerd. De eerste deelfiguur geeft de verschillende componenten weer (een UPS en drie lastschakelaars), de tweede deelfiguur toont een operationele UPS (Status I), de vierde deelfiguur toont een ingeschakelde externe bypass (Status II) en de derde deelfiguur toont de overgang waarbij alle drie lastschakelaars ingeschakeld zijn (Overgang I + II).



Figuur 5-3: Voorstelling van het 'make before break'-principe bij een externe bypass

FE. C103-011	Volgende types schuiven zijn mogelijk: - Type 1: Omkeerbare motorschuif - Type 2: Schakelbare schuif - Type 3: Niet schakelbare schuif (zuivere feeder) - Type 4: Niet omkeerbare motorschuif

FE. C103-012	Op elke schakelbare schuif is manuele bediening van de contactor van de schuif mogelijk, buiten de PLC om. Voor elke mogelijke bediening of toestand is telkens een set signaallampjes aanwezig om de toestand van de schuif en de standmelding van de schakelaar aan te duiden.

De bediening is mogelijk met de aanwezige drukknoppen. Hierbij is steeds de mogelijkheid voorzien om de schuif in en uit te schakelen, alsook om de beveiliging te resetten. Voor de omkeerbare schuiven is er de bijkomende mogelijkheid om de tegenrichting te selecteren.

FE. C103-013	Er wordt per dienstgebouw een aansluiting voorzien voor een externe generator. Deze aansluiting is zwaar genoeg om de tunnel volledig operationeel te houden, dit in samenwerking met het interne NSA.

De aansluiting is voldoende zwaar om alle transformatoren, behalve de reserve, over te nemen.

Dit wordt steeds per dienstgebouw bekeken. Het is dus ook mogelijk dat er slechts in één dienstgebouw beroep wordt gedaan op een externe generator en dat de andere dienstgebouwen nog via de transformatoren gevoed worden.

Om het benodigde vermogen van deze externe generator binnen de perken te houden is het toegestaan om deze te laten samenwerken met de interne generator.

Er wordt in ontwerpfase ook een instructiefiche opgemaakt met de vermelding van:

- Het nodige vermogen van deze externe generator;
- De voorziene opstelplaats;
- De te voorziene lengte van de aansluitkabels;
- De te voorziene aansluitingen van deze kabels.

De aansluitkast voorziet in de mogelijkheid om aan te sluiten via het Powerlock-systeem en wordt daarvoor voorzien van vrouwelijke Powerlock-connectoren. In de kast zelf is ook een klemmenstrook aanwezig om een rechtstreekse aansluiting van de bekabeling eveneens mogelijk te maken.

FE. C103-014	De laagspanningsborden worden uitgerust met de noodzakelijke bliksem- en overspanningsbeveiliging om de elektrische installaties te beschermen tegen de gevolgen van directe en indirecte blikseminslag.

Voor het bepalen van de nodige beveiliging moet een risicoanalyse volgens de norm NBN EN 62305-2 uitgevoerd worden.

FE. C103-015	Opeenvolgende LLSB/technieken moeten vanuit een andere schuif gevoed worden.

5.4 SPECIFIEKE EISEN LOKAAL LAAGSPANNINGSBORD (LLSB)

FE. C103-016	Onderschakel- en onderverdeelinrichtingen dienen te zijn opgebouwd volgens NBN-EN-IEC 61439-2[6] bouwvorm 2b.

Een voorbeeld van een onderschakelinrichting zijn de borden in de dienstkoker.

FE. C103-017	Elk LLSB wordt onafhankelijk gevoed van de andere LLSB.

Elk LLSB heeft dus zijn eigen automaat. Deze automaten zijn selectief ten opzichte van de bovenliggende voeding.

FE. C103-018	Elk LLSB wordt ofwel kokerspecifiek ofwel kokeroverschrijdend gevoed.

FE. C103-019	Bij boortunnels is de tussenafstand tussen opeenvolgende LLSB beperkt tot maximaal 125 m.

[6] NBN. (2021). *NBN-EN-IEC 61439:2 Laagspanningsschakel-en-verdeelinrichtingen*

In een boortunnel waarbij de afstand tussen de vluchtdeuren groter dan 100 meter kan zijn (maximaal 250 meter), worden extra LLSB voorzien om de afstand tussen opeenvolgende LLSB beperkt te houden tot maximaal 125 meter.

FE. C103-020	Per LLSB dient bij aanleg ten minste 20% fysieke reserveruimte aanwezig te zijn, zowel in nuttig vrij (plaat)oppervlak als in ruimte voor bijbehorende bekabeling, doorvoeren en wartels. Deze nieuwe stroombanen moeten op gelijkaardige wijze kunnen worden gemonteerd als de stroombanen die bij eerste aanleg worden voorzien.

FE. C103-021	Coördinatie type 2 conform IEC 60947-4 moet toegepast worden.

De contactor mag bij kortsluiting geen gevaar opleveren voor personen en installaties en moet nadien nog kunnen werken.

FE. C103-022	Het ontwerp van de verdeelborden dient zodanig ingericht te worden dat de inwendige kasttemperatuur onder 40°C blijft en dat daarvoor geen actieve ventilatie of koeling van het verdeelbord noodzakelijk is. Daarnaast dient er voor dimensionering van componenten uitgegaan te worden van een inwendige kasttemperatuur van 40°C (in verband met derating). Het beheersen van de inwendige kasttemperatuur met passieve ventilatie van het verdeelbord dient voorzien te worden door C103.

De keuze van een maximale temperatuur van 40°C werd overgenomen uit de norm 61439.

FE. C103-023	Het aantal verschillende verdeelborden en de toegepaste types dienen aantoonbaar te zijn geminimaliseerd. Verdeelborden en componenten met dezelfde functie dienen van hetzelfde fabrikaat te zijn.

Het beperken van het aantal verschillende types zal het onderhoud makkelijker maken. Ook kan de voorraad van reserveonderdelen hierdoor tot een minimum beperkt worden.

De opdrachtnemer dient in een analyse aan te tonen wat het optimale aantal typen verdeelborden en fabricaten is.

FE. C103-024	In de ontwerpfase dient in overleg met externe partijen bepaald te worden welke energievoorziening voor deze partijen benodigd is en onder welke voorwaarden.

Het betreft externe partijen met een functie in de tunnel zoals mobiele operatoren, A.S.T.R.I.D., ... Onderwerpen van afstemming zijn benodigd vermogen, beveiliging en noodstroomvoorziening.

FE. C103-025	Kabels dienen ter plaatse van de kabeldoorvoer voldoende tegen zettingen van de bodem te zijn beschermd.

6 NOODSTROOMAGGREGATEN (C104)

Het doel van het noodstroomaggregaat (NSA) is zowel het NSA-net als het UPS-net van voeding te voorzien en ook de batterijcel van de UPS weer op te laden. Het NSA zal een aantal tunnelinstallaties met een groter vermogen voeden als de netspanning is weggevallen, zoals bijvoorbeeld een aantal pompen in de pompstations, de drukverhogingspompen voor het voeden van de brandleiding en de overdrukventilatie van de vluchtkoker. De aansluiting voor een externe generator wordt voorzien in het deelsysteem C103 'Laagspanningsverdelingen'.

6.1 ALGEMENE EISEN

De dimensionering volgt uit de op te stellen vermogensbalans. Het benodigde vermogen van het NSA is de eerstvolgende standaardmaat van de fabrikant, volgens 80% van het opgegeven Prime Power-vermogen. 10% overbelasting van het opgegeven Prime Power-vermogen is toegelaten gedurende 1 uur per 12 uur.

FE. C104-001	De dimensionering van het NSA volgt uit de vermogensbalans. Het benodigde vermogen van het NSA is de eerstvolgende standaardmaat van de fabrikant, volgens 80% van het opgegeven Prime Power vermogen, bij een cos ϕ van 0,8 (volgens ISO 8528)

FE. C104-002	Het NSA werkt steeds op 3 x 400V + N.

FE. C104-003	In de interne besturing dient een scenario te worden voorzien waarmee de noodstroominstallatie met belasting wordt getest op het correct inschakelen, synchroniseren en weer uitschakelen. Hierbij hoort ook een planning voor het voorgeschreven testinterval: belast 1x/jaar (zonder verkeer) en onbelast (automatisch) 1x/maand. Ook hiervoor dient een gedetailleerd stappenplan opgesteld te worden. De eisen van de fabrikant voor de testmomenten dienen gevolgd te worden.

De jaarlijkse belaste test van de noodstroominstallatie kan tezelfdertijd uitgevoerd worden met het jaarlijks onderhoud van de hoogspanningsinstallatie, om het aantal volledige tunnelsluitingen te beperken.

FE. C104-004	Elk NSA dient te zijn voorzien van een autonome interne besturing die alle besturingsfuncties voor het functioneren van de noodstroominstallatie omvat. Er dient ook een HMI voorzien te zijn om de status van het NSA en de parameters na te gaan. Tevens dient het logboek raadpleegbaar te zijn via deze HMI. Ook het testbedrijf moet gelogd worden en: - ter plaatse uitgelezen kunnen worden naar een courant beschikbare datadrager; - aan het besturingssysteem worden doorgegeven (C800 raakvlak).

FE. C104-005	Elk NSA dient voorzien te zijn van een draaiurenteller in de interne besturingskast. De draaiuren moeten tevens aan het besturingssysteem worden doorgegeven (C800 raakvlak).

FE. C104-006	Elk NSA dient binnen 1 minuut na het wegvallen van de netspanning het volledige vermogen te kunnen leveren.

6.2 OPSTELLING

FE. C104-007	De NSA's dienen te worden geplaatst in een af te sluiten en brandgecompartimenteerd lokaal. De leidingen voor de luchtaanvoer en -afvoer voldoen aan de eisen rond brandcompartimentering, beschreven in het hoofdstuk 'B300 - Gebouwen' van de Vlaamse Tunnelrichtlijn.

FE. C104-008	De brandstoftank voor de noodstroomvoorziening dient te worden geplaatst in een af te sluiten lokaal in de nabijheid van de NSA's. Dit lokaal voldoet aan de eisen rond brandcompartimentering, zoals beschreven in het hoofdstuk 'B300 - Gebouwen' van de Vlaamse Tunnelrichtlijn.

FE. C104-009	De brandstofopslagtanks dienen vanaf de buitengevel gevuld te kunnen worden met behulp van een vulpunt in een apart afsluitbare en vandalismebestendige vulkast met lekbak in RVS (AISI 316). Naast het brandstofvulpunt dient een aardingsvoorziening voor de tankwagen aanwezig te zijn, die is aangesloten op het aardingssysteem C102. De brandstofopslag voor de noodstroomvoorziening dient te voldoen aan de volgende eisen: - voorzien te zijn van een ontluchting naar buiten; - voorzien te zijn van een lokale niveau-indicatie; - voorzien te zijn van een permanent lekdetectiesysteem (tussen de beide tankwanden), werking niet op batterij; - voorzien te zijn van systeem om overvulling te voorkomen; - voorzien te zijn van mangat en ladder. Bij de brandstofopslagtank dient ook een conformiteitsattest afgeleverd te worden.

FE. C104-010	Elk NSA dient als geheel geplaatst te worden op een frame met trillingsdempers met een antitrillingsrendement van minstens 95%. Bij de stabiliteitsstudie moet rekening gehouden worden met de dynamische vergroting wanneer het NSA in werking is.

6.3 BRANDSTOF

FE. C104-011	Elk noodstroomaggregaat dient voorzien te zijn van een brandstofmeetvoorziening in de interne besturingskast. De brandstofvoorraad dient tevens aan het besturingssysteem te worden doorgegeven. Bij een brandstofniveau lager dan 25% dient een alarm gegenereerd te worden (C800 raakvlak).

Elk noodstroomaggregaat dient voorzien te zijn van een brandstofmeetvoorziening in de interne besturingskast. De brandstofvoorraad dient tevens aan het besturingssysteem te worden doorgegeven. Bij een brandstofniveau lager dan 25% dient een alarm gegenereerd te worden (C800-raakvlak).

FE. C104-012	Het NSA moet op diesel (EN590) werken. De brandstofvoorraad bedraagt steeds minimaal 3000 liter voor de voorraadtank en 300 liter voor de dagtank.

FE. C104-013	De brandstofvoorraad van tunnels van beschikbaarheidscategorie 1 (zie *FE C100-002*) moet daarbovenop ook voldoen aan onderstaande criteria. De brandstofvoorraad van het NSA moet minimaal toelaten dat het NSA werkt: - 8 uur op maximaal vermogen; - 72 uur bij typisch verbruik, om een weekend te overbruggen.

Bij de dimensionering van de brandstoftank dient er rekening mee gehouden te worden dat minimaal 2.000 liter kan worden bijgetankt. Een tankinhoud van meer dan 5.000 liter kan altijd, indien de voorzieningstijd dit vereist. Dit is ook afhankelijk van het vermogen van het NSA → VLAREM klasse 2.
Het alarmniveau van de hoofdtank staat op 33%.

In geval van 72 uur typisch verbruik wordt uitgegaan van 33% maximaal vermogen gedurende 72 uur.
Vuistregel: 25 liter/uur per 100 kVA belasting.
Bijvoorbeeld bij 800 kVA → 265 kVA gedurende 72 uur; 25 liter/uur * 2,65 = 66,25 liter/uur x 72 = 4.770 liter.
Bijvoorbeeld bij 400 kVA → 132 kVA gedurende 72 uur; 25 liter/uur * 1,32 = 33 liter/uur x 72 = 2.376 liter.
Bijvoorbeeld bij 250 kVA → 82,5 kVA gedurende 72 uur; 25 liter/uur * 0,825 = 20,63 liter/uur x 72 = 1.485,36 liter.

In geval van 8 uur op nominaal vermogen wordt uitgegaan van 100% maximaal vermogen gedurende 8 uur.
Vuistregel: 25 liter/uur per 100 kVA belasting.
Bijvoorbeeld bij 800 kVA → 800 kVA gedurende 8 uur; 25 liter/uur * 8 = 200 liter/uur x 8 = 1.600 liter.
Bijvoorbeeld bij 400 kVA → 400 kVA gedurende 8 uur; 25 liter/uur * 4 = 100 liter/uur x 8 = 800 liter.
Bijvoorbeeld bij 250 kVA → 250 kVA gedurende 8 uur; 25 liter/uur * 2,5 = 75 liter/uur x 8 = 600 liter.

4.770 liter → tank van 4.900 liter of eerstvolgende standaardmaat tank → VLAREM klasse 3.
2.376 liter → tank van 3.000 liter (minimuminhoud voorraadtank) → VLAREM klasse 3.
1.485,36 liter → tank van 3.000 liter (minimuminhoud voorraadtank) → VLAREM klasse 3.

6.4 EMISSIE EN GELUID

FE. C104-014	De uitlaatemissies van de NSA's dienen te voldoen aan de geldende Europese wetgeving voor "niet voor de weg bestemde" motoren (NRMM-verordening).

FE. C104-015	Het uitlaatsysteem van de NSA's dient minstens te worden voorzien van een knaldemper om geluid naar de omgeving binnen de grenzen te houden, zoals gesteld in de geldende regelgeving op het moment van publicatie. Er moet nagekeken worden of de NSA's voldoen aan het 'VLAREM II Bijlage 2.2.1. Milieukwaliteitsnormen voor geluid in open lucht'. Bij het koelsysteem moet er nagekeken worden of geluidsdemping nodig is, zie VLAREM II Bijlage 2.2.1. Indien er luchtkanaalwerk nodig is, moet er ook nagekeken worden of geluidsdemping nodig is, zie VLAREM II artikel 4.5.4.1. Dit kan het uitvoeren van een geluidsstudie inhouden om na te gaan of er aan deze gestelde eisen wordt voldaan.

Het uitlaatsysteem van de NSA's dient minstens te worden voorzien van een knaldemper om geluid naar de omgeving binnen de grenzen te houden, zoals gesteld in 'VLAREM II Bijlage 2.2.1. Milieukwaliteitsnormen voor geluid in open lucht'. Bij het koelsysteem moet nagekeken worden of geluidsdemping nodig is, zie VLAREM II Bijlage 2.2.1. Indien er luchtkanaalwerk nodig is, moet ook nagekeken worden of geluidsdemping nodig is, zie VLAREM II artikel 4.5.4.1. Dit kan het uitvoeren van een geluidsstudie inhouden om na te gaan welke maatregelen daarvoor nodig zijn en om bij oplevering te valideren of aan deze gestelde eisen wordt voldaan.

FE. C104-016	De noodstroominstallatie dient te zijn voorzien van koeling door een water-lucht-systeem met gesloten primaire koelkring (water) en open secundaire kring (lucht). De koelwaterpomp dient vervangbaar te zijn zonder het koelwater af te laten uit het systeem.

FE. C104-017	Verschillende NSA's in één tunnel dienen per tunnel identiek te zijn wat hun bouwconcept betreft. Het te leveren vermogen per NSA wordt afgestemd op het te leveren vermogen per dienstgebouw.

Toelichting bouwconcept: dit omvat hetzelfde merk en type dieselmotor, dezelfde smeerolie van de dieselmotor, hetzelfde merk en type alternator, eenzelfde opbouw van het koelsysteem en eenzelfde besturingssysteem. Dit dient om het periodiek onderhoud en het beheer van wisselstukken te vereenvoudigen.

FE. C104-018	De noodstroominstallatie dient zodanig te worden opgesteld dat er onderhoudswerkzaamheden aan een NSA kunnen worden uitgevoerd zonder andere tunnelinstallaties te hinderen in het functioneren.

FE. C104-019	De toe- en afvoer van lucht voor de NSA's dient afgesloten te kunnen worden met een kleppenregister in het toe- en afvoerkanaal dat opent bij het starten van één of meer NSA's en sluit nadat alle NSA's uit bedrijf zijn. Het openen van de klep mag niet afhankelijk zijn van een externe voedingsbron en dient fail-safe te gebeuren.

Het kleppenregister dient zowel bij netvoeding als bij de normale werking van de NSA's te functioneren.

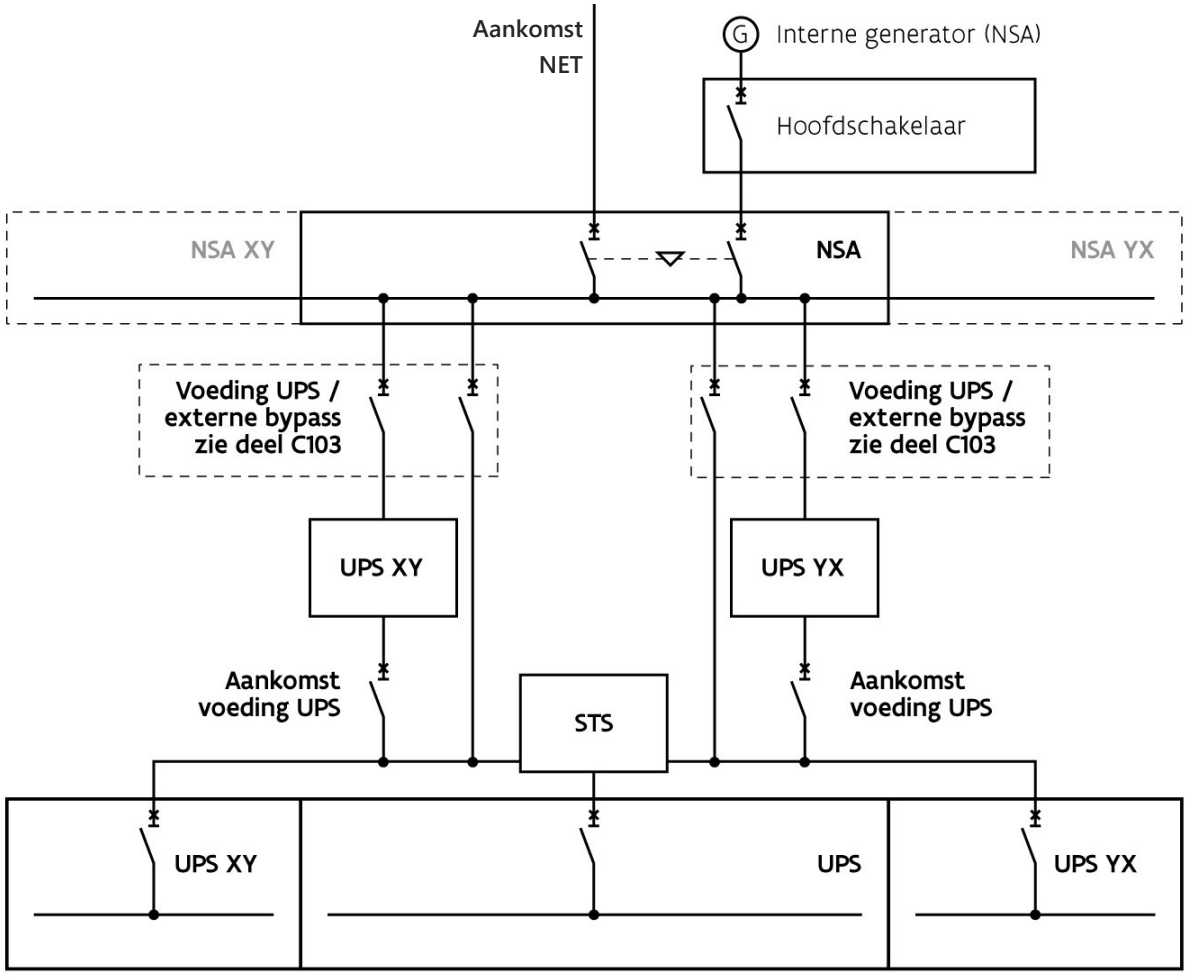
FE. C104-020	Het NSA dient ook de UPS'en te voeden. Het NSA moet in staat zijn om bij maximale belasting de batterijcel op te laden met minimaal 0,1C laadstroom.

7 UPS (C105)

Het doel van de UPS is het leveren van een ononderbroken voeding aan tunnelinstallaties in de periode tussen het wegvallen van de netspanning en het volledig functioneren van het NSA. Als het noodstroomaggregaat volledig functioneert, zal het zowel het NSA-net als het UPS-net van voeding voorzien en ook de batterijcel van de UPS weer opladen.

Verder dient iedere UPS voorzien te zijn van een externe bypass. Met deze externe bypass kan de UPS spanningsloos geschakeld worden voor onderhoud of bij problemen met de UPS. Als de UPS vervangen dient te worden, kan de externe bypass ook gebruikt worden om het UPS-net rechtstreeks te voeden vanuit het NSA-net.

De externe bypass van de UPS wordt voorzien in het deelsysteem C103 'Laagspanningsinstallatie'.



Figuur 7-1: Principeschema voor de laagspanningsverdeling (ALSB) met focus op UPS- en NSA-net

7.1 ALGEMENE EISEN

De UPS dient de energievoorziening voor de aangesloten verbruikers op het UPS-net automatisch te continueren bij spanningsuitval in een tunnel of voertuigkoker. Indien er een NSA aanwezig is, dient de UPS-installatie de op de UPS aangesloten verbruikers gedurende ten minste 30 minuten ononderbroken van voeding te kunnen voorzien.

Deze 30 minuten dienen om bij een eventueel defect van het NSA de operator toe te laten:

- om dit op te merken;
- om de tunnel veilig af te sluiten.

FE. C105-001	De UPS dient de energievoorziening voor de aangesloten verbruikers op het UPS-net automatisch te continueren bij spanningsuitval in een tunnel of voertuigkoker.

FE. C105-002	De UPS-installatie dient de op de UPS aangesloten verbruikers gedurende ten minste 30 minuten ononderbroken van voeding te kunnen voorzien indien er een NSA aanwezig is, en gedurende minimaal 60 minuten als er geen NSA geïnstalleerd is.

De UPS is van het type ‘statisch, er mogen geen UPS-installaties gebruikt worden die werken met mechanische energieopslag of vliegwielen.

FE. C105-003	De UPS dient van het type ‘statisch’ te zijn.

FE. C105-004	De UPS-installatie dient voorzien te zijn van een testvoorziening die de installatie automatisch met een instelbare frequentie en duur kan testen. Vast onderdeel van de test dient het vaststellen van de kwaliteit van de batterijcel te zijn.

Aangezien de mogelijkheid voorzien is om één voertuigkoker elektrisch uit dienst te nemen terwijl de rest van de tunnel in dienst blijft, worden maatregelen genomen om de voertuigkokeroverschrijdende deelinstallaties met een tunnelveiligheidsfunctie te blijven voeden. Er wordt minstens één UPS per voertuigkoker voorzien. De voeding van de kokeroverschrijdende tunnelveiligheidsinstallaties verloopt via de statische omschakelaar (STS), die op elk moment gevoed wordt door één van de twee UPS-installaties. Bij een uitval of het uit dienst nemen van de ene UPS schakelt de STS zonder onderbreking over naar de reserve-UPS. De voertuigkokeroverschrijdende tunnelveiligheidsinstallaties hebben dus geen ‘eigen’ UPS. De keuze van de voedende UPS is afhankelijk van de beschikbaarheid.

FE. C105-005	Voor voertuigkokeroverschrijdende deelinstallaties, die aangesloten zijn op een UPS-net, wordt een redundante voeding voorzien door middel van een statische omschakelaar (STS). De STS is aangesloten op twee UPS-installaties. Deze redundante voedingen mogen geen parallelschakeling van de desbetreffende voedingen toelaten.

FE. C105-006	Elke UPS-installatie wordt voorzien van een digitaal informatiepaneel, waarmee de volgende grootheden kunnen worden afgelezen: - beschikbare hoeveelheid energie in de batterijcel; - spanning in V;

	- stroomsterkte in A; - werkelijk vermogen in kW; - schijnbaar vermogen in kVA; - reactief vermogen in kVAR; - cosinus phi.

FE. C105-007	Tijdens normale werking van de UPS-installatie, dient de stroom via de omvormer van de UPS te lopen (double conversion).

FE. C105-008	Elke UPS-installatie wordt voorzien van een automatische interne bypass, die bij een storing of overbelasting in de gelijk- of wisselrichter de continuering van de uitgangsspanning verzorgt.

De interne bypass wordt ook wel de interne onderhoudsbypass genoemd. Voor klein onderhoud en inspectie volstaat doorgaans deze bypass. Wanneer de UPS in zijn geheel vervangen of onderhouden moet worden, wordt gebruikgemaakt van de externe bypass. De externe bypass van de UPS wordt voorzien in het deelsysteem C103 'Laagspanningsinstallatie'.

FE. C105-009	De UPS-installatie dient de energieopslag van de UPS automatisch te besturen en te bewaken. De beschikbare hoeveelheid energie in een UPS, uitgedrukt als een percentage, dient zichtbaar te zijn voor het besturingssysteem. Dit geldt ook voor de geschatte resterende autonomietijd.

7.2 BATTERIJEN EN OPSTELLING

De batterijen van de UPS-installatie dienen zodanig gedimensioneerd en opgesteld te worden dat de vereiste autonomie en betrouwbaarheid van de energievoorziening gewaarborgd blijven.

FE. C105-010	De batterijen dienen binnen 8 uur tot 80% en binnen 24 uur op 100% van de ladingscapaciteit (Ah) te worden opgeladen, gerekend vanaf volledige uitputting.

FE. C105-011	De autonomie dient berekend te worden op basis van het maximaal gelijktijdig vermogen.

De batterijcapaciteit dient bepaald te worden op basis van 20 °C omgevingstemperatuur en 100% van de gespecificeerde maximale capaciteit van de batterij in nieuwtoestand. De autonomie dient berekend te worden op basis van het maximaal gelijktijdig vermogen.

De batterijen dienen onderhoudsvrij te zijn en hebben een levensduur van minimaal 10 jaar, volgens Eurobat Long Life specificaties. De resterende capaciteit dient na 10 jaar ten minste 80% te bedragen van de batterijcapaciteit in nieuwtoestand. De batterijen dienen te voldoen aan de EUROBAT-richtlijnen en geleverd te worden met EUROBAT-certificaat. De reden dat de autonomie niet behaald moet worden na veroudering (min 80%) is dat de UPS hoogstwaarschijnlijk niet op maximaal gelijktijdig vermogen zal belast worden.

FE. C105-012	De batterijen dienen onderhoudsvrije loodzuurbatterijen te zijn en een levensduur te hebben van minimaal 10 jaar, volgens de Eurobat Long Life-specificaties, en geleverd te worden met EUROBAT-certificaat.

FE. C105-013	De batterijcapaciteit dient bepaald te worden op basis van 20°C omgevingstemperatuur op basis van de door de fabrikant opgegeven nominale capaciteit van een nieuwe batterij (100%). De resterende batterijcapaciteit dient na 10 jaar ten minste 80% te bedragen van de batterijcapaciteit in nieuwtoestand.

De batterijen van de UPS-installatie dienen te worden geplaatst in een af te sluiten batterijlokaal. De ventilatie van dit lokaal dient te voldoen aan de norm NBN EN IEC 62485-2 (2018).

Het batterijlokaal dient een lokaal te zijn waar de temperatuur minimum 15°C en maximum 20°C is. Ook de vochtigheid moet gelijkmatig zijn gedurende het jaar, tussen de 40 % en de 60 %. Condensvorming moet te allen tijde vermeden worden.

FE. C105-014	De batterijen van de UPS-installatie dienen te worden geplaatst in een af te sluiten batterijlokaal. De ventilatie van dit lokaal dient te voldoen aan NBN EN IEC 62485-2. Het batterijlokaal dient een lokaal te zijn waar de temperatuur minimum 15 °C en maximum 20 °C is. Ook de luchtvochtigheid moet gelijkmatig zijn gedurende het jaar, tussen de 40% en de 60%. Condensvorming moet te allen tijde vermeden worden.

FE. C105-015	De UPS-installatie dient te voorzien in alle veiligheidseisen voor de batterijen die door de fabrikant en door de NBN EN IEC 62485-2 worden gesteld.

8 KABELTRACÉS (C107)

9 RAAKVLAKKEN 'BESTURING, BEWAKING EN BEDIENING' (C800)

10 ALTERNATIEVE ENERGIEVOORZIENINGEN (C108)

11 AARDINGEN/BLISKEMBEVEILIGINGEN (C102)