

Elektrische beïnvloedingen kruisende 150 kV hoogspanningsverbinding op spoorlijn Amsterdam - Woerden



Abbeelding 1, overzicht met spoorlijnen (blauw) en bovengrondse hoogspanningslijnen (rood) in Google Earth

2.2 Toelaatbare beïnvloeding

Functioneren van apparatuur

Magneetvelden en/of verstoring van signalen in aangesloten kabels kunnen de werking van elektronische) apparatuur aantasten. Voor elektromagnetische compatibiliteit dient de apparatuur van ProRail te voldoen aan de immuniteitseisen van norm NEN-EN 50121-4. Voor apparatuur buiten de 3 meter zone (3 meter tot hart dichtstbijzijnde spoor) dient de immuniteit te voldoen aan de eisen van NEN-EN 61000-6-2. Volgens deze norm dient de apparatuur (enclosure port) normaal te blijven werken bij blootstelling aan magneetvelden van 30 A/m (37,7 μ T).

Toepassing van apparatuur in een omgeving met hogere magneetvelden dan de immuniteit waarvoor deze apparatuur is gegarandeerd kan mogelijk leiden tot falen van deze apparatuur.

Blootstelling mensen aan magnetische inductie

Volgens ICNIRP moet de blootstelling van algemene bevolking aan magnetische velden van 50 Hz zijn beperkt tot 100 μ T. Voorberoepsbevolking wordt uitgegaan van een blootstellingslimiet (actiewaarde) van 500 μ T.

Overbruggingsspanningen

De optredende spanningen op de spoorssystemen van ProRail moeten worden getoetst aan de eisen uit NEN-EN 50122-1. De toelaatbare aanraakspanningen (wisselspanning) zijn in tabel 1 opgenomen. Hierbij is uitgegaan van de aanraakspanningen waarin een additionele weerstand van schoeisel (1000 Ohm) is opgenomen (effective touch voltages).

Elektrische beïnvloedingen kruisende 150 kV hoogspanningsverbinding op spoorlijn Amsterdam - Woerden

Tabel 1, Toelaatbare aanraakspanningen volgens NEN-EN 50122-1 (permissible effective touch voltages)

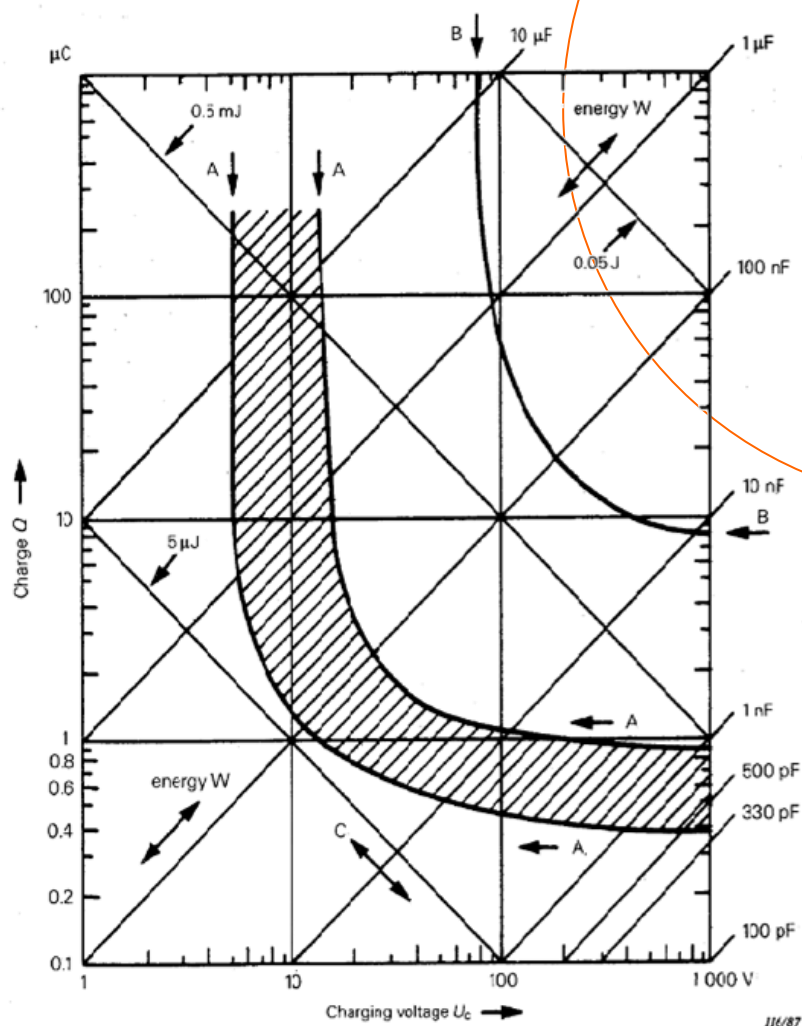
tijdsduur [s]	Maximaal toelaatbare aanraakspanning [V]	
	Langdurig	kortstondig
>300	60	-
300	65	-
1	75	-
0,9	80	-
0,8	85	-
0,7	90	-
<0,7	-	155
0,6	-	180
0,5	-	220
0,4	-	295
0,3	-	480
0,2	-	645
0,1	-	785
0,05	-	835
0,02	-	865

In werkplaatsen of vergelijkbare locaties mag de toelaatbare aanraakspanning niet hoger worden dan 25 Volt.

Capacitieve oplading/ontladingen

Volgens NEN-EN 50341-3 moet de oplading van geïsoleerde objecten door elektrische velden nabij de hoogspanningslijn zijn beperkt tot zone A in IEC 60479-2 (zie afbeelding 2). Dit betekent dat een ontlading bij aanraking van dit object voor het grootste deel van de mensen niet merkbaar zal zijn. Wanneer een object wordt opgeladen tot een niveau boven lijn b in deze afbeelding, zal iemand die het object aanraakt, de ontlading waarschijnlijk als pijnlijk zal ervaren.

Elektrische beïnvloedingen kruisende 150 kV hoogspanningsverbinding op spoorlijn Amsterdam - Woerden



Afbeelding 2, Gevolgen van aanraking bij een opgeladen object volgens IEC 60479-2

2.3 Gegevens hoogspanningsverbindingen

In de berekeningen wordt uitgegaan van de minimale hoogten van de geleiders volgens het ontwerp. De minimale hoogte van de geleiders is gebaseerd op de hoogste temperatuur, de hoogten van de masten en de afstand tussen de masten. Voor de kruisende hoogspanningsverbinding wordt gerekend met de volgende door TenneT opgegeven worst case gegevens:

- Maximale stroombelasting bij normaal bedrijf van 1155 Ampère per circuit richting Utrecht Lage Weide en 308 Ampère richting Breukelen. Voor de beschouwde onderhoudssituatie, waarbij steeds 1 circuit in vollast is, is rekening gehouden met een maximum van 2310 Ampère in de richting van Utrecht Lage Weide en 615 Ampère in de richting van Breukelen.
- De door TenneT opgegeven maximale éénfase kortsluitstroom in het 150 kV net is in dit netdeel beperkt tot 15 kA (niet effectief geaard net). TenneT heeft een beveiligingsconcept. Dit document beschrijft de beveiligingsprincipes voor het beveiligen van hoogspanningsnetten van TenneT met een spanning van 110 kV tot en met 380 kV. Conform dit beveiligingsconcept dienen hoogspanningsinstallaties te worden beveiligd. Dit beveiligingsconcept stelt de volgende eisen aan het beveiligingssysteem:
 - o Een volledig operationeel beveiligingssysteem dient alleen de verbinding waarop een kortsluiting opgetreden is, binnen 100 ms af te schakelen.

Elektrische beïnvloedingen kruisende 150 kV hoogspanningsverbinding op spoorlijn Amsterdam - Woerden

- Bij een enkelvoudige storing in het beveiligingssysteem dient de door een kortsluiting getroffen verbinding zo snel mogelijk doch altijd binnen 300 ms te worden afgeschakeld. Alleen bij falen van een vermogensschakelaar zou (een deel van) een kortsluiting niet binnen 100 ms uitgeschakeld kunnen zijn. In de toetsing gaan we er van uit dat een kortsluiting binnen 100 ms is afgeschakeld.

De 150 kV verbindingen worden beveiligd met een differentiaal en een distantiebeveiliging en hierdoor is de bijbehorende minimale afschakeltijd 60 ms. (differentiaalbeveiliging)

- De minimale hoogte van de onderste geleiders ten opzichte van de spoorlijn bedraagt tenminste 19 m boven de bovenkant van de spoorstaven.

2.4 Spoorbaan

De kruising betreft de dubbelspoors spoorlijn tussen Breukelen en Woerden, nabij de kruising met Rijksweg A2. Deze spoorlijn is voorzien van een elektrisch tractiesysteem (1500 V DC). Het tracé van de hoogspanningslijn kruist de spoorlijn tussen km 0.9 en 1.0. De afleidweerstand van de spoorrails naar aarde is niet bekend, in berekeningen wordt rekening gehouden met 100 Ω km. Bij het berekenen van de inductieve beïnvloeding moet rekening worden gehouden met de karakteristieke impedanties van de spoorstaven door de berekeningsmodellen hiermee af te sluiten.

2.5 Beïnvloeding overige hoogspanningsverbindingen

Vanwege het superpositiebeginsel zou bij de beoordeling van de elektrische beïnvloeding van de nieuwe hoogspanningsverbinding rekening gehouden moeten worden met de beïnvloeding van overige aanwezige beïnvloedingbronnen. In het ergste geval moet er rekening mee worden gehouden dat de resulterende beïnvloeding van de nieuwe en bestaande hoogspanningsverbindingen even groot is als de som van de amplituden van de bestaande en de beïnvloeding van de nieuwe hoogspanningsverbinding (superpositie).

Zoals te zien in afbeelding 1 zijn er in de nabijheid van de spoorkruising van de nieuwe hoogspanningslijn veel hoogspanningslijnen waarvan significante beïnvloeding moet worden verwacht.

3 BEÏNVLOEDINGSMECHANISMEN

Er zijn vijf mechanismen waarmee in principe rekening moet worden gehouden, te weten weerstands-, capacitieve en inductieve beïnvloeding, magnetische velden en elektrische velden:

3.1 Weerstandsbeïnvloeding

Op plaatsen waar stromen uit een hoogspanningsverbinding de grond in kunnen vloeien ontstaat een potentiaaltrechter. Afhankelijk van de locatie van een object in deze trechter, kunnen (delen van) de uittredende stroom naar vreemde objecten lopen.

Weerstandsbeïnvloeding speelt een rol wanneer objecten voorkomen op locaties waar stromen uit een hoogspanningsverbinding naar de grond kunnen vloeien. In het geval van de kruisende hoogspanningsverbinding moet rekening worden gehouden met de aanwezigheid van een hoogspanningsmast nabij de spoorlijn.

Elektrische beïnvloedingen kruisende 150 kV hoogspanningsverbinding op spoorlijn Amsterdam - Woerden

4.2 Falen eerste trap beveiliging

Door TenneT is aangegeven dat de beveiliging bestaat uit een differentiaalbeveiliging met als back-up een distantiebeveiliging. De maximale uitschakeltijd van de differentiaalbeveiliging bedraagt minder dan 100 ms na optreden van de fout. De maximale uitschakeltijd van de distantiebeveiliging bedraagt eveneens minder dan 100 ms na optreden van de fout. In eerste instantie zal bij een gedetecteerde fout zowel de distantiebeveiliging als differentiaalbeveiliging aanspreken. Beide typen beveiliging sturen een vermogensschakelaar waarmee de verbinding wordt afgeschakeld.

Wanneer de vermogensschakelaar faalt, wordt de stroom afgeschakeld door de rail in het station af te schakelen. Een dergelijke afschakeling vindt in minder dan 300 ms plaats.

Gewoonlijk wordt hiermee geen rekening gehouden bij het beoordelen van optredende overbruggingsspanningen, er wordt rekening gehouden met één fout tegelijk (de kortsluiting) en niet met twee fouten gelijktijdig (kortsluiting en falen van vermogensschakelaar).

5 BESCHOUWINGEN

5.1 Weerstandsbeïnvloeding

Over het algemeen moet deze vorm van beïnvloeding worden beschouwd indien de afstand tussen de mast en een object relatief klein is (voor buisleidingen wordt hiervoor 30 m aangehouden in NPR 2760). De mast wordt op een afstand van circa 60 m buiten hart buitenste spoor gebouwd. Vanwege de afstand en de door de toepaste aardingswijze in het 150 kV net in dit deel van Nederland beperkte éénfase kortsluitstromen hoeft in deze situatie geen rekening te worden gehouden met weerstandsbeïnvloeding.

5.2 Capacitieve beïnvloeding

Bij het beoordelen van de capacitieve beïnvloeding is de oppervlakte van een ongeaard object berekend waarbij ontladingen door capacitieve beïnvloeding kunnen optreden, hoger dan lijn A volgens afbeelding 21 van NPR-IEC 60479-2 (zie afbeelding 1). Bij een geïsoleerd opgesteld object met een afmeting groter dan circa 300 m² moet rekening worden gehouden met een oplading die gebied A te boven gaat. Wanneer dergelijke objecten worden opgesteld op de spoorlijn onder de hoogspanningslijn moet rekening worden gehouden met de noodzaak dergelijke objecten te aarden.

5.3 Inductieve beïnvloeding

De voorgenomen aanpassing betreft de aanleg van een enkel veld met vier circuits 150 kV. De lengte van dit veld bedraagt 318 m, de lengte van de projectie van dit veld op de spoorlijn bedraagt circa 75 m.

De inductieve beïnvloeding is vanwege de te verwachten geringe invloed voor deze situatie niet beschouwd.

Elektrische beïnvloedingen kruisende 150 kV hoogspanningsverbinding op spoorlijn Amsterdam - Woerden

In de bestaande situatie zijn spoorwegen en hoogspanningslijnen over grote afstanden gebundeld. Vanwege deze bundeling wordt aanbevolen om terdege rekening te houden met inductieve beïnvloeding op de ProRail installaties in de trajecten tussen Utrecht, Amsterdam en Woerden.

5.4 Elektrische velden

De maximaal optredende elektrische veldsterkte op een hoogte van 9 m boven BS (bovenkant spoorstaaf) is berekend, uitgaande van een minimale geleiderhoogte (fasenbundel) van 19 m boven de spoorstaven (BS+ 19 m). Deze elektrische veldsterkte bedraagt 0,36 kV/m op een hoogte van BS + 1 m, 0,54 kV/m op een hoogte van BS+ 6 m en 1,21 kV/m op een hoogte van BS + 12 m. Bij de berekeningen is de aanwezigheid van de bovengrondse geleiders van het tractie energie systeem verwaarloosd. De resultaten zijn door het verwaarlozen van de reducerende werking van deze geleiders worst case.

Op grond van de berekende veldsterkten kan geconcludeerd worden dat bij uitvoering van werkzaamheden de actiewaarde voor elektrische velden niet worden overschreden zodat in verband hiermee geen aanvullende maatregelen getroffen hoeven worden.

5.5 Magnetische velden

De optredende magnetische veldsterkte is berekend voor de hoogten BS, BS + 1m en BS + 6 m en BS + 9 m. De berekeningen zijn uitgevoerd voor de hypothetische situatie dat alle circuits gelijktijdig in vollast worden bedreven. Deze situatie kan in de praktijk niet voorkomen.

De maximaal (lokaal) optredende magnetische veldsterkten bedragen:

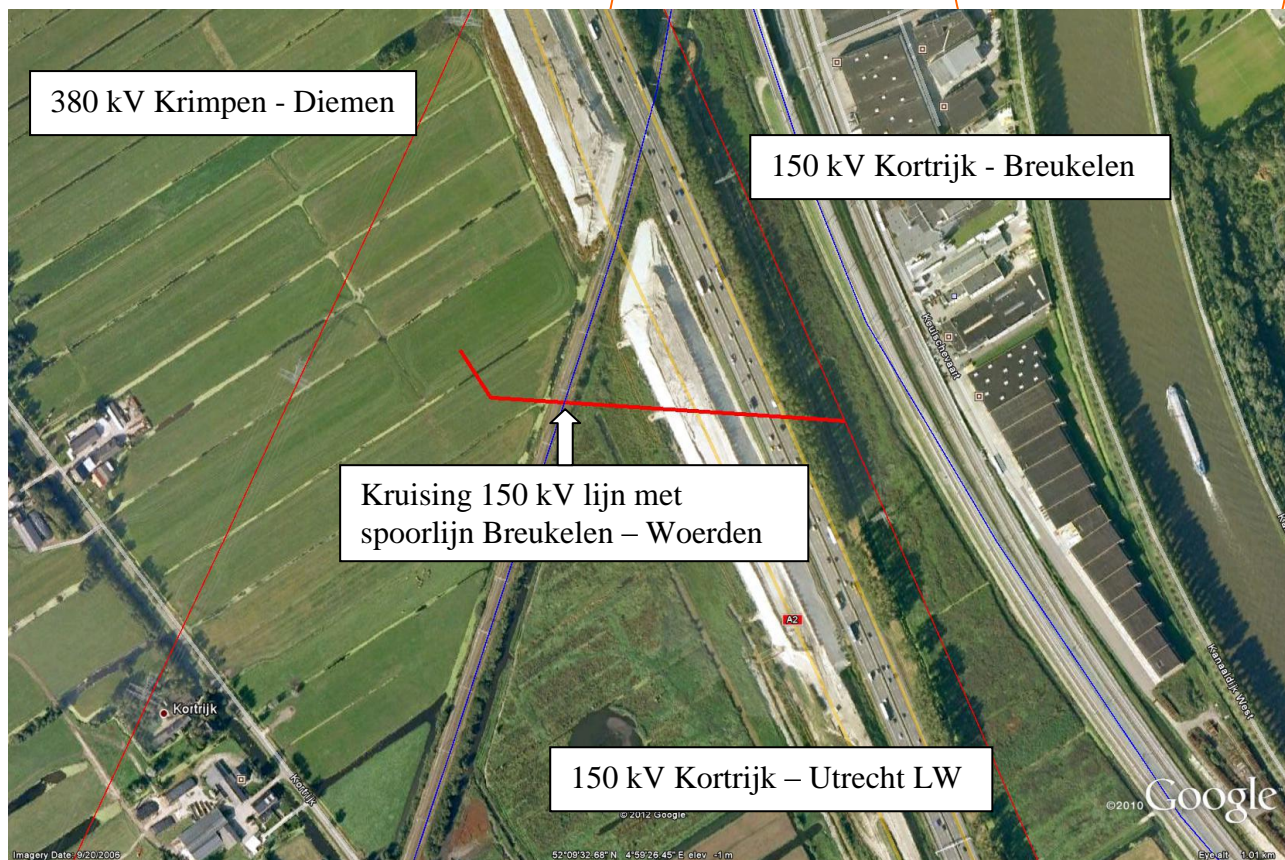
- BS +1 m: 4,4 A/m
- BS + 6 m: 7,1 A/m
- BS + 12 m: 16,9 A/m

Op grond van de berekende veldsterkte wordt geconcludeerd dat er geen problemen met eventuele elektronische apparatuur worden verwacht. De magnetische velden voldoen verder ruimschoots aan de eisen voor blootstelling van personen (maximaal circa 21 μ T op een hoogte van BS + 12 m).

6 CONCLUSIE

Op grond van deze beschouwing wordt geconcludeerd dat er geen ontoelaatbare beïnvloeding wordt verwacht als gevolg van de door TenneT te realiseren kruising van de spoorlijn. Wel wordt aanbevolen om de elektrische beïnvloeding in de bestaande situatie nader te beschouwen.

Elektrische beïnvloedingen kruisende 150 kV hoogspanningsverbinding op spoorlijn Breukelen - Woerden



Afbeelding A1, overzicht toekomstige kruising 150 kV lijn Breukelen - Woerden

In afbeelding A1 is de nieuwe 150 kV kruising met de spoorlijn in een dikkere rode lijn aangegeven. In deze kruising wordt zowel de 150 kV verbinding tussen het hoogspanningsstation bij Kortrijk en Breukelen als tussen Kortrijk en Utrecht Lage Weide opgenomen.